

www.Prozheha.ir

پرینگ های غلتکی

ROLLING BEARINGS

طبقه بندی کاربرد ها مونتاژ و دمونتاژ تعمیر و نگهداری حمل و نقل و عیب یابی
تولرانس ها و انطباقات



تهیه و تنظیم:

مهندس مهدی نصر آزادانی

بسمه تعالی

مقدمه

یاتاقان های غلتکی یا بطور عام بال برینگ های یکی از پر مصرف ترین قطعات صنعتی دنیاهستند که در انواع و اقسام ماشین الات صنعتی و غیر صنعتی در اندازه های بسیار کوچک تا بسیار بزرگ و برای انواع و اقسام کاربردها به وفور مورد استفاده قرار می گیرند و با توجه به مزایای فراوانی که نسبت به انواع یاتاقان های دیگر دارند توانسته اند طی دهه های گذشته جایگزین بسیار مناسبی برای آنها در اغلب دستگاه ها و ماشین الات باشند. هر ساله صدها هزار عدد از انواع و اقسام این برینگ ها وارد کشور ما می شود و باعث خروج میلیارد ها دلار ارزی می شود و با توجه به این که در اغلب موارد بصورت اصولی مورد استفاده قرار نمی گیرند به طول عمر کارکرد طراحی شده توسط کارخانه های سازنده نمی رسند و گاهی خیلی زود تر از آن باید تعویض شوند که این نیز عللی دارد که با عنایت اهمیت موضوع اقدام به جمع اوری نکات کلیدی از داخل کتب متعدد مربوط به بال برینگ ها مربوط به کارخانجات مختلف برینگ سازی در این زمینه گرفتم که حاصل آن در مقابل شما قرار دارد. در این مقوله سعی شده است این قطعات از ابعاد مختلف مورد بحث و بررسی قرار گیرند و در رابطه با نکات کلیدی که باعث افزایش طول عمر آنها خواهد شد بحث شود.

با توجه به این که یکی از عوامل موثر کاهش دهنده طول عمر این برینگ ها رعایت نکردن ابعاد و اندازه های دقیق محل قرار گیری کس های برینگ روی محور و داخل هوزینگ برینگ ها (تلرانس ها) می باشد در قسمتی از این کتاب بطور مفصل راجع به تلرانس ها و انطباقات بحث می شود که امید است در عمل مورد استفاده کلیه مهندسین و تکنسین های تعمیرات واقع گردد.

البته این مقوله خالی از اشکال نبوده و بی صبرانه منتظر دریافت نقطه نظرات کلیه سروران گرامی هستیم تا انشا... در چاپ های بعدی مدنظر واقع شود. در پایان لازم می دانم از کلیه عزیزانی که در امر تهیه و تدوین این جزوه بصورت تنگاتنگ همکاری نمودند بخصوص مسئولین محترم اداره آموزش شرکت پالایش نفت اصفهان که در همه عرصه ها در تهیه کتب و جزوات آموزشی مشوق این جانب بوده اند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم و از درگاه ایزد منان برای آنان و تمامی کسانی که در جهت اعتلا و آبادانی این مرز و بوم قدم برداشته و بر می دارند از روی توفیق روز افزون نمایم و امیدوارم توانسته باشم گامی هر چند کوچک در جهت کاهش وابستگی ها و همچنین تغییر نگرش نفرات ذیربط در رابطه با استفاده بهینه از این قطعات گران قیمت برداشته باشم. اگر این مجموعه اجری داشته باشد ان را تقدیم روح ملکوتی امام راحل و روح شهدا و روح تمامی کسانی که در جهت پیشرفت، آبادانی و اعتلای این اب و خاک قدم برداشته اند و انانی که عزیزترین گوهر هستی خود را در طبق اخلاص تقدیم پروردگار خود نمودند و تلاش کرده اند تا ما امروز بتوانیم مفتخر و سر بلند زندگی کنیم می نمایم.

سرفصل های مطالب

صفحه	
۲	مقدمه
۴	یاتاقان های لغزشی Sleeve Bearings
۱۳	یاتاقان های غلتکی Rolling Bearings
۱۴	طبقه بندی یاتاقان های غلطکی
۱۷	بال برینگ ها Ball Bearings
۲۰	رولر برینگ ها Roller Bearings
۴۸	مشخصه ها و کاربرد برینگ های غلتکی Bearings Specification & Applications
۵۱	نحوه انتخاب برینگ Selection Of Bearings Type
۵۵	بار گذاری اولیه Preload
۵۸	انتخاب ارایش یاتاقان ها Selection Of Bearing Arrangement
۶۲	طراحی شافت و هوزینگ برینگ Design Of Shaft & Housings
۶۵	شناسائی برینگ های غلتکی از روی شماره انها
۷۲	موقعیت شعاعی برینگ ها
۷۸	تجهیزات مورد نیاز برای مونتاژ و دمونتاز برینگ ها
۹۷	حمل و نقل و مراقبت از برینگ ها Bearing Handling & Care
۱۰۶	تولرانس ها و انطباقات Tolerance & Fits
۱۲۸	کاربرد تولرانس ها و انطباقات در نصب برینگ های غلتکی
۱۳۸	روانکاری Lubrication
۱۵۲	تعویض روانکارها
۱۶۰	انالیز روغن Oil Analysis
۱۶۵	سیستم های روغن کاری Lubricating Systems
۱۷۲	شناسائی عیوب برینگ های غلتکی
۲۰۰	مسائل ارتعاشی برینگ های غلتکی Bearings Vibration
۲۱۲	تشخیص عیوب و مسائل بوجود آمده روی برینگ های غلتکی
۲۱۹	ضمائم

وظایف اصلی یاتاقان ها

یکی از مهمترین اجزای ماشین یاتاقان های ان می باشد که بطور کلی وظایف زیر را انجام می دهند:

- ۱- کنترل جذب و انتقال نیروهای شعاعی.
- ۲- کنترل جذب و انتقال نیروهای محوری.
- ۳- کاهش اصطکاک در مقابل حرکت محور.
- ۴- قراردادن محوردریک موقعیت مناسب.

بطور کلی یاتاقانها از لحاظ ساختمان در دو دسته کلی زیر طبقه بندی می شوند :

الف- یاتاقانهای لغزشی (بوشی) Sleeve Bearings.

ب- یاتاقانهای چرخشی (ساچمه ای) Rolling Bearing.

یاتاقانهای لغزشی Sleeve Bearings

در این نوع یاتاقانها که اصولاً بوش های استوانه ای یا نیمه استوانه ای هستند محور بوسیله یک فیلم نازکی از روغن روی یاتاقان لغزندگی پیدا نموده و می چرخد. این نوع یاتاقانها بر حسب مورد استفاده از جنس ها و شکلهای مختلفی ساخته می شوند که پرمصرف ترین آنها یاتاقان های نیمه استوانه ای با لایه داخلی وایت متال (باییت) است .

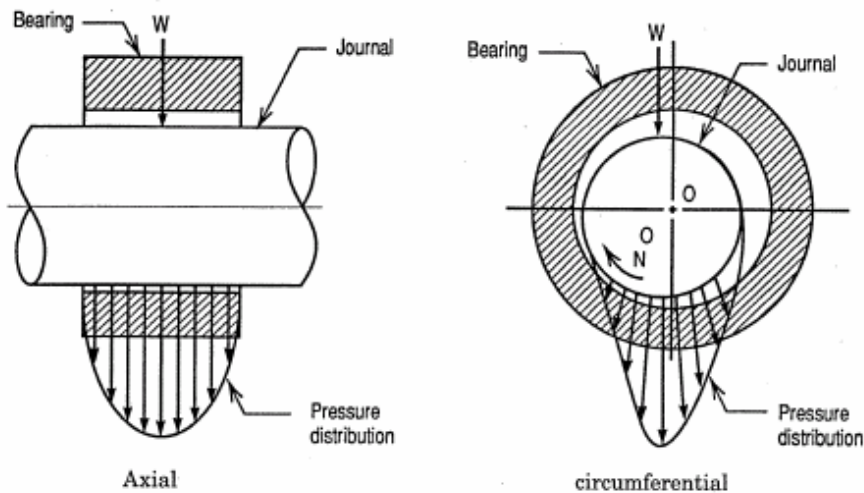
یاتاقانهای لغزشی در دو دسته زیر طبقه بندی می شوند:

- ۱- رادیال بیرینگ ها یا یاتاقان های شعاعی که برای کنترل کردن و مهار نمودن نیروها و حرکت های شعاعی بکار می روند .
- ۲- تراست بیرینگ ها که برای کنترل کردن و خنثی نمودن نیروهای محوری بکار می روند .

یاتاقان لغزشی شعاعی Journal Bearings

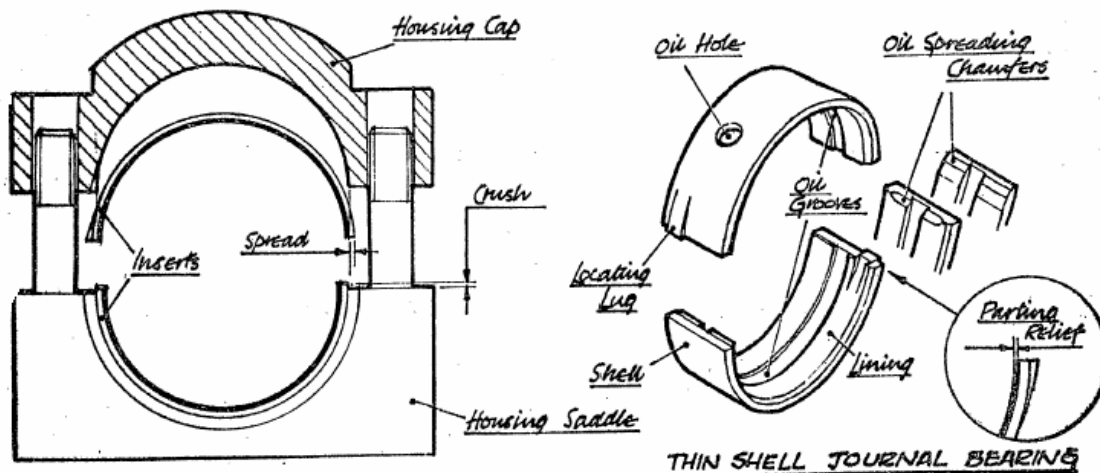
این نوع یاتاقان تحمل کننده کلیه نیروهای شعاعی هستند که بوسیله محور به آن وارد می شود. این نوع یاتاقان ها روی فیلمی از روغن حرکت می کنند و در صورتی که یاتاقان درست طراحی شده باشد و جنس آن مناسب باشد و درست تنظیم شده باشد و اختلالی در سیستم روغنکاری از لحاظ نوع روغن و فشار روغن وجود نداشته باشد و درست استفاده شوند (مسائل حین راه اندازی و از سرویس خارج کردن دستگاه درست باشد) از معدود قطعاتی هستند که می توان ادعا نمود طول عمر آنها بی نهایت است ولی به دلیل نیاز به مراقبت های بیشتر نسبت به بال بیرینگ ها مورد استفاده آنها محدود است .

Oil film pressure profile.



شرایط کاری انتخاب این نوع یاتاقان ها به قطر شافت, مقدار بار یا نیروی وارده بوسیله محور و قطعات, سرعت دوران محور, غلظت روغن, روش روغنکاری, درجه حرارت کاری, وزن مخصوص مایع تلمبه شونده و بستگی دارد.

BABBITTED JOURNAL BEARING



موارد حائز اهمیت برای یاتاقان های بوشی

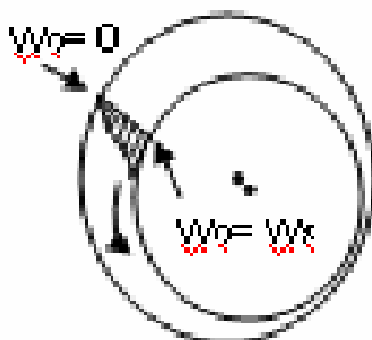
الف- کلرنس یا لقی بین یاتاقان و محور باید در حد توصیه شده توسط طراح یا کارخانه سازنده باشد که بیشتر شدن آن باعث افزایش ارتعاشات و حرکت محور, کاهش فشار فیلم هیدرواستاتیکی روغن زیر یاتاقان, سایش و خرابی زودرس یاتاقان و می شود و کم بودن لقی باعث عدم وجود فضای کافی برای نفوذ روغن و اختلال در سیستم روغنکاری و گرم شدن و نهایتا سایش و فرسایش می شود.

ب- روغن مناسب و روغنکاری صحیح

ج- درجه حرارت کاری مناسب و ثابت نگه داشتن دمای انهدارچین کار

د- داشتن جنس مناسب که دارای ضریب اصطکاک کم باشد و داشتن مقاومت کافی در برابر نیروهای اعمال شده و در عین حال ضعیف تر بودن جنس آن نسبت به محور برای جلوگیری از خرابی محور و وجود خاصیت الاستیسیته مناسب برای Dampening ارتعاشات و....

یکی از محدودیت های کاری این نوع یاتاقان ها استفاده انهدار ماشین الات بادورهای بالاست که باعث ایجاد پدیده ای به نام چرخش روغن یا Oil Whirl می شود. که اگر سرعت چرخش محور در داخل ژورنال بر ینگ ها از مقدار مشخص بالاتر رود به دلیل اصطکاکی که بین روغن و یاتاقان وجود دارد، روغنی که در اطراف یاتاقان برای روغنکاری خنک کاری و..... تزریق شده است شروع به چرخش می کند و باعث اعمال نیروهایی توربولانسی زیر محور می شود که باعث شلاق زدن به شافت (بخصوص در ماشین الاتی که دارای رتورهای بادورهای بالا و نسبتا سبکی هستند) و ارتعاشات و حرکت های اضافی می گردد که می تواند خیلی خطرناک باشد.

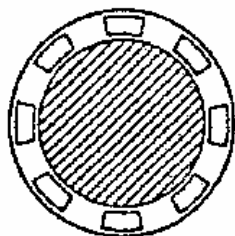


راه های اصلاح مشکل چرخش روغن شامل: تغییر درجه حرارت روغن، تغییر دادن نوع روغن، تغییر دادن کلرنس یاتاقان، تغییر دادن فشار روغن، تغییر نوع یاتاقان است.

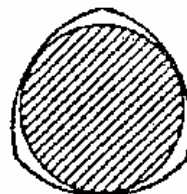
معمولا برای رفع این مشکل روی ماشین الات با دور بالا از دو نوع طراحی استفاده می شود:

۱- استفاده از یاتاقان هائی که در داخل آنها شیارهای محوری به فاصله مساوی از یکدیگر تعبیه شده که باعث فرورفتن روغن در این شیارها شده و جلوی چرخش روغن گرفته می شود.

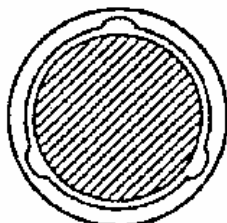
TILTING PAD BEARING



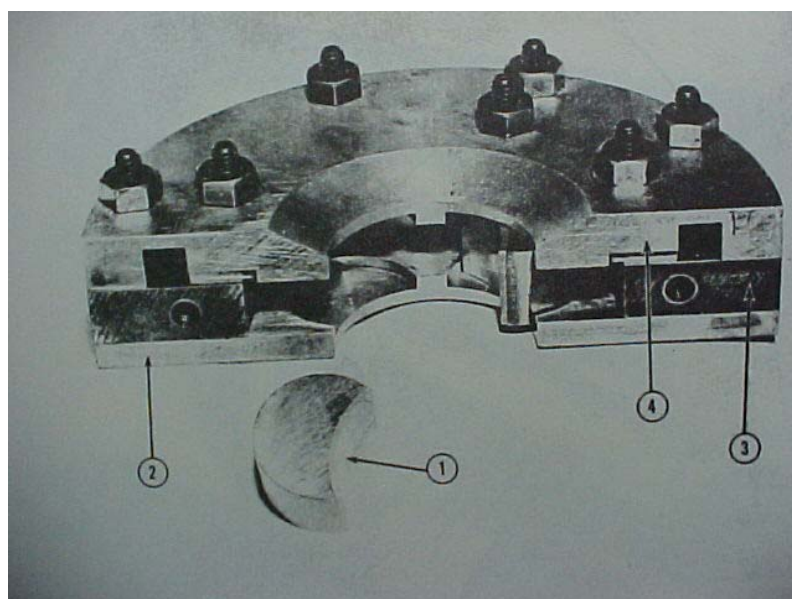
BEARING LOBED



AXIAL-GROOVE BEARING



۲- استفاده از بیرینگ های نوع لقمه ای Tilting Pad که حالت Tilting کفشک های آن باعث می شود که کفشک حرکت ثابت را دنبال کند و یاتاقان بتواند بصورت خودمیزان Self Aligned عمل کند و در نتیجه علاوه بر خنثی نمودن چرخش روغن و Damping سیستم پایداری کلی محور را افزایش دهد.



یاتاقانهای لغزشی نوع تراست

این یاتاقان ها علاوه بر این که نیروهای شعاعی را کنترل می کنند از حرکت محوری و متعلقات نیز جلوگیری می کنند و به دو صورت مورد استفاده قرار می گیرند:

الف بیرینگ های نوع فلنجی

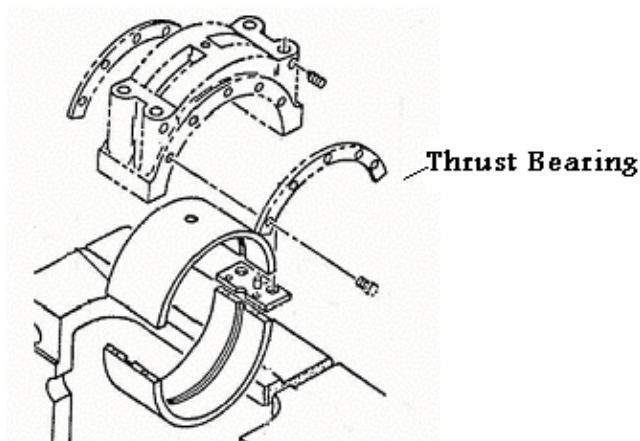
ب- بیرینگ های نوع کینگزبوری

الف-یاتاقان های فلنجی

این نوع طراحی به این صورت است که در یک طرف یاتاقان های نوع بوشی شعاعی لبه ای وجود دارد که روی آن با لایه ای از وایت متال (باییت) پوشانده می شود و با استفاده از فیلم روغنی که در این ناحیه توسط سیستم روغنکاری تزریق می شود از حرکت محوری شافت جلوگیری می کند. این نوع یاتاقان برای نیروهای محوری کم و یا جاهائی که احتمال حرکت محوری وجود داشته باشد مورد استفاده قرار می گیرد. مثل جعبه های دنده هائی که چرخنده های آنها جنای بالانس شده است.

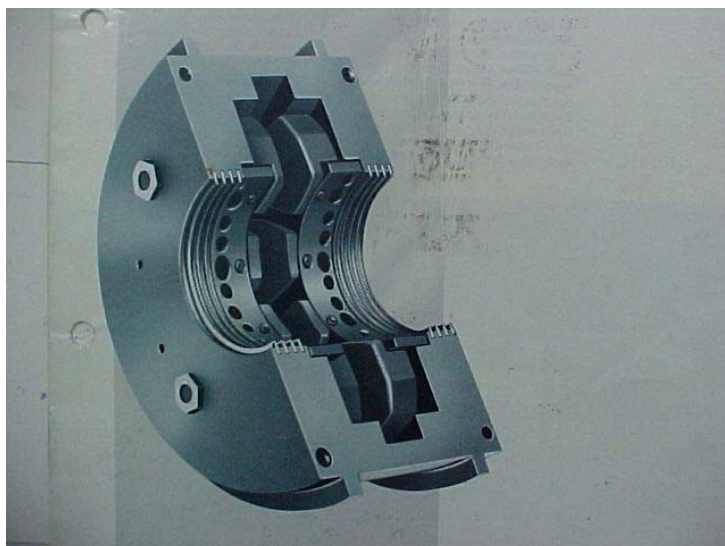


در بعضی از طراحی های دیگر نیز بجای باییت ریزی روی سطح یاتاقان های شعاعی از یاتاقان های نعلی شکلی که بصورت نیم دایره ای است و توسط پیچ روی سطح بدنه نصب می شود استفاده می شود. بطور مثال یاتاقان های تراستی که برای کنترل حرکت محوری میل لنگ ها بکار می رود یا یاتاقان هائی که برای کنترل حرکت های جانبی دسته شاتون ها استفاده می شود از این نوع است.



یاتاقان های نوع لقمه ای یا کینگزبوری

نوع دیگر یاتاقان های تراست از نوع کینگزبوری است که بارهای محوری را به توسط لقمه هائی با روکش بایستی که پد نامیده می شود تحمل می کنند. عملکرد این نوع یاتاقان هامنثل ترمزهای دیسکی است که در اتومبیل ها استفاده می شود بدین صورت که با حرکت لقمه ها (لنت ها) از چرخش دیسک جلوگیری می کنند. این تفاوت که در یاتاقان های کینگزبوری پدها یا لقمه ها در جای خود ثابتند و حرکت های محوری شافت توسط دیسکی که روی محور ثابت است و به آن تراست دیسک گفته می شود گرفته می شود و هر کدام از مجموعه لقمه هائی که روی هر طرف مجموعه هوزینگ برینگ نصب شده اند نیروی محوری در یک جهت را کنترل می کنند که البته باید یک فاصله محوری کمی بین لقمه ها و تراست دیسک وجود داشته باشد تا فیلم روغن روانکاری بتواند بین آنها تشکیل شود و عملیات روغن کاری و جذب و انتقال حرارت و..... را انجام دهد.



در شکل زیر شمائی از یک تراست دیسک که روی محور نصب شده را نشان می دهد.



در مورد بیرینگ های کینگزبوری و لقمه ای Thrust Pad طبق دستور کار خانه سازنده و کتابهای موجود مقداری حرکت محوری به محور داده می شود بطوری که حداقل حرکت ۸ هزارم اینچ یا ۸ تونزد و حداکثر ۱۵ هزارم اینچ یا ۱۵ تونزد باشد.

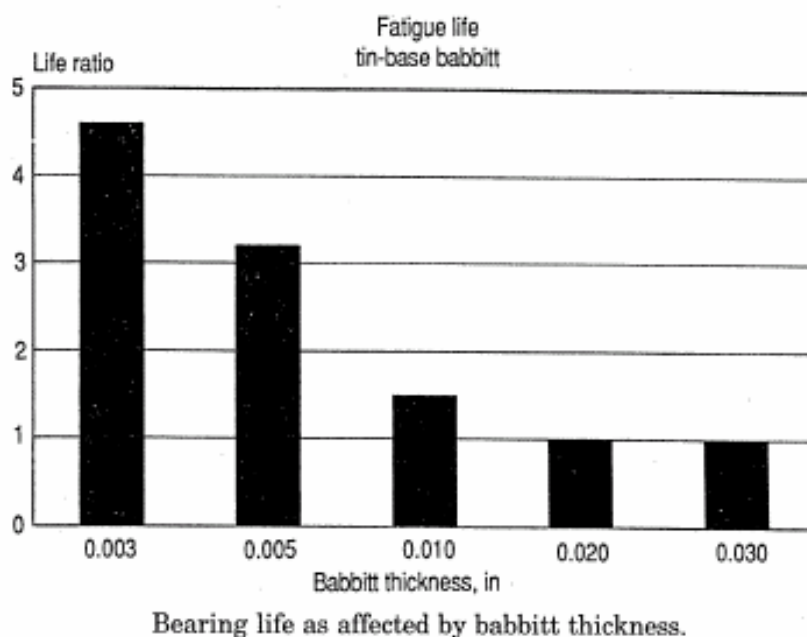
جنس یاتاقان های باییتی

اصولاً یاتاقانها باییتی باید از جنسی انتخاب شوند که :

- ۱- در مقابل تنشهای فشاری مقاوم باشد .
 - ۲- مدول الاستیسیته آنها پائین باشد (نرم باشند).
 - ۳- خاصیت جوش خوردگی نداشته باشند(ذوب نشوند).
 - ۴- در برابر سایش در تماس با فولاد مقاوم باشند .
 - ۵- خاصیت جذب ذرات راداشته باشند بصورتی که ذرات خارجی روغن را جذب نماید و در نتیجه قشر روغن تمیز شود .
 - ۶- مقاومت برشی آنها پائین باشد، یعنی به آسانی تغییر شکل دهند(مسطح و صاف شوند).
 - ۷- در مقابل زنگ زدگی مقاوم باشند.
 - ۸- خاصیت هدایت حرارتی آن خوب باشد .
- آلیاژهای مسی و باییتی (Babbit از آلیاژ قلع و سرب است) بیشتر از انواع دیگر الیاژها در این نوع یاتاقان ها مورد استفاده قرار می گیرند. در جدول زیر فلز و درصد آلیاژهای مصرفی در ساخت آنها آورده شده است . یکی از محاسن باییت این است که می توان آنرا براحتی جاسازی نمود یا بعبارت دیگر پس از ریخته گری یاتاقان و نصب آن محور را مدتی در آن چرخاند تا کاملاً جا بیفتد یا آب بندی شود.
- باییت خاصیت جذب نمائی دارد و در مواردیکه محور کمی از مرکز خارج باشد خود را براحتی با محور وقف می دهد . البته از فلزات دیگر نیز می توان برای ساختن یاتاقان استفاده کرد . بعنوان مثال از آلیاژهای نقره برای مواردیکه بارهای سنگین وجود داشته باشد و همچنین از آلیاژهای چدنی یا محور چدنی یا فولادی در صورتی که سطح چدن خوب صیقل شده باشد می توان برای مواردی که امکان فرسودگی زیاد باشد استفاده کرد.

آلیژ	باییت		آلیژ مس		آلیژ مس، سرب
	SAE	SAE	4SAE	SAE	SAE
	11	13	791	79	48
مس CU	5.75	-	88	73.5	70
سنگ SN	37.5	6	4	3.5	-
سرب Pb	-	84	4	23	30
سبیموان Sb	6.75	10	-	-	-
روی Zn	-	-	4	-	-

ضخامت باییت پارامتر بسیار مهمی است که تاثیر بسزائی در طول عمر این نوع یاتاقان می تواند داشته باشد. هرچه ضخامت باییت کمتر باشد طول عمر آن بیشتر می شود. البته به این نکته نیز باید توجه نمود که ضخامت باییت باید به اندازه ای نیز باشد تا اگر ذرات جامد یا براده ای هم زیر یاتاقان قرار گرفت بتواند بطور کامل در آن فرورود.



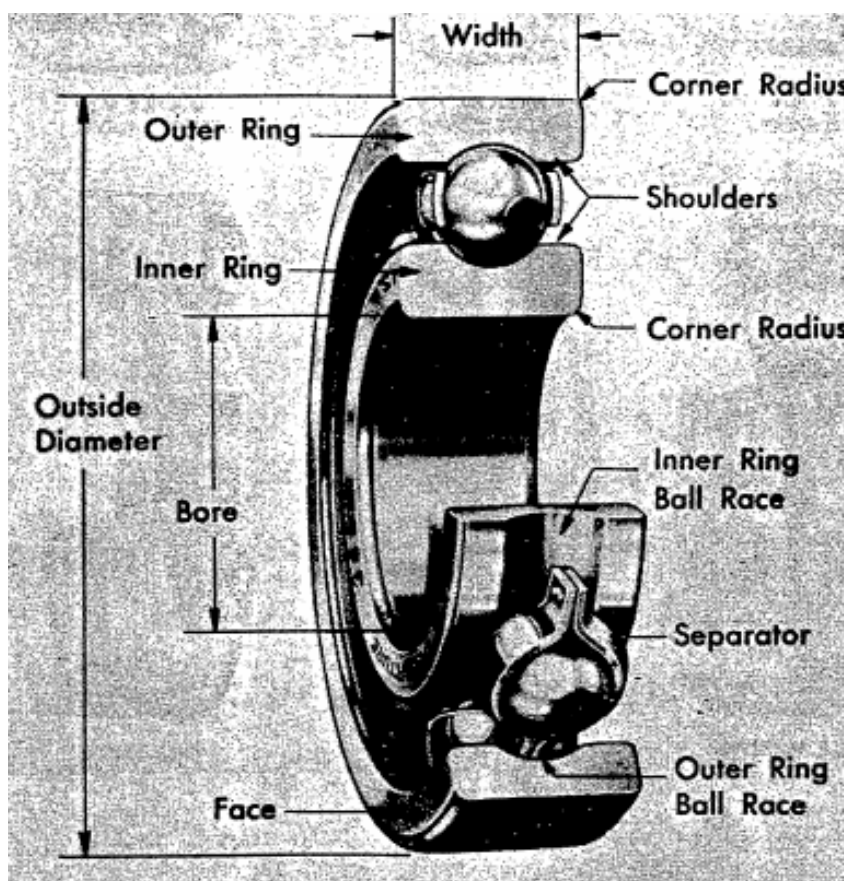
از آلیاژهای مس - آلومینیوم نیز در یاتاقان های موتورهای احتراق داخلی به وفور استفاده می شود گاهی برای ساختن یاتاقان از موادی نظیر لاستیک، نایلون، تفلون، سرامیک ذغالی و نیز می توان استفاده کرد برای مثال از این نوع یاتاقان ها برای ساختن بوش های پمپ های عمودی که توسط مایع پمپ شونده روانکاری می شوند استفاده زیادی می شود.

در طراحی یاتاقانهای نوع بوشی نسبت $\frac{L}{D}$ اهمیت زیادی دارد (L طول یاتاقان) چون هر چقدر مقدار D (قطر یاتاقان) برای مقدار مشخص بیشتر باشد فشار هیدرواستاتیکی متوسط زیریاتاقان کمتر می شود. تجربه نشان داده است که نسبت $\frac{L}{D} \cong 1$ جواب خوبی داده است. یعنی طول یاتاقان متناسب با قطریاتاقان آن باشد با کاهش L و در نتیجه کاهش نسبت $\frac{L}{D}$ مقدار روغن خارج شده از دو انتهای یاتاقان بیشتر می شود و خروج روغن زیاد باعث خروج مقدار بیشتری از حرارت تولید شده می گردد.

یاتاقان های غلتکی Rolling Bearings

یاتاقان های نوع غلتکی در طی سالهای اخیر مورد استفاده زیادی پیدا کرده اند و برای اکثر کاربردهای صنعتی (بارهای سبک و سنگین) و شرایط مختلف کاری و درجه حرارت های بالا و پایین و در اندازه های مختلف و قیمت های پایین از جنس های سخت با طول عمر بالا در تعداد زیاد به وفور در بازار یافت می شود و تنها محدودیت آنها که باعث شده نتوانند بطور کامل جایگزین برینگ های نوع لغزشی شود محدود بودن زمان کارکرد آنها و عدم توان کاردهی آنها در دورهای بالا است.

برینگ های غلتکی از قطعات قابل تعویضی هستند که در اکثر ماشین الات به وفور مورد استفاده قرار می گیرند و بایستی در دستگاه ها و ماشین الات و با دقت بسیار بالائی تولید می شوند و باید با دقت زیادی نیز مورد استفاده قرار گیرند.



یاتاقان های غلتکی از چهار جز اصلی زیر تشکیل شده اند:

۱- کنس (رینگ) خارجی Outer Ring که در هوزینگ برینگ یا محفظه یاتاقان قرار می گیرد.

۲- کنس (رینگ) داخلی Inear Ring که روی محور نصب می شود.

۳- عامل چرخنده (ساجمه) که بین کنس ها قرار می گیرد.

۴- جداکننده (Cage) Separator که بین رینگ داخلی و خارجی قرار می گیرد و فاصله بین ساجمه ها را کنترل می کند.

داخل کنس های داخلی و خارجی شیارهایی برای محل عبور اجزای غلتکی تعبیه شده است که به آنها Race Way گفته می شود. در بعضی از برینگ های غلتکی ممکن است قطعات دیگری نظیر حفاظ و یا گردگیر نیز وجود داشته باشد که برای ممانعت از خارج شدن گریس یا ورود گرد و خاک به داخل برینگ استفاده می شود.

حفاظ های یاب بندها از ورود ذرات خارجی بطرف عوامل غلتنده جلوگیری می کنند و شامل حفاظ های غیر فلزی یا ب بندها (کاسه نمدها یا گردگیرها) و حفاظ های فلزی (Z ها) هستند که علاوه بر وظیفه فوق از بیرون آمدن مواد روان کننده (گریس) از بین کنس ها و عوامل چرخنده جلوگیری می کنند.

مزایای یاتاقان های غلتکی

برینگ های غلتکی نسبت به برینگ های نوع بوشی دارای مزایایی به شرح زیر می باشند:

۱- گشتاور راه اندازی اولیه (اصطکاک) در آنها بسیار پایین است.

۲- این قطعات استاندارد و قابل تعویض و بین المللی هستند.

۳- به دلیل ساده بودن ساختمان آنها بازرسی و تعمیر و نگهداری آنها بسیار ساده و راحت است.

۴- اغلب این یاتاقان ها قادر به کنترل و جذب نیروهای شعاعی و محوری هستند.

۵- این نوع برینگ ها در محدوده Range وسیعی از درجه حرارت قادر به کار می باشند.

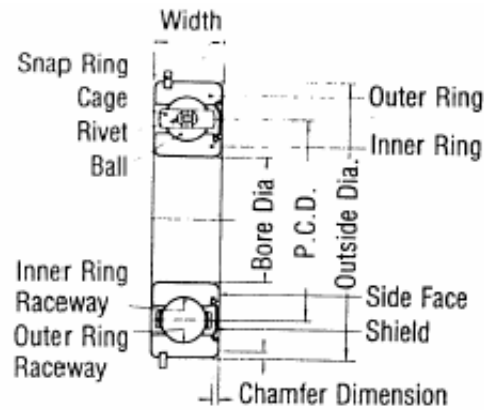
۶- بایزش بار Preload که روی این یاتاقان ها اعمال می شود، می توان کلرنس منفی روی آنها ایجاد نمود که می تواند منجر به رسیدن به صلبیت یا Rigidity بیشتر شود.

طبقه بندی یاتاقان های غلتکی

بسته به نوع عامل چرخنده و نحوه تماس آن با کنس های داخلی و خارجی و تعداد ردیف عوامل چرخنده این برینگ ها در دسته بندی های مختلفی طبقه بندی می شوند.

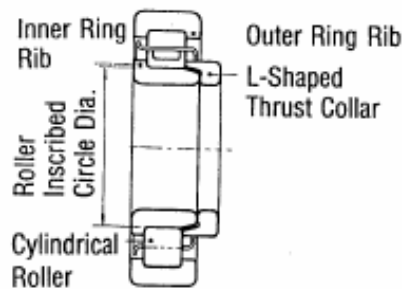
الف- بسته به نوع عامل چرخنده ای که در برینگ های غلتکی بکار رفته است این برینگ ها در دسته های زیر طبقه بندی می شوند:

۱- اگر قطعه چرخنده به شکل بال Ball یا ساچمه باشد به آن بال برینگ Ball Bearing گفته می شود.



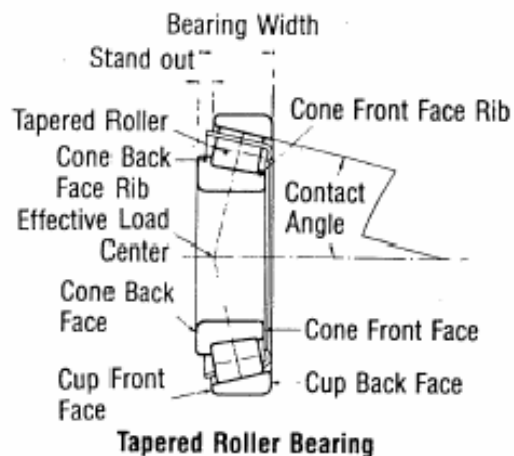
Single-Row Deep Groove Ball Bearing

۲- اگر قطعه چرخنده به شکل رولر استوانه ای باشد به آن رولر برینگ استوانه ای Cylindrical Roller Bearing گفته می شود.



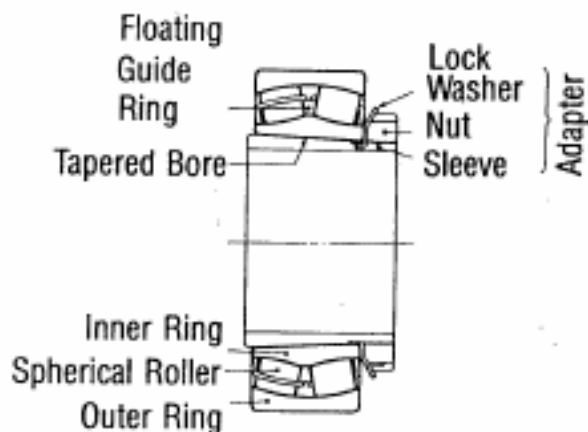
Cylindrical Roller Bearing

۳- اگر قطعه چرخنده به شکل رولر استوانه ای مخروطی Tapper Roller باشد به آن Tapper Roller Bearing گفته می شود.



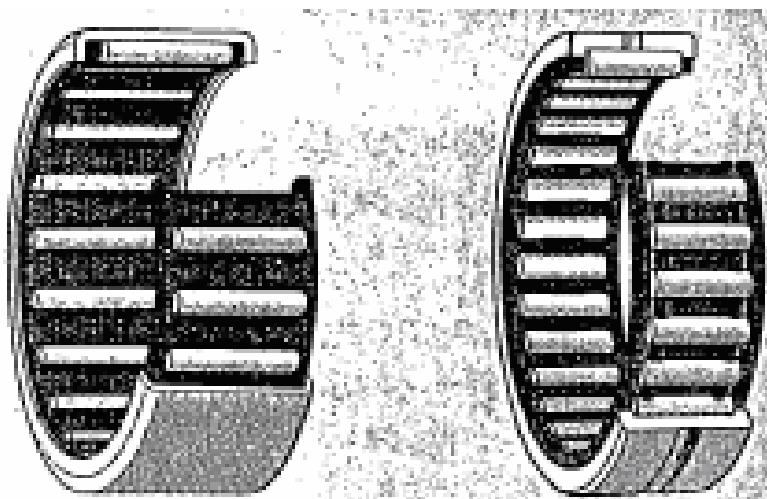
Tapered Roller Bearing

۴- اگر قطعه چرخنده بصورت رولر استوانه ای بشکله ای شکل Spherical Roller باشد به ان Spherical Roller Bearing یا برینگ نوع بشکله ای گفته می شود.



Spherical Roller Bearing

۵- اگر قطعه چرخنده به شکل سوزن Needle باشد به ان Needle Bearing برینگ سوزنی گفته می شود.



علاوه بر موارد فوق برینگ های غلتکی بر اساس شرایط دیگر نیز در دسته بندی های مختلفی طبقه بندی می شوند که شامل:

۱- بر اساس باری که تحمل می کنند در چهار دسته زیر طبقه بندی می شوند:

الف- یاتاقان های شعاعی Radial Bearings

ب- یاتاقان های محوری Thrust Bearings

ج- یاتاقان های مختلط Radial & Thrust Bearings

د- یاتاقان های خودمیزان Self Aligning Bearings

۲-بر اساس تعداد ردیف عناصر چرخنده در سه دسته:

الف برینگ های یک ردیفه Single Row Bearings

ب-برینگ های دوردیفه Double Row Bearings

پ-برینگ های چندردیفه Multi Row Bearings

ت-برینگ های مجموعه ای Bearings Unit

که در بخش های بعدی راجع به آنها بحث خواهد شد.

طبقه بندی برینگ ها بر اساس نوع عنصر چرخنده

برینگ های غلتکی بر اساس عناصر چرخنده در دسته های زیر طبقه بندی می شوند:

۱-بال برینگ ها Ball Bearings

۲-رولر برینگ های Roller Bearings

که ذیلا به شرح، ساختمان کاربرد و انواع آنها پرداخته می شود.

بال برینگ ها Ball Bearings

همانگونه که ذکر شد در این نوع یاتاقان ها عامل چرخنده ساچمه یا Ball می باشد که وظیفه انتقال

نیروها را از روی یک کنس به کنس دیگر توسط ساچمه ها انجام می دهد.

انواع و اقسام بال برینگ ها عبارتند از:

الف-بال برینگ های معمولی شیار عمیق Deep Groove Ball Bearings

ب-بال برینگ های مغناطیسی Magneto Bearings

پ-بال برینگ های تماس زاویه ای Angular Contact Ball Bearings

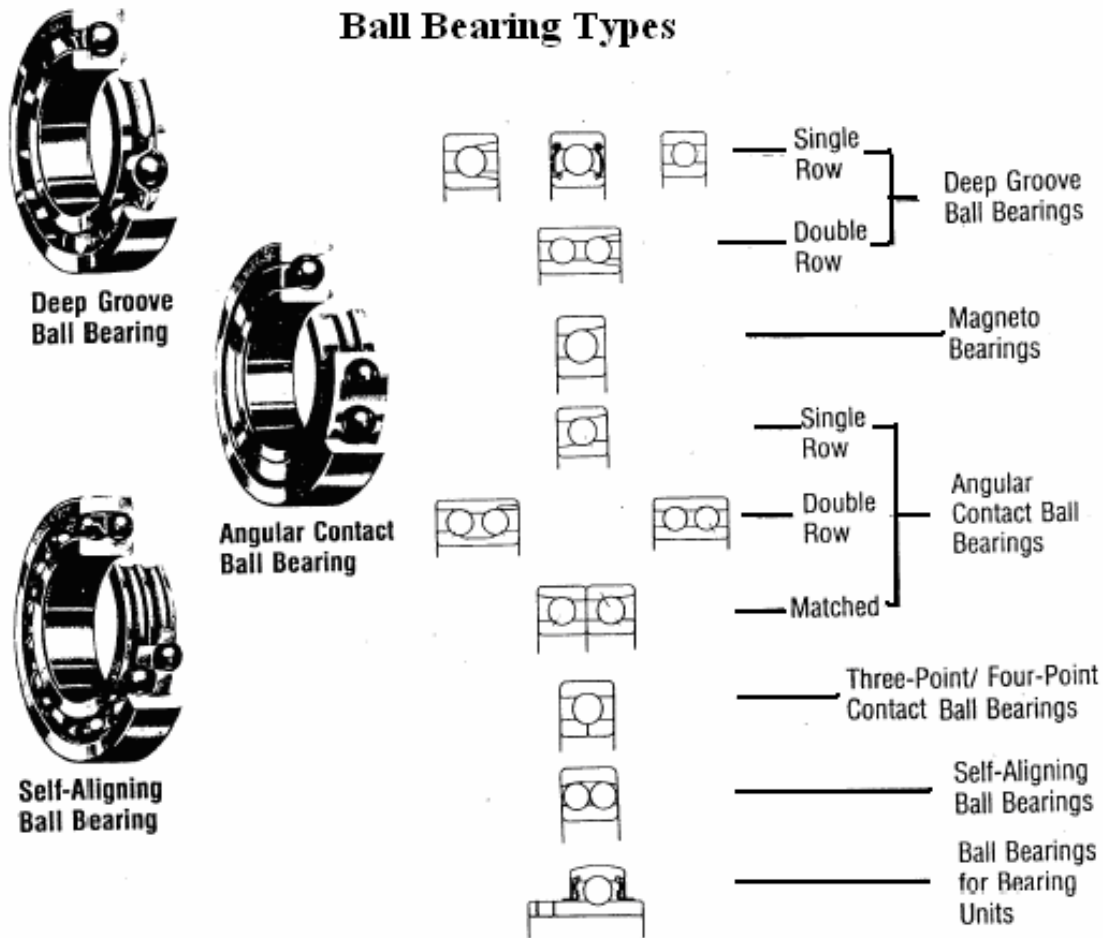
ت-بال برینگ های دوردیفه تماس زاویه ای Double Row Angular Contact Ball Bearings

ث-بال برینگ های چهار نقطه تماسی Four- Point Contact Ball Bearings

ج-بال برینگ های خودمیزان Self Aligning Ball Bearings

در شکل زیر انواع طرح های مختلف بال برینگ هانشان داده شده است.

Ball Bearing Types

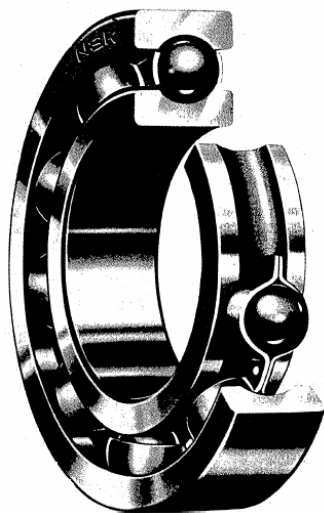


که ذیلا راجع به هر کدام از آنها و موارد کاربردشان توضیح مختصری داده می شود.

بال برینگ های شیار عمیق Deep Groove Ball Bearings

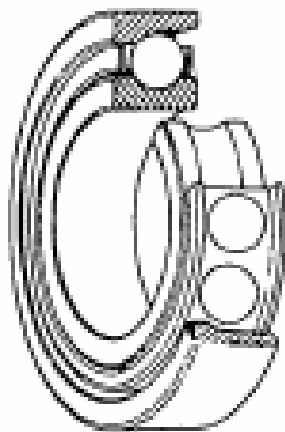
بال برینگ های شیار عمیق Deep Groove Ball Bearings عمومی ترین نوع یاتاقان های غلتکی هستند که وسیع ترین محدوده مصرف را در صنعت دارند. تماس بین ساچمه ها و کنس های داخلی و خارجی آنها بصورت نقطه ای و در جهت شعاعی می باشد همچنین در کنس های داخلی و خارجی آنها شیارهائی Race Way دایره ای شکل تعبیه شده که قطر آن بیشتر از قطر ساچمه ها است. این نوع یاتاقان ها قادر به تحمل بارهای شعاعی و محوری در هر جهت می باشند و به دلیل تماس نقطه ای که بین اجزا چرخنده آنها وجود دارد کمترین اصطکاک در آنها وجود دارد و دارای گشتاور راه اندازی پایینی هستند (به دلیل کم بودن اصطکاک های داخلی) و برای مواردی که دور بالا باشد و نیاز به تلفات مکانیکی پایین باشد بسیار مناسب هستند. علاوه بر این یاتاقان ها با حفاظ های فلزی و لاستیکی یک طرفه و دو طرفه طراحی می شوند و از قبل می توانند با گریسی که در داخل

کارخانه سازنده دران ذخیره شده است روانکاری شوند. در بعضی از موارد نیز بسته به شرایط کاربردی، رینگ های تگه دارنده Snup Ring برای نصب، نیز روی کنس های داخلی یا خارجی آنها تعبیه می گردد. قفسه های جداکننده Cage بال برینگ ها غالباً از فولادهای پرس شده Pressed-Steel Cage است.



بال برینگ های مغناطیسی Magneto Bearing

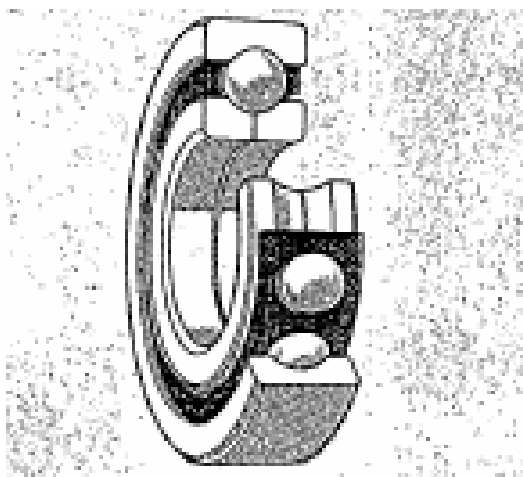
عمق شیار در Magneto Bearing ها کمی کمتر از بال برینگ های شیار عمیق می باشد و از آنجائی که کنس خارجی آنها فقط در یک طرف تکیه گاه دارد کنس خارجی آنها می توانند جدا شود که مزیت خوبی برای نصب این نوع برینگ هاست. معمولاً این نوع یا تا قان ها بصورت جفتی مورد استفاده واقع می شوند.



این نوع برینگ ها معمولاً در سایزهای کوچک با قطر داخلی ۴ تا ۳۰ میلی متر ساخته می شوند و غالباً برای دستگاه های کوچک نظیر Magneto ژيروسکوپ ها و تجهیزات ابزار دقیق و..... مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً قفسه ها (Cage ها) بصورت براسی پرس شده Prssed Brass است.

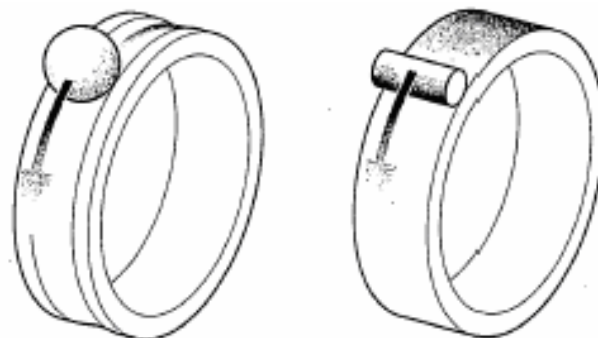
بال برینگ های چهار نقطه تماسی Four Point Contact Ball Bearings

در بال برینگ های چهار نقطه تماسی به دلیل این که کنس داخلی آنها بصورت دوتکه ای است Radial Split کنس های داخلی و خارجی آنها قابل جدا شدن هستند که باعث می گردد نصب آنها بسیار راحت تر از انواع برینگ های دیگر باشد. این بال برینگ ها علاوه بر تحمل بیشتر بارهای شعاعی نسبت به بال برینگ های معمولی قادر به کنترل کردن نیروهای محوری در هر دو جهت نیز می باشند. زاویه تماس ساچمه ها با کنس های داخلی و خارجی ۳۵ درجه است و تنها استفاده از یکی از این بال برینگ های تو اند جایگزین نصب دو عدد بال برینگ تماس زاویه ای که بصورت رودر رو Face To Face یا پشت به پشت Back To Back قرار می گیرند شود.



رولر برینگ ها Roller Bearings

در رولر برینگ ها نحوه تماس بین رولرها و کنس های داخلی و خارجی بصورت خطی است و به دلیل بالاتر بودن سطح تماس رولرها و کنس های داخلی و خارجی دارای تحمل بار بیشتری نسبت به بال برینگ ها هستند ولی به این نکته نیز باید توجه نمود که با بیشتر شدن سطح تماس به تناسب اصطکاک و تلفات مکانیکی آنها نیز افزایش پیدامی کند و بالتبع دارای تحمل بار بیشتری نیز می باشند.



مقایسه بال برینگ ها و رولر برینگ ها از نظر تماس غلتک های آنها

بسته به شکل رولبرینگ ها، این نوع برینگ هادرچهار دسته زیرطبقه بندی می شوند:

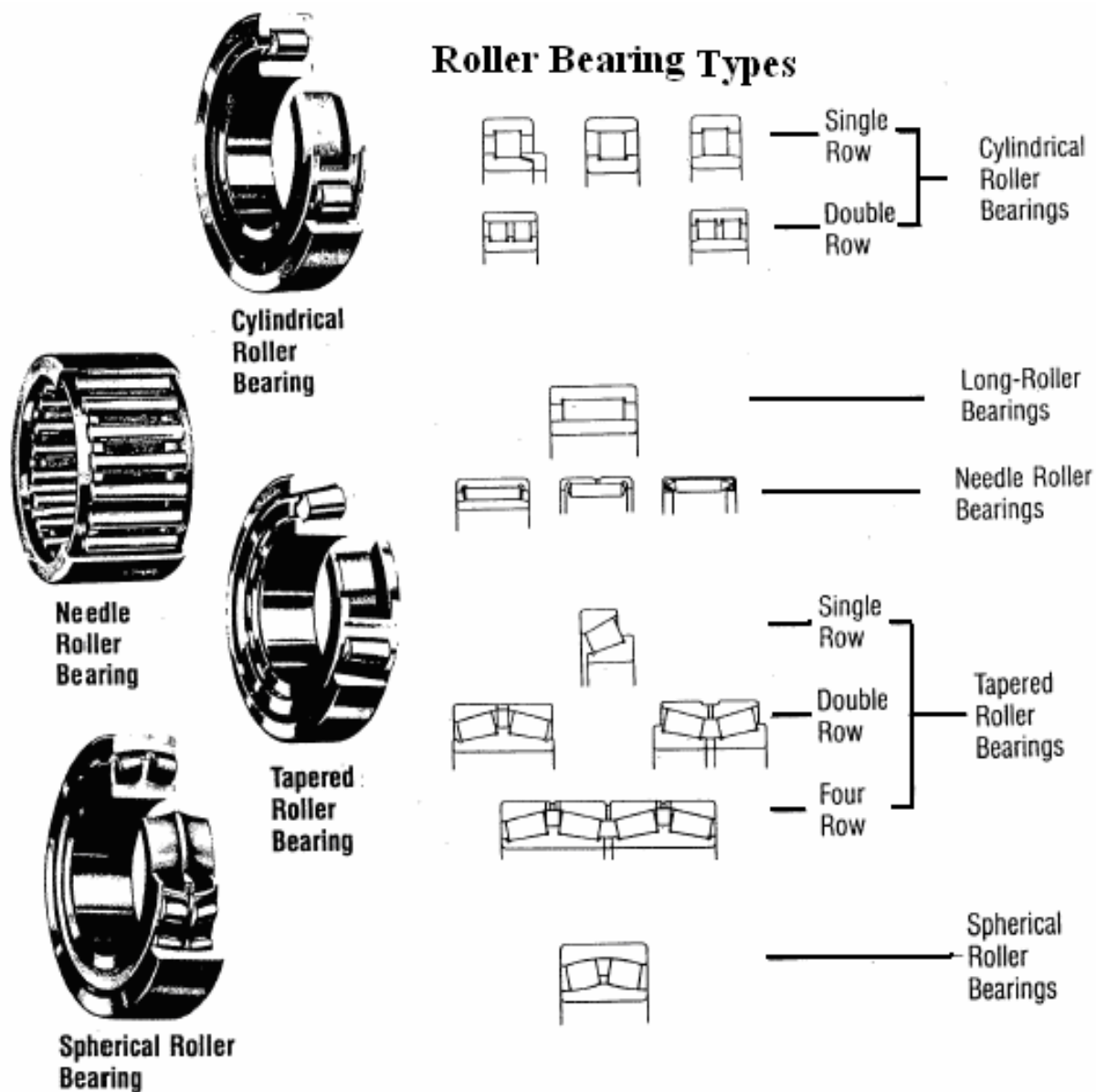
۱- رولبرینگ های استوانه ای Cylindrical Roller Bearings

۲- رولبرینگ های مخروطی Tapper Roller Bearings

۳- رولبرینگ های بشکه ای Spherical Roller Bearings

۴- رولبرینگ های سوزنی Needle Roller Bearings

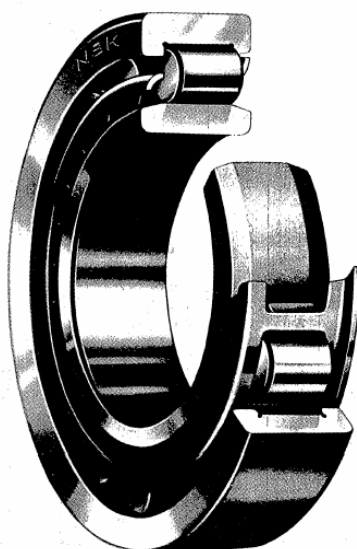
در شکل زیر انواع طراحی های مختلف رولبرینگ هانشان داده شده است.



که ذیلا راجع به کاربرد و موارد استفاده هر کدام از آنها توضیح مختصری داده می شود.

رولربرینگ های استوانه ای Cylindrical Roller Bearings

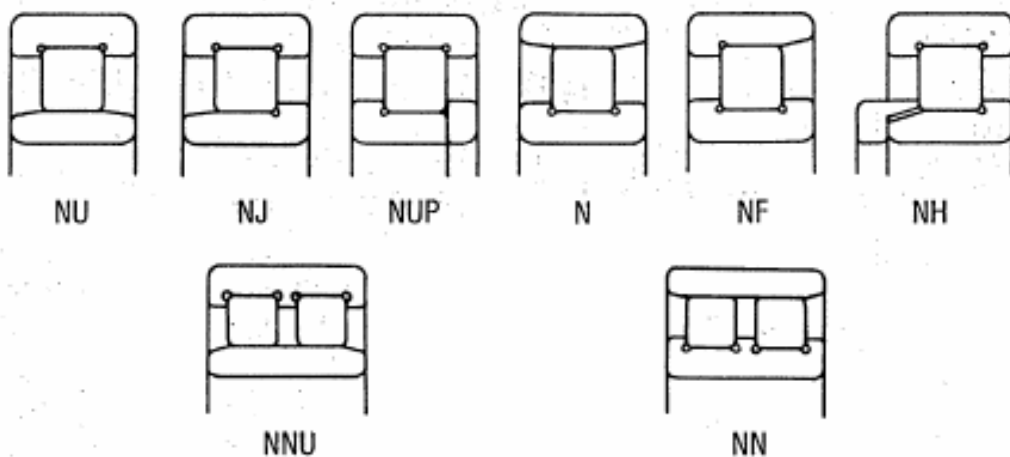
همانگونه که قبلا ذکر گردید رولرها با کنس های داخلی و خارجی دارای تماس خطی می باشند و دارای تحمل بارهای شعاعی و محوری بیشتری و حتی قابلیت استفاده در دورهای بالا را نیز دارند. این یاتاقان ها بصورت یک ردیفه و چند ردیفه طراحی و ساخته می شوند و موارد استفاده زیادی را در صنعت دارند.



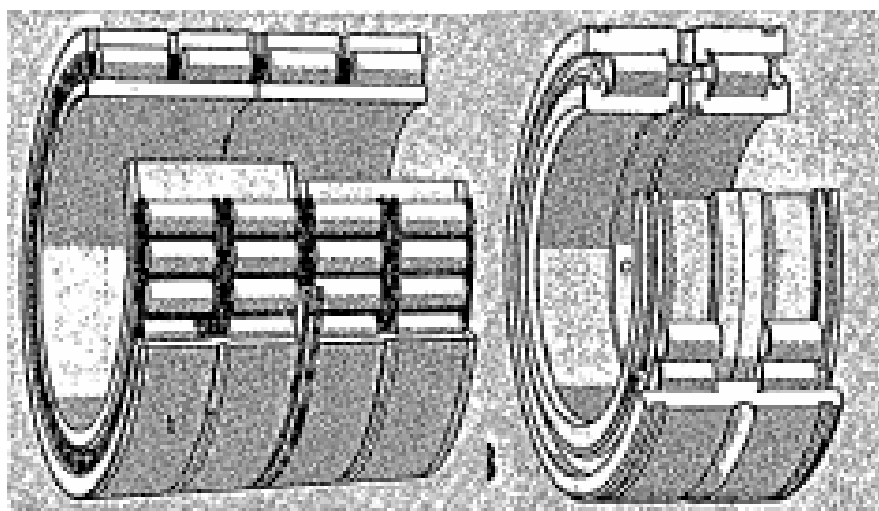
این نوع برینگ ها دارای طراحی های مختلفی مثل NU, NJ, NUP, N, NF (برای برینگ های یک ردیفه) و NNU و NN برای انواع دور ردیفه انهامی باشند.

بسته به وجود اب بند و نحوه قرارگیری کنس های داخلی و خارجی، رولربرینگ ها بصورت های مختلفی طراحی می شوند، و بسته به نوع کاربرد مورد استفاده قرار می گیرند.

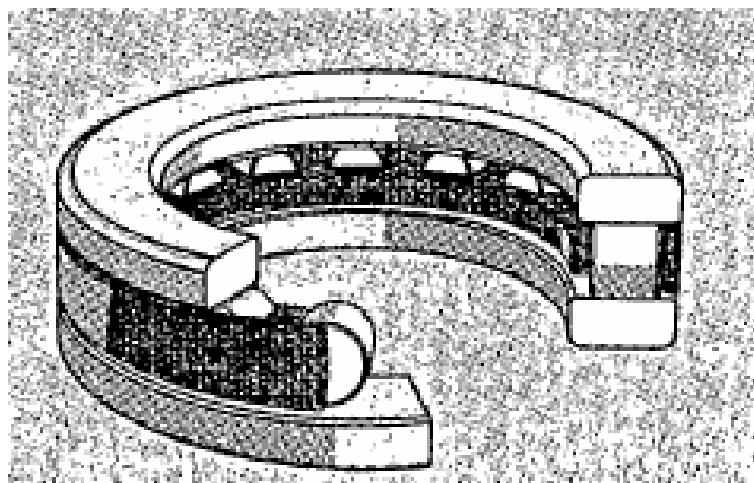
DESIGN, TYPES, AND FEATURES



در تمامی انواع آنها کس های داخلی و خارجی قابل جدا شدن هستند. بعضی از رولربرینگ ها هیچ گونه پشت بندی (پله) روی کس های داخلی و خارجی خود ندارند بنابراین، کس ها و نهایتاً محوری می توانند در جهت طولی حرکت محوری داشته باشند (Free End) و در برخی از آنها که کس های داخلی یا خارجی دارای پشت بند (Rib) یک طرفه یا دو طرفه هستند قادر به تحمل بارهای جزئی محوری در یک یا دو جهت نیز هستند. رولربرینگ های استوانه ای دوردیغه دارای تحمل بار بیشتری در جهت شعاعی می باشند و معمولاً برای ماشین ابزارهای دقیق مورد استفاده قرار می گیرند. همچنین رولربرینگ های دوردیغه و چهاردیغه نیز موجود است کیج های این نوع یا تاقان ها معمولاً از نوع استیل پرچ شده، براس ماشین کاری شده و بعضی اوقات نیز از پلیمرها طراحی و ساخته می شود.

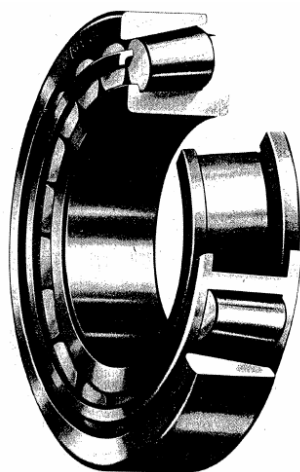


البته لازم به توضیح است که از بعضی از انواع این یا تاقان ها برای کنترل نمودن نیروهای محوری خالص نیز استفاده می شود که در شکل زیر شمائی از آن نشان داده شده است.



رولربرینگ های مخروطی Tapper Roller Bearings

رولربرینگ های مخروطی دارای قابلیت تحمل بارهای شعاعی زیاد و همچنین بار محوری در یک جهت را دارند. در انواع سری HR آنها با افزایش ابعاد رولرها در دو جهت و زیاد نمودن تعداد ساچمه ها برینگ های با تحمل بار بیشتر ساخته شده است. این نوع یاتاقان ها نیز مانند بال برینگ های تماس زاویه ای معمولاً بصورت دوتائی نصب و مورد استفاده واقع می شوند. در این شرایط تنظیم کلرنس داخلی با اعمال Preload و تنظیم کردن فاصله محوری که بین کنس های داخلی و خارجی (Cone & Cup) آنها وجود دارد برای دو عدد برینگی که بصورت پشت به پشت یا روبه رو نصب می شوند انجام می شود. به دلیل این که Cone & Cup این برینگ ها قابل جدا شدن هستند می توانند بصورت جدا جدا نصب شوند.



بسته به زاویه تماس Tapper Roller Bearings ها در سه دسته طبقه بندی می شوند:

الف- رولربرینگ با زاویه معمولی Normal Angle

ب- رولربرینگ با زاویه متوسط Medium Angle

ج- رولربرینگ با زاویه تند Steep Angle

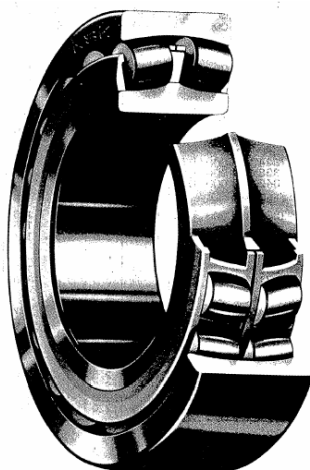
که بسته به نوع و مقدار بارهای شعاعی و محوری و هر کدام کاربرد مخصوص به خود را دارند.

رولربرینگ های بشکه ای Spherical Roller Bearings

شکل غلتک این نوع برینگ ها بصورت استوانه بشکه ای شکل (Barrel Shaped Roller) است و کنس داخلی نهادارای دور دیف شیار (Race Way) و کنس خارجی نهادارای یک شیار دایره ای شکل می باشد که با توجه به شکل خاصی که دارند بصورت خودمیزان (Self Align) عمل می کنند و در صورتی که بین اجزا مختلف ماشین

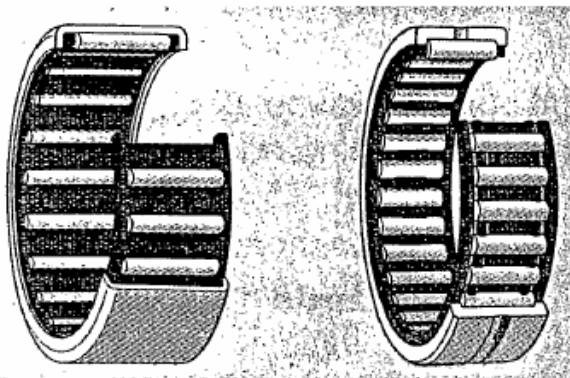
ناهم محوری وجود داشته باشد یا محور تغییر شکل دهد این برینگ می تواند بصورت اتوماتیک این مسائل را خنثی کند و از اعمال نیروی محوری زیاد روی برینگ ممانعت نماید.

رولرهای بشکه ای Spherical Roller Bearings نه تنها قادر به تحمل بارهای شعاعی سنگین می باشند بلکه می توانند مقدار جزئی نیروهای محوری را نیز در دو جهت خنثی کنند. آنها قابلیت تحمل بارهای شعاعی را بصورت عالی دارند و در مواردی که بارهای شعاعی سنگین همراه با ضربه وجود داشته باشد کاربرد بیشتری دارند. قطر داخلی کنس داخلی بعضی از انواع این برینگ ها بصورت مخروطی و بعضی از آنها بصورت استوانه ای می باشد همچنین بعضی از آنها مستقیم روی محور نصب می شوند و بعضی دیگر با پوش Adapter نصب می شوند.



رولرهای سوزنی Needle Roller Bearings

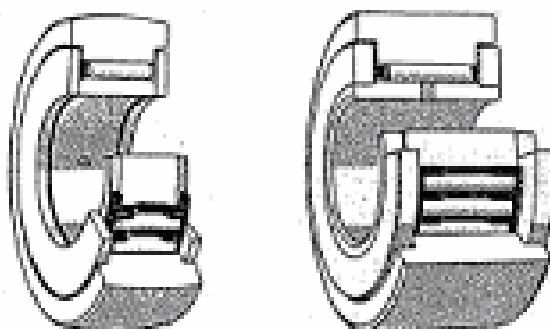
رولر برینگ های سوزنی شامل تعداد زیادی استوانه های باریکی هستند که طول آنها ۳ تا ۱۰ برابر قطر آنها است بنابراین نسبت قطر خارجی این برینگ ها به قطر داخلی آنها کم است و قادر به تحمل بارهای شعاعی زیاد هستند.



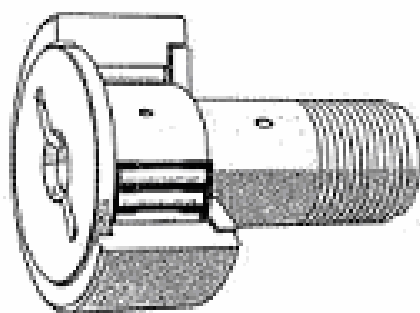
کاربرد این یاتاقان ها غالباً در چهارشاخه گاردان ها، مفصل های سیستم های اهرم بندی انتقال حرکت (انتقال حرکت گاورنر به ترانل ولو) یاتاقان گژن پین و... می باشد و غالباً در مواردی که محدودیت فضائی محوری برای نصب برینگ وجود داشته باشد مورد استفاده قرار می گیرند.

این نوع یاتاقان ها انواع طراحی های مختلفی دارند و بعضی از آنها فاقد کنس داخلی می باشند.

در شکل های زیر چند نمونه از طراحی های موجودان نشان داده شده است.



برینگ های سوزنی بار اهلصای محوری



برینگ سوزنی بادامکی



برینگ سوزنی بدون راهلصای محوری

طبقه بندی یاتاقان ها بر اساس نوع بار

ب- بر اساس نحوه زاویه تماس عوامل چرخنده با کنس های داخلی و خارجی نیز این نوع یاتاقان ها می توانند باریانیروها را در جهت های مختلف کنترل کنند که بر این اساس یاتاقان هادر دسته های زیر طبقه بندی می شوند:

۱- یاتاقان های شعاعی Radial Bearings

۲- یاتاقان های محوری Thrust Bearings

۳- یاتاقان های تماس زاویه ای (ترکیبی از شعاعی و محوری)

که ذیلا به شرح انها پرداخته می شود:

یاتاقان های شعاعی Radial Bearings

اگر زاویه تماس عوامل چرخنده و کنس های داخلی و خارجی بصورت شعاعی (عمود بر محور) باشد به ان برینگ های شعاعی Radial Bearing گفته می شود و موارد کاربرد انها برای کنترل کردن نیروهای شعاعی است که ناشی از نیروهای گریز از مرکزی است که در اثر حرکت دورانی محوره به ان اعمال می گردد. در این نوع برینگ هایین کنس های داخلی و خارجی، تعدادی عنصر چرخنده قرار دارد که ممکن است بر حسب مورد استفاده آنها در صنعت بصورت ساچمه Ball استوانه Roller و سوزن یا Needle قرار گرفته باشد که به انها بال برینگ Ball Bearing رولر برینگ Roller Bearing برینگ سوزنی یا Needle Bearing گفته می شود که هر کدام از انها برای شرایط ویژه ای مورد استفاده قرار می گیرند که در بخش قبلی راجع به ان بحث مختصری گردید...

یاتاقان های محوری Thrust Bearings

اگر زاویه تماس عوامل چرخنده با کنس های داخلی و خارجی بصورت محوری (در جهت محور) باشد به ان تراست برینگ Thrust Bearing یا برینگ کف گرد گفته می شود و موارد کاربرد انها برای نیروهایی است که یاتاقان باید در جهت محوری کنترل نماید. منشا نیروهای تراست شامل نیروی ناشی از وزن رتور و همچنین نیروهای هیدرولیکی است که در توربو ماشین ها در اثر اختلاف فشار دو طرف پروانه ها بوجود می آید یا نیروهائی که ناشی از مولفه محوری چرخ دنده های زاویه دار است که در داخل گیربکس ها و مجموعه چرخ دنده های انتقال قدرت بوجود می آید. بسته به نوع عنصر چرخنده ای که بین کنس های دو طرف قرار می گیرد این نوع یاتاقان ها در دسته های زیر طبقه بندی می شوند:

۱- بال برینگ های تراست Thrust Ball Bearings

۲- رولر برینگ های تراست Cylindrical Roller Thrust Bearings

۳- رولر برینگ مخروطی تراست Tapper Roller Thrust Bearings

۴- رولر برینگ بشکه ای تراست Spherical Roller Thrust Bearings

همچنین از نظر باربری که تحمل می کنند بیرینگ ها در دو دسته :

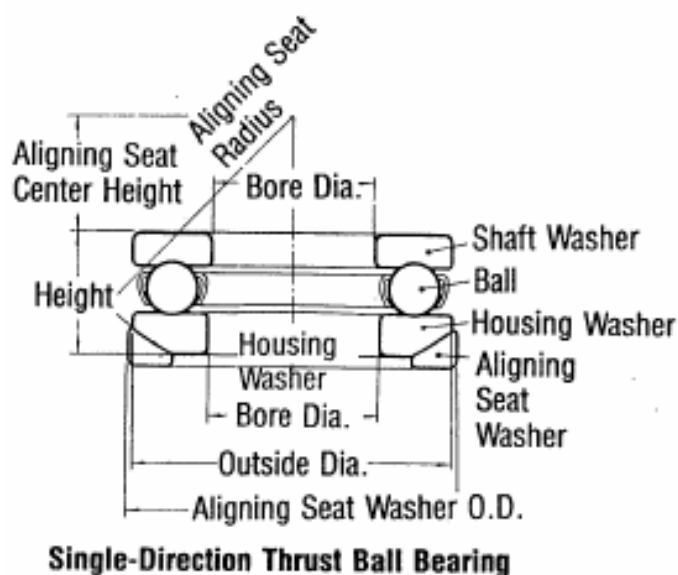
الف- بیرینگ های یک طرفه Single Direction Thrust Bearings

ب- بیرینگ های دو طرفه Double Direction Thrust Bearings

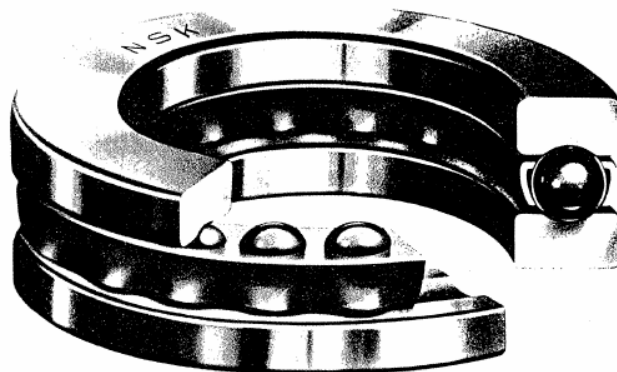
طبقه بندی می شوند که ذیلا به شرح مختصری از هر کدام از بیرینگ ها پرداخته می شود.

تراست بال بیرینگ ها Thrust Ball Bearings

همانگونه که ملاحظه می شود بال بیرینگ های نوع محوری از دو صفحه و اشرفمانند که در داخل آنها شیارهایی جهت قرار گرفتن ساچمه ها تعبیه شده است تشکیل شده اند که دارای قطر خارجی برابر هستند و عناصر غلتنده بین این دو و اشرف قرار گرفته اند و ساچمه ها از بالا و پایین دیده می شوند.

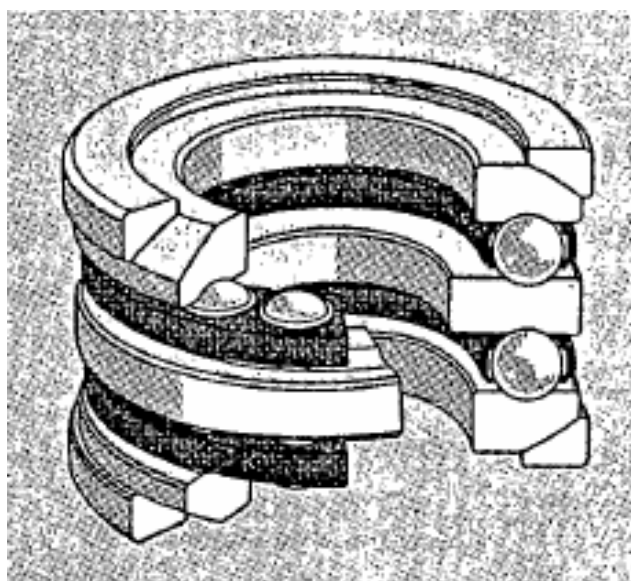


کنس داخلی (پایینی) Shaft Washer این نوع یا تاقان روی شافت نصب است، و بان می چرخد و کنس خارجی (بالائی) Housing Washer ان نیز متصل به هوزینگ (ثابت) است.



لازم به توضیح است که برینگ های کف گرد نیروهای محوری را تنها در یک جهت می توانند کنترل کنند و در مواردی که جهت نیروهای محوری تغییر می کند (در دو جهت نیروی محوری تولید می شود) حتما باید از تراست برینگ های دوبله استفاده نمود.

بال برینگ های تراست دو طرفه دارای دوردیف ساچمه و سه عدد کنس می باشند که یکی از آنها Center Ring (وسطی) روی محور ثابت است و بان می چرخد و دو عدد کنس دیگر (بالائی و پایینی) داخل هوزینگ برینگ ثابت هستند.

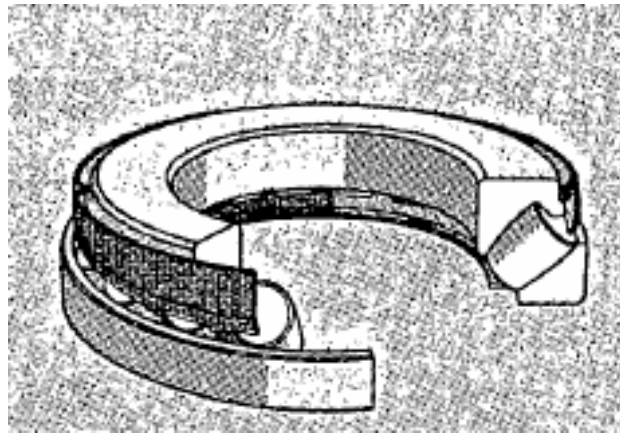


در بعضی از بال برینگ های تراست گاهانیز یک واشر دیگر نیز در زیر کنس ثابت ان تعبیه می شود تا بتواند نا هم محوری های شافت و یا خطاهای ناشی از نصب را جبران نماید.

معمولا قفسه های این نوع برینگ ها استیل پرس شده است ولی گاه از قفسه های ماشین کاری شده نیز استفاده می شود.

رولر برینگ های بشکه ای تراست Spherical Roller Thrust Bearings

در داخل کنس های این نوع یاتاقان ها شیارهای بشکه ای شکل تعبیه شده است و به همین دلیل این نوع یاتاقان ه می توانند بصورت خودمیزان Self Aligning عمل کنند و به دلیل شکل عناصر چرخنده نیز قادر به تحمل بارهای محوری بسیار زیادی می باشند.

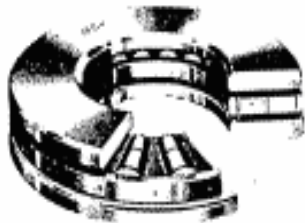


در شکل زیر نیز انواع برینگ های غلطکی تراست نشان داده شده است.

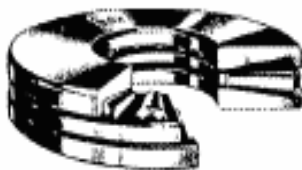
Thrust Bearing Types



Single-Direction Thrust Ball Bearing



Cylindrical Roller Thrust Bearing



Tapered Roller Thrust Bearing



Spherical Thrust Roller Bearing



Thrust Ball Bearings

Single Direction



Double Direction



Angular Contact Thrust Ball Bearings

Cylindrical Roller Thrust Bearings

Needle Roller Thrust Bearings

Tapered Roller Thrust Bearings

Spherical Thrust Roller Bearings

یاتاقان های تماس زاویه ای Angular Contact Bearings

اگر زاویه تماس عوامل چرخنده و کنس های داخلی و خارجی بصورت زاویه ای (مورب) باشد به آن برینگ تماس زاویه ای (Angular Contact) گفته می شود. این نوع یاتاقان ها معمولا نیروهای محوری را فقط در یک جهت می توانند کنترل کنند و در بیشتر اوقات بصورت دوبله مورد استفاده قرار می گیرند و موارد کاربرد آنها برای ترکیبی از نیروهای شعاعی و محوری است که در توربو ماشین ها و دیگر ماشین الات سبک و متوسط بوجود می آید.

بسته به عنصر چرخنده این نوع برینگ ها در دسته بندی های زیر طبقه بندی می شوند:

۱- بال برینگ های تماس زاویه ای (Angular Contact Ball Bearings)

۲- برینگ های مخروطی (Taper Roller Bearings)

بال برینگ های تماس زاویه ای Angular Contact Ball Bearings

با این نوع طراحی ویژه بال برینگ قادر به کنترل کردن نیروهای شعاعی و محوری در یک جهت می باشند. این نوع یاتاقان ها با چهار نوع زاویه 15, 25, 30, 40 درجه در دسترس می باشند. هر چه مقدار زاویه بال برینگ بیشتر شود تحمل بار محوری آن بیشتر خواهد شد. ولی برای کاربردهای بادور بال زاویه تماس کمتر ترجیح داده می شود.

بال برینگ های تماس زاویه ای در دو نوع :

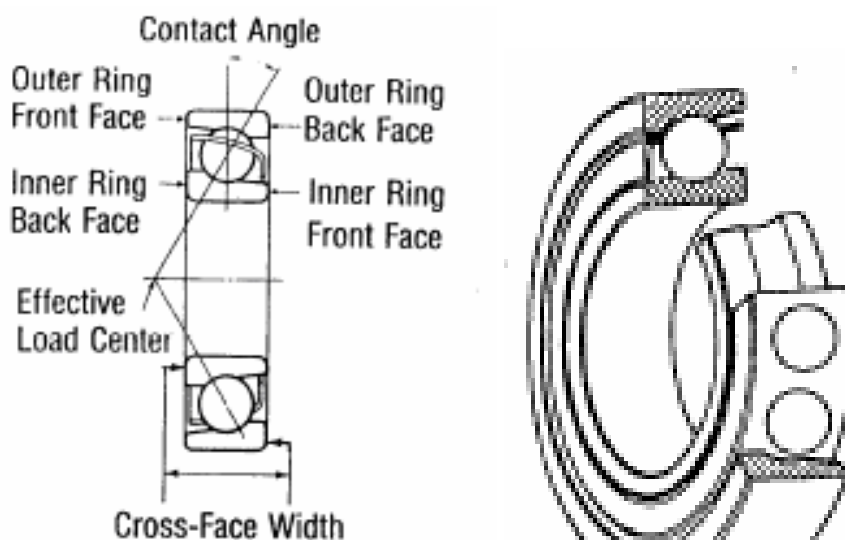
۱- بال برینگ تماس زاویه ای یک ردیفه Single Row Angular Contact

۱- بال برینگ های تماس زاویه ای دور ردیفه Double Row Angular Contact

طراحی و مورد استفاده قرار می گیرند.

بال برینگ تماس زاویه ای یک ردیفه Single Row Angular Contact

این بال برینگ ها به دلیل زاویه دار بودن تماس بال ها با کنس های داخلی و خارجی به این اسم نامیده شده اند و به دلیل ازادی حرکتی که کنس ها با هم دارند باید حتما یک نیروی فشاری Preload روی آنها اعمال شود تا تماس ساچمه ها با کنس ها برقرار شود در غیر این صورت ساچمه ها بصورت لق عمل می کنند و باعث لرزش زیاد و خرابی زودرس برینگ می شود.



بال برینگ یک ردیفه تماس زاویه ای

این نوع بال برینگ ها معمولاً در پمپ ها بصورت دوبله استفاده می شوند تا بتوانند نیروهای محوری را در هر دو جهت کنترل کنند ولی چون جهت نیروی محوری تغییر نمی کند و همواره در یک جهت است غالباً فقط یکی از آنها بیشتر در معرض خرابی قرار می گیرد (و نیازی به تعویض هر دو بال برینگ نیست) حتی از بال برینگ خراب شده می توان پی به جهت نیروی محوری برد و گاهی علت خرابی ها را شناسائی نمود. قفسه (کیج) های این نوع یا تا فان معمولاً استیل پرس شده است ولی در بعضی از انواع دیگر آن از کیج (قفسه) پلیمری نیز استفاده می شود.

همانگونه که قبلاً گفته شد بال برینگ های تماس زاویه ای غالباً بصورت جفتی و در ارایش های زیر مورد استفاده قرار می گیرند:

۱- ارایش پشت به پشت (Back To Back Arrangement)

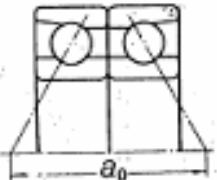
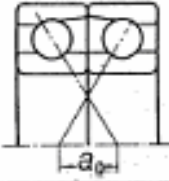
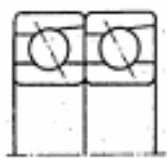
۲- ارایش رو در رو (Face To Face Arrangement)

۳- ارایش پشت سرهمی (Tandem Arrangement)

۴- ارایش مختلط (Combined Arrangement)

در صفحه بعد شمائی از نحوه بعضی از ارایش های آنها و همچنین موارد کاربرد آنها نشان داده شده است.

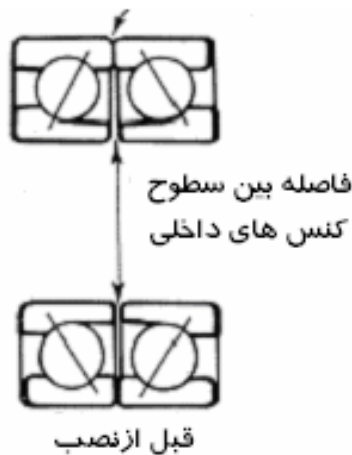
انواع آرایش های نصب بال برینگ های تماس زاویه ای

Figure	Arrangement	Features
	Back-to-back (DB) (Example) 7208 A DB	قابلیت کنترل کردن نیروهای شعاعی و محوری در هر دو جهت را دارند از آنجا که فاصله مرکزی موثر بار a_0 بین آنها زیاد است این آرایش در مواردی که بار گشتاوری وجود داشته باشد مناسب است
	Face-to-face (DF) (Example) 7208 B DF	قابلیت کنترل کردن نیروهای شعاعی و محوری در هر دو جهت را دارند در مقایسه با آرایش DB فاصله بین مرکز موثر بار a_0 بین آنها کم است بنابراین ظرفیت کنترل گشتاور آنها کم است
	Tandem (DT) (Example) 7208 A DT	در این نوع آرایش نیروهای شعاعی و محوری فقط در یک جهت کنترل می شود از این آرایش در مواردی که نیرو در یک جهت خیلی بالا باشد استفاده می شود

که ذیلا به شرح و موارد استفاده هر کدام از آنها پرداخته می شود.

آرایش پشت به پشت Back To Back Combination

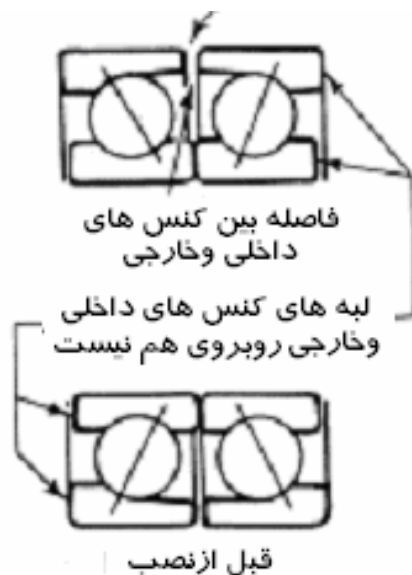
در این نوع آرایش از دو عدد بال برینگ نوع تماس زاویه ای طبق شکل زیر استفاده می شود همینطور که ملاحظه می شود در این حالت قبل از نصب بین کنس های داخلی بال برینگ ها فاصله ای وجود دارد که پس از مونتاژ و سفت کردن لاک نت پشت بال برینگ این فاصله به صفر می رسد و تماس کامل بین ساچمه ها و کنس ها برقرار می شود که به مقدار نیروی لازم برای این که فاصله بین کنس های داخلی به صفر رسانده شود Preload گفته می شود که در بخش های بعد راجع به آن بحث خواهد شد.



دراکثر پمپ های گریز از مرکز برای این که عمل تر است دو طرفه و در دو جهت محور کنترل شود از دو عدد بال برینگ تماس زاویه ای که پشت به پشت Back-To-Back و در یک طرف محور (اصولاً Out Board) و یک بال برینگ شعاعی Radial در طرف دیگر Inboard پمپ استفاده می شود.

ارایش صورت به صورت Face To Face Combination

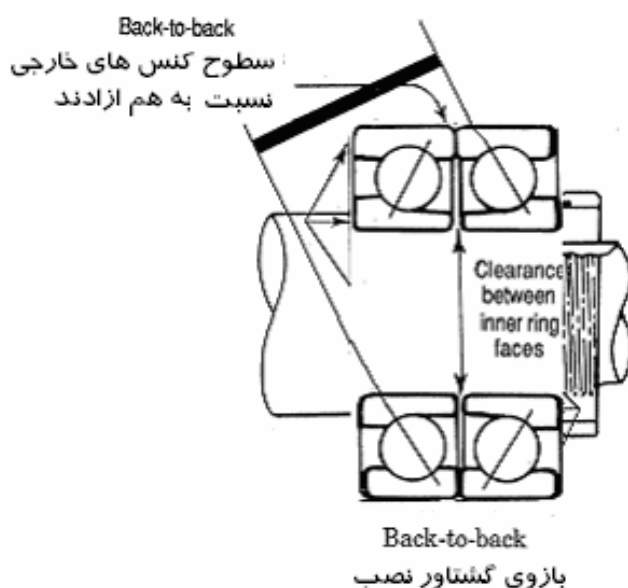
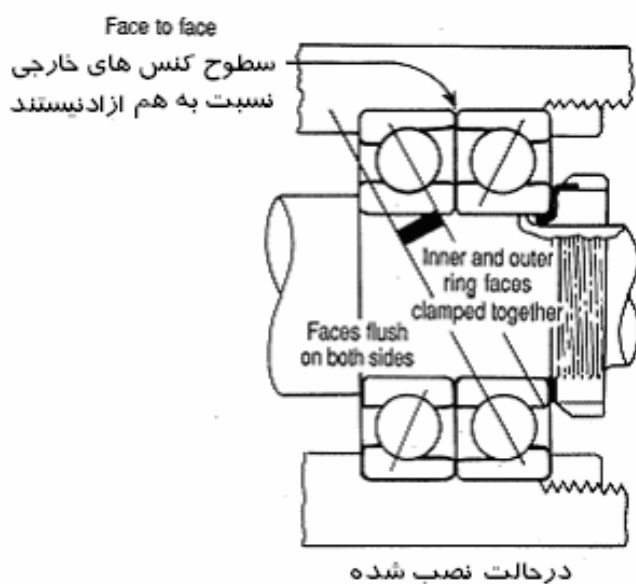
در این ارایش بال برینگ های تماس زاویه ای بصورت زیر روی محور قرار می گیرند. که برخلاف ارایش قبل قبل از نصب برینگ های این کنس های خارجی دو بال برینگ فاصله ای وجود دارد که پس از نصب و اعمال نیروی Preload فشاری (ناشی از سفت کردن پیچ های کاور پشت کنس خارجی این فاصله به صفر می رسد تا نیروی Preload مطلوب روی قطعات بال ها اعمال گردد.



لازم به توضیح است که نیروی Preload باید در حد مطلوب باشد زیرا اگر از حد مطلوب بیشتر شود باعث تماس شدید ساچمه ها و کنس ها و افزایش اصطکاک و گرم کردن برینگ می شود و در صورتی که از حد مطلوب کمتر باشد نیز باعث حرکت اضافی ساچمه ها و ایجاد ارتعاشات زیادی می شود که در هر دو حالت منجر به خرابی زودرس بال برینگ خواهد شد. برای تغییر دادن مقدار Preload می توان با قرار دادن شیمز های دایره ای به اندازه قطر کنس داخلی یا خارجی و با ضخامت مناسب مقدار آن را تغییر داد. بطور مثال با قرار دادن شیمزین کنس های خارجی ارایش نوع پشت به پشت می توان مقدار Preload را زیاد کرد و با قرار دادن شیمزین کنس های داخلی در ارایش نوع پشت به پشت می توان مقدار Preload را کاهش داد.

ارایش نصب بال برینگ های نوع تماس زاویه ای از لحاظ کنترل کردن نیروهای محوری چه بصورت پشت به پشت و چه بصورت رودررو فرقی نمی کند ولی از بعضی جهات روش پشت به پشت Back To Back نسبت به روش دیگر ارجح است که ذیلا به شرح ان می پردازیم:

۱- به دلیل بیشتر بودن فاصله بین خط تماس بال ها و کنس های داخلی و خارجی در ارایش پشت به پشت Flexibility مجموعه برینگ ها بالامی رود و امکان ایجاد حرکت مفصلی (گشتاوری) زیادی شوده عبارت دیگر برینگ ها بصورت Self Align عمل کنند و قادر به جذب Missalignment ناخواسته بوده و میزان لرزش ناشی از نااهم محوری در آنها کاهش پیدامی کند و نیاز به الاین بسیار دقیق روی دستگاه نمی باشد در صورتی که در ارایش رودررو دو دستگاه باید خیلی دقیق نسبت به هم هم محور (Alignment) شوند و نااهم محوری های جزئی و ناخواسته نیز باعث ایجاد ارتعاشات و نهایتا کاهش طول عمر قطعات و دستگاه می شود.
در شکل زیر این دو ارایش از نظر بازوی گشتاوری نصب باهم مقایسه شده اند.



۲- عملیات روغنکاری در ارایش پشت به پشت با استفاده از یک عدد Oil Ring امکان پذیر است ولی برای ارایش صورت به صورت نیاز به دو عدد Oil Ring در دو طرف برینگ ها است.

۳- اعمال نیروی Preload باسفت کردن لاک نت پشت بال برینگ روی کنس های داخلی نسبت به کنس های خارجی بهتر انجام می شود (باتوجه به جنس سخت محور).

بال برینگ های دوردیفه نوع تماس زاویه ای بصورت پشت به پشت ساخته می شوند و نیروهای Preload در حین ساخت برینگ در نظر گرفته می شود و روی برینگ اعمال می شود و کلیه مسائل نصب به کلی مرتفع می شود.

ارایش پشت سرهمی Tandem Back To Face

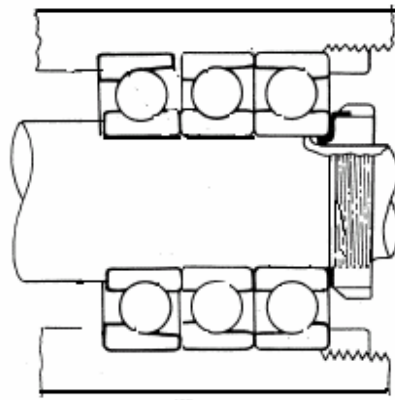
این نوع ارایش مواقعی کاربرد دارد که نیاز به کنترل کردن نیروی محوری زیادی در یک جهت وجود داشته باشد. این نوع ارایش برای کنترل کردن نیروهای محوری در توربین های بخار کوچک و متوسط ضربه ای که تقریباً همه نیروهای محوری در یک جهت بوجود می آیند به وفور مورد استفاده قرار می گیرد. البته در بیشتر مواقع نیروهای جهت مقابل که مقدار آن خیلی کم است توسط کنس خارجی بال برینگ جلوئی و سطح پیشانی سیلیو برینگ بایستی (برینگ فلنجی که قبلاً راجع به آن بحث شده) کنترل می شود.

TANDOM



ارایش ترکیبی Combined Arrangement

از این نوع ارایش معمولاً در ماشین الاتی که مقدار نیروی محوری در آنها در یک جهت بیشتر از جهت دیگر باشد استفاده می شود. مثل پمپ های گریز از مرکز که مکشه بدین صورت که دو عدد بال برینگ بصورت پشت سرهم قرار می گیرند تا نیروی محوری یک جهت را خنثی کنند و یک عدد بال برینگ دیگر نیز در جهت عکس قرار داده می شود تا نیروی محوری جهت مقابل را که مقدار آن کمتر است را خنثی کند. در شکل صفحه بعد شمائی از این نوع ارایش نشان داده شده است.



برینگ های دوردیغه تماس زاویه ای Double Row Angular Contact Bearings

همانگونه که از اسم این برینگ ها مشخص است این نوع برینگ هادارای دوردیغه عنصرچرخنده در کنار هم می باشند و برخلاف نوع قبلی زاویه تماس عناصرچرخنده و کنس های داخلی و خارجی بصورت تماس زاویه دار می باشد. و مثل این است که از دو عدد برینگ تماس زاویه ای بصورت Back To Back استفاده شده باشد. البته در این نوع طراحی مقدارپیش بار Prload مورد نظر در طراحی و ساخت خود برینگ در نظر گرفته شده است و در هنگام نصب نیازی به اعمال پیش بار یا Preload نمی باشد.

بسته به نوع عنصرچرخنده این برینگ هادارای انواع مختلفی می باشند که شامل:

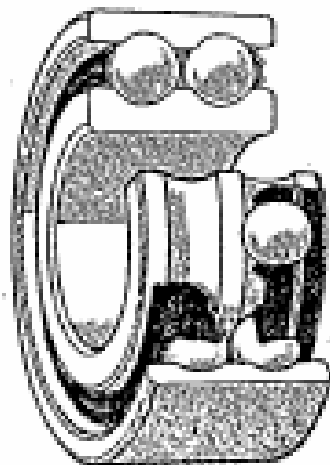
الف- بال برینگ دوردیغه تماس زاویه ای Double Row Angular Contact Ball Bearing

ب- رولر برینگ مخروطی دوردیغه تماس زاویه ای Double Row Angular Contact Taper Roller Bearing می باشند.

لازم به توضیح است که شکل ظاهری برینگ های دوردیغه تماس زاویه ای و برینگ های شعاعی دوردیغه مثل هم می باشد و حتی در بسیاری از موارد اندازه قطرهای داخلی و خارجی و پهنای آنها هم یکی می باشد (برینگ های سری ۵۳ و ۳۳ و) ولی از لحاظ باری که تحمل می کنند با هم متفاوت هستند و در هنگام استفاده و جایگزین نمودن یکی به جای دیگر باید دقت لازم شود در غیر این صورت باعث مشکلات بعدی خواهد گردید.

لازم به توضیح است که تماس ساچمه ها با کنس بیرونی برینگ های دوردیغه بصورت شعاعی و برای برینگ های دوردیغه تماس زاویه ای بصورت مورب است و تفاوت آنها در ضخامت لبه های کنس های داخلی

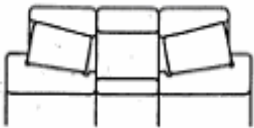
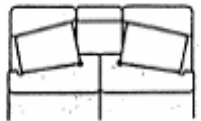
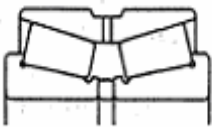
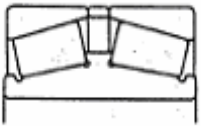
و خارجی آنهاست که دربرینگ های شعاعی باهم مساویندولی دربرینگ های تماس زاویه ای لبه کنس خارجی نسبت به لبه کنس داخلی نازک تر است.



انواع ارایش رولربرینگ های مخروطی Combination Of Tapered Roller Bearings

رولربرینگ های مخروطی نیز تنها قادر به کنترل کردن نیروی محوری دریک جهت می باشند و نسبت به بال برینگ های تماس زاویه ای دارای تحمل بار بیشتری می باشند و در صورتی که جهت نیروی محوری تغییر کند نیاز به استفاده از دو عدد از این نوع یاتاقان هاست که ارایش های مختلف آن در جدول زیر نشان داده شده است.

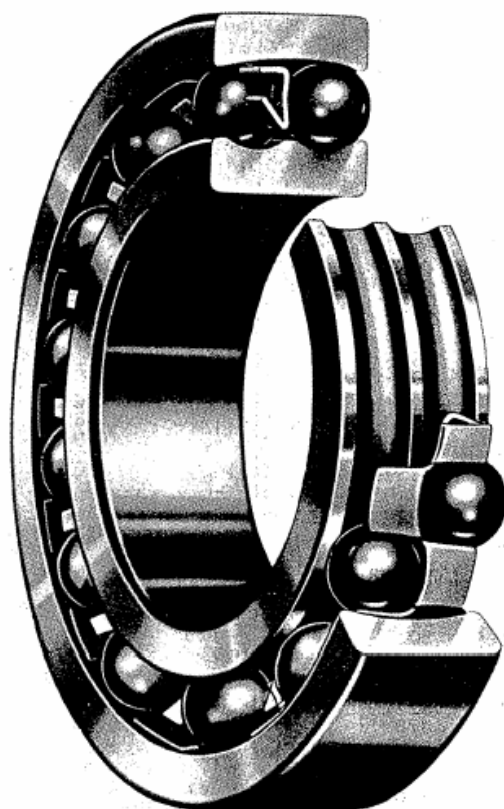
انواع ارایش های نصب رولربرینگ های مخروطی

Figure	Arrangement	Examples of Bearing No.	Features
	Back-to-back	HR 30210J DB+KLR10	Two standard bearings are combined. The bearing clearances are adjusted by cone spacers or cup spacers. The cones and cups and spacers are marked with serial numbers and mating marks. Components with the same serial number can be assembled referring to the matching symbols.
	Face-to-face	HR 30210JDF+KR	
	KBE Type	100 KBE 31+L	The KBE type is a back-to-back arrangement of bearings with the cup and spacer integrated, and the KH type is a face-to-face arrangement in which the cones are integrated. Since the bearing clearance is adjusted using spacers, it is necessary for components to have the same serial number for assembly with reference to matching symbols.
	KH Type	110 KH 31+K	

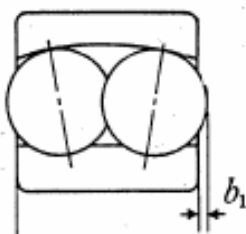
برینگ های خودمیزان Self-Aligning Ball Bearing

بال برینگ های خودمیزان بیرینگ های دوردیفه ای هستند که سطح داخلی کنس های داخلی دوشیار و سطح کنس خارجی آنها بصورت یک شیار کروی شکل است و براحتی مجموعه ساچمه ها می تواند روی آن حرکت چرخشی و زاویه ای داشته باشند یعنی محور علاوه بر حرکت دورانی، حرکت پیچشی (مفصلی) نیز می تواند داشته باشد. این نوع یاتاقان ها تا حدود ۲ درجه می توانند نامحوری زاویه ای شافت را خنثی کنند ولی با این وجود لازم است Alignment دقیق انجام شود این نوع بال برینگ ها بیشتر برای دستگاه های نسبتاً طویل بکار می روند تا در مقابل تراز نبودن محورها Alignment و یا تغییر شکل های احتمالی (خمیدگی ها) قابلیت جابجائی و انعطاف داشته باشد. همچنین این گونه برینگ های خودمیزان برای کنترل کردن بارهای شعاعی و محوری در دو جهت مورد استفاده قرار گیرند.

طراحی اینگونه یاتاقان ها بصورتی است که ساچمه ها نسبت به لبه های کنس های داخلی و خارجی بیرون تر قرار می گیرند که در هنگام طراحی و ساخت هوزینگ برینگ و شافت باید مدنظر قرار گیرند. (البته لازم به توضیح است که این مقدار برای برینگ های مختلف کارخانجات مختلف باهم متفاوت است و برای پیدا کردن آن باید به کاتالوگ های همان کارخانه مراجعه شود.



در جدول زیر این مقدار برای برینگ های خودمیزان با سایز مختلف نشان داده شده است



Bearing No.	b_1 (mm)
2222 (K), 2316 (K)	0.5
2319 (K), 2320 (K) 2321 2322 (K)	0.5
1318 (K)	1.5
1319 (K)	2
1320 (K) 1321 1322 (K)	3

نکته:

با توجه به متفاوت بودن مقدار Preload و مقادار لقی ها، برای بال برینگ های تماس زاویه ای (کارخانجات تولیدکننده مختلف) حتی الامکان باید سعی شود از بال برینگ های یک کارخانه روی یک دستگاه استفاده شود. همچنین بال برینگی که برای نصب رو در رو طراحی شده است را به هیچ وجهی نمی توان Back To Back استفاده کرد.

لازم به توضیح است که عناصر چرخنده برینگ های خودمیزان شامل ساچمه و رولربشگه ای است.

طبقه بندی برینگ ها بر اساس تعداد ردیف عناصر چرخنده

ج- بر اساس تعداد ردیف های عوامل چرخنده برینگ های غلتکی را می توان در دسته های زیر طبقه بندی نمود:

الف- برینگ های یک ردیفه Single Row Bearings

ب- برینگ های دو ردیفه Double Row Bearings

پ- برینگ های چند ردیفه Multi Row Bearings

برینگ های یک ردیفه Single Row Bearings

همانگونه که از اسم این یاتاقان ها پیداست این نوع یاتاقان ها تنها دارای یک ردیف عناصر چرخنده می باشند که به آنها برینگ یک ردیفه Single Row گفته می شود که بیشترین کاربرد را دارا می باشند.

به برینگ هائی که دارای دوردیف عامل چرخنده باشند برینگ دوردیفه Double Row گفته می شود. برینگ های دوردیفه Double Row Bearings بسته به نوع تماس ساچمه هادر داخل کنس هادر دسته های زیر طبقه بندی می شوند:

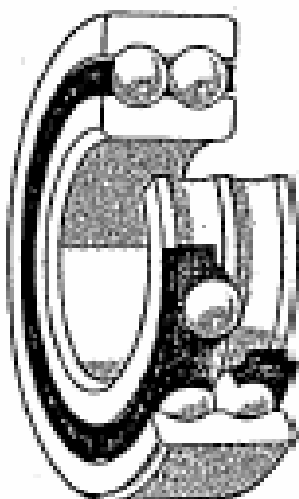
۱- برینگ های دوردیفه شعاعی Double Row Radial Bearings

۳- برینگ های دوردیفه خودمیزان Self Align

بسته به مقدار بار و دور دستگاه اینگونه یاتاقان ها با عناصر غلتکی گوناگونی طراحی و مورد استفاده قرار می گیرند که ذیلا توضیح مختصری راجع به هر کدام از آنها ارائه می گردد.

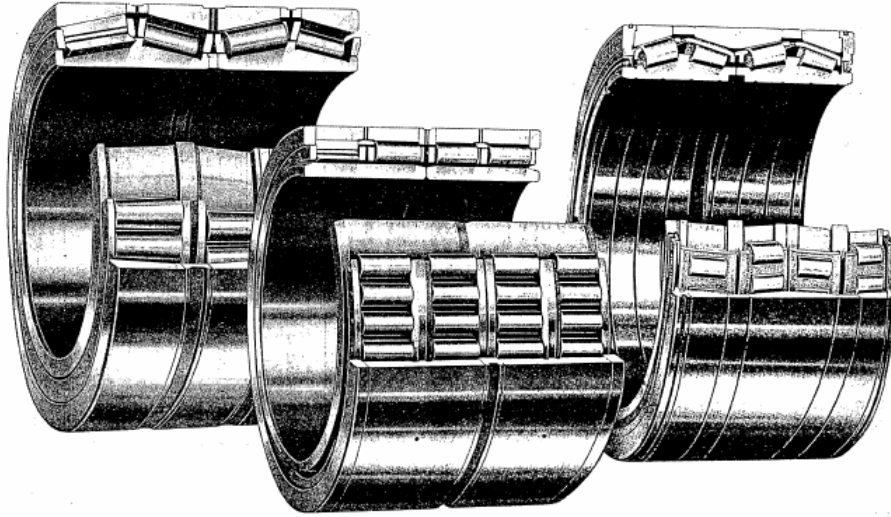
برینگ های دوردیفه شعاعی Double Row Radial Bearings

یاتاقان های فوق در مواردی استفاده می شوند که نیروهای شعاعی موجود از حد توان یک برینگ یک ردیفه بیشتر باشد و امکان استفاده از یک برینگ تکی به دلیل محدودیت هائی نظیر افزایش قطر شافت یا هوزینگ برینگ میسر نباشد. این نوع طراحی دقیقا مثل این است که از دو عدد برینگ یک ردیفه در کنار هم استفاده شده باشد. و برخلاف برینگ های خودمیزان (دوردیف) که سطح کنس خارجی آنها بصورت کروی است کنس های داخلی و خارجی آنها هر دو دارای دوشیار Race Way برای حرکت ساچمه ها است. در شکل زیر شمائی از آن نشان داده شده است.



برینگ های غلطکی دارای انواع طراحی های مختلف بصورت چند ردیفه هستند و کارخانجات مختلف انواع آن را تولید می کنند البته بسته به عنصر چرخنده یاتاقان های دو ردیفه شعاعی بصورت ساچمه

ای Ball استوانه Roller نیز طراحی و مورد استفاده قرار می گیرند که در شکل زیر شمائی از آنها نشان داده شده است.



برینگ های مجموعه ای Bearings Unit

بسیاری از کارخانجات سازنده برینگ های غلطکی را بصورت مجموعه ای که شامل برینگ، هوزینگ و سیلیو است طراحی و در اختیار مصرف کنندگان قرار می دهند.

این برینگ ها در انواع مختلف زیر وجود دارند:

۱- برینگ های بالشتکی (Pillow Bearings)

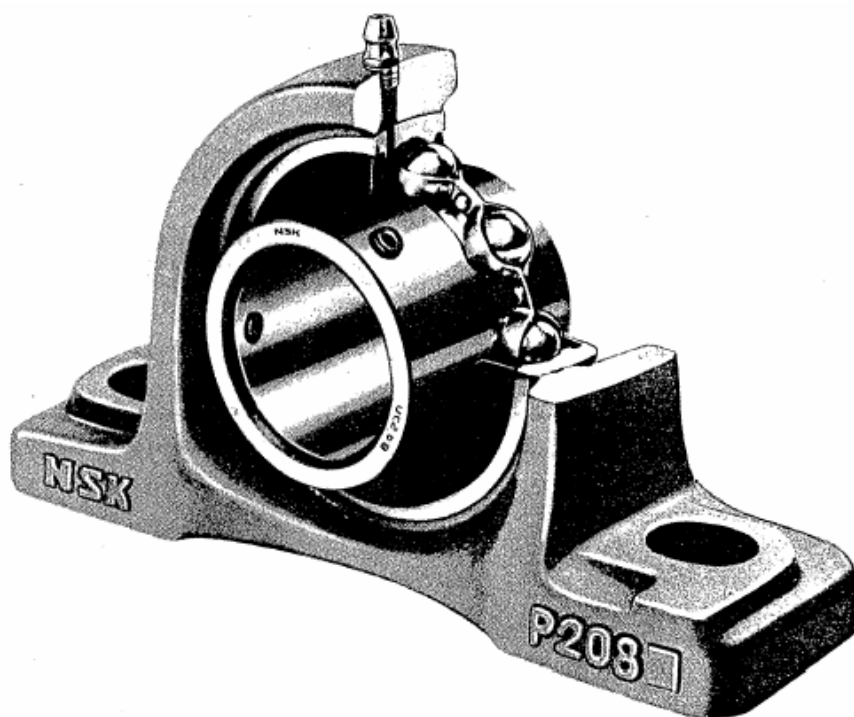
۲- برینگ های فلنجی (Flange Bearings)

۳- برینگ های قابل جابجائی (Takeup Bearings)

۴- برینگ های فانسه ای (Cartridge Bearings)






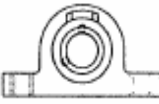







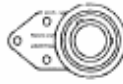



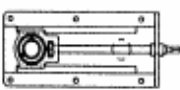
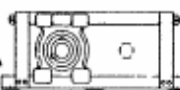





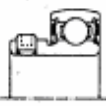
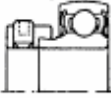
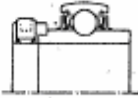

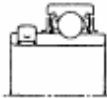
۵- بال برینگ مخصوص مجموعه ای

در شکل زیر یک عدد Pillow Bearing که مجموعه یاتاقان هوزینگ برینگ، همراه با سیستم تزریق گریس نشان داده شده است.



در جدول زیر نیز شمائی از انواع برینگ های مجموعه ای نشان داده شده است.

انواع یاتاقان های مجموعه ای

Pillow Types	Cast Steel Cast Iron	UCP UCIP UKP UKIP UBP UBLP EWP ENLP		UCPK UKPK		UCPH	
	Rubber	UCPA		UCEP		UCRP	
	Pressed Steel	UBPF ENPP		UBPPR			
Flanged Types	Square Flange Type	UCF UKF JBF EWF					
	Round Flange Unit with Spigot Joint Square Flange Unit with Spigot Joint	UCFC UKFC UBFC EWFC		UCFS UKFS			
	Rhombic Flange Skewing Flange Offset Flange	UCFL EWFL UKFL UBLF UBFL ENFL		UCFA		UCFK	
	Pressed Steel	UBPF ENPF		UBPFL ENPFL			
Takeup Type	UCT UKT UBT EWT		UCT+WB		UCTL+WLA UCTU+WUA		
Cartridge Type Cartridge Type with Cover	UCC UKC		UCEH		CSBF		
Ball Bearings for Units	UC		UK		UB		
	EN		EW		CS		
					UR		

قفسه های برینگ های غلتکی (Cage Or Separators)

قفسه های ایجادکننده هایکی از مهمترین قطعات برینگ های غلتکی هستند که برای منظورهای زیراستفاده می شوند:

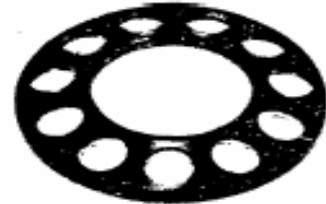
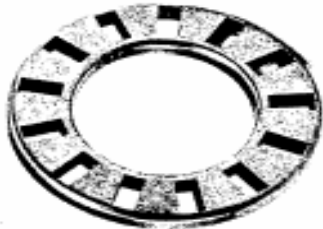
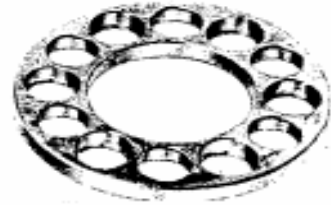
- ۱- به عنوان راهنمایی برای غلتک هاتابتوانند دران ازادانه حرکت جزئی داشته باشند.
 - ۱- ایجادفاصله مساوی بین غلتک هاو جداکردن غلتک هاازیکدیگربرای جلوگیری ازبرخوردانها باهمدیگر.
 - ۳- نگه داشتن غلتک هادربین کنس های داخلی وخارجی.
 - ۴- دربرینگ هایی که کنس های انهاقابل جداشدن است قفسه هاباعث راحتی مونتاژ برینگ هامی شوند.
- ازلحاظ ساختمانی قفسه هادردودسته زیرطبقه بندی می شوند:

الف- قفسه های پرسى Pressed Cages

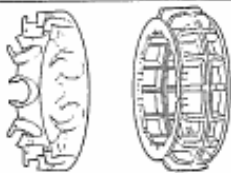


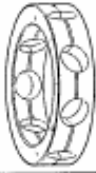
ب- قفسه های ماشین کاری شده Machined Cages

قفسه های پرسى معمولاً ازاستیل ساخته می شوندولی بعضی ازمواقع نیزازورقه های برنجی نیزساخته می شوندکه باعث سبک شدن وارزان تمام شدن انها نیزمی شودواگر به تعدادزیادی بایدساخته شودازلحاظ اقتصادی نیازه تجهیزات گران قیمت دارند.

قفسه های ماشین کاری شده ازبرنج, استیل, فلزات سبک یاموادپلاستیکی مصنوعی (تزیقی) یافلزات معدنی (همجوشی) ساخته می شوند.واخیرانیزقفسه هاازموادغیرفلزی تصنعی فایبرگلاس یاپلی امیدهادرساخت قفسه برینگ هاستفاده می شود.قفسه های ماشین کاری شده براسی برای برینگ های کوچک وبزرگ مورداستفاده زیادی داردکه درشکل های زیرانواع واقسام قفسه هابرای انواع برینگ هانشان داده شده است.



در جدول زیر انواع مختلف قفسه های پرس شده و ماشینکاری شده از لحاظ محدوده سرعت، درجه حرارت، روانکاری، مقاومت در برابر ارتعاشات، شوک های ناگهانی و ناهم محوری باهمدیگرمقایسه شده اند.

	Molded cage	Pressed steel or brass cage	Machined brass cage	Machined phenolic resin cage
				
Limiting speed	That of the bearing	That of the bearing	Enables the limiting speed of the bearing to be increased	Usually centered on a ring, which enables the limiting speed of the bearing to be increased
Temperature	Polyamide 6/6 : • 120°C (250°F) continuously • 150°C (300°F) short periods of time • For other materials, consult with SNR	Does not restrict the bearing operating temperature	Does not restrict the bearing operating temperature	110°C (230°F) maxi continuously
Lubrication	• Low coefficient of friction • Good performance when lubrication is deficient	Metal-to-metal contact (requires adequate lubrication)	Low brass-to-metal coefficient of friction	• Excellent coefficient of friction • Cage impregnated with oil : optimum bearing lubrication
Resistance to vibration	Excellent performance • Lightness • Elasticity	Restricted by : • mechanical resistance • method of assembly • potential unbalance	• Excellent resistance • Maintains centering despite the dynamic unbalance loads	• Good performance with cage centered on a ring • Low inertia • Good dynamic balance
Sudden accelerations and decelerations	Excellent performance • Lightness • Elasticity	Risk of cage failure	High mechanical resistance but : • lack of flexibility • high inertia	Excellent performance because of : • Low inertia • Good mechanical resistance
Misalignment between shaft and housing	Excellent performance • Elasticity	Risk of cage failure	Use not recommended	Use not recommended
Comments	• Cage replacing the steel cage for many types of bearing		High cost • Sensitive to electrolytic phenomenon in presence of moisture	High cost • Usually reserved for high-speed and/or high-precision bearings

مشخصه ها و موارد کاربرد برینگ های غلتکی

برینگ های غلتکی برای انواع و اقسام کاربردها مورد استفاده قرار می گیرند ولی هر کدام از آنها از لحاظ نوع نیروئی که کنترل می کنند (نیروی شعاعی، محوری و مختلط) دور، سرو صدا، دقت، تحمل، جابجائی محوری کنس های داخلی و خارجی نسبت به همدیگر، قدرت تحمل نا هم محوری، Self Aligning قابلیت جدا شدن کنس ها و داری قابلیت هائی هستند که آنها را از همدیگر متمایز می کند ولی ممکن است برای یک کاربرد مشخص گزینه های انتخابی متعددی وجود داشته باشد که مسلما باید بهترین گزینه انتخاب و مورد استفاده قرار گیرد.

در جداول صفحه بعد مشخصه ها و قابلیت های انواع و اقسام برینگ های غلتکی نسبت به هم مقایسه و نشان داده شده است که این جدول معیار بسیار مناسبی برای انتخاب برینگ از لحاظ موارد فوق می باشد. در قسمت پایین جداول نیز وضعیت تحمل برینگ برای هر یک از گزینه های فوق بصورت عالی، خوب، قابل قبول، ضعیف و ممکن ذکر گردیده است.

باتوجه به موارد فوق و مسائلی که هنگام مونتاژ و دیمونتاژ بوجود می آید و مسائل روانکاری و تعویض روانکار ملاحظه می گردد که انتخاب برینگ کار بسیار مشکلی است و تا حد امکان باید دقت فراوانی مبذول نمود.

انواع و مشخصه های برینگ های غلطکی

Bearing Types		Deep Groove Ball Bearings	Magneto Bearings	Angular Contact Ball Bearings	Double-Row Angular Contact Ball Bearings	Duplex Angular Contact Ball Bearings	Four-Point Contact Ball Bearings	Self-Aligning Ball Bearings	Cylindrical Roller Bearings	Double-Row Cylindrical Roller Bearings	Cylindrical Roller Bearings with Single Rib
Features											
Load Capacity	بارهای شعاعی										
	بارهای محوری										
	بارهای ترکیبی										
دورهای بالا											
دقت بالا											
کم سروصدابودن											
صلبیت											
ناهم محوری زاویه ای											
قابلیت خودمیزانی								☆			
جداشدن کنس ها			☆				☆		☆	☆	☆
ثابت بودن محوری		☆			☆	☆	☆	☆			
ازاد بودن محوری		★			★	★	★	★	☆	☆	
کنس سوراخ مخروطی								☆		☆	
Remarks			Two bearings are usually mounted in opposition.	Contact angles of 15°, 25°, 30° and 40°. Two bearings are usually mounted in opposition. Clearance adjustment is necessary.		Combination of DF and DT pairs is possible, but use on free-end is not possible.	Contact angle of 35°		Including N type	Including NNU type	Including NF type

← دو طرفه ← یک طرفه × غیرممکن ○ ضعیف ○ متوسط ○ خوب ⊙ عالی
 ☆ کاربردی ★ کاربردی اما در صورتی که امکان آن روی محور وجود داشته باشد

Bearing Types	Cylindrical Roller Bearings with Thrust Collars	Needle Roller Bearings	Tapered Roller Bearings	Double and Multiple-Row Tapered Roller Bearings	Spherical Roller Bearings	Thrust Ball Bearings	Thrust Ball Bearings with Aligning Seat	Double-Row Angular Contact Ball Bearings	Cylindrical Roller Thrust Bearings	Tapered Roller Thrust Bearings	Spherical Thrust Roller Bearings
Radial Loads						×	×	×	×	×	○
Axial Loads		×									
Combined Loads	○	×				×	×	×	×	×	○
High Speeds			○	○	○	×	×	○	○	○	○
High Accuracy											
Low Noise and Torque											
Rigidity											
Angular Misalignment	○	○	○	○		×		×	×	×	
Self-Aligning Capability					☆		☆				☆
Ring Separability	☆	☆	☆	☆		☆	☆	☆	☆	☆	☆
Fixed-End Bearing	☆			☆	☆						
Free-End Bearing		☆		★	★						
Tapered Bore in Inner Ring					☆						
Remarks	Including NUP type		Two bearings are usually mounted in opposition. Clearance adjustment is necessary.	KH, KV types are also available but use on free-end is impossible.					Including needle roller thrust bearings		To be used with oil lubrication

Excellent
 Good
 Fair
 Poor
 × Impossible
 ← One direction only
 ↔ Two directions
 ☆ Applicable
 ★ Applicable, but it is necessary to allow shaft contraction/elongation at fitting surfaces of bearings.

نحوه انتخاب نوع برینگ Selection Of Bearing Type

علاوه بر مواردی که در جداول فوق آورده شده است برای انتخاب نوع برینگ پارامترهای متعددی باید در نظر گرفته شود که ذیلا به شرح بعضی از آنها پرداخته می شود:

۱- مقدار فضایی که برای نصب یاتاقان موجود است (قطر شافت, قطر هوزینگ و فضای محوری)

۲- مقدار بار (بار شعاعی و محوری) و نوع بار (ضربه ای یا کنواخت و.....).

۳- محدوده دور مجاز که برای هر برینگی یک محدوده ای دارد. (لازم به توضیح است که محدوده دور مجاز علاوه بر نوع برینگ بستگی به Cage, بار, روش روانکاری و..... نیز دارد).

۴- ناهم محوری کنس های داخلی و خارجی (ناشی از تغییر شکل دادن شافت در اثر بار, خطاهای اندازه ای شافت و هوزینگ و خطاهای نصب است که باعث ایجاد ناهم محوری می شود).

۵- صلیبیت ناشی از اعمال بار روی یاتاقان که باعث تغییر شکل الاستیک در عناصر چرخنده می شود و هر چه صلیبیت برینگ بالاتر باشد تغییر شکل دادن آن در حین کار کمتر می شود (به عنوان مثال صلیبیتی که یاتاقان محور ماشین تراش دارد باید بسیار بالا باشد تا دقت کار ماشین افزایش پیدا کند) برای مواردی که نیاز است صلیبیت برینگ زیاد باشد از رولر برینگ هائی که Preload روی آنها اعمال می شود استفاده می شود.

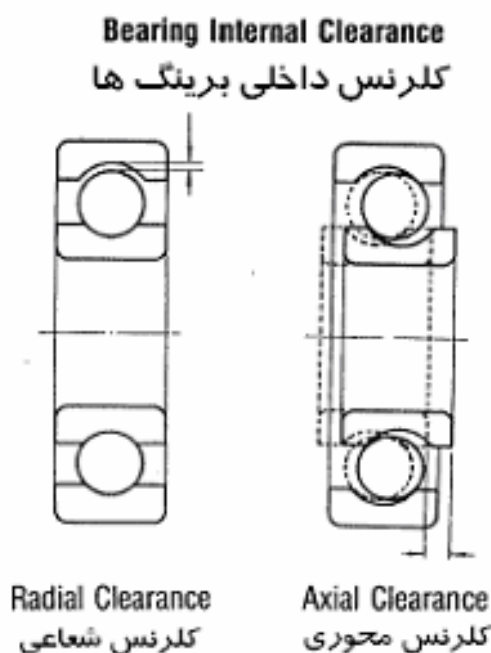
۶- در مواردی که نیاز است گشتاور راه اندازی کم باشد از بال برینگ ها استفاده می شود که به دلیل سطح تماسی کمترین ساچمه ها و کنس ها اتفاق می افتد که نتیجه تسر و صدای کمتری هم تولید می کنند.

۷- در مواردی که نیاز به دقت بودن دور محور است استفاده از بال برینگ های شیار عمیق بال برینگ های تماس زاویه ای و رولر برینگ های استوانه ای مناسب است.

۸- مسائل مونتاژ و دمنواثر برینگ هانیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است و باید برینگی انتخاب شود که امکان نصب نمودن و بیرون آوردن مجدد آن از روی محور میسر باشد. برای مثال متذکر می شود که ممکن است در یک شرایط خاص استفاده از یک برینگ خودمیزان Self Align گزینه خیلی خوبی باشد ولی به دلیل مسائل و مشکلاتی که در هنگام نصب برای این برینگ ها اتفاق می افتد (چون کنس ها نسبت به هم حرکت دارند کنس های داخلی و خارجی آنها باید هم زمان جازده شود) و در حین نصب آسیب بینند از کاربرد آن صرف نظر شود و یک نوع یاتاقان دیگر استفاده شود.

لقی های داخلی برینگ ها Internal Clearances

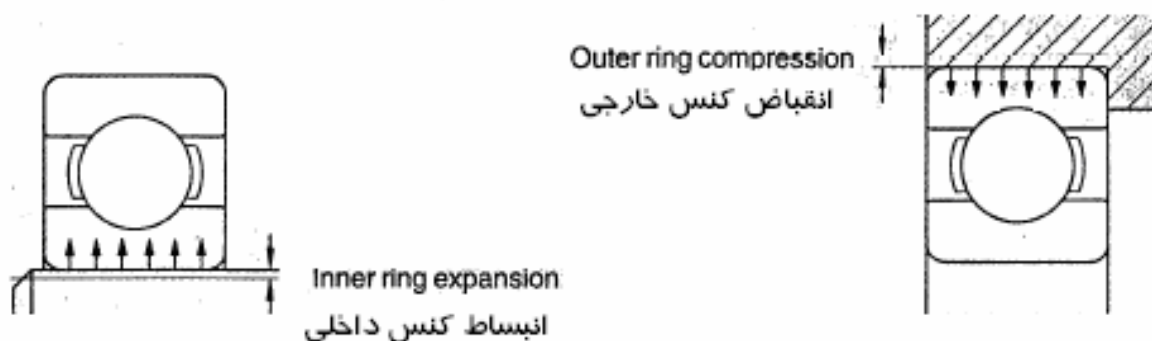
برای راحت چرخیدن برینگ های غلطکی حتما باید بین عناصر چرخنده و کنس های داخلی و خارجی آنها کمی لقی وجود داشته باشد. البته این مقدار لقی قبل و بعد از نصب باهم متفاوت است و لقی پس از نصب معمولا کمتر از لقی پیش از نصب و در سرویس قرار گرفتن آن است.



لقی های داخلی در برینگ های غلطکی در حین کار به مقدار زیادی تحت تاثیر مشخصه های یاتاقان اعم از طول عمر، ارتعاشات، سرو صدا، حرارت ایجاد شده، کاربرد و قرار می گیرد. بنابراین انتخاب دقیق لقی داخلی برینگ، پس از انتخاب نوع و اندازه آن اهمیت زیادی دارد. بطور کلی کلرنس های شعاعی و محوری را به عنوان کلرنس کلی یاتاقان می گویند. به عبارت دیگر کنس های داخلی و خارجی یک برینگ به اندازه کلرنس های شعاعی و محوری که دارند می توانند نسبت به هم حرکت داشته باشند (در جهت شعاعی یا محوری).

لازم به توضیح است که لقی های داخلی Internal Clearance قبل از نصب و پس از نصب و در سرویس قرار گرفتن برینگ های غلطکی باهم متفاوت می باشند. معمولا لقی های قبل از نصب بیشتر از برینگ نصب شده در حین کار است و علت آن نیز انبساط یا انقباض برینگ ناشی از تغییرات درجه حرارت یا نحوه انطباق کنس های داخلی و خارجی روی محور یا هوزینگ برینگ است (تداخل) ولی بطور کلی، لقی داخلی یاتاقان در حین کار همواره باید بیشتر از صفر باشد.

نصب تداخلی interference fit باعث کاهش لقی داخلی می شود



لقی های داخل برینگ های غلتکی به دودسته تقسیم می شوند:

الف لقی های هندسی Geometrical Clearances

ب- لقی های اندازه گیری شونده Measured Clearances

در جداول زیر لقی شعاعی بال برینگ های با سایزهای مختلف نشان داده شده است. البته لازم به توضیح است که لقی های داخلی برای تمامی برینگ های مشابه با هم یکسان نیستند و هر کارخانه سازنده برینگ بر اساس نوع ماتریالی که استفاده می کند و همچنین بر اساس نوع انطباقی که برای نصب برینگ های خود پیشنهاد می کند لقی مجازی نیز برای یاتاقان های خود تعریف و طراحی می کند و در حین چک کردن لقی های داخلی یک برینگ مشخص، باید به کاتالوگ های همان کارخانه سازنده مراجعه نمود.

لازم به توضیح است که لقی داخلی بال برینگ ها با حرف C که از حرف اول کلمه Clearance گرفته شده نشان داده می شود و مقدار لقی نیز با عدد نشان داده می شود مثل C2, CN, C3, C4 که هر چه عدد مربوطه بیشتر باشد ممین بالاتر بودن لقی داخلی آن برینگ است. البته اگر لقی داخلی دو عدد برینگ متفاوت بطور مثال C3 باشد نمی توان نتیجه گرفت که لقی های داخلی این دو برینگ با هم مساوی است. برای پیدا کردن لقی هر برینگ باید به کاتالوگ کارخانه سازنده مراجعه نمود ولی برای یک بال برینگ می توان گفت لقی داخلی برینگ C4 بیشتر از برینگ C3 است و

جدول لقی شعاعی بال برینگ های شیار عمیق

Units : μm

Nominal Bore Diameter d (mm)	Clearance											
			C2		CN		C3		C4		C5	
	over	incl	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
10 only			0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
10	18		0	9	3	18	11	25	18	33	25	45
18	24		0	10	5	20	13	28	20	36	28	48
24	30	1	11	5	20	13	28	23	41	30	53	
30	40	1	11	6	20	15	33	28	46	40	64	
40	50	1	11	6	23	18	36	30	51	45	73	
50	65	1	15	8	28	23	43	38	61	55	90	
65	80	1	15	10	30	25	51	46	71	65	105	
80	100	1	18	12	36	30	58	53	84	75	120	
100	120	2	20	15	41	36	66	61	97	90	140	
120	140	2	23	18	48	41	81	71	114	105	160	
140	160	2	23	18	53	46	91	81	130	120	180	
160	180	2	25	20	61	53	102	91	147	135	200	
180	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230	
200	225	2	35	25	85	75	140	125	195	175	265	
225	250	2	40	30	95	85	160	145	225	205	300	
250	280	2	45	35	105	90	170	155	245	225	340	
280	315	2	55	40	115	100	190	175	270	245	370	
315	355	3	60	45	125	110	210	195	300	275	410	
355	400	3	70	55	145	130	240	225	340	315	460	
400	450	3	80	60	170	150	270	250	380	350	510	
450	500	3	90	70	190	170	300	280	420	390	570	
500	560	10	100	80	210	190	330	310	470	440	630	
560	630	10	110	90	230	210	360	340	520	490	690	
630	710	20	130	110	260	240	400	380	570	540	760	
710	800	20	140	120	290	270	450	430	630	600	840	

در جدول زیر نیز مقدار لقی محوری بال برینگ های تماس زاویه ای مربوط به شرکت NSA ژاپن آورده شده است.

جدول لقی محوری بال برینگ های تماس زاویه ای دوبله

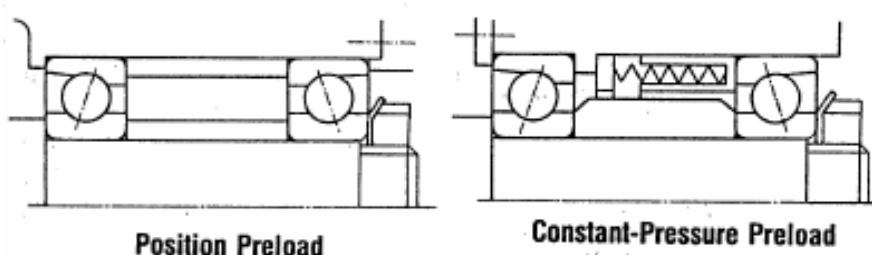
Units : μm

Nominal Bore Diameter d (mm)	Axial Internal Clearance													
			Contact Angle 30'						Contact Angle 40'					
	over	incl	CN		C3		C4		CN		C3		C4	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
—	10	9	29	29	49	49	69	6	26	26	46	46	66	
10	18	10	30	30	50	50	70	7	27	27	47	47	67	
18	24	19	39	39	59	59	79	13	33	33	53	53	73	
24	30	20	40	40	60	60	80	14	34	34	54	54	74	
30	40	26	46	46	66	66	86	19	39	39	59	59	79	
40	50	29	49	49	69	69	89	21	41	41	61	61	81	
50	65	35	60	60	85	85	110	25	50	50	75	75	100	
65	80	38	63	63	88	88	115	27	52	52	77	77	100	
80	100	49	74	74	99	99	125	35	60	60	85	85	110	
100	120	72	97	97	120	120	145	52	77	77	100	100	125	
120	140	85	115	115	145	145	175	63	93	93	125	125	155	
140	160	90	120	120	150	150	180	66	96	96	125	125	155	
160	180	95	125	125	155	155	185	68	98	98	130	130	160	
180	200	110	140	140	170	170	200	80	110	110	140	140	170	

Remarks This table is applicable to bearings in Tolerance Classes Normal and 6. For internal axial clearances in bearings in tolerance classes better than 5 and contact angles of 15' and 25', it is advisable to consult NSK.

پیش بار Preload

معمولا برینگ های غلتکی درحین کار باید مقدراری لقی داخلی داشته باشند. در بعضی از موارد مطلوب است که یک لقی منفی ایجاد شود تا ساچمه ها تحت بار قرار گیرند که به این کلرنس منفی Preload گفته می شود. Preload معمولا روی برینگ هایی اعمال می شود که لقی های داخلی انها درحین نصب قابل تنظیم است (مثل بال برینگ های تماس زاویه ای یا رولر برینگ های مخروطی). این برینگ ها بصورت دوبله و باارایش های Face To Face یا Back To Back با بار گذاری اولیه یا پیش بار نصب می شوند.



همانطور که در شکل فوق ملاحظه می شود Preload مثل یک نیروی فنری ثابت است که روی کنس برینگ اعمال می شود و باعث تماس ساچمه ها با کنس هاست.

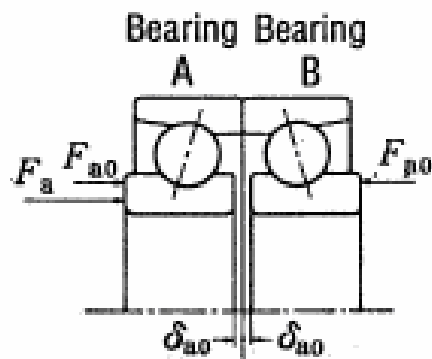
هدف از پیش بار Preload

اهداف اصلی و بعضی از موارد کاربرد پیش بار Preload عبارتند از:

- ۱- برای قراردادن دقیق محور و یاتاقان در موقعیت نصب در جهت های شعاعی و محوری.
- ۲- برای بالابردن انعطاف پذیری یاتاقان ها.
- ۳- برای کاهش سرو صدا (ناشی از حرکت محوری شافت).
- ۴- برای ممانعت از لغزیدن اجزا غلتان در بین کنس های داخلی و خارجی ناشی از حرکت ژیروسکوپی.
- ۵- برای قراردادن اجزا غلتنده در موقعیت صحیح خودشان.

راه های اعمال کردن Preload روی یاتاقان ها

Preload یا اعمال نیروی محوری از دو طرف روی کنس های داخلی برینگ ها بصفت کردن لاک نت پشت برینگ هاست می آید. البته همانگونه که در شکل زیر ملاحظه می شود وقتی برینگ ها بصورت Back To Back قرار می گیرند و قبل از سفت کردن لاک نت بین کنس های داخلی انها کمی فاصله وجود دارد که پس از سفت شدن لاک نت Preload روی یاتاقان ها اعمال می شود و این فاصله محوری δ_{a0} به صفر می رسد.



Preload در ارایش دوبله Back-to-Back

در عمل از راه حل های زیر برای اعمال Preload روی برینگ ها استفاده می شود:

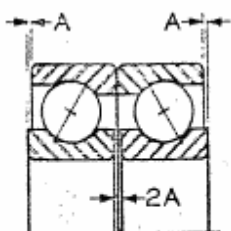
۱- نصب برینگ ها بصورت دوتائی Double Row Bearings که از قبل ابعاد ولقی های محوری آن بصورت دقیق طراحی شده است.

۲- استفاده از یک شیمز با ابعاد مناسب و قرار دادن آن بین کنس های داخلی یا خارجی (بسته به نحوه قرارگیری برینگ).

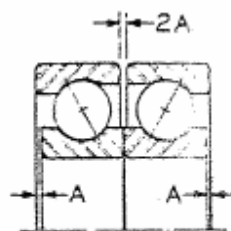
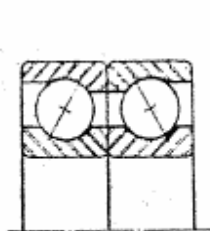
۳- باسفت کردن پیچ و مهره پشت یا تاقان .

لازم به توضیح است در صورتی که مقدار Preload بیشتر از حد مجاز توصیه شده باشد باعث افزایش اصطکاک و گرم نمودن یا تاقان می شود و در صورتی که مقدار آن کمتر از حد توصیه شده باشد باعث حرکت اضافی ساچمه ها (حرکت ژيروسکوپی) ایجاد ارتعاش و در تمامی حالات باعث کاهش طول عمر یا تاقان خواهد گردید.

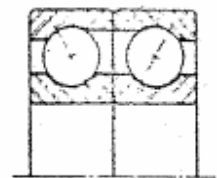
در شکل های زیر Preload اولیه در بال برینگ های نوع تماس زاویه با ارایش های Face To Face و Back To Back نشان داده شده است.



PRELOAD اولیه



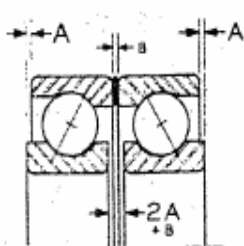
PRELOAD اولیه



همانگونه که ملاحظه می شود در ارایش Back To Back برای اعمال Preload تحت فشار قرار دادن کنس های داخلی (سفت کردن لاک نت پشت برینگ روی شافت) این کار انجام می شود ولی در ارایش Face To

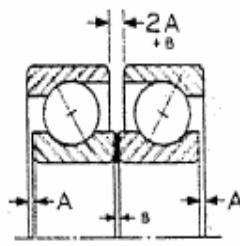
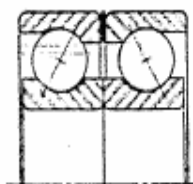
Face (شکل سمت راست) برای اعمال Preload کنس های خارجی باید تحت نیروی اولیه قرار گیرند (به هم نزدیک شوند) که به دلیل این که نزدیک کردن کنس های داخلی برینگ ها با سفت کردن لاک نت نصب شده در پشت کنس های داخلی خیلی راحت تر مکان پذیر است در اغلب موارد ارایش نصب این یاتاقان ها بصورت Back To Back است.

در شکل های زیر نحوه زیاد نمودن مقدار Preload در ارایش های مختلف نشان داده شده است که با قراردادن شیمز بین کنس های داخلی یا خارجی بسته به نوع ارایش قرار گیری انجام می شود.



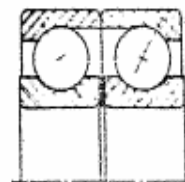
زیاد کردن PRELOAD

در ارایش دوبله Back-to-Back

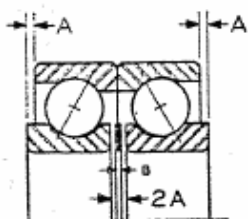


زیاد کردن PRELOAD

در ارایش دوبله Face-to-face

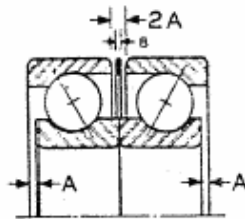
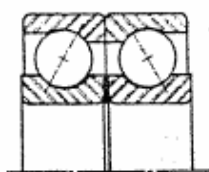


در شکل های زیر نحوه کم کردن Preload برای ارایش های مختلف برینگ ها نشان داده شده است.



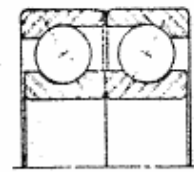
کم کردن PRELOAD

در ارایش دوبله Back-to-Back



کم کردن PRELOAD

در ارایش دوبله Face-to-face



لازم به توضیح است که بال برینگ های تماس زاویه ای برای شرایط نصب خاصی طراحی می شوند (پشت به پشت یا رودر رو) و لذا برینگی که برای حالت پشت به پشت طراحی شده است رانمی توان بصورت جفتی و با ارایش رودر رو در کنار یکدیگر استفاده کرد زیرا امکان اعمال پیش بار روی آن وجود ندارد و باعث ایجاد لرزش و سروصدا می شود (زیرا بین کنس های آنها فاصله ای تعبیه و طراحی نشده است).

انتخاب نحوه ارایش یاتاقان ها Selection of Bearing Arrangement

همانگونه که قبلا نیز ذکر گردید هر محور دست کم در دو نقطه و توسط دو عدد (مجموعه) برینگ مهار می شود که یک مجموعه برینگ، وظیفه کنترل کردن نیروهای شعاعی را در این دو نقطه انجام می دهد و مجموعه دیگر برای کنترل کردن نیروهای محوری اعمال شده به محور استفاده می شود ولی باتوجه به این که بعضی از برینگ های غلتکی بر اساس ساختمان داخلی خود قادر به کنترل نمودن نیروهای شعاعی و محوری توامی باشند در اکثر موارد یک یاتاقان شعاعی (که در یک طرف محور نصب می شود) و یک مجموعه یاتاقان دیگر که برای کنترل نمودن نیروی شعاعی و محوری باشد در طرف دیگر محور استفاده می شود.

هنگام انتخاب ترتیب ارایش قرار گرفتن برینگ ها باید به موارد زیر توجه نمود:

۱- انبساط و انقباض محور در اثر تغییرات درجه حرارت.

۲- جازدن و بیرون آوردن اسان برینگ.

۳- مسائل ناشی از نا هم محوری کنس های داخلی و خارجی برینگ که در اثر تغییر شکل محور و همچنین خطاهای نصب بوجود می آید.

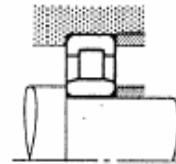
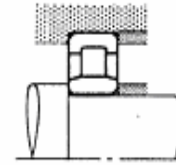
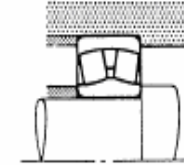
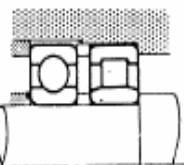
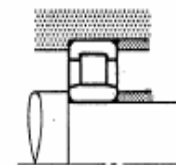
۴- انعطاف پذیری داخلی مجموعه شامل یاتاقان ها و نحوه قراردادن Preload.

۵- مقدار و نوع باری که باید کنترل شود.

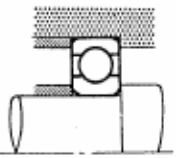
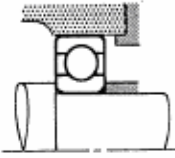
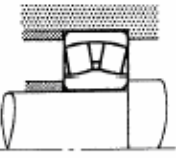
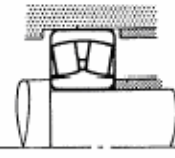
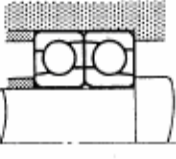
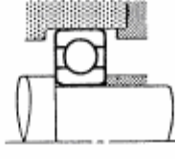
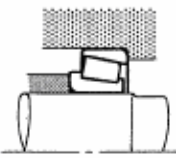
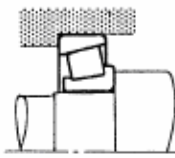
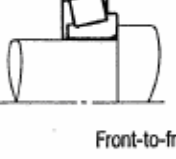
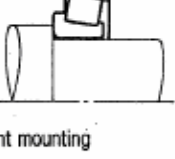
۶- نوع و طراحی هوزینگ برینگ ها

برای انتخاب نحوه قرارگیری یاتاقان ها روی محور و همچنین داخل هوزینگ برینگ بر اساس شرایط عملیاتی و موارد ذکر شده فوق ارایش های مختلفی وجود دارد که در جداول صفحات بعدی همراه با کاربردهای آن ذکر شده است. همانگونه که در شکل های جداول فوق ملاحظه می شود در تمامی ارایش های ذکر شده کنس های داخلی دو عدد برینگ نصب شده روی محور بصورت ثابت طراحی می شوند ولی بسته به شرایط هر کدام از حالات، کنس خارجی یک یا دو عدد برینگ نصب شده روی یک محور ممکن است ثابت یا متحرک باشد تا برینگ بتواند آزادی مورد نیاز را داشته باشد و انبساط های طولی مهار شود و امکان ایجاد نیروهای اضافی در جهت محوری ناشی از این موارد روی برینگ که باعث فرسایش سریع برینگ و خرابی زودرس آن و همچنین خمیدگی محور که باعث افزایش ارتعاشات و می شود خنثی گردد.

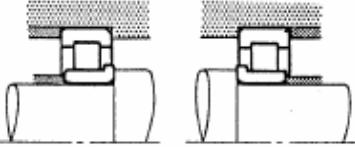
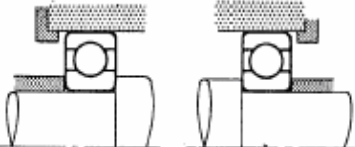
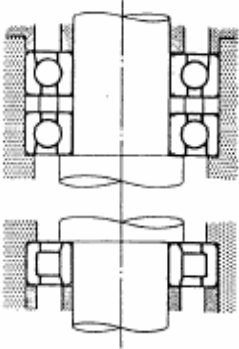
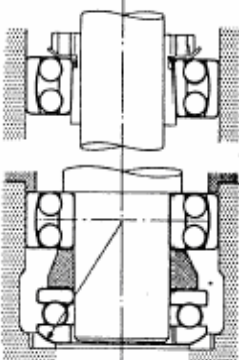
انواع آرایش های نصب برینگ ها و مثال های کاربردی از آنها

Bearing Arrangements		Remarks	Application Examples
Fixed-end	Free-end		
		<ul style="list-style-type: none"> ○ از این آرایش در مواردی استفاده می شود که بار غیرنرمال به یاتاقان وارد نشود و محوری تواند انقباض و انبساط داشته باشد ○ در صورتی که خطاهای نصب کم باشد این نوع آرایش برای دورهای بالا مناسب است 	الکتروموتورهای سایز متوسط بلورها
		<ul style="list-style-type: none"> ○ این آرایش می تواند بارهای سنگین و بارها ضربه ای و مقداری از نیروهای محوری را تحمل نماید ○ تمامی رولربرینگ های استوانه ای قابل جدا شدن هستند این آرایش برای مواقعی که برای کنس های داخلی و خارجی نیاز به interference باشد مفید می باشد 	Traction motors for rolling stock. موتورهای کششی برای گردونه های های ریل دار
		<ul style="list-style-type: none"> ○ از این آرایش معمولاً برای بارهای سنگین استفاده می شود ○ برای صلبیت بیشتر برینگ ثابت بصورت پشت به پشت نصب می شود ○ شافت و هوزینگ باید دقیق نصب شوند و خطاهای نصب کم باشد 	Table rollers for steel mills, main spindles of lathes. میزهای گردان برای محور آسیاب
		<ul style="list-style-type: none"> ○ این آرایش برای مواردی که کنس های داخلی و خارجی نیاز به interference باشند مناسب است ○ بارهای سنگین رانمی تواند کنترل کند 	Calender rolls of paper making machine, axles of diesel locomotives. مهره های ماشین کاغذسازی اکسل لکوموتیوهای دیزلی
		<ul style="list-style-type: none"> ○ این آرایش برای دورهای بالا و بارهای شعاعی سنگین مناسب است. بارهای متوسط محوری را هم می تواند کنترل کند ○ برای اطمینان از اعمال بار شعاعی روی بال برینگ نیاز به فراهم نمودن مقداری لقی بین کنس خارجی بال برینگ و هوزینگ برینگ می باشد 	Reduction gears in diesel locomotives. گیربکس های کاهنده دور لکوموتیوهای دیزلی

انواع آرایش های نصب برینگ ها و مثال های کاربردی آنها

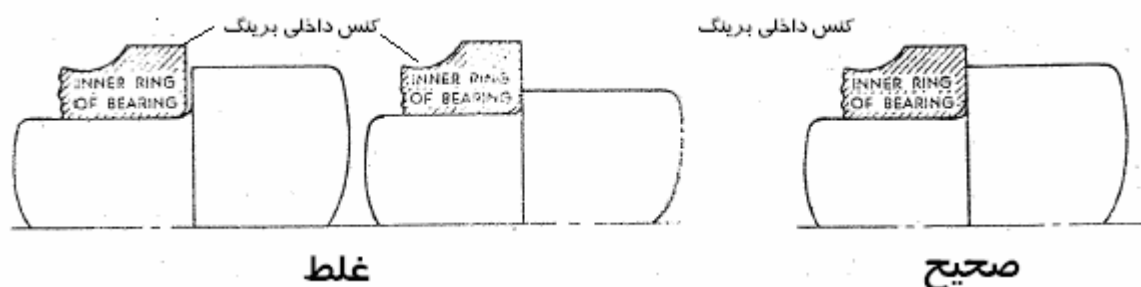
Bearing Arrangements		Remarks	Application Examples
Fixed-end	Free-end		
		<ul style="list-style-type: none"> ○ متداول ترین آرایش ○ از این آرایش نه تنها برای بارهای شعاعی بلکه برای بارهای محوری متوسط نیز استفاده می شود 	<p>Double suction volute pumps, automotive transmissions.</p> <p>پمپ های مکش دو طرفه انتقال قدرت</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ○ این آرایش متداول ترین نوع در مواقعی است که خطاهای نصب یا تغییر شکل محور وجود دارد ○ کاربردان عمومی و صنعتی است و در مواقعی کاربرد دارد که بارهای سنگین باید کنترل شود 	<p>Speed reducers, table rollers of steel mills, wheels for overhead travelling cranes.</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ○ این آرایش برای مواردی که بارهای محوری در هر دو جهت وجود دارد مورد استفاده قرار می گیرد ○ در بعضی از مواقع ازبال برینگ های تماس زاویه ای دور دیده نیز بجای ترکیب فوق استفاده می شود 	<p>Worm gear reducers.</p> <p>Worm gear کاهنده</p>
When there is no distinction between fixed-end and free-end		Remarks	Application Examples
		<ul style="list-style-type: none"> ○ این آرایش بطور وسیع در مواردی که نیروها سنگین و همراه با ضربه باشند مورد استفاده قرار می گیرد ○ آرایش back-to-back در مواردی که فاصله برینگ ها کم باشد و بارهای گشتاوری وجود داشته در آرایش Front-to-front نصب برینگ راحت تر است و در مواقعی که برای کنس داخلی باید interference وجود داشته باشد کاربرد دارد ○ این روش مواقعی کاربرد دارد که خطای نصب وجود داشته باشد ○ هنگام نصب باید به مقدار preload و تنظیم کلرنس توجه نمود 	<p>Pinion shaft of automotive differential gears, automotive front and rear axles, worm gear reducer.</p> <p>پینیون شافت اتومبیل انواع چرخ دنده ها اکسل ها گیربکس ها</p>
		<ul style="list-style-type: none"> ○ در مواقعی که سرعت بالا باشد و بارهای شعاعی زیاد نباشد و بار محوری نسبتاً سنگین باشد از این آرایش استفاده می شود ○ این آرایش همراه با preload صلیبیت مناسبی را برای محور بوجود می آورد ○ برای بارهای گشتاوری نصب back-to-back بهتر از نصب front-to-front است 	<p>Grinding wheel shafts.</p> <p>شافت ماشین سنگ</p>

انواع آرایش های نصب برینگ ها و مثال های کاربردی آنها

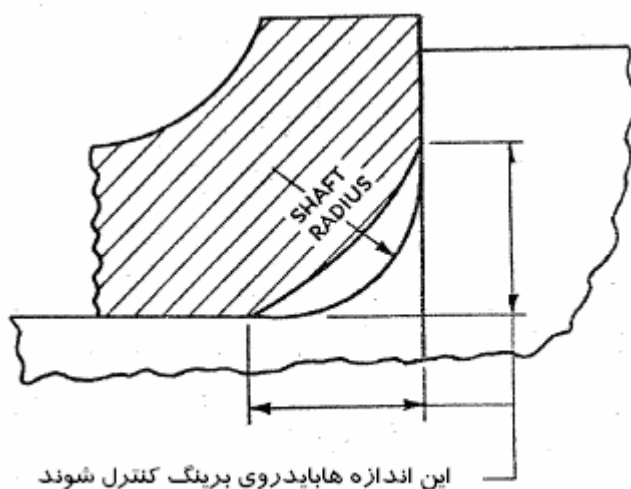
وقتی تفاوتی بین قسمت ثابت و قسمت آزاد نباشد	Remarks	Application Examples
 <p data-bbox="272 656 432 683">NJ + NJ mounting</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ این آرایش برای بارهای سنگین و ضربه ای مناسب است ○ در مواقعی که برای کنس های داخلی و خارجی نیازه interference باشد کاربرد دارد ○ باید دقت شود که کلرنس محوری در حین کار نباید خیلی کم باشد ○ نصب باروش NF type + NF نیز امکان پذیر است 	<p data-bbox="1114 465 1353 521">Final reduction gears of construction machines.</p> <p data-bbox="1121 562 1377 633">گیربکس نهائی ماشین های ساختمانی</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ○ بعضی مواقع یک فنر در پشت کنس خارجی یکی از برینگ ها قرار داده می شود 	<p data-bbox="1114 761 1404 846">Small electric motors, small speed reducers, small pumps.</p> <p data-bbox="1129 864 1361 943">الکتروموتورهای کوچک پمپ های کوچک</p>
Vertical arrangements	Remarks	Application Examples
	<ul style="list-style-type: none"> ○ رولر برینگ استوانه ای در طرف آزاد ○ بال برینگ تماس زاویه ای در قسمت ثابت 	<p data-bbox="1114 1133 1353 1167">Vertical electric motors.</p> <p data-bbox="1137 1223 1374 1256">الکتروموتورهای عمودی</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ○ وسط نشیمن گاه بشکه ای شکل برینگ خودمیزان ○ باید با قسمت کروی شکل بال برینگ خودمیزان ○ باید همدیگر را قطع کنند ○ برینگ بالائی در قسمت آزاد است 	<p data-bbox="1114 1615 1401 1675">Vertical openers (spinning and weaving machines) .</p>

طراحی شافت و هوزینگ و هوزینگ

اگر شافت و هوزینگ برینگ بامشخصات یاتاقان هم خوانی نداشته باشند برینگ نمی تواند دقیقاً در شرایط طراحی شده خود کار کند. بطور مثال عدم گرد بودن پله شافت ممکن است باعث ناهم محور شدن کنس های داخلی و خارجی برینگ شود که می تواند منجر به کاهش طول عمر یاتاقان شود. در شکل های زیر تکیه گاه های صحیح و ناصحیح برای شافت هانشان داده شده است.



وضعیت پله های شافت و هوزینگ برینگ ها و... باید طوری طراحی شوند که دارای تکیه گاه مناسبی برای کنس برینگ باشند. علاوه بر آن باید ارتفاع آنها طوری باشد که هیچگونه تماسی بین قطعات ثابت و متحرک یاتاقان بوجود نیاید. تکیه گاه های مناسب بر اساس نوع و سایز یاتاقان ها بصورت زیر طراحی می شوند که اندازه های مربوطه نیز بر اساس نوع یاتاقان و کارخانه سازنده آن تعریف و در جداول مربوطه که یک نمونه آن در صفحه بعد آورده شده است.

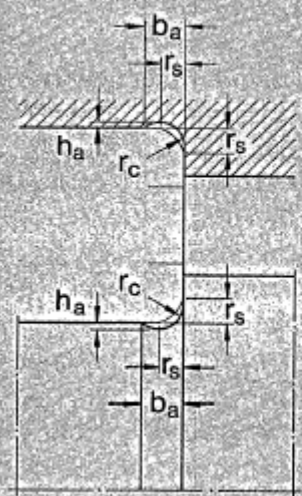


همچنین از نظر اندازه نیز شافت و هوزینگ برینگ دارای قطر مناسبی باشند. در صورتی که قطر شافت کمتر از قطر برینگ باشد باعث کج نصب شدن یاتاقان روی محور (ناهم محوری)، چرخیدن کنس داخلی

وخراب شدن جای یاتاقان و.....می شود و برعکس بیشتر بودن قطر شافت نسبت به قطر داخلی برینگ نیز باعث کم شدن لقی برینگ و ایجاد اصطکاک بالارفتن دما و خرابی زودرس برینگ می گردد. همچنین از اد بودن برینگ در داخل هوزینگ برینگ و فیت بودن آن نیز باعث ایجاد مسائل مشابه روی برینگ می گردد که راجع به این موضوع در بخش تolerانس ها و انطباقات بطور مفصل بحث خواهد شد.

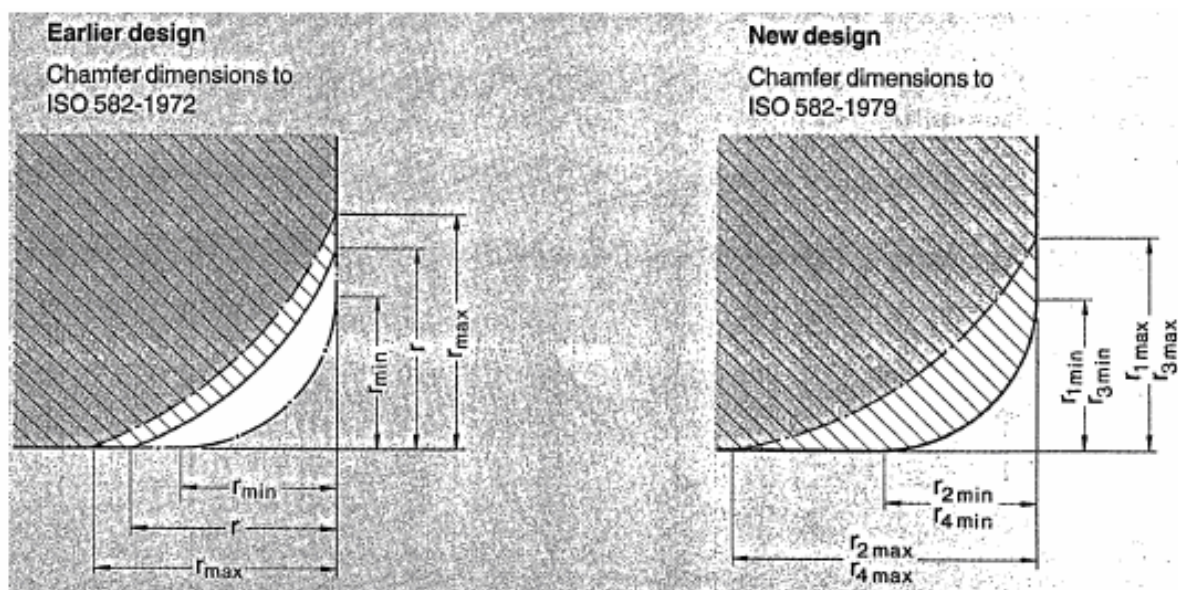
در جداول زیر ابعاد مناسب برای پله های روی شافت و هوزینگ برینگ ها آورده شده است.

Relieved fillets



Bearing corner radius r_s min		Fillet dimensions					
		b_a		h_a		r_c	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
1	0.039	2	0.079	0,2	0.008	1,3	0.051
1,1	0.043	2,4	0.095	0,3	0.012	1,5	0.059
1,5	0.059	3,2	0.126	0,4	0.016	2	0.079
2	0.079	4	0.157	0,5	0.020	2,5	0.098
2,1	0.083	4	0.157	0,5	0.020	2,5	0.098
3	0.118	4,7	0.185	0,5	0.020	3	0.118
4	0.157	5,0	0.232	0,5	0.020	4	0.157
5	0.197	7,4	0.291	0,6	0.024	5	0.197
6	0.236	8,6	0.339	0,6	0.024	6	0.236
7,5	0.295	10	0.394	0,6	0.024	7	0.276

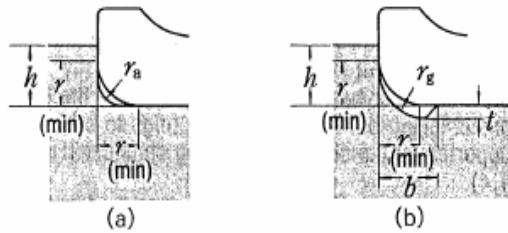
در شکل های زیر نیز طراحی های قدیمی و جدید برای تکیه گاه های برینگ ها با هم مقایسه شده اند.



کمترین قطر پله مورد نیاز برای تکیه گاه برینگ روی محور

Units : mm

Nominal Chamfer Dimensions	Shaft or Housing		
	Fillet Radius	Minimum Shoulder Heights h (min)	
		Deep Groove Ball Bearings, Self-Aligning Ball Bearings, Cylindrical Roller Bearings, Needle Roller Bearings	Angular Contact Ball Bearings, Tapered Roller Bearings, Spherical Roller Bearings
r (min) or r_1 (min)	r_a (max)		
0.05	0.05	0.2	—
0.08	0.08	0.3	—
0.1	0.1	0.4	—
0.15	0.15	0.6	—
0.2	0.2	0.8	—
0.3	0.3	1	1.25
0.6	0.6	2	2.5
1	1	2.5	3
1.1	1	3.25	3.5
1.5	1.5	4	4.5
2	2	4.5	5
2.1	2	5.5	6
2.5	2	—	6
3	2.5	6.5	7
4	3	8	9
5	4	10	11
6	5	13	14
7.5	6	16	18
9.5	8	20	22
12	10	24	27
15	12	29	32
19	15	38	42



Chamfer Dimensions, Fillet Radius, and Shoulder Height

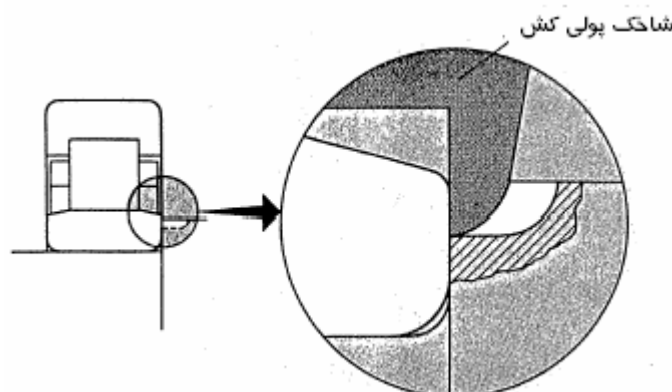
Shaft Undercut

Units : mm

Chamfer Dimensions of Inner and Outer Rings r (min) or r_1 (min)	Undercut Dimensions		
	t	r_g	b
1	0.2	1.3	2
1.1	0.3	1.5	2.4
1.5	0.4	2	3.2
2	0.5	2.5	4
2.1	0.5	2.5	4
2.5	0.5	2.5	4
3	0.5	3	4.7
4	0.5	4	5.9
5	0.6	5	7.4
6	0.6	6	8.6
7.5	0.6	7	10

وقتی بارهای محوری زیاد وجود داشته باشد shoulder height باید بیشتر از مقدار توصیه شده در جدول در نظر گرفته شود

لازم به توضیح است که پله روی محور و داخل هوزینگ برینگ باید به گونه ای طراحی شوند که در موقع بیرون آوردن برینگ امکان قراردادن شاخک پولی کش در پشت آن فراهم باشد.



شناسائی برینگ های غلتکی

برخلاف برینگ های نوع لغزشی کلیه برینگ های غلتکی دارای کد (عدد مشخصه) هائی هستند که روی آنها حک می شود و با این کدها شناسائی می شوند. این کدها شامل تعدادی حروف لاتین و عدد است که بعضی از حروف قبل از اعداد واقع می شوند (پیشوند) و بعضی دیگر از حروف بعد از عدد مشخصه (پسوندها) هر کدام از اینها مبین مشخصه ای از برینگ می باشند.

اعداد حک شده روی کلیه برینگ ها استاندارد است و تمامی کارخانجاتی که برینگ های عمومی می سازند موظفند آن را رعایت کنند ولی برینگ های مخصوص که برای کاربردهای خاص ساخته می شوند ممکن است بعضی اوقات از این استانداردها تبعیت نکنند. همچنین حروف پیشوندی پسوند نیز بطور کامل عمومی نبوده و کارخانجات مختلف برینگ سازی ممکن است حروفی را روی برینگ های خود حک کنند که مبین مشخصه ای دیگر از برینگ کارخانه دیگر باشد.

در سیستم متریک اعدادی که روی برینگ ها حک می شوند به ترتیب از سمت راست به چپ مبین:

۱- پسوندهای مربوط به مشخصه های فیزیکی برینگ که بعد از ارجاع به آنها صحبت می شود.

۲- دورقم سمت راست مبین قطر داخلی (سری قطری) برینگ است اگر عدد قرائت شده در پنج ضرب شود قطر داخلی کنس داخلی را بر حسب میلی متر مشخص می کند.

البته استثنائاتی هم در این زمینه وجود دارد که ذیلا به شرح آن می پردازیم:

الف- اگر دو عدد سمت راست 00 باشد قطر داخلی برینگ ده میلی متر است.

ب- اگر دو عدد سمت راست 01 باشد قطر داخلی برینگ دوازده میلی متر است.

ج- اگر دو عدد سمت راست 02 باشد قطر داخلی برینگ پانزده میلی متر است.

چ- اگر دو عدد سمت راست 03 باشد قطر داخلی برینگ هفده میلی متر است.

ح- اگر دو عدد سمت راست 04 باشد قطر داخلی برینگ بیست میلی متر است.

ولی برای اعداد دیگر قانون ذکر شده بطور کامل برقرار است.

۳- عدد سوم از سمت راست مبین کلاس (سری پهنای) برینگ می باشد که مشخص کننده مقدار تحمل

بار برینگ است و یکی از پنج عدد 0,1,2,3,4 است هر چه کلاس برینگ بالاتر باشد بار بیشتری را می تواند

تحمل کند بطور مثال برینگی که سه عدد سمت راست آن 315 باشد قطر داخلی آن ۷۵ میلی متر است و نسبت به

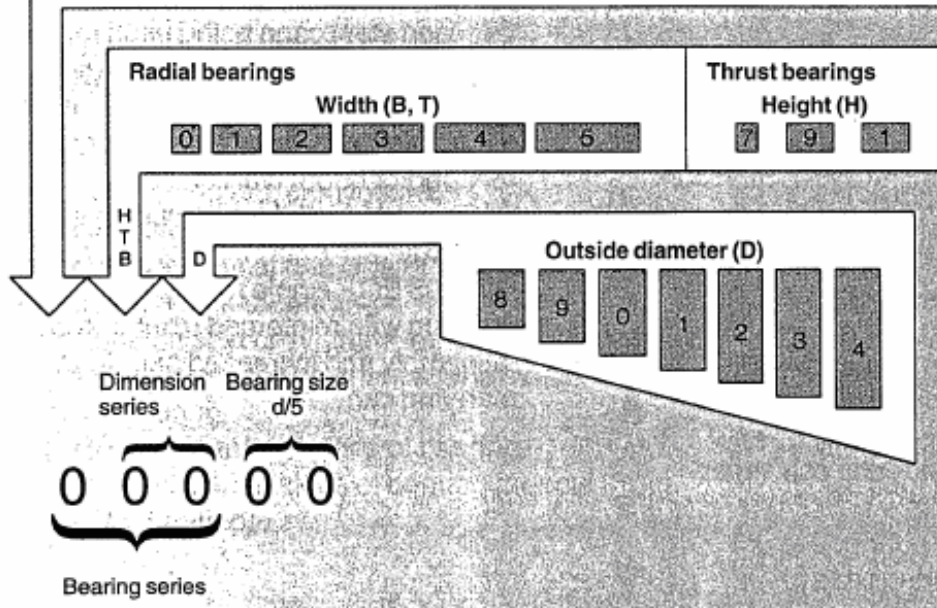
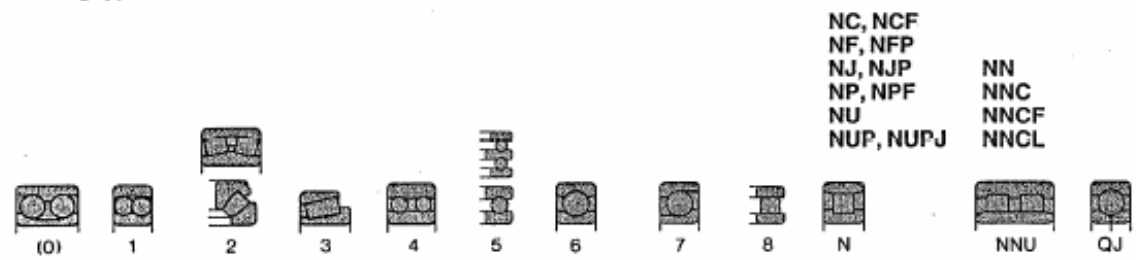
بال برینگی که سه عدد سمت راست آن 215 است و قطر داخلی آن هم ۷۵ میلیمتر است باریشتری رامی تواند تحمل کند. با بالارفتن کلاس برینگ (باتوجه به این که قطر داخلی ثابت است) قطر خارجی، پهنای و قطر ساچمه ها بالاتر می رود.

جدول شناسائی برینگ های غلطکی بر اساس شماره آنها

Bearing series

223				544						(0)4		
213				524						33		
232				543	6(0)4					23		
222				523	623					(0)3		
241				542	6(0)3					22		
231				522	(60)3					12		
240					622					(0)2		
230	323			534	6(0)2					31		
249	313			514	(60)2					30		
239	303			533	16(0)1					20	41	
122	248	332		513	630	7(0)4	814	10		31		
104	238	322		532	6(1)0	7(0)3	894	39		50	23	
(0)54	(1)23	302		512	16(0)0	7(0)2	874	29		40	(0)3	
(0)53	1(0)3	331		511	619	7(1)0	813	19		30	12	
(0)52	(1)22	294	330	510	609	719	893	38		49	(0)2	
(0)33	1(0)2	293	320	4(2)3	590	618	718	812	28	39	10	
(0)32	1(1)0	292	329	4(2)2	591	608	708	811	18	48	19	

Bearing types



ع- اعداد باقی مانده که دورقم یا سه رقم خواهد بود ممبین نوع (Type) برینگ است مثلاً اگر:

اگر عدد 6 باشد برینگ از نوع بال بوده و بال برینگ نوع ساده است.

اگر عدد 7 باشد برینگ از نوع ساچمه ای تماس زاویه ای است.

اگر عدد 53 باشد بال برینگ از نوع ساچمه ای دوردیفه است

اگر عدد 232 باشد ممین برینگ نوع ساچمه ای خودمیزان است.

اگر عدد 51 باشد برینگ از نوع بال برینگ کف گرد است.

اگر عدد 322, 302, 303, 313 باشد برینگ از نوع رولر برینگ مخروطی است .

۵- حروف سمت چپ یا پیشوندها مربوط به مشخصه های فیزیکی برینگ هستند که برخی از آنها در جدول زیر توضیح داده شده است.

بعضی از پیشوندها و پسوندهای استفاده شده نیز در جدول زیر درج شده است.

پیشوندها

پسوندها

	Page	2	2	3	4	5	6	7	8,9	10	11	12	12	13	14
بال برینگ ○	6208	A	A	g	J	Z	K	DB	C3	E	P6	X26	+K	AV2	K
بال برینگ تماس زاویه ای ∅	7210	B	B	h	M	ZZ	K30	DF	C4	ER	P5	X28	+L	PS2	S
رولر برینگ استوانه ای □	NU310	C	C	s	Y	DU	E	DT	CM	EF	P4	U□	+KL	B32	L
رولر برینگ مخروطی ▽	30206	D	M		F	DDU	E4	DR	CT	N	PB4			SRI	H
	HR30204		X		T	V	N		CG8	NF	PA5			NS7	M
رولر برینگ بشکه ای ○	22220		a		W	VV	NR		CA9		P4A				
	Basic Number	Supplementary Symbols													

Contact angle زاویه تماس

Internal Design طراحی داخلی

Material جنس

Cage قفسه

Shield/seal اب بند

Ring configuration شکل کلس

Combination ارایش

Clearance لقی داخلی

Sound level سطح سروصدا

Accuracy دقت

Special specification مشخصه های مخصوص

Spacer/attachment رابط

Grease نوع گریس

Grease quantity مقدار گریس

در جدول زیر نیز انواع برینگ ها بر اساس شماره مشخصه آنها آورده شده است.

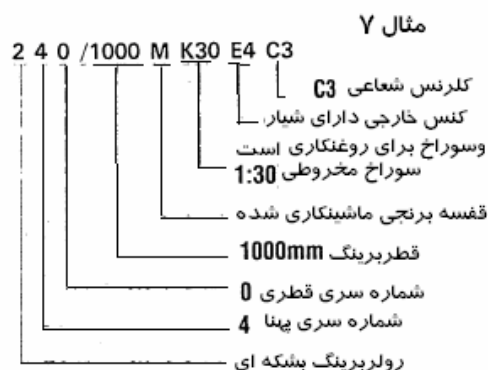
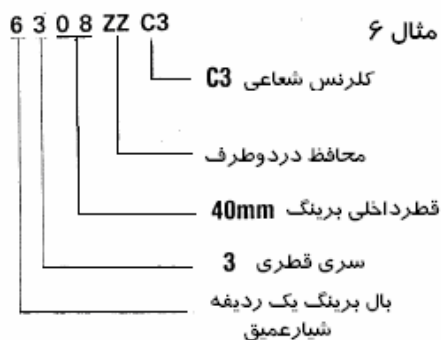
اعداد مشخصه برینگ ها

Bearing Type	Bearing Series Symbols	Type Symbols	Dimension Symbols		Bearing Type	Bearing Series Symbols	Type Symbols	Dimension Symbols	
			Width Symbols	Diameter Symbols				Width Symbols or Height Symbols	Diameter Symbols
Single-Row Deep Groove Ball Bearings	68	6	(1)	8	Double-Row Cylindrical Roller Bearings	NNU49	NNU	4	9
	69	6	(1)	9		NN30	NN	3	0
	60	6	(1)	0	Needle Roller Bearings	NA48	NA	4	8
	62	6	(0)	2		NA49	NA	4	9
	63	6	(0)	3		NA59	NA	5	9
				NA69		NA	6	9	
Single-Row Angular Contact Ball Bearings	79	7	(1)	9	Tapered Roller Bearings	329	3	2	9
	70	7	(1)	0		320	3	2	0
	72	7	(0)	2		330	3	3	0
	73	7	(0)	3		331	3	3	1
Self-Aligning Ball Bearings	12	1	(0)	2		302	3	0	2
	13	1	(0)	3		322	3	2	2
	22	2	(2)	2		332	3	3	2
	23	2	(2)	3	303	3	0	3	
					323	3	2	3	
Single-Row Cylindrical Roller Bearings	NU10	NU	1	0	Spherical Roller Bearings	230	2	3	0
	NU2	NU	(0)	2		231	2	3	1
	NU22	NU	2	2		222	2	2	2
	NU3	NU	(0)	3		232	2	3	2
	NU23	NU	2	3		213⁽¹⁾	2	0	3
	NU4	NU	(0)	4		223	2	2	3
	NJ2	NJ	(0)	2	Thrust Ball Bearings with Flat Seats	511	5	1	1
	NJ22	NJ	2	2		512	5	1	2
	NJ3	NJ	(0)	3		513	5	1	3
	NJ23	NJ	2	3		514	5	1	4
	NJ4	NJ	(0)	4		522	5	2	2
	NUP2	NUP	(0)	2		523	5	2	3
	NUP22	NUP	2	2		524	5	2	4
	NUP3	NUP	(0)	3		Spherical Thrust Roller Bearings	292	2	9
NUP23	NUP	2	3	293	2		9	3	
NUP4	NUP	(0)	4	294	2		9	4	
N10	N	1	0						
N2	N	(0)	2						
N3	N	(0)	3						
N4	N	(0)	4						
NF2	NF	(0)	2						
NF3	NF	(0)	3						
NF4	NF	(0)	4						

Note ⁽¹⁾ Bearing Series Symbol 213 should logically be 203, but customarily it is numbered 213.
Remarks Numbers in () in the column of width symbols are usually omitted from the bearing number.

چند مثال:

در زیر مثال هایی از انواع برینگ ها با شماره مشخصه های مربوطه همراه با پیشوندها و پسوندهای متعدد ذکر شده است.



در جدول صفحات بعد نیز تعدادی از پیشوندها و پسوندها همراه با توضیحات آن آورده شده است.

پیشوندها و پسوندهای همراه شماره های یاتاقان ها

Basic Numbers			Auxiliary Symbols			
Bearing Series Symbols ⁽¹⁾ نوع برینگ	Bore Number قطر داخلی	Contact Angle Symbol زاویه تماس	Internal Design Symbol طراحی داخلی	Material Symbol جنس	Cage Symbol قفسه	External Features Seals, Shields اب بند
Symbol Meaning	Number Meaning	Symbol Meaning	Symbol Meaning	Symbol Meaning	Symbol Meaning	Symbol Meaning
68 Single-Row Deep Groove Ball Bearings	1 ^{Bearing Bore} 1mm	(Angular Contact Ball Bearings)	A Internal Design Differs from Standard One	g Case-Hardened Steel Used in Rings, Rolling Elements	M Machined Brass Cage	Z Shield on One Side Only
69	2	A	J Smaller Diameter of Outer Ring Raceway, Contact Angle, and Outer Ring Width of Tapered Roller Bearings Conform to ISO		W Pressed Steel Cage	ZS } Shields on Both Sides
70 Single-Row Angular Contact Ball Bearings	3	A5 Standard Contact Angle of 25°				ZZ } Shields on Both Sides
72	9	B Standard Contact Angle of 40°				
73	00 10					
12 Self-Aligning Ball Bearings	01 12				T Synthetic Resin Cage	DU Contact Rubber Seal on One Side Only
13	02 15					
22	03 17					
NU 10 Cylindrical Roller Bearings	/22 22				V Without Cage	DDU Contact Rubber Seals on Both Sides
NJ 2	/28 28					
N 3	/32 32					
NN 30						
NA48 Needle Roller Bearings	04 ⁽²⁾ 20					V Non-Contact Rubber Seal on One Side Only
NA49	05 25					
NA69	06 30					
320 Tapered Roller Bearings	88 440					
322	92 460					
323	96 480					
511 Thrust Ball Bearing with Flat Seats	/500 500					
512	/530 530					
513	/560 560					
292 Spherical Thrust Roller Bearings	/2 360 2 360					
293	/2 500 2 500					
294						
Symbols and Numbers Conform to JIS ⁽³⁾				NSK Symbol		NSK Symbol
Marked on Bearings					Not Marked on Bearings	

Notes ⁽¹⁾ Bearing Series Symbols conform to Table 7.5.

⁽²⁾ For basic numbers of tapered roller bearings in ISO's new series, refer to Page B1ff.

⁽³⁾ For Bearing Bore Numbers 04 through 96, five times the bore number gives the bore size (mm) (except double-direction thrust ball bearings).

⁽⁴⁾ HR is prefix to bearing series symbols.

پیشوند ها و پسوند های همراه شماره یاناقان ها

Symbol	Combination Symbol	Internal Clearance Symbol	Accuracy Class Symbol	Special Specification	Spacer or Sleeve Symbol	Grease Symbol	
Symbol for Design of Rings	ارایش	کلرنس داخلی	کلاس دقت	مشخصه های خاص	رابط	گریس	
Symbol Meaning	Symbol Meaning	Symbol Meaning (radial clearance)	Symbol Meaning	Symbol Meaning	Symbol Meaning	Symbol Meaning	
K Tapered Bore of Inner Ring Taper 1 : 12	DB Back-to-Back Arrangement	C1	Clearance Less than C2	Omitted	ISO Normal	+K Bearings with Outer Ring Spacers	AV2 Shell Alvania Grease No. 2
		C2	Clearance Less than CN	P6	ISO Class 6		
K30 Tapered Bore of Inner Ring Taper 1 : 30	DF Face-to-Face Arrangement	Omitted	CN Clearance	P6X	ISO Class 6X	+L Bearings with Inner Ring Spacers	D4M Toray Silicone SH 44M
		C3	Clearance Greater than CN	P6X	ISO Class 6X		
E Notch or Lubricating Groove in Ring	DT Tandem Arrangement	C4	Clearance Greater than C3	P5	ISO Class 5	+KL Bearings with Both Inner and Outer Ring Spacers	NS7 NS Hi-lube
		C5	Clearance Greater than C4	P5	ISO Class 5		
E4 Lubricating Groove in Outside Surface and Holes in Outer Ring		CC1	Clearance Less than CC2	P4	ISO Class 4	H Adapter Designation	PS2 Multemp PS 2
		CC2	Clearance Less than CC	P4	ISO Class 4		
N Snap Ring Groove in Outer Ring		CC	Normal Clearance	P2	ISO Class 2	AH Withdrawal Sleeve Designation	HJ Thrust Collar Designation
		CC3	Clearance Greater than CC		ABMA ⁽¹⁾ Tapered roller bearing		
NR Snap Ring Groove with Snap Ring in Outer Ring		CC4	Clearance Greater than CC3	Omitted	CLASS 4	S11 Working Temperature Lower than 200°C	
		CC5	Clearance Greater than CC4				
		MC1	Clearance Less than MC2	PN2	CLASS 2		
		MC2	Clearance Less than MC3	PN2	CLASS 2		
		MC3	Normal Clearance	PN3	CLASS 3		
		MC4	Clearance Greater than MC3	PN3	CLASS 3		
		MC5	Clearance Greater than MC4	PNO	CLASS 0		
		MC6	Clearance Greater than MC5	PNO	CLASS 0		
Partially the same as JIS ⁽⁵⁾	Same as JIS ⁽⁵⁾	CM	Clearance in Deep Groove Ball Bearings for Electric Motors	PN00	CLASS 00	NSK Symbol, Partially the same as JIS ⁽⁵⁾	Not Marked on Bearings
		CT	Clearance in Cylindrical Roller Bearings for Electric Motors				
		CM	Clearance in Cylindrical Roller Bearings for Electric Motors				

- Notes ⁽⁵⁾ JIS : Japanese Industrial Standards.
⁽⁶⁾ BAS : The Japan Bearing Industrial Association Standard.
⁽¹⁾ ABMA : The American Bearing Manufacturers Association.

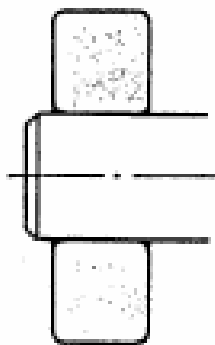
موقعیت شعاعی یاتاقان ها Radial Location OF Bearings

بال برینگ ها از اجزای قطعاتی هستند که دارای طول عمر مشخصی هستند و در صورتی که مسائل نصب آنها مراعات نشود باعث کاهش طول عمر شدیدی آنها می شود بدین دلیل نحوه قرار گرفتن بال برینگ روی شافت یا داخل هوزینگ برینگ (نوع انطباق) از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا اگر کنس ها آزاد باشند باعث ناهم محوری آنها روی محوری هوزینگ برینگ و حرکت نمودن در حین کار شده و باعث ایجاد لرزش و ارتعاش زیاد و نهایتاً خرابی زودرس خواهد شد. و در صورتی که روی شافت و یا داخل هوزینگ برینگ بصورت تداخلی (پرسی) نصب شوند باعث کاهش کلرنس های داخلی و عدم روغنکاری و گرم کردن و..... که نهایتاً باز هم منجر به کاهش طول عمر آن و خرابی زودرس آنها می شود.

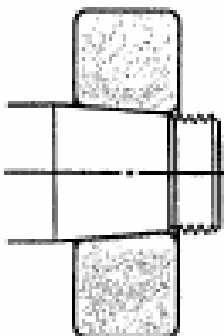
در این قسمت بحث بطور مختصر راجع به نوع انطباق یا نحوه نصب کنس های یاتاقان ها روی محور و یا داخل هوزینگ برینگ ها پرداخته می شود. که اصل بحث این است که اطمینان حاصل شود که در حین کار کنس های برینگ ها، لغزش یا چرخشی (حرکت نمی کنند) انجام نمی دهند.

این بخش شامل دو قسمت می باشد:

الف- قسمت اول مربوط به کنس هائی است که داخل آنها بصورت استوانه ای شکل است.

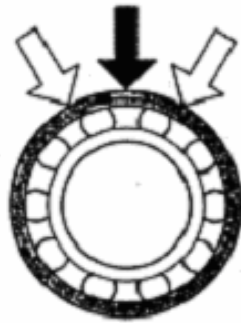


ب- قسمت دوم مربوط به برینگ هائی می شود که قسمت کنس داخلی آنها بصورت مخروطی شکل است.

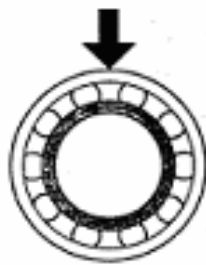


ذیلا به فاکتورهای اساسی انطباق برینگ های استوانه ای پرداخته می شود:

۱- اگر کنس داخلی یا تاقان ثابت باشد (نچرخد) و کنس خارجی بچرخد (مثل برینگ چرخ جلوی پیکان) کنس خارجی باید بصورت تداخلی Interface Fit داخل هوزینگ نصب شود و کنس داخلی باید بصورت ازاد روی محور نصب شود. (خطوط توپر مبین انطباق تداخلی هستند)



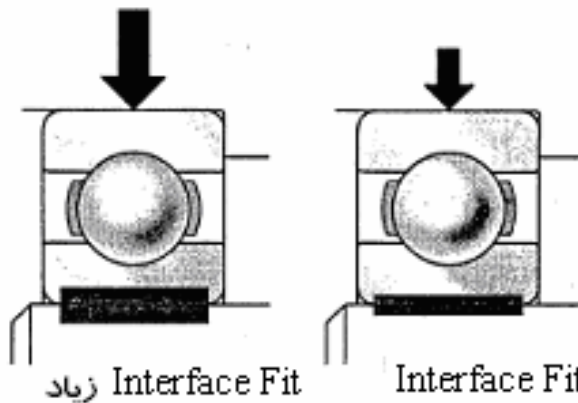
۲- اگر کنس داخلی بچرخد (بارروی این کنس باشد) و کنس خارجی ثابت باشد درینگ داخلی باید بصورت پرس و رینگ خارجی بصورت ازاد نصب شود.



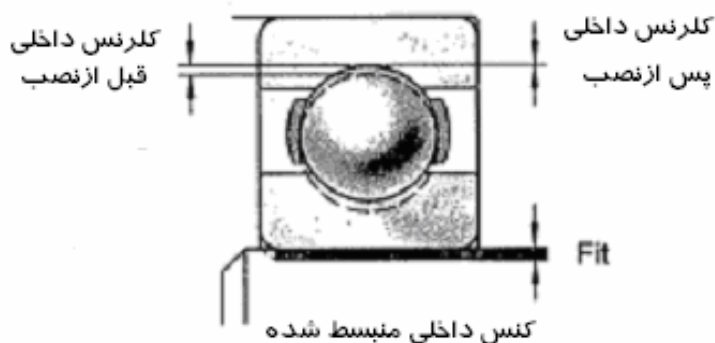
بار ثابت است

Interface Fit روی کنس دوار اعمال می شود

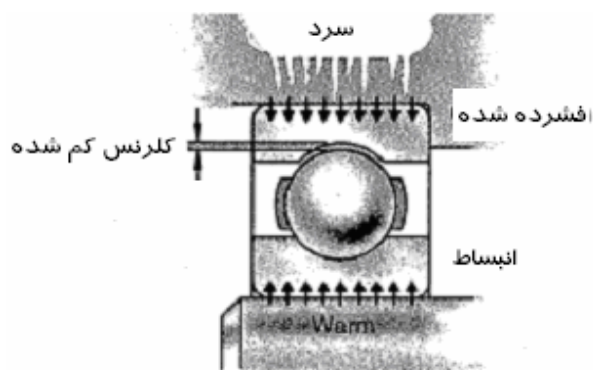
۳- هرچه بار سنگین تر باشد مقدار تداخل Interface Fit نیز باید بیشتر انتخاب شود.



۴- در صورتی که از برینگ بالقی داخلی بیشتر استفاده شود می توان از انطباق تداخلی تر استفاده کرد.



۵- اگر شرایط نصب برینگ طوری باشد که کنس داخلی برینگ بیشتر گرم شود (دمای محور بالا باشد) و کنس داخلی خیلی گرم نشود (دارای سیستم خنک کننده باشد) انطباق باید طوری انتخاب شود که کنس داخلی روی محور کمتر پرس شود و کنس خارجی نیز داخل هوزینگ برینگ آزادتر باشد.



یک شافت گرم و هوزینگ خنک تداخل قطعات و کرنس های داخلی را تحت تاثیر قرار می دهد

۶- برای مواردی که دقت نصب باید بالا باشد و برینگ بالرزش و حرکت کمتری باید کار کند کنس های داخلی و خارجی هر دو باید روی محور و داخل هوزینگ بصورت پرس (طبق انطباق توصیه شده توسط کارخانه سازنده) نصب شوند.

برای هوزینگ تقریباً IT6



کاهش ارتعاشات

در برینگ هایی که باید دقیق کار کنند نباید از انطباق تداخلی برای برینگ استفاده شود

۷- بسته به طراحی و نوع مواد بکاررفته در ساختمان شافت و هوزینگ برینگ که باعث عدم تماس کامل کنس هابی شود و باید از انطباقات توصیه شده توسط کارخانه سازنده برینگ استفاده نمود.



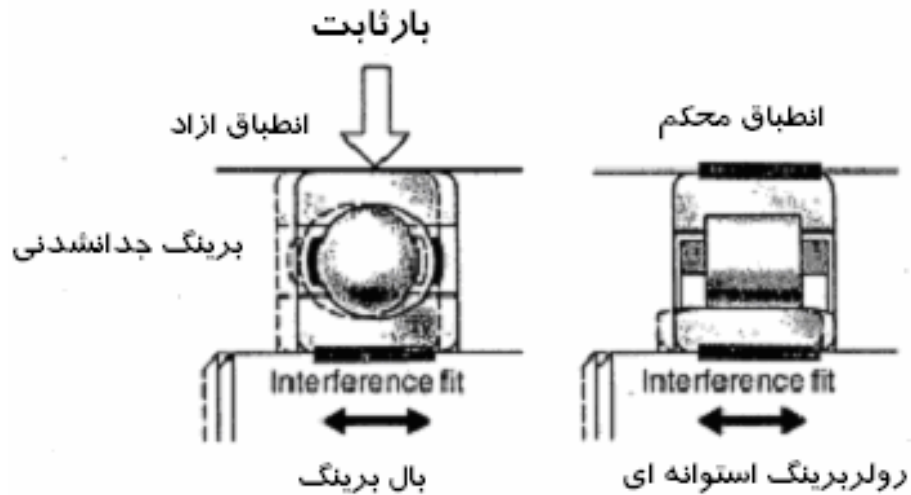
۸- برای برینگ هایی که روی محورهای توخالی نصب می شوند باید از انطباق داخلی تر (Interface بیشتر) استفاده کرد. همچنین بال برینگ هائی که در هوزینگ های با ضخامت کم نصب می شوند (Light Alloy Housing) باید از انطباقات داخلی بالاتری نسبت به هوزینگ های کلفت تر یا چدنی استفاده نمود.

۹- در مواردی که برینگ ها باید به راحتی از روی محورها هوزینگ برینگ بیرون آورده یا نصب شوند می توان از برینگ هائی که کنس های آن از هم جدا می شوند (Separable Bearing) یا برینگ هائی که داخل آنها بصورت مخروطی است استفاده نمود.



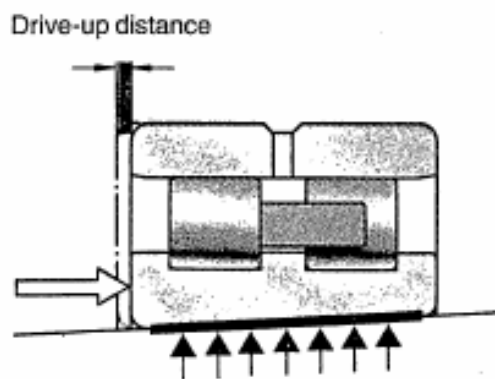
۱۰- در مواردی که از برینگ های Non Separable Bearing استفاده می شود (برای جبران انبساط رشد حرارتی محور) یکی از کنس ها تحت تمامی شرایط کاری باید بتواند از ادانه حرکت محوری داشته

باشد. در اینگونه مواقع باید کنس خارجی برینگ داخل هوزینگ ازادتر باشد یا از رولر برینگ های نوع NU که کنس های آنها می توانند نسبت به هم حرکت داشته باشند استفاده کرد.



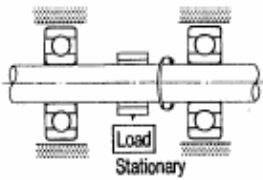
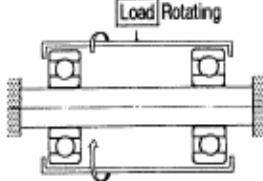
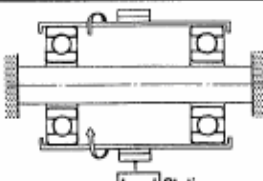
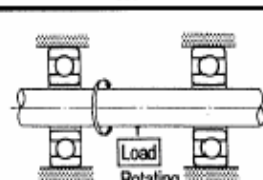
۱۱- در مواردی که قطر داخلی برینگ بصورت مخروطی باشد مقدار حرکت برینگ روی محور Drive-Up Distance باید محدود باشد و بسته به نحوه اعمال بار روی کنس های برینگ ها انطباقات متفاوتی هم برای نصب برینگ استفاده می شود.

در این حالت مقدار داخل بر اساس Drive-Up Distance طبق شکل زیر تعیین می شود.



در جدول زیر خلاصه ای از موارد ذکر شده فوق آورده شده است.

جدول نحوه اعمال بار و انطباقات

Load Application	Bearing Operation		Load Conditions	Fitting	
	Inner Ring	Outer Ring		Inner Ring	Outer Ring
	Rotating	Stationary	Rotating Inner Ring Load	Tight Fit	Loose Fit
	Stationary	Rotating	Stationary Outer Ring Load	Tight Fit	Loose Fit
	Stationary	Rotating	Rotating Outer Ring Load	Loose Fit	Tight Fit
	Rotating	Stationary	Stationary Inner Ring Load	Loose Fit	Tight Fit
Direction of load indeterminate due to variation of direction or unbalanced load	Rotating or Stationary	Rotating or Stationary	Direction of Load Indeterminate	Tight Fit	Tight Fit

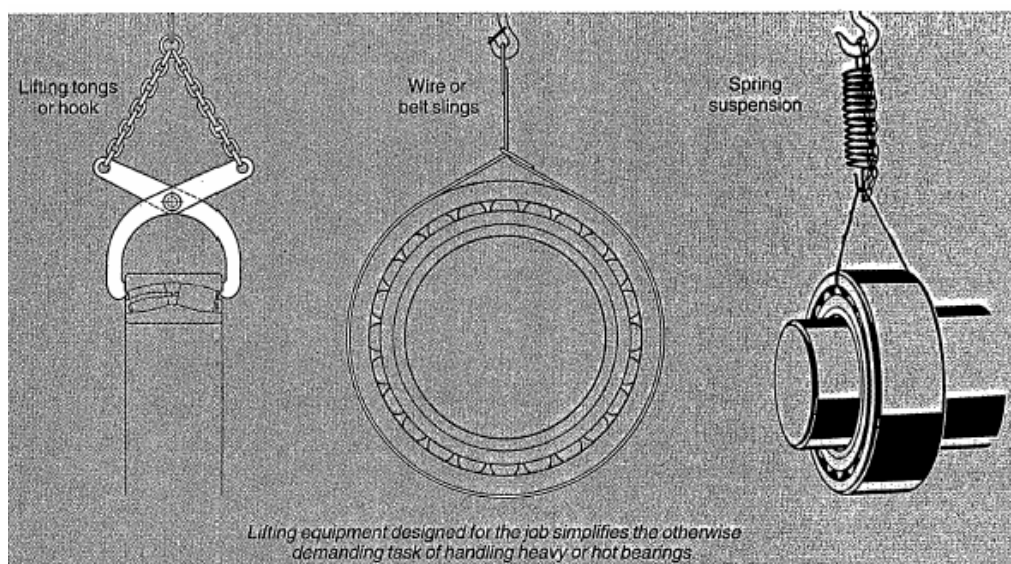
خزش کنس بیرونی Creep

باتوجه به این که در حین کار همواره پایین ترین نقطه کنس خارجی یک برینگ نسبت به نقاط دیگر آن تحت نیروی بیشتری واقع می شود (نیروی ناشی از وزن رتور که جهت آن بطرف پایین است) در اثر اعمال بارهای وارده قسمت پایینی برینگ بیشتر از قسمت های دیگر در معرض سایش و فرسایش قرار می گیرد و لذا برای جلوگیری از این حالت نحوه انطباق کنس بیرونی برینگ در داخل هوزینگ برینگ باید طوری باشد (Push Fit) که در حین کار و چرخش شافت کنس خارجی حرکتی بسیار خنثی و آرام داشته باشد که به آن خزش یا Creep گفته می شود.

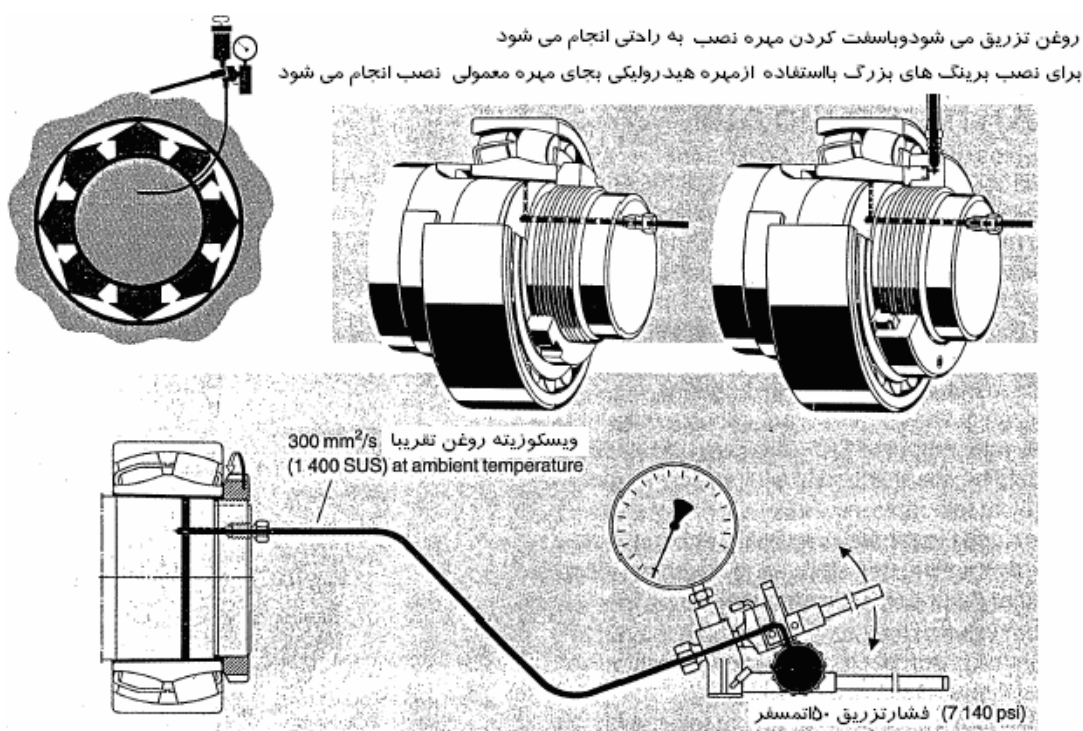
در ارتباط با نحوه انطباق کنس ها با محور و هوزینگ برینگ ها در بخش تolerances ها و انطباقات بطور مفصل بحث خواهد شد.

تجهیزات مورد نیاز برای جازدن و بیرون آوردن برینگ ها

با پرسنل آموزش دیده استفاده از تجهیزات مناسب مونتاژ و دمونتاژ بطور موثری می تواند از صدمه رسیدن به یاتاقان ها در هنگام نصب و بیرون آوردن یاتاقان جلوگیری کند. همچنین این موارد باعث افزایش سرعت کار، ایمن شدن عملیات می شود. این تجهیزات شامل قلاب فنر اویزان نگه دارنده و سیم های مخصوص برای اویزان نگه داشتن یاتاقان است که در شکل زیر نشان داده شده است.

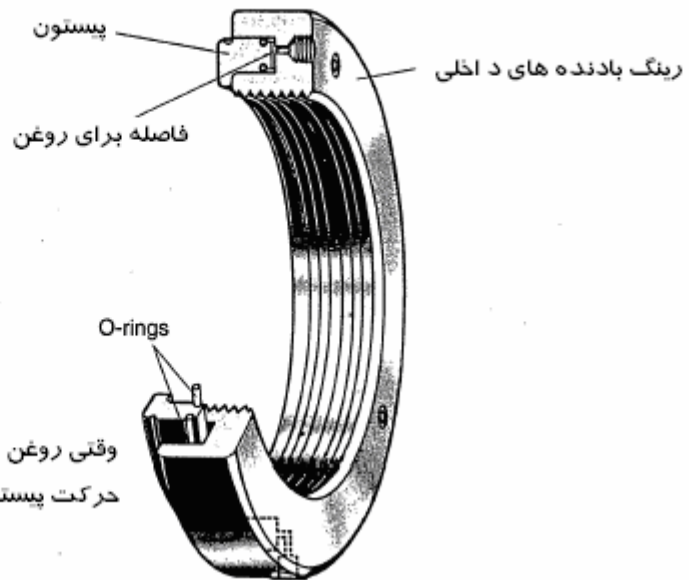


همچنین استفاده از تجهیزات هیدرولیکی می تواند بطور موثری در رسیدن به اهداف فوق عمل نماید که در شکل زیر شمائی از آن نشان داده شده است.



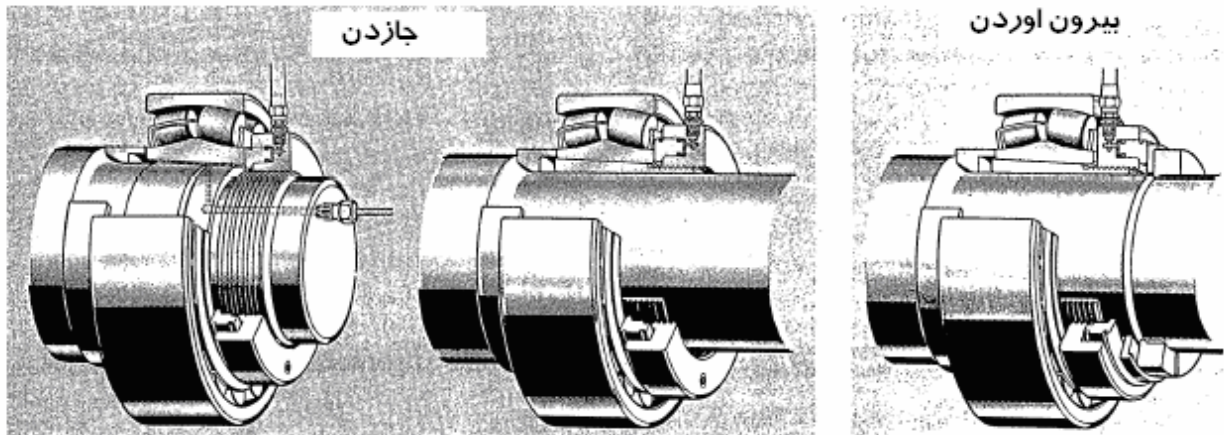
استفاده از مهره هیدرولیک نیز برای جازدن برینگ هامی تواند بسیار مفید باشد.

The hydraulic nut مهره هیدرولیکی



وقتی روغن بطرف فاصله شیاریمپ می شود باعث حرکت پیستون و اعمال نیروی کنس برینگ می شود

در شکل زیر نحوه کار مهره هیدرولیکی برای جازدن و بیرون آوردن برینگ نشان داده شده است.



روش های نصب یاتاقان ها

برای نصب برینگ هایی که نحوه انطباق آنها روی محور بصورت تداخلی است از روش زیر استفاده می شود:

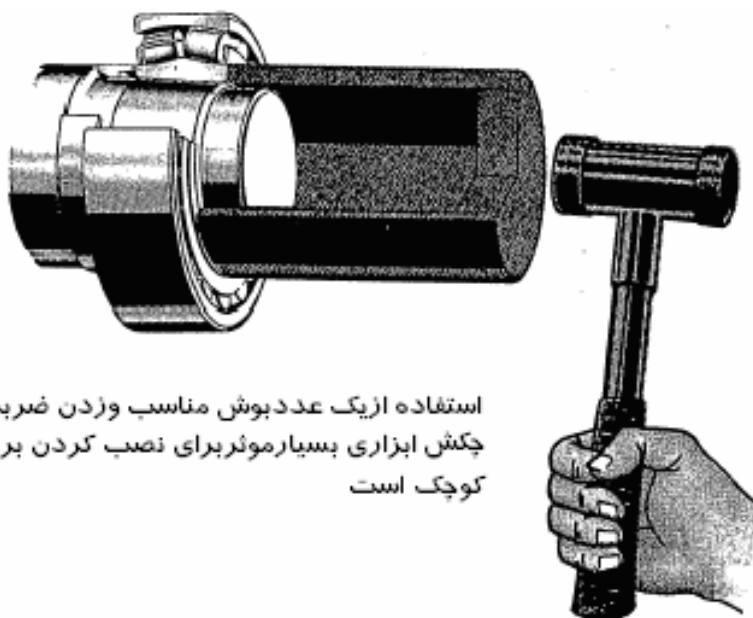
۱- نصب به روش پرس کردن Press Fit

۲- نصب به روش انقباضی Shrink Fit

نصب به روش پرس کردن Press Fit

در این حالت از متدهای مختلفی برای جازدن برینگ ها استفاده می شود که ذیلا به شرح هر کدام از آنها پرداخته می شود.

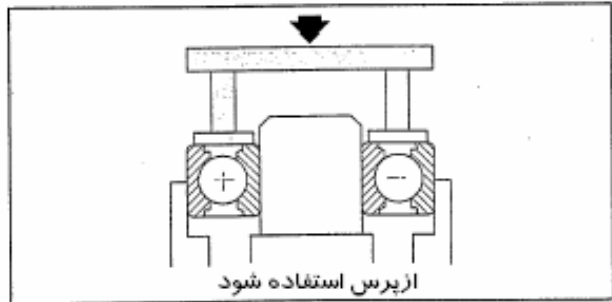
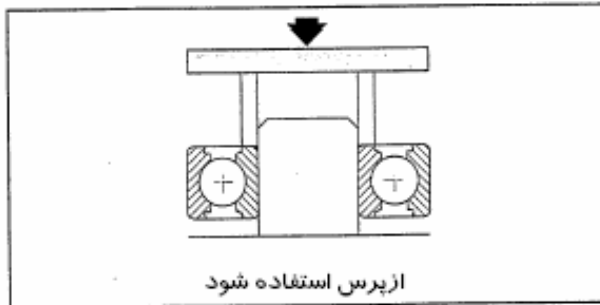
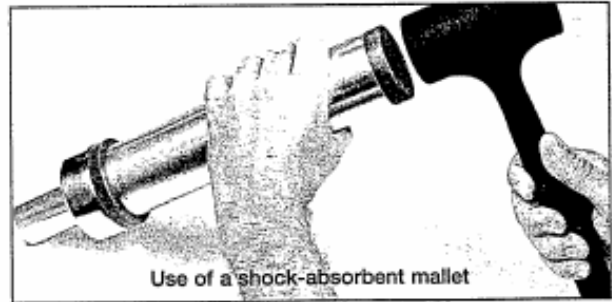
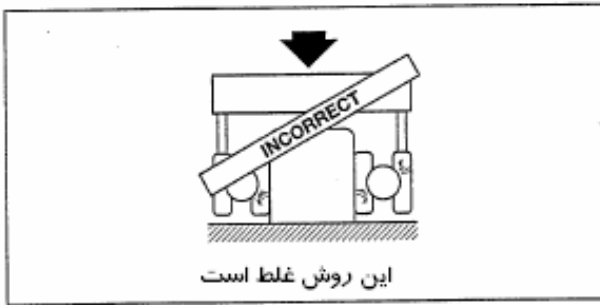
روش زیر که با اعمال نیرو روی کنس برینگ انجام می شود برای جازدن یاتاقان های کوچک مورد استفاده قرار می گیرد. برای جازدن کنس داخل برینگ فشار لازم توسط یک لوله ای که قطر داخلی آن به اندازه کنس داخلی است و با ضربات چکش و یا زیر پرس قرار دادن لوله لبه صاف انجام می شود که اعمال این نیرو روی کنس باعث افزایش قطر داخلی کنس داخلی (یا انقباض قطر خارجی کنس خارجی) می گردد. باید دقت شود که یاتاقان و تکه لوله که روی آن قرار می گیرد هر دو باید نسبت به هم و نسبت به لبه یاتاقان صاف باشند (با مرکز شافت هم محور باشند) در غیر این صورت علاوه بر امکان خط افتادن روی شافت یاتاقان بصورت کج نصب می شود و باعث صدمه دیدن آن و مسائل بعدی خواهد شد.



استفاده از یک عدد بوش مناسب و زدن ضربه های ملایم چکش ابزاری بسیار موثر برای نصب کردن برینگ های کوچک است

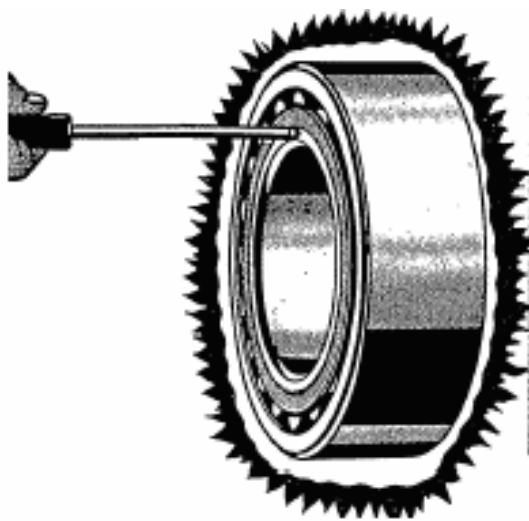
لازم به توضیح است که برای جازدن کنس داخلی رینگ باید لوله روی کنس داخلی قرار گیرد و ضربه روی کنس داخلی وارد شود و برای جازدن کنس خارجی نیز همینطور در غیر این صورت باعث خرابی یاتاقان در حین نصب خواهد شد.

در شکل های زیر روش های صحیح و غلط نصب برینگ ها نشان داده شده است.



نصب به روش گرم کردن Hot Mounting

در این روش با منبسط نمودن قطر داخلی کنس داخلی برینگ در اثر افزایش درجه حرارت قطر کنس داخلی افزایش پیدامی کند و باعث می گردد کنس داخلی به راحتی روی محور حرکت کند که پس از سرد شدن باعث انقباض مجدد و فیت سوار شدن برینگ روی محوری گردد. این طریق سوار کردن یاتاقان به عمل Shrink Fit معروف است که برای یاتاقان های متوسط و بزرگ بخصوص روی محورهای طویل به وفور مورد استفاده قرار می گیرد. اگر بنا به دلایلی نتوان از روش های تزریقی یا مبره هیدرولیکی استفاده نمود می توان با گرم کردن برینگ آن را نصب نمود.



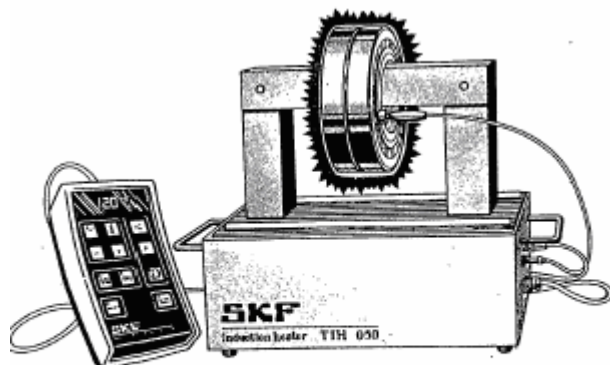
برینگ تادمای ۸۰ تا ۹۰ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای شافت با استفاده از هیتر القائی یا حمام روغن گرم شود. هرگز دما بالاتر از ۱۲۰ درجه نرود بعد از سرد شدن برینگ لقی داخلی باید مجدداً چک شود

گرم کردن یاتاقان به دو روش انجام می شود:

۱- استفاده از هیتر القائی Induction Heater

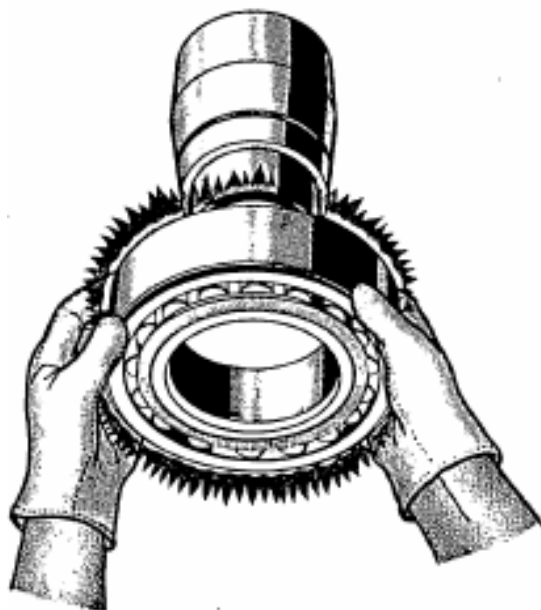
۲- استفاده از حمام روغن Oil Bath

اکثر هیترهای القائی مجهز به ترموستات قابل تنظیم می باشند و قبل از نصب نیز باید دمای آن با استفاده از ترمومتر اندازه گیری شود تا اطمینان حاصل شود یاتاقان به اندازه کافی انبساط پیدا کرده است.

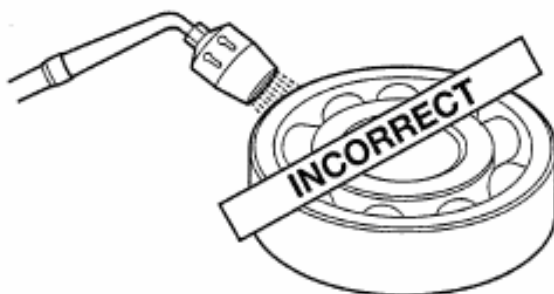


An SKF induction heater with automatic demagnetization can safely heat small to medium-size bearings mounted with an interference fit on the shaft.

برای نصب یاتاقان گرم حتما از دستکش مناسب و تمیز باید استفاده شود.

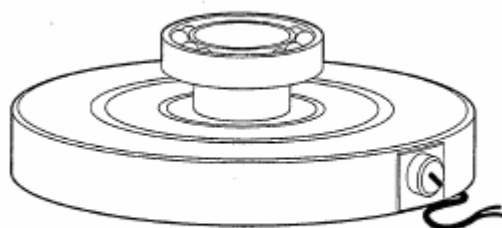


برای گرم کردن برینگ به هیچ وجه نباید شعله مستقیم با آن تاباند.



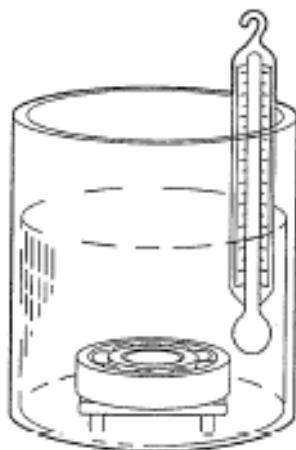
گرم کردن برینگ به روش غلط

برای گرم کردن برینگ می توان از یک صفحه گرم طبق شکل زیر استفاده کرد.



صفحه گرم

یکی از روش های گرم کردن برینگ ها استفاده از حمام روغن است که در شکل زیر ملاحظه می کنید.

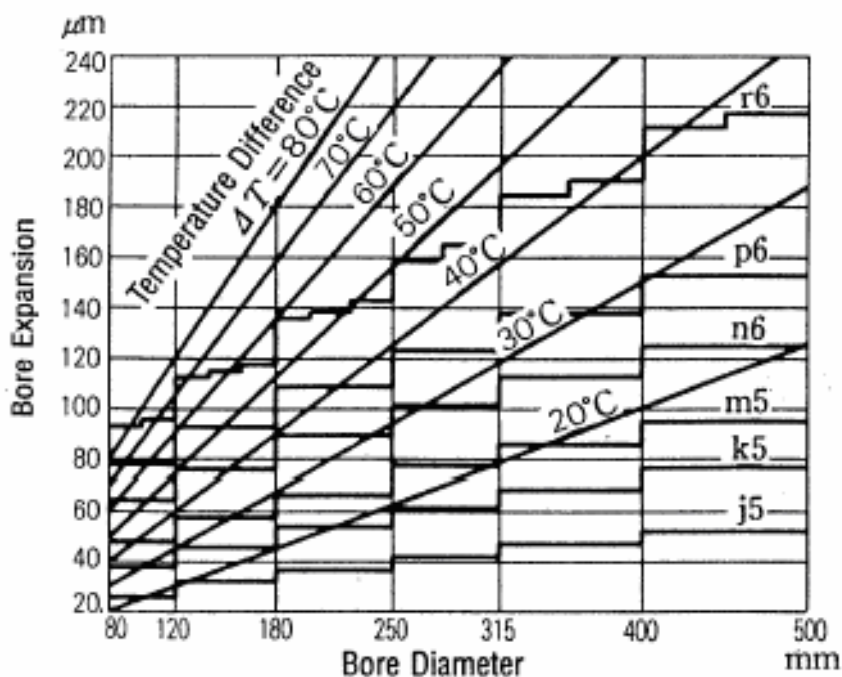


Oil bath : open bearings only

تجربه نشان داده است که مقدار پرسی سوار شدن مورد نیاز برای این که برینگ به راحتی نصب شود بستگی به نوع تداخل (h6,p6,...) دارد. و به عنوان یک قانون عمومی و تجربی بر اساس قطر برینگ ها برای جازدن بدون دردسر آنها اگر طبق جدول زیر عمل شود امکان نصب آنها میسر است .

قطر کانس داخلی	درجه حرارت
Below 100 mm	90°C (195°F)
From 100 to 150 mm	120°C (250°F)
Above 150 mm	130°C (265°F)

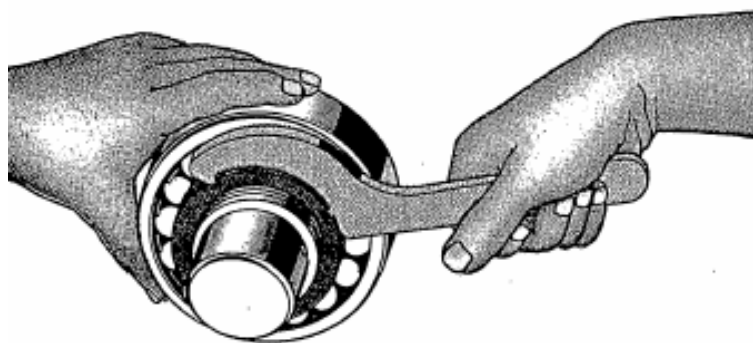
دمای مورد نیاز برای گرم کردن برینگ هارامی توان بر اساس قطر داخلی یا تاقان و نوع انطباق برینگ از جدول زیر نیز بدست آورد.



گرم‌ما و انبساط حرارتی کنس داخلی برینگ

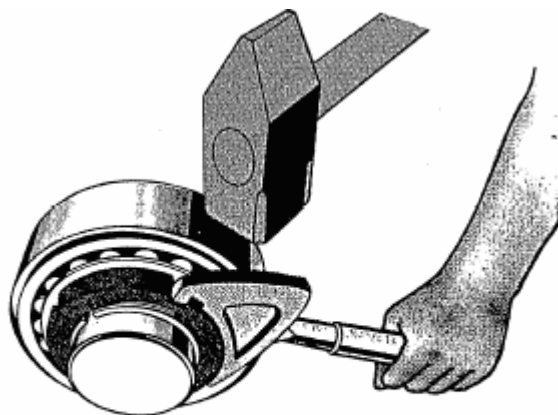
نصب مکانیکی برینگ ها

برینگ های کوچک رامی توان با استفاده از مهره و اچار مخصوص Hook Spanner نصب نمود.



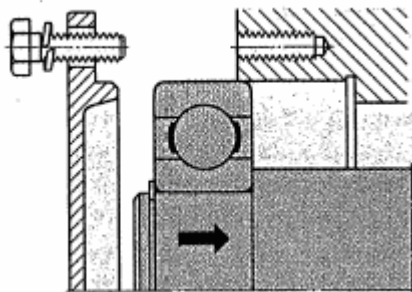
لاک نت ها بطور مخصوصی طراحی شده اند و می توانند نیروی مورد نیاز برای نصب برینگ و پرس شدن برینگ روی شافت را اعمال کنند (اگر امکان داشته باشد در این موقعیت از نصب لاک و اشتر در چین نصب خوداری شود) در چین سفت کردن لاک نت به کم شدن لقی داخلی توجه شود تا کلرنس مطلوب بدست آید. وقتی لاک و اشتر بایست در جای خود نصب شود مهم است که سطح دنده ها وسط لاک نت و لاک و اشتر که با هم در تماس هستند به مولیکوت مخصوص یا هر نوع روانکار دیگر اغشته گردد.

برینگ های باسایز متوسط رانیزمی توان بالاک نت و اعمال ضربه روی آنها و با استفاده از اچار مخصوص نصب نمود.

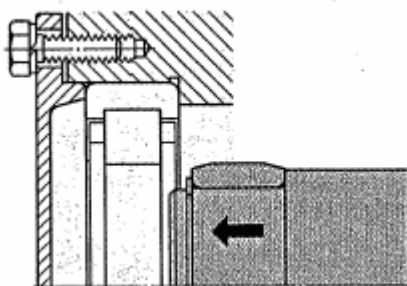


برای نصب برینگ های بزرگتر نیازه اعمال نیروی بیشتری است
در این گونه موارد نصب برینگ بصورت ترکیبی با استفاده از لاک
نت مهره و سفت کن چکشی *impact spanner* و یک چکش انجام
می شود

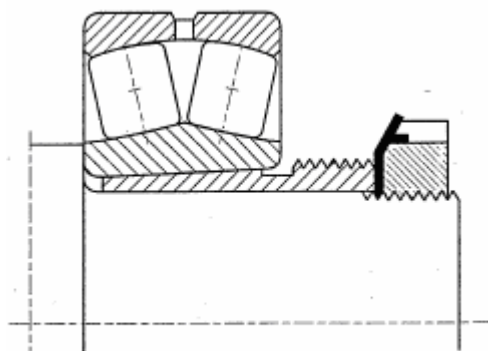
اگر برای نصب کنس داخلی نیازه انطباق تداخلی باشد ابتدا کنس داخلی روی محور نصب می شود سپس با فشار دادن شافت و برینگ به داخل هوزینگ کنس خارجی در محل خود در داخل هوزینگ نصب می شود



برینگ هائی که کنس های ان از هم جدامی شوند کنس ها جدا جدا نصب می شوند در مواقعی که کنس
ها بصورت تداخلی باید نصب شوند خیلی مفید است

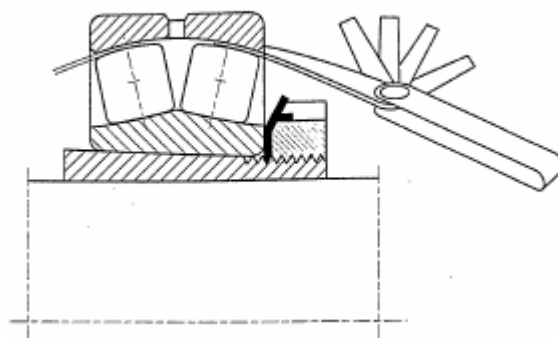


برای برینگ هائی که موقعیت قرارگیری آنها روی محور باید ثابت باشد (شافت پله دار است) از این روش استفاده می شود. در این روش ابتدا برینگ روی محور قرار می گیرد سپس بوش پشت آن نصب می شود و با سفت نمودن لاک نت پشت بوش، بوش بطرف جلو حرکت می کند که هرچه جلوتر می رود بوش بیشتر روی برینگ پرس می شود و باعث محکم شدن برینگ روی محوری گردد.



نصب مکانیکی

البته در حین سفت کردن لاک نت کلرنس بین غلتک ها و کنس ها باید اندازه گیری شود تا زمان توقف سفت کردن مشخص شود.



نصب برینگ ها با استفاده از تجهیزات هیدرولیکی

نصب یاتاقان های با قطر داخلی بیشتر از ۵۰ میلی متر با استفاده از تجهیزات هیدرولیکی و تزریق روغن به راحتی قابل نصب می باشند. در این روش با اعمال نیروی ناشی از فشار هیدرولیکی روغن، برینگ روی محور نصب می شود.

این کار به دو صورت انجام می شود:

الف- با استفاده از مهره هیدرولیکی که روی شافت (پشت کنس داخلی) پیچانده می شود و با بالابردن فشار روغن داخل آن نیروی روی پیستون آن بوجود می آید که باعث جلوراندن کنس یاتاقان روی شافت می شود. مهره هیدرولیک دقیقاً مثل یک جک عمل می کند.

ب- تزریق روغن زیر کنس داخلی برینگ نیز باعث انبساط قطر داخلی کنس داخلی و آزاد شدن آن از روی محور و راحتی نصب آن می گردد.

که ذیلا به شرح این روش ها پرداخته می شود.

مراحل نصب برینگ با استفاده از مهره هیدرولیکی به صورت زیر است:

۱- مهره هیدرولیکی روی محوری چانده می شود و بادست سفت می شود تا به صورت برینگ بچسبد.

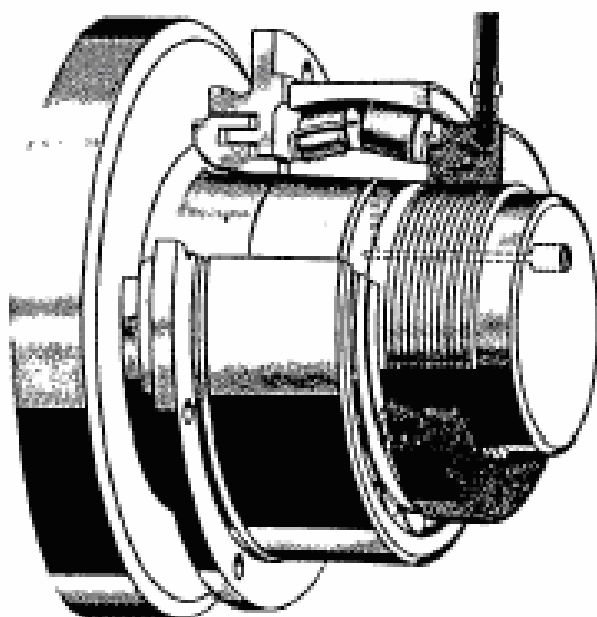
۲- پمپ بکار انداخته می شود تا فشار روغن بالا رود و برینگ در محل مناسب خود نصب شود.

۳- سپس مهره هیدرولیکی بازمی شود و لاک نت اصلی بسته می شود. البته کلرنس های داخلی باید مجددا در طی این مراحل چک شوند.

با استفاده از مهره هیدرولیکی امکان نصب برینگ های تا قطر داخلی 1000mm نیز میسر است.

برای بیرون آوردن برینگ از روی محور نیز با تزریق روغن از طریق سوآخ و کانالی داخل محور که روغن را زیر کنس تزریق می کند استفاده می شود.

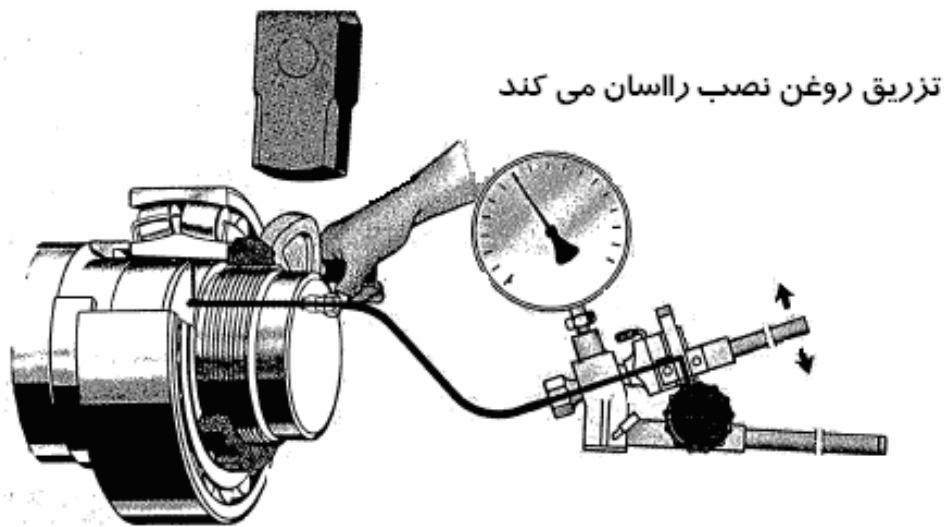
مهره هیدرولیکی



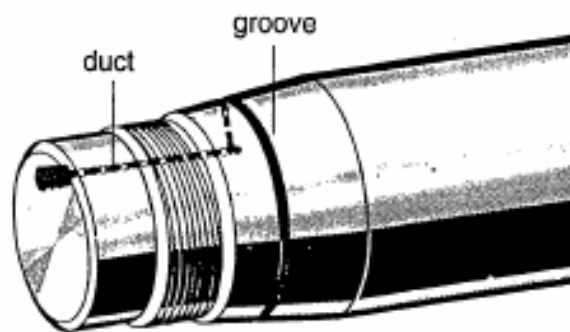
نصب یاتاقان به روش تزریق روغن

از این روش برای نصب یاتاقان های با سایز متوسط و بزرگ استفاده می شود. اصول کار این روش برای این اساس است که روغن با فشار بالا بین کنس داخلی بیرینگ و محل قرارگیری آن روی محور تزریق می شود تا این دو سطح کاملا از هم دیگر جدا شوند و اصطکاک تقریباً به صفر برسد در این حالت با اعمال مقدار جزئی نیرو در جهت محوری به کنس داخلی برینگ به راحتی در محل مورد نظر قرار می گیرد تا لقی داخلی مورد نظر برای یاتاقان بوجود آید.

لازم به توضیح است که لقی نهائی حدود ۰.۰۲ دقیقه بعد از آزاد شدن فشار روغن باید مجدداً اندازه گیری شود. البته برای برینگ های مختلف نیاز به تجهیزات با سایز مناسب آن یاتاقان است.



لازم به توضیح است که برای استفاده از سیستم تزریق روغن تحت فشار باید محل هاوشیارهای مناسبی روی شافت تعبیه شده باشد.



نصب یاتاقان های باسوراخ مخروطی روی سیلیو

در مواردی که امکان نصب یاتاقان بصورت پرس و انبساطی میسر نباشد از یاتاقان های باکس با قطر داخلی مخروطی استفاده می شود.

این گونه یاتاقان ها به دو صورت روی محور نصب می شوند:

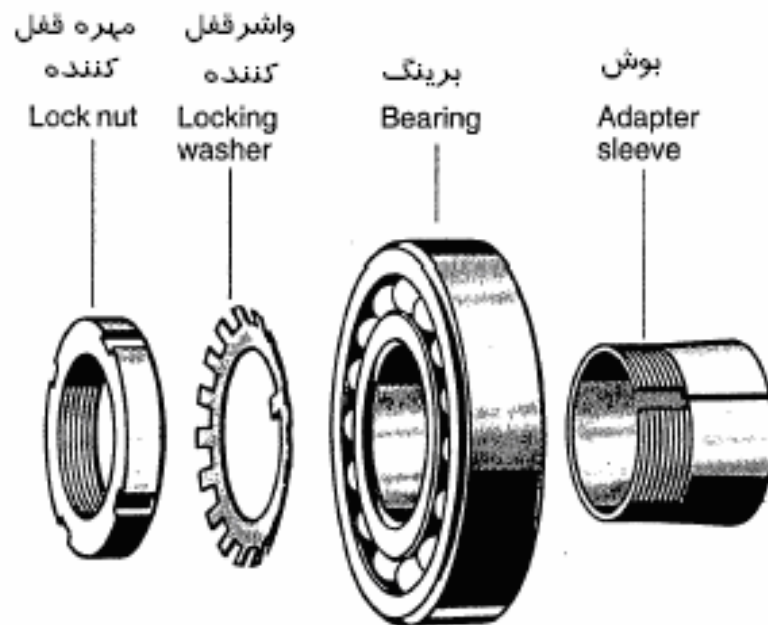
الف- بطور مستقیم روی محوری که با همان زاویه مخروط است نصب می شوند (مثل بقیه انواع یاتاقان ها).

ب- با استفاده از غلاف تبدیلی مخروطی (Taper Adaptor Sleeve) و واشر و مهره قفل (Lock Washer & Nut) نصب می شوند.

بال برینگ ها و رولر برینگ های بشکه ای معمولاً با استفاده از یک اداپتور یا سیلیو روی محور نصب می شوند. استفاده از سیلیو مسائل مونتاژ و دمونتاژ را اسان می کند و در این حالت دیگر نیازی به ماشینکاری خیلی دقیق محل نشیمن یاتاقان روی محور نیست.

کنس داخلی برینگ روی سیلیو معمولاً بصورت داخلی Interface Fit قرار می گیرد.

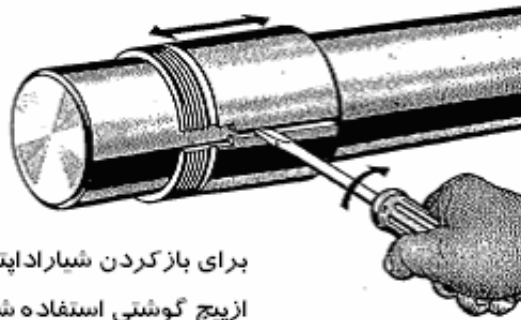
مراحل نصب یاتاقان های مخروطی با استفاده از Taper Adaptor Sleeve و واشر و مهره قفل کننده که شمائی از آن در شکل زیر نشان داده شده است .



۱- قبل از نصب یاتاقان ابتدا باید قسمت های داخلی و خارجی برینگ و سیلیو تمیز کاری و سپس به روغن مخصوص اغشته شود.



۲- غلاف روی محور در موقعیت مناسبی که قبل از بیرون آوردن آن بوده قرار داده می شود. این گونه غلاف هادارای قطر داخلی استوانه ای شکل و قطر خارجی مخروطی شکل هستند. به علاوه این که شکاف و دندانها (رزوه) هم دارند و در جای خود می توانند کمی عقب و جلو شوند یا بچرخند.



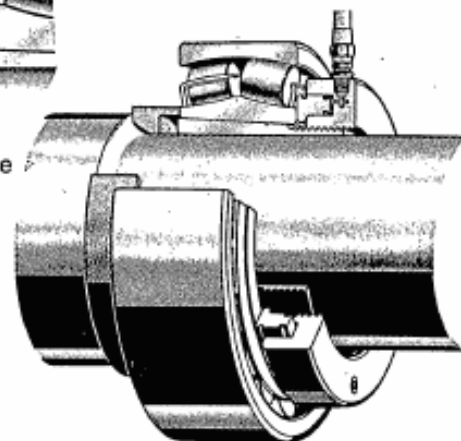
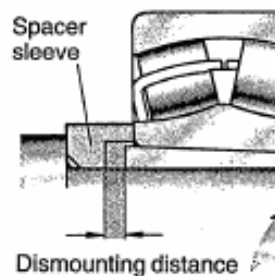
برای باز کردن شیر اداپتور سیلیو
از پیچ گوشتی استفاده شود

۳- در صورت امکان غلاف باید طوری قرار داده شود که با چرخش شافت مهره قفل کننده پشت برینگ در جهت سفت شدن عمل کند (جهت دوران و جهت سفت شدن مهره باید عکس همدیگر باشند).

۴- یاتاقان از جهت صحیح مخروطی اش بر روی شافت سواری می شود.

۵- واشر قفلی Lock Washer در موقعیتی که چنگ داخلی آن در شکاف غلاف و در زیر حلقه داخلی یاتاقان قرار می گیرد نصب می شود.

۶- سپس مهره قفلی Lock Nut نصب می شود و پس از مشخص شدن موقعیت نصب برینگ روی محور (در جهت محوری) انقدر سفت می شود تا یاتاقان در مخروط غلاف ثابت شود (در صورتی که این مهره بیشتر از حد سفت شود باعث تابیدن و پیچیدن یاتاقان می شود).

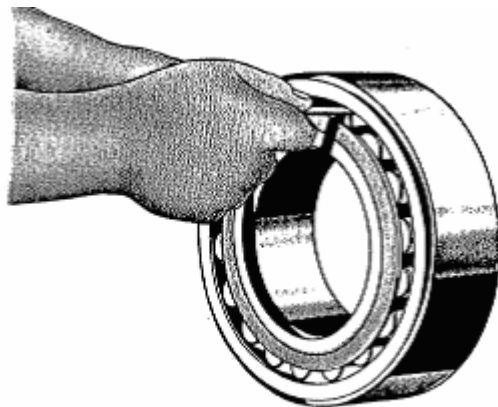


در شکل روبرو یک عدد shaft spacer بین پله محور و برینگ قرار گرفته است. فاصله دمونتاز Dismounting distance مورد نیاز بیشتر از فاصله در هنگام چرخش برینگ است

۷- یکی از چنگ (شاخک) های واشر قفلی روی شکاف مهره قفلی لاک می شود و بقیه آنها نیز طوری خم می شوند تا بلبه بیرونی مهره قفلی تماس پیدا کنند و اطمینان حاصل شود که با عناصر چرخان تماسی ندارند.

مراحل نصب رولربرینگ های بشکه ای

۱- قبل از نصب برینگ لقی داخلی شعاعی با استفاده از یک عدد فیلر گیج اندازه گیری می شود. برای انجام این کاریاتاقان بصورت عمودی نگه داشته می شود و پس از چندین بار چرخاندن آن و ابتدا با عبور دادن فیلرهای با ضخامت های کم و انتخاب فیلر گیج مناسب این کار انجام می شود.



قبل از نصب رولربرینگ بشکه ای کلرنس
آن با فیلر گیج اندازه گیری شود

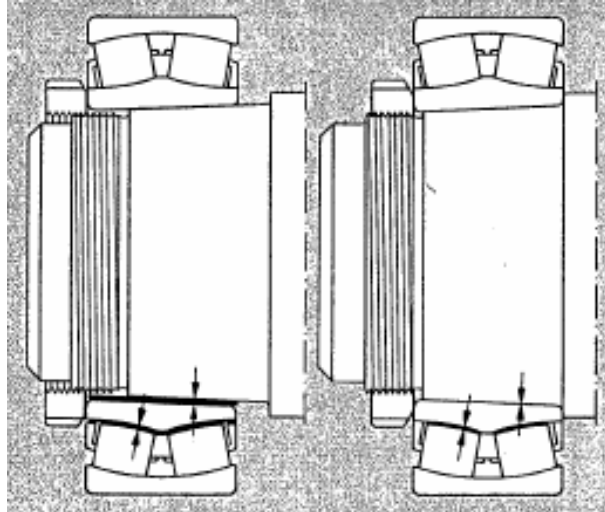
۲- پس از نصب یاتاقان روی محور و چند بار چرخاندن آن لاک نت به تدریج سفت می شود در حین سفت کردن لاک نت پشت برینگ بصورت متوالی لقی داخلی اندازه گیری می شود (در قسمت پایین یاتاقان) و بالقی اولیه مقایسه می شود (کاهش لقی) و با مقادیر موجود در جدول مربوطه مقایسه می شود که عملیات سفت کردن باید تا زمانی که لقی داخلی در رنج مینیمم لقی قابل قبول در جدول باشد ادامه پیدا کند.



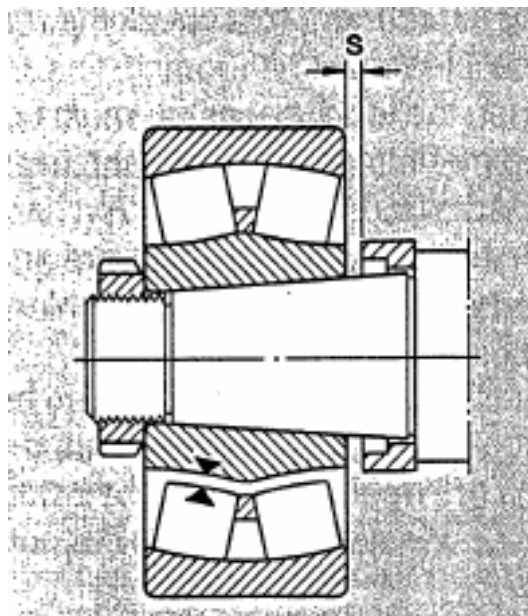
در هنگام نصب بطور مکرر کلرنس یاتاقان
در قسمت پایین آن اندازه گیری شود

۳- برای اطمینان از محکم سوار شدن یاتاقان های با کلرنس داخلی بیشتر از نرمال (مثلاً C3, C4) روی محور در حین چرخش پیشنهاد می شود از حد بالائی کم شدن لقی داخلی جدول استفاده شود.

۴- مقدار تداخل Interface Fit بستگی به این دارد که یاتاقان چگونه روی قسمت مخروطی محور قرار گرفته باشد. در حین سفت شدن لاک نت به تدریج انبساط کنس داخلی افزایش پیدامی کند و باعث کم شدن لقی داخلی می شود.



۵- برای Spherical Roller Bearing های کوچک یا در مواردی که فضای کافی برای اندازه گرفتن لقی داخلی کم باشد به جای اندازه گرفتن مقدار کم شدن لقی فاصله پشت یاتاقان فاصله پشت یاتاقان و اداپتور اندازه گیری می شود.



۶- فاصله اندازه گیری شده با جداول مربوطه مقایسه می شود و تا رسیدن به مقدار توصیه شده توسط کارخانه سازنده برینگ سفت کردن لاک نت ادامه پیدامی کند.

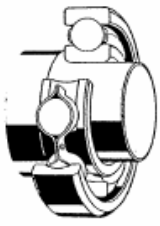





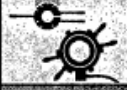
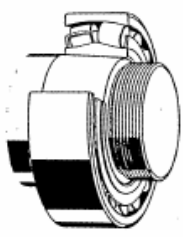


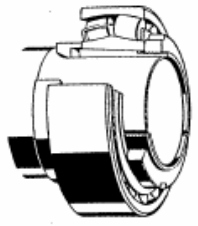


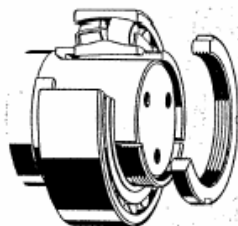




Bearing bore diameter d		Reduction in radial internal clearance		Axial drive-up s ¹⁾				Minimum permissible residual clearance ²⁾ after mounting bearings with initial clearance		
over	incl.	min	max	Taper 1:12 on diameter		Taper 1:30 on diameter		Normal	C3	C4
mm		mm		mm				mm		
24	30	0,015	0,020	0,3	0,35	-	-	0,015	0,020	0,035
30	40	0,020	0,025	0,35	0,4	-	-	0,015	0,025	0,040
40	50	0,025	0,030	0,4	0,45	-	-	0,020	0,030	0,050
50	65	0,030	0,040	0,45	0,6	-	-	0,025	0,035	0,055
65	80	0,040	0,050	0,6	0,75	-	-	0,025	0,040	0,070
80	100	0,045	0,060	0,7	0,9	1,7	2,2	0,035	0,050	0,080
100	120	0,050	0,070	0,75	1,1	1,9	2,7	0,050	0,065	0,100
120	140	0,065	0,090	1,1	1,4	2,7	3,5	0,055	0,080	0,110
140	160	0,075	0,100	1,2	1,6	3,0	4,0	0,055	0,090	0,130
160	180	0,080	0,110	1,3	1,7	3,2	4,2	0,060	0,100	0,150
180	200	0,090	0,130	1,4	2,0	3,5	5,0	0,070	0,100	0,160
200	225	0,100	0,140	1,6	2,2	4,0	5,5	0,080	0,120	0,180
225	250	0,110	0,150	1,7	2,4	4,2	6,0	0,090	0,130	0,200
250	280	0,120	0,170	1,9	2,7	4,7	6,7	0,100	0,140	0,220
280	315	0,130	0,190	2,0	3,0	5,0	7,5	0,110	0,150	0,240
315	355	0,150	0,210	2,4	3,3	6,0	8,2	0,120	0,170	0,260
355	400	0,170	0,230	2,6	3,6	6,5	9,0	0,130	0,190	0,290
400	450	0,200	0,260	3,1	4,0	7,7	10	0,130	0,200	0,310
450	500	0,210	0,280	3,3	4,4	8,2	11	0,160	0,230	0,350
500	560	0,240	0,320	3,7	5,0	9,2	12,5	0,170	0,250	0,360
560	630	0,260	0,350	4,0	5,4	10	13,5	0,200	0,290	0,410

1) Valid for solid steel shafts only.

2) The residual clearance must be checked in cases where the initial radial internal clearance is in the lower half of the tolerance range and where large temperature differentials between the bearing rings can arise in operation. The residual clearance must not be less than the minimum values quoted above.

بیرون آوردن برینگ ها

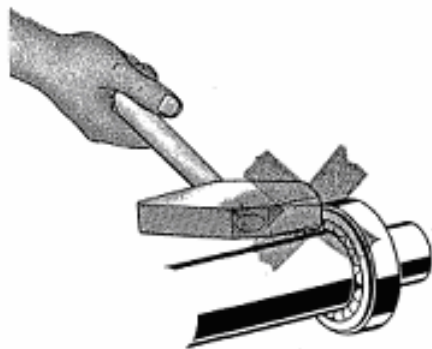
برای بیرون آوردن برینگ های نیاز به ابزارالاتی است که در جدول زیر قسمتی از آن برای برینگ های مختلف نشان داده شده است.

Bearing arrangement	Dismounting tools			
	Mechanical	Hydraulic	Oil injection	Heaters
Cylindrical seating  small bearings medium-size bearings large bearings cylindrical roller bearings types NU, NJ, NUP all sizes				
				
				
				
Tapered seating  small bearings medium-size bearings large bearings				
				
Adapter sleeve  small bearings medium-size bearings large bearings				
Withdrawal sleeve  small bearings medium-size bearings large bearings				
				
				

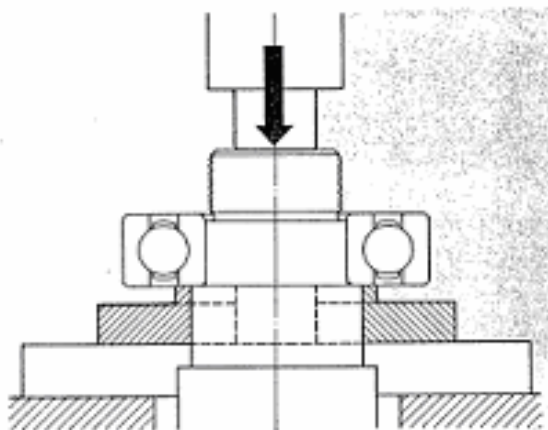
small bearings: bore diameter < 80 mm
 medium-size bearings: bore diameter 80 to 200 mm
 large bearings: bore diameter > 200 mm

unsuitable 

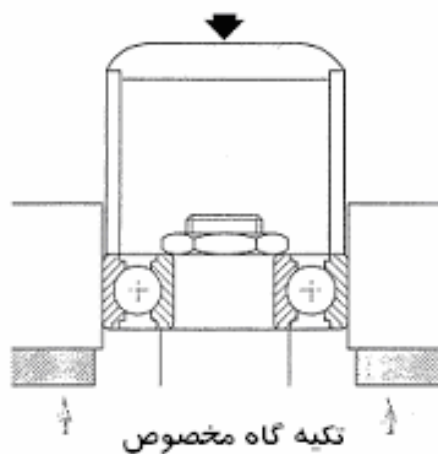
برای خارج کردن برینگ از روی شافت از ضربه زدن مستقیم به آن خودداری شود. این کار با استفاده از پرس یا یک بوش مناسب باید انجام شود. استفاده از چکش های نرم (پلاستیکی یا براسی) خسارت کمتری به دنبال دارد.



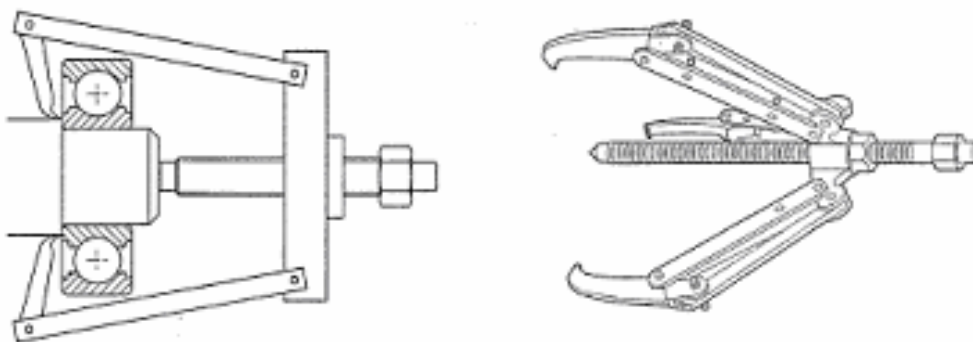
بهترین راه برای خارج کردن برینگ (با سوراخ داخلی استوانه ای) که بصورت پرس روی محور نصب شده است استفاده از دستگاه پرس است.



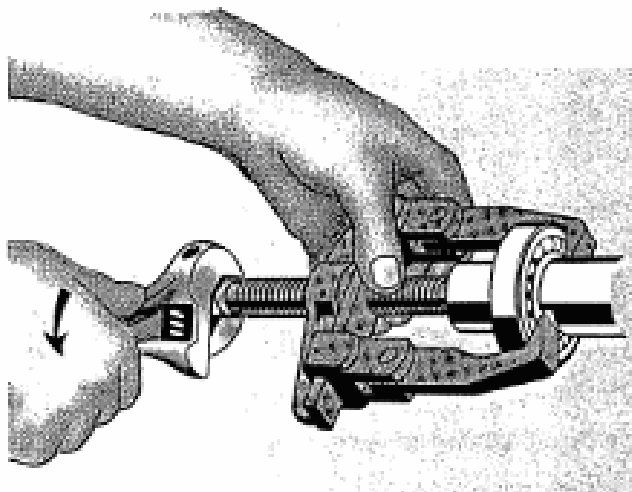
برای بیرون آوردن کنس بیرونی برینگ از روی محور ابتدا باید تکیه گاه مناسبی برای هوزینگ تعبیه شود و بیرونی کنس خارجی برینگ اعمال شود و روی کنس داخلی.



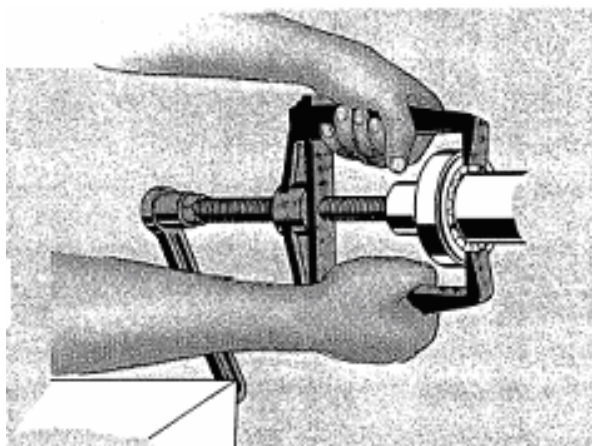
برای خارج کردن برینگ‌ها از روی محور از پولی کش استفاده می‌شود. در شکل‌های زیر شمائی از آنها نشان داده شده است.



برای بیرون آوردن کنس داخلی برینگ‌های کوچکی که بصورت پرس روی شافت نصب شده اند از پولی کش استفاده می‌شود که شاخک‌های پولی کش پشت کنس داخلی قرار می‌گیرند.



اگر امکان قرار دادن شاخک پولی کش پشت کنس داخلی میسر نباشد باید آن را پشت کنس خارجی مهار نمود و در صورتی که قرار نباشد از برینگ دوباره استفاده شود با چرخاندن برینگ می‌توان آن را بیرون آورد.



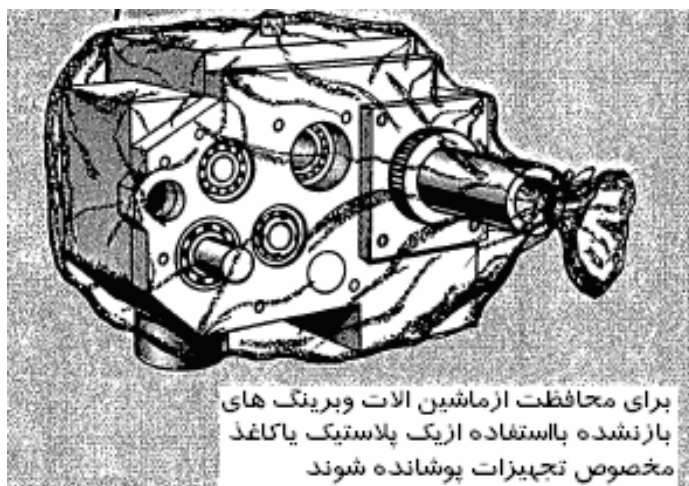
مراقبت از برینگ ها Bearing Handling And Care

نصب صحیح و نگهداری از مسائل بسیار مهم در افزایش طول عمر یاتاقان های غلتکی هستند. همچنین تمیز نگه داشتن، انتخاب صحیح، استفاده از ابزار آلات مناسب برای نصب نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. یاتاقان ها باید از گرد و خاک و رطوبت محافظت شوند، درست نصب و روغنکاری شوند. طراحی خوب نحوه آرایش برینگ ها، موقعیت اب بندها، سیستم روانکاری و پر یو ده های روغنکاری و تعویض روانکار به اندازه نگهداری در افزایش طول عمر این یاتاقان ها موثر هستند. در این بخش به بحث مختصری راجع به تعمیر و نگهداری بال برینگ ها و رولر برینگ ها پرداخته می شود که می تواند باعث کاهش زمان خرابی و تعویض و صرفه جوئی در زمان تعمیر و افزایش طول عمر آنها گردد.

۱- سازندگان یاتاقان های خود را با پوشش گریس و ملاحظات خاص دیگر از خطر آلودگی به دقت محافظت می کنند. لذا وقتی یاتاقان نو را ملاحظه می کنید خواهید دید که بر روی سطوح بسیار صاف و صیقلی آن پوشش گریس وجود دارد و در کاغذ های تمیز و اغشته به گریس پیچیده و به دست خریدار داده شده اند و لذا همیشه تا قبل از نصب برینگ آن را از داخل جعبه ای که برینگ در آن محافظت می شود بیرون نیاورید.

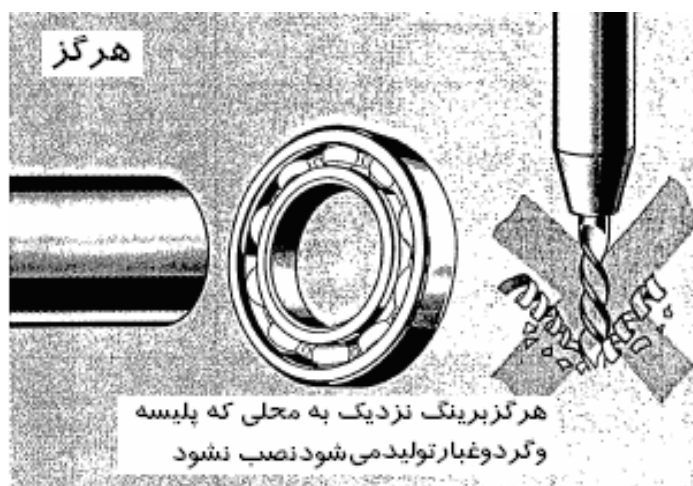


۲- تجهیزاتی که برینگ باید روی آن نصب شود را با پلاستیک بپوشانید.



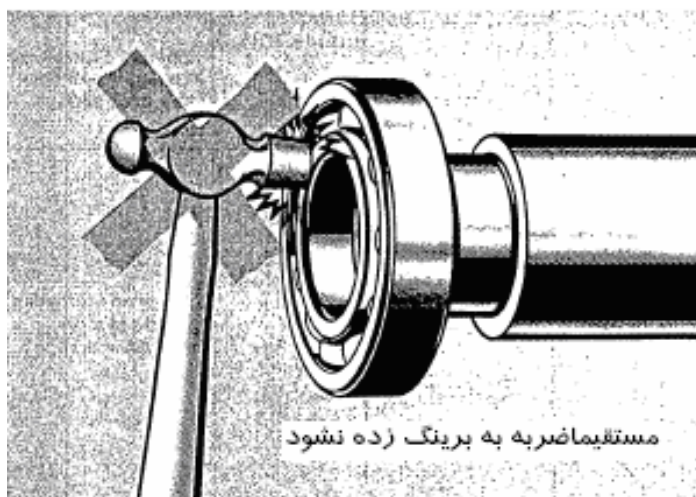
برای محافظت از ماشین آلات و برینگ های
بازنشده با استفاده از یک پلاستیک یا کاغذ
مخصوص تجهیزات پوشانده شوند

۳- هرگز برینگ را در محل اغشته به گرد و غبار و یا نزدیک ماشین الاتی که براده و پلیسه ایجاد می کنند نصب
نکنید.



هرگز برینگ نزدیک به محلی که پلیسه
و گرد و غبار تولید می شود نصب نشود

۴- هرگز ضربه مستقیم روی برینگ زده نشود.



مستقیماً ضربه به برینگ زده نشود

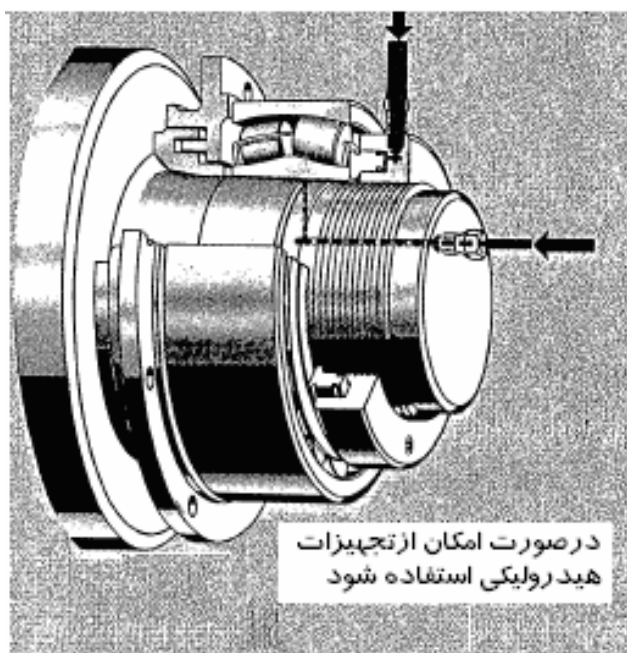
۵- هنگام نصب برینگ روی محور از یک لوله با طول و قطر مناسب و حتی الامکان از دستگاه پرس استفاده شود.



۶- برای گرم نمودن برینگ ها از هیترهای القائی مخصوص استفاده شود.



۷- برای جازدن برینگ های بزرگی که قابلیت استفاده از روغن هیدرولیک دارند از دستگاه های هیدرولیک استفاده شود.



در صورت امکان از تجهیزات
هیدرولیکی استفاده شود

۸- در زمان مقتضی از روغن یا گریس توصیه شده توسط کارخانه سازنده استفاده شود.



در زمان مناسب با استفاده از گریس
تمیزوبه اندازه کافی برینگ روانکاری
شود

سطوح کنس های داخلی و خارجی و همچنین سطح عناصر چرخنده این نوع یاتاقان هابسیار صیقلی است و بادقت فوق العاده زیاد ساخته شده اند بدین لحاظ لازم است در نگهداری انهداقت و مراقبت های خاص صورت گیرد.

بیش از ۹۰ درصد خرابی ها و صدمات وارده بر یاتاقان ها از ناحیه الودگی و کثیف شدن آنهاست.

توصیه می شود قبل از نصب برینگ ها پروسه نصب آنها به دقت مطالعه شود زیرا کیفیت نصب برینگ در دقت کار و طول عمر آن تاثیر زیادی دارد.

روش نصب شامل موارد زیر است:

۱- تمیز کردن برینگ و قطعات اطراف.

۲- چک کردن اندازه ها و قطعات مربوطه.

۳- دنبال کردن پروسه نصب.

۴- اطمینان از نصب صحیح برینگ.

۵- اطمینان از انتخاب صحیح نوع و مقدار روانکار.

به دلیل این که در اکثر مواقع برینگ بامحور می چرخد نصب برینگ بصورتی است که کنس داخلی روی محور بصورت تداخلی (پرسی) و کنس خارجی در داخل هوزینگ برینگ بصورت ازاد نصب می شود. بعد از نصب برینگ لازم است تست عملیاتی انجام شود تا از صحیح نصب شدن برینگ اطمینان حاصل شود. در جدول زیر این تست ها آورده شده است.

روش های تست عملیاتی برینگ ها

اندازه ماشین	پروسه عملیاتی	تست های بررسی وضعیت برینگ
دستگاه های کوچک	برینگ بلاست چرخانده می شود اگر مشکلی مشاهده نشد سپس دستگاه راه اندازی می شود	لغزش چسبندگی (ترک فرورفتگی ذرات خارجی) تورک چرخشی نامتعادل (ناشی از خطای نصب) گشتاور زیاد (ناشی از خطای نصب یا نائالی بودن لای داخلی)
	بهنداد دستگاه بادور کم و بدون بار راه اندازی می شود به تدریج دور و بار ماشین بالا برده می شود	سروصدای غیرعادی یا لافتنی درجه حرارت برینگ ناشی روغن و تغییر رنگ روغن چک شود
دستگاه های بزرگ	برق دستگاه وصل می شود و اجازه داده می شود دستنه به آرامی بچرخد سپس برق دستگاه قطع می شود تا مجدد ماشین متوقف شود اگر در این تست مورد غیرعادی مشاهده نشود اجازه بار گذاشتن روی دستگاه داده می شود	ارتعاشات سروصدای 9
	مثل دستگاه های کوچک تست می شود	همان اقداماتی که برای تست ماشین های کوچک است انجام می شود

جابجا کردن برینگ ها Bearings Handlig

از آنجائی که برینگ ها جز قطعات بسیار حساس ماشین الات هستند باید با دقت زیاد حمل و نقل شوند و حتی در صورتی که از بهترین نوع برینگ هم استفاده شود در صورتی که در حمل و نقل آنها دقت نشود به طول عمر نامی نخواهند رسید.

نکات اصلی در حمل و نقل برینگ ها عبارتند از:

۱- برینگ ها و محیط اطراف محل نگهداری آنها باید کاملاً تمیز باشد. گرد و غبار حتی اگر با چشم هم دیده نشوند اثر سوئی روی برینگ ها دارد و لازم است با نگهداری آنها در محل تمیز از نفوذ گرد و خاک به داخل آنها جلوگیری شود.

۲- دقت نمودن در جابجائی برینگ ها از اهمیت زیادی برخوردار است. اعمال شوک های سنگین در حین حمل و نقل ممکن است باعث خط افتادن یا ایجاد خسارت دیگری به برینگ شود که باعث خراب شدن آن می شود. ضربه های شدید نیز باعث شکسته شدن و ترک برداشتن آنها می شود.

۳- در حین جابجا کردن برینگ ها همیشه از ابزارهای مناسب استفاده شود و از استفاده ابزارالات عمومی اجتناب شود.

۴- به دلیل این که حتی عرق دست هانیز در حین جابجائی برینگ هم می تواند باعث خوردگی برینگ ها شود در حین جابجائی برینگ ها دست ها باید تمیز و خشک باشند و در صورت امکان از دستکش استفاده شود.

الودگی ها Contamination

کلیه قطعات برینگ های غلتکی بادقت فوق العاده زیاد ساخته شده اند و سطوح غلتک ها و شیارها فوق العاده صاف و صیقلی هستند بدین لحاظ لازم است که در نگهداری آنها دقت و مراقبت های خاص صورت پذیرد.

بیش از ۹۰ درصد خرابی ها و صدمات وارده بر این نوع برینگ ها از ناحیه الودگی و کثیف شدن آنها است. سازندگان یاتاقان های خود را با پوشش دادن گریس و ملاحظات خاص دیگر از خطر الودگی بادقت محافظت می کنند ولی در حین کار نیز این مراقبت ها باید انجام شود که ذیلا به شرح آنها پرداخته می شود.

۱- گرد و غبار شن ریزه ها و پلیسه های سخت اهنی می توانند باعث الودگی و صدمه رساندن به یاتاقان ها شوند پس باید کار روی برینگ ها در محل مناسبی که عاری از گرد و غبار باشد انجام شود.

۲- میزهای کثیف کار معمولادارای سنگ ریزه و عناصر الوده کننده دیگر هستند.

۳- هوای یک کارگاه معمولادارای گرد و غبار است. قطعات و پلیسه های اهنی باقیمانده در محفظه برینگ ها نیز می توانند باعث صدمه و خسارت روی برینگ شوند.

۴- پارچه های کهنه نیرمی توانند گرد و غبار و یا ضایعات پنبه ای ریز را به سطوح صیقلی یاتاقان ها بچسبانند به این دلیل نباید از کهنه و پارچه بخصوص پارچه کثیف در حین کار روی برینگ ها استفاده کرد.

۵- ابزار کار و میز کار نیز باید کاملاً تمیز باشند.

۶- وقتی روی برینگ ها کار می شود دست ها ابزار و میز کار خود را تمیز نگه دارید. در طول تعمیرات اساسی دستگاه ها برینگ ها نیز بایستی تمیز و بازرسی شده و برای استفاده مجدداً آماده شوند.

یاتاقان های ضداصطکاک را با ساعت مقایسه کرده اند همانطور که ساعت و مکانیزم های ان اگر در جریان هوا و الودگی های دیگر محیط قرار گیرند امکان خراب شدن آنها وجود دارد یاتاقان نیز درست مثل ساعت اگر در معرض محیط و الودگی ها قرار گیرند دقت اولیه شان را از دست می دهند.

قبل از تمیز کردن برینگ ها موارد زیر حتماً مراعات شوند:

۱- قبل از این که کلیه ذرات خارجی از برینگ دور نشده است نباید آن را چرخاند.

۲- برای تمیز کردن برینگ ها از حلال های کلرداری مثل تتراکلراید کربن استفاده نشود زیرا باعث زنگ زدگی می شود.

۳- از هوای فشرده شده برای تمیز کردن برینگ ها استفاده نشود زیرا غالباً حاوی کثافت و رطوبت است).

روش تمیز کردن صحیح یاتاقان ها Cleaning Bearings

برای تمیز کردن برینگ ها دوروش وجود دارد:

الف - سرد تمیز کردن

ب - گرم تمیز کردن

تمیز کردن برینگ ها در حالت سرد شامل شستشوی برینگ در حلال های نفتی یا مواد مشابه است که در این گونه مواقع همیشه باید از مایع تمیز و ابزار مناسب استفاده شود. تمیز کاری و شستشوی اولیه باید در یک ظرف و تمیز کاری بعدی در ظرف دیگر انجام شود و پس از خشک کردن برینگ باید تا موقع نصب از گرد و غبار محافظت شود.



مراحل تمیز کاری به قرار زیر است:

۱- برینگ در داخل یک حلال نفتی سرد غوطه ورمی شود.

۲- توسط یک قلم موئی یاتاقان در حلال نفتی شستشو و تمیز می شود.

۳- سپس یاتاقان از داخل محلول در آورده می شود و با چرخاندن آن در یک روغن سبک و تمیز حلال از آن خارج می شود.

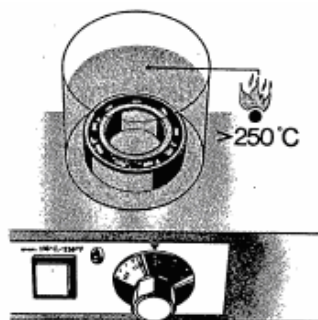
۴- سپس یاتاقان دقیق بررسی و بازرسی می شود.

برینگ باید از نظر ترک، تغییر رنگ، خراش
و موقعیت اعمال بازرسی شود. کنس بیرونی
برینگ چرخانده می شود و به سروصدای
غیرعادی آن توجه شود

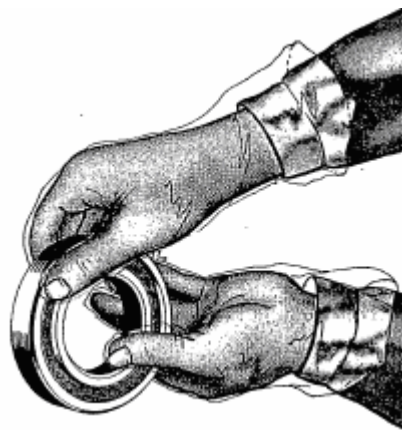


۵- در صورت سالم بودن مجدداً مورد استفاده قرار می گیرد.

برای تمیزکاری در حالت گرم از یک روغن رقیق که نقطه اشتعال آن حدود ۲۵۰ درجه سانتیگراد است استفاده می شود. برای شستشو، روغن تادمای حدود ۱۲۰ درجه سانتیگراد گرم می شود و تمیز کردن برینگ ها با روغن گرم خیلی موثرتر است گرم کردن بیشتر روغن نیازه مراقبت بیشتر دارد و باید در برابر اکسید شدن محافظت شود.



برینگی را که صدمه ای ندیده باشد درامی توان بدون ریسک دوباره نصب کرد. برای جلوگیری از زنگ زدن برینگ باید بعد از تمیزکاری درحالی که آرام چرخانده می شود از راکریس کاری نمود



مقدمه ای بر تلماس ها و انطباقات

در گذشته تولید محصولات صنعتی صرفاً به صورت دستی و با کاربرد ابزارهای ساده انجام می‌شد و صنعت‌گران با استفاده از روش‌های شناخته شده ساخت، مبادرت به «تک‌سازی» این‌گونه قطعات و محصولات می‌کردند و در این رابطه تنها مهارت استاد کارانه او تعیین‌کننده کیفیت محصولاتی بود که توسط شخص او و بدون تقسیم کار به وجود می‌آمدولذا لازم بود که یکایک قطعات با انجام کارهای دستی بسیار خسته‌کننده و نسبتاً پرهزینه با یکدیگر هماهنگی پیدا کرده و ترکیب و نصب شوند. ولی به تدریج بارشد بیشتر صنعت و نیاز به افزایش تولید قطعات و بیش از همه، صنایع تسلیحاتی و تجارت فزاینده در سطح بین‌المللی «قابلیت تعویض» قطعات الزام‌آور شد. براساس چنین نیازهایی بود که رفته‌رفته تولید محصولات صنعتی در تعداد زیاد جنبه‌های عملی پیدا کرد.

در مقابل روش‌هایی که قبل از دوران صنعتی به کار گرفته می‌شد، ورود تقسیم کار به کارخانجات راندمان کار را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. به همین جهت مونتاز مجموعه‌ای از قطعات که در زمان و مکان جداگانه‌ای تولید می‌شدند «قابلیت تعویض» یکایک آنها را به دلایل فنی از قبیل فرسوده شدن، خراب شدن و..... به شکلی رو به رشد ضروری می‌نمود. استفاده از ماشین‌های افزار، ابزارهای مخصوص و تقسیم کار به نحوی گسترده در کارخانجات بزرگ، تعویض پذیرسازی را که دارای جنبه‌های قوی اقتصادی بود ممکن ساخت. در ماشین‌سازی جدید، بخصوص تولیدانبوه، هدف توفیق در ساختن قطعات دقیق و قابل تعویض می‌باشد، بطوری که سوار شدن واحد‌ها و ماشین‌ها تماماً بدون هرگونه انطباق ویژه‌ای امکان پذیر باشد. در این صورت به هنگام تعمیر یک واحد یا ماشین، می‌توان قطعه‌ای را بدون نیاز به هر نوع تعدیل نامنظم و یا اصلاحی تعویض کرد.

درمقابل مفاهیم جدید صنعتی، تعویض پذیرسازی را می‌توان چنین تعریف کرد:

«هر تعداد دلخواه از قطعه نوع A که در زمانها و مکانهای متفاوتی تولید شده‌اند باید با هر تعداد دلخواه از

قطعه نوع B که آنها نیز در زمان‌ها و مکان‌های مختلفی ساخته شده‌اند بدون انجام کار اضافی نسبت به

آنچه که قبلاً در نقشه‌ها تعیین شده است قابل جایگزین شدن باشند».

به این ترتیب، کیفیت بهتر محصول، هزینه کمتر تولید، آسان شدن مونتاژ، تامین قطعات یدکی و امکان پذیر شدن همکاری ها در سطح ملی و بین‌المللی از مزایای تعویض پذیرسازی خواهند بود.

منظور اصلی از بحث تعویض پذیری عبارت از این است که قطعاتی که ساخته می شوند (بخصوص قطعات استاندارد مثل برینگ های غلتکی) دقیقاً طبق اصول و استانداردهائی ساخته شوند که برای مصرف کننده کاملاً مشخص و شناخته شده باشند و تمامی قطعات از نظر ابعاد و اندازه ها و تolerانس ها دقیقاً یکسان باشند تا مصرف کننده قطعه بتواند شرایط کار خود را با شرایط قطعه واصله منطبق کند و بدون انجام هیچگونه کار اضافی تری روی قطعاتی که خودش ساخته است از قطعه یدکی خریداری شده که باید روی قطعه خودش سوار شود استفاده کند.

قابلیت تعویض قطعات یا مجموعه‌ها مستلزم رعایت مشخصاتی در رابطه با اندازه، شکل، دقت، کیفیت سطوح و خواص فیزیکی و شیمیائی قطعه می‌باشد. برای این منظور باید دستورالعمل‌های مربوطه را رعایت کرده و نیز کنترل‌های لازم را به عمل آورد.

ظاهراً به نظر می‌رسد که جهت تحقق این امر هیچ‌گونه خطائی در مشخصات هندسی، فیزیکی و شیمیائی قطعات ساخته شده نباید وجود نداشته باشد. بدیهی است چنین قطعاتی را نه از طریق تک سازی صنعتگرانه می‌توان ساخت و نه از طریق تولید انبوه در کارخانه. با توجه به خطاهائی که در مقدار اندازه‌ها بوجود می‌آید، لازم است به دلایل فنی انحرافات معینی را نسبت به اندازه‌های اسمی مندرج در نقشه، مثلاً از لحاظ اندازه‌ها و کیفیت سطوح، مجاز بدانیم. عملاً نیز ثابت شده است که انحراف از مطلوب ترین اندازه، شکل و یا سایر مشخصات با مقدار انحراف مجاز متفاوت است که این تفاوت بستگی به نوع عملکرد قطعات نیز دارد. در صنعت تفاوت بین بیشترین و کمترین مقدار مجاز یک مشخصه قابل اندازه‌گیری (اندازه، شکل، کیفیت سطوح، تندی رنگ و غیره) را «تولرانس» می‌نامند. کلمه مزبور دارای ریشه لاتین «Tolerare» به معنی تحمل کردن می‌باشد. در صنعت مجبور هستیم انحرافات معینی را در مشخصات تعریف شده بپذیریم. به دست آوردن یک درجه فوق العاده عالی دقت، هنگام تراشیدن یک قطعه با وسائل معمولی، و یا رسیدن به دقت مطلق عملاً غیر ممکن خواهد بود حتی در ماشین تراش‌های دقیق جدید، حداقل انحراف از اندازه اسمی ۵ میکرون (0/005 mm) و برای ماشین‌های سنگ زنی جدید در حدود ۲ میکرون می‌باشد. مقدار

این انحرافات بستگی به سختی قطعه، قلم برش، درجه کهنه گی و فرسودگی ماشین تراش، حالات و شرایطی که برای بریدن فلز در نظر گرفته شده و عوامل متعدد دیگر دارد. البته خطاهای اندازه گیری را نیز باید قابل ملاحظه دانست.

انحراف اجتناب‌ناپذیر نسبت به اندازه اسمی دلایل مختلفی دارد، از آن جمله:

۱- روش‌های ساخت،

۲- تنظیم ماشین،

۳- ساخت ابزار،

۴- صلیبیت ماشین،

۵- یاتاقان اسپیندل و بستر راهنمای ماشین،

۶- نوسانات در استحکام مواد،

۷- تغییر شکل قطعه تحت تأثیر نیروهای وارده در هنگام ساخت،

۸- تغییر شکل در اثر نیروی لازم برای بستن قطعه روی ماشین،

۹- تأثیر درجه‌ی حرارت،

۱۰- سرعت برش،

۱۱- باربرداری،

۱۲- مشخصات وسیله‌ی اندازه‌گیری،

۱۳- تثبیت و گرفتن قطعه در ابزار مخصوص،

۱۴- مهارت و شرایط روحی و جسمی کارگر.

بدیهی است اجزا متشکله یک سیستم را می‌توان حتی تحت این شرایط و در محل‌های مختلف به نحوی تولید نمود که بدون کار اضافی به یکدیگر بخورند و ضمناً قابل تعویض نیز باشند.

برای رسیدن به این هدف اقدامات زیر ضروری خواهند بود:

۱- مقدار تolerانس برای ساخت قطعات باید توسط طراح در نقشه‌های فنی و اجرائی مشخص شود،

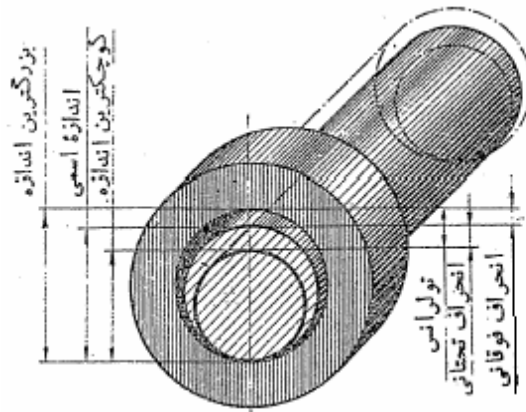
۲- رعایت این تolerانس‌ها نیز از طریق کاربرد ماشین‌آلات، ابزار و تجهیزات مناسب الزامی است.

۳- مقدار تلرانسها باید بادقت اندازه گیری و کنترل شوند.

به این ترتیب مبانی تعویض پذیرسازی ارائه شده است.

تعاریف و قوائد همسانی که برای تلرانس ها و انطباقات توسط استانداردهای شناخته شده بین المللی عرضه شده اند شرایطی حتمی برای قابلیت تعویض می باشند. استانداردهای مذکور شامل سیستمهای تلرانس، انطباق و اندازه گیری است، که توسط طراح و همچنین کاربرد صحیح و منطقی این اصول توسط او، تولید اقتصادی و با کیفیت بهتر قطعات را تضمین می کند.

طراح مقادیر مجاز انحراف یا تلرانس اندازه ها را که مرزهای آن را حدود کارکردی می نامند دقیقاً تعیین می کند. و تکنولوژیست باید تولید اقتصادی و با کیفیت مطلوب را تضمین کند. لذا لازم است که هنگام ساخت حداکثر بهره برداری از تلرانس ها به عمل آید، بدون آن که موجب بروز اشکالی برای مرحله مونتاژ قطعات شود. مسئول کنترل کیفیت برای قبول یا رد کردن یک قطعه نیاز به مقادیر دقیقی دارد و از این رو لازم است که به شکلی اشتباه ناپذیر وجه تمایز بین «قابل استفاده» و «غیر قابل استفاده» تعریف شود.



مقدار تلرانس عبارت است از تفاضل بزرگترین اندازه و کوچکترین اندازه به عبارت دیگر همانطور که در ادبیات تلرانس را تحمل خوانده اند در صنعت نیز یک چنین مفهومی در بر دارد ،

$$\text{تلرانس} = \text{کوچکترین اندازه} - \text{بزرگترین اندازه}$$

مثلاً برای میله ای که اندازه آن می تواند از ۱۹/۹۹۴ تا ۲۰/۰۰۲ تغییر کند ، تحمل انحراف در اندازه این میله (تلرانس میله) برابر :

بسته به نوع روش ساخت قطعات، تolerانس ها نیز متفاوت خواهند بود. هرچه تکنیک ساخت بالاتر باشد کیفیت تolerانس نیز افزایش پیدامی کند و لذا با توجه به این تolerانس ها باید بصورت جهانی و در سراسر دنیا با هم همخوانی داشته باشد پس باید یک سیستم جهانی نیز وضع شود.

تا سال ۱۹۳۸ هر یک از ممالک دنیا دارای سیستم استاندارد خاص مربوط به کشور خودشان بودند (اصول آنها با هم شباهت داشت ولی در عمل جزئیات آن با هم فرق داشتند) و لذا من بعد اتحادیه های بین المللی استاندارد در جلسات خود این موضوع را مورد مطالعه قرار دادند و سیستم انطباقات بین المللی را ISA بوجود آوردند و از آن زمان به بعد اغلب ممالک صنعتی دنیا از انطباقات بین المللی متابعت نموده و آن را در کشورهای خود معمول کردند. فعالیت این اتحادیه در نتیجه جنگ جهانی قطع شد و پس از خاتمه جنگ موسسه بین المللی جدیدی به نام International Organisation For Standardisation که علامت اختصاری آن ISO است بوجود آمد و سیستم انطباقات ISO را وضع نمود.

در سلسله انطباقات ISO هیچده کیفیت IT (ISO Tolerance) برای تolerانس در نظر گرفته شده که از 01 شروع و به 16 ختم می شود.

هر چه مقدار تolerانس که اصطلاحاً با IT (ISO Tolerance) نمایش داده می شود کمتر باشد اندازه جسم دقیق تر خواهد بود.

هر کدام از این سطح کیفیت ها کاربرد ویژه ای دارند که به شرح آنها پرداخته می شود.

۱- از IT01 تا IT5 فقط در ساختن دستگاه های بسیار دقیق اندازه گیری ثابت (اندازه سنج) استفاده می شود.

۲- مورد استفاده IT5 و IT7 در ساختمان ماشین های ظریف، مخصوصاً ماشین های افزار، موتورهای اتومبیل، رگولاتورها، ماشین های پیستونی و نیز در ماشین سازی عمومی می باشد.

۳- IT8 و IT9 در ساخت ماشین های بکار می رود که اهمیت زیادی برای یکنواخت بودن آنها قائل نشوند ولی تا اندازه ای دقت را در ابعاد آنها لازم باشد.

ع- از IT10 و IT11 در مواقعی استفاده می کنند که میان سوراخ و میله بازی زیاد مجاز بوده و تولرانس زیاد در ساختن قطعات لازم باشد

۵- کاربرد IT12 تا IT 16 در مواقعی است که اهمیت زیادی به دقت در ساختمان جسم داده نشود . به عبارت دیگر می توان گفت که کیفیت تولرانس مربوط به روش ساخت و نوع دستگاهی است که قطعه توسط آن ساخته می شود که در جدول زیر به شرح آن پرداخته می شود.

در جدول زیر مقادیر عددی تولرانس های استاندارد بین المللی در سیستم متریک (برحسب میکرون) برای ابعاد مختلف آورده شده است.

مقادیر عددی تولرانس های استاندارد در سیستم متریک

گروه	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14*	15*	16*	
تولرانسهای استاندارد بر حسب میکرون (1μ = 0.001mm) برای قطعاتی مختلف بر حسب میلی متر	<3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
	>3 to 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
	>6 to 10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
	>10 to 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
	>18 to 30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
	>30 to 50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
	>50 to 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
	>80 to 120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
	>120 to 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
	>180 to 250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
	>250 to 315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
	>315 to 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
	>400 to 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

* برای کمتر از ۱ میلی متر گروههای ۱۴ تا ۱۶ مناسب نیستند .

مثال :

بزرگترین و کوچکترین قطر میله ای با اندازه اسمی ۷۰ را که تولرانس آن IT8 می باشد از طریق دستگاه میله مبنا محاسبه نمائید .

حل :

مقدار IT8 برای قطر ۷۰ برابر است با ۴۶ و از طرف دیگر چون تعیین تolerانس بر اساس دستگاه میله مینا می باشد ، لذا انحراف فوقانی آن صفر است در نتیجه خواهیم داشت :

$$70 = \text{بزرگترین اندازه} \quad \text{و} \quad \text{Tol} = 46$$

$$(\text{کوچکترین اندازه}) - (\text{بزرگترین اندازه}) = 0/046$$

$$69/954 = 70 - 0/046 = (\text{کوچکترین اندازه})$$

جدول ترکیب کیفیت‌ها برای روش‌های کار دقیق

کیفیت	روش‌های ماشین‌کاری
IT1 تا IT6	تراش‌کاری دقیق
IT5 و IT6	سوراخ‌کاری دقیق
IT5 و IT6	فرزکاری دقیق
IT5 و IT6	برق‌زنی دنده ریز
IT5 و IT6	سنگ‌زنی دقیق
IT1 و IT6	هونینگ (پرداخت‌کاری سوراخ)
IT1 و IT5	هونینگ نوسانی
IT1 و IT4	صیقل‌کاری سایشی گرد و تخت
IT3 و IT6	سنگ‌زنی ES
IT5 و IT6	خرایش‌کاری دقیق
IT2 و IT5	پولیش‌کاری (براق‌سازی)
IT3 و IT5	صیقل‌کاری غلنگی
کیفیت	روش‌های ماشین‌کاری (سطوح استونه‌ای)
IT2 و IT4	صیقل‌کاری سایشی
IT4 و IT5	هونینگ نوسانی
IT4 و IT6	هونینگ (پرداخت‌کاری سوراخ)
IT5 و IT6	سنگ‌زنی دقیق
IT3 و IT4	تراش‌کاری و سنگ‌زنی دقیق
IT5 و IT6	سنگ‌زنی دقیق و نوردکاری سطح

مقدار تolerانس ها

چون وجود تolerانس ها دقت کار را در هنگام ساخت قطعات افزایش می دهد و اقدامات خاصی را نیز برای کنترل اندازه ها ضروری می سازد، بنابراین نباید تمام اندازه ها دارای تolerانس باشند. تolerانس های کم، تعداد قطعات اسقاطی را زیاد می کند و در پی آن انجام کارهای اضافی روی قطعات معیوب نیز الزامی می شود که خود منجر به افزایش هزینه های ساخت خواهد شد.

جهت تعیین هزینه و زمان صرف شده برای اندازه گیری، آزمایش هایی در یک کارخانه ماشین سازی به عمل آمده است که نتایج آن به شرح زیر می باشد:

زمان برای هر اندازه گیری به min دقت ساخت به mm

۰،۱	۱
۰،۲	۰،۱
۰،۸	۰،۰۱
۶	۰،۰۰۱

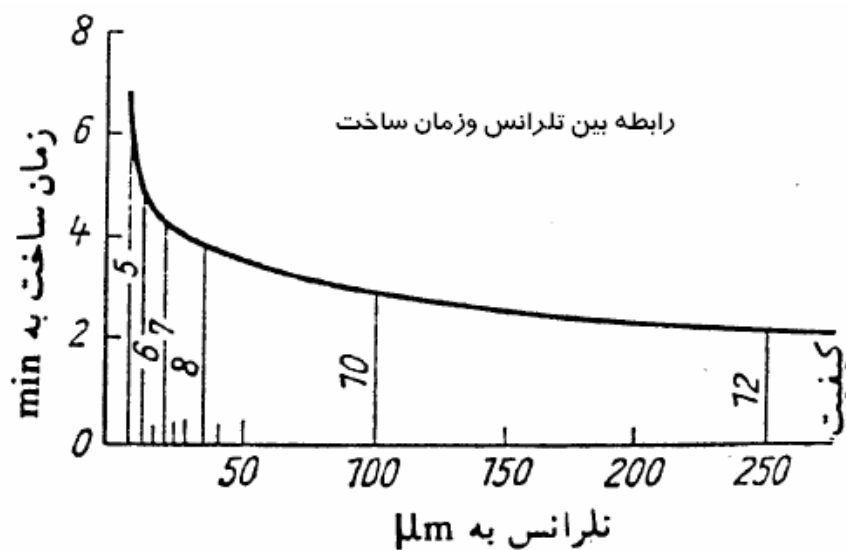
با در نظر گرفتن کلیه عوامل (مثل وسایل اندازه گیری مورد لزوم)، قیمت اندازه گیری برای این چهار رده ی دقت تعیین شده است:

قیمت اندازه گیری نسبت به دقت
دقت ساخت به mm

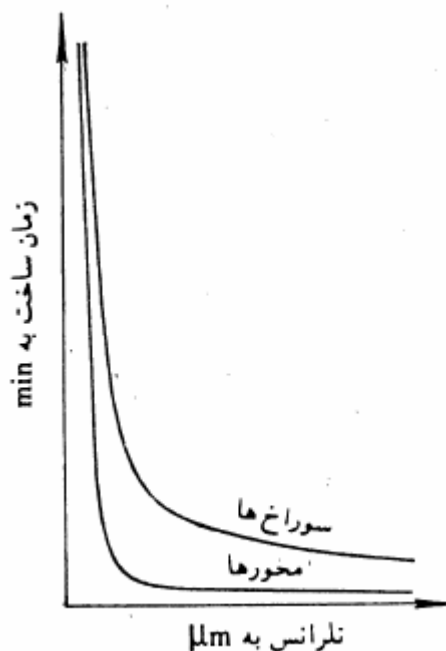
دقت ساخت 1 mm	دقت ساخت به mm
۱	۱
۲،۳	۰،۱
۱۲	۰،۰۱
۱۶۷	۰،۰۰۱

همانطور که ملاحظه می شود، قیمت اندازه گیری با شدت بیشتری نسبت به زمان اندازه گیری افزایش پیدا می کند.

هرچه تفرانس درشت‌تر باشد به همان نسبت تولید ساده‌تر انجام می‌گیرد و تعداد قطعات اسقاطی نیز کمتر می‌شود. اما انتخاب صحیح تفرانس به همین سادگی نیست و نیاز به دانش تئوریک و تجربه عملی زیاد دارد. متأسفانه اغلب طراحان به علت احتیاط بیش از حد، ترس از مسئولیت و یا عادت، تفرانس‌های بسیار کمی انتخاب می‌کنند. حال آن‌که در بسیاری از موارد می‌توان با انجام تغییرات معقولانه در طرح از تفرانس‌های کم اجتناب نمود و آن را افزایش داد.



لازم به توضیح است که هزینه‌ی ساخت برای سوراخ‌ها بیشتر از هزینه‌ی ساخت برای محورهایی با همان قطر و تفرانس می‌باشد.



چه اندازه‌هایی باید تفرانس داشته باشند؟

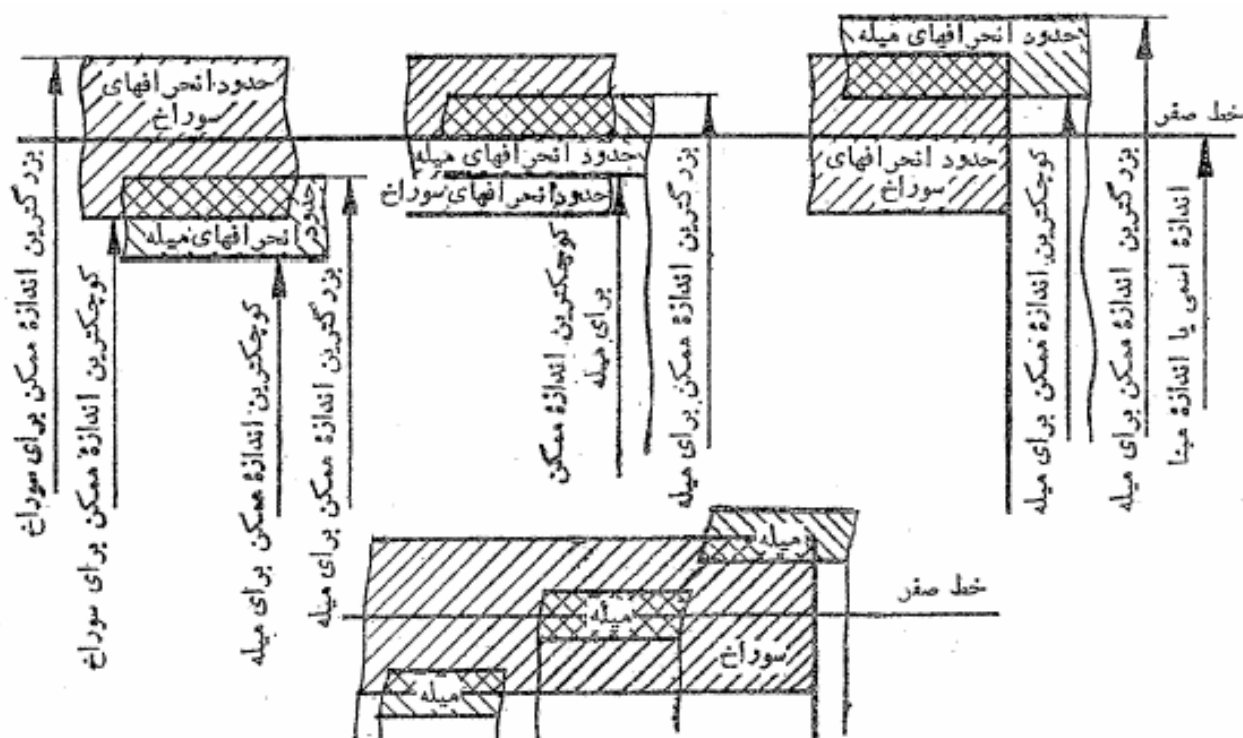
- در صورتی که اندازه‌ها تفرانس داشته باشند، در کیفیت قطعه بهبود حاصل می‌شود. در ارتباط با عملکرد قطعات اهمیت چنین اندازه‌هایی متفاوت است. از این رو، در موارد زیر وجود تفرانس ضروری خواهد بود:
- ۱- اندازه‌هایی که برای عملکرد ماشین‌آلات یا دستگاه‌ها اهمیت داشته باشند. در این حالت لازم است که نوسانات این گونه اندازه‌ها در حد قابل قبولی که بستگی به نوع عملکرد دارد محدود شود.
 - ۲- اندازه‌هایی که برای قابلیت تعویض و مونتاژ تعیین کننده باشند. در این حالت، باید قابلیت تعویض قطعات بدون انجام کارهای غیرضروری که موجب افزایش هزینه مونتاژ می‌شوند، مثل: سوهان کاری، چکش کاری و غیره، تأمین گردد.
 - ۳- اندازه‌هایی که انطباقی نیستند ولی از لحاظ مقاومت قطعه اهمیت دارند باید تفرانس داشته باشند. (مثل ضخامت دیواره‌ی مخازن تحت فشار با دیگ‌های بخار و یا قطر ته دندانه‌ی پیچ که جهت تعیین کوچکترین سطح مقطع یک محور اهمیت پیدا می‌کند).

مفاهیم اصلی و انواع انطباق

از لحاظ هندسی، «انطباق» نحوه ارتباط بین قطعات درگیر را مشخص می‌کند به عبارت دیگر اختلاف اندازه این قطعات قبل از مونتاژ است که تعیین‌کننده ویژگی و نوع انطباق می‌باشد. برازندگی لباس به اندام کسی به علت رعایت دقیق اندازه‌ها توسط خیاط است. پوسته یک یاتاقان لغزشی در صورتی با محور مربوطه انطباق دارد که مقدار ساییدگی کم باشد. انطباق بین صداها می‌تواند آهنگ موزونی به وجود آورد.

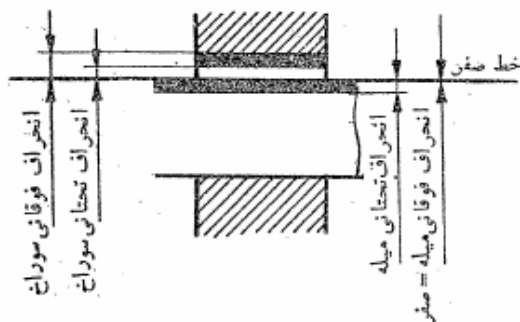
بر اساس شکل هندسی قطعات دو نوع انطباق خواهیم داشت، «انطباق گرد» بین سطوح استوانه‌ای قطعات (محورها و سوراخ‌ها به‌طور کلی) و «انطباق تخت» بین سطوح انطباق موازی و مسطح قطعات، مثل انطباق یک خار با یک محور به عنوان قطعه داخلی، و با یک سوراخ به عنوان قطعه خارجی.

بر حسب نوع درگیری بین قطعات، انطباق را به سه نوع انطباق آزاد، انطباق فیما بین و انطباق محکم یا تداخلی تقسیم می‌کنند.



انطباق آزاد

در انطباق آزاد همواره قطعات دارای لقی بوده و می‌توانند نسبت به یکدیگر حرکت کنند. در چنین انطباقی اندازه قطر محور کمتر از قطر سوراخ است، (لقی صفر نیز جزء این گونه انطباقات محسوب می‌شود). اندازه‌ی لقی باتوجه به عملکرد قطعات به وسیله طراح تعیین می‌گردد.



در این خصوص موارد زیر نقش مهمی ایفا می‌کنند:

۱- طول سطوح انطباق،

۲- اختلاف درجه حرارت در حالت سکون و در حین کار،

۳- نوع حرکت مورد نیاز،

۴- سرعت نسبی بین محور و سوراخ،

۵- نوع و روش روغن کاری،

۶- ضریب اصطکاک جنس یاتاقان،

۷- مقدار بار،

۸- ارتعاشات.

۹- تأثیر محیط خارجی (نوع آب و هوا، گرد و غبار).

تفاضل اندازه‌های دو قطعه را آزادی و حداکثر مقدار آن را که عبارت است از اختلاف ما بین بزرگترین قطر سوراخ و کوچکترین قطر میله می‌باشد لقی می‌نامند. انطباق‌های آزاد متعددی بر حسب مقدار لقی و خصوصیات حالات ساخت قطعات وجود دارد که باروغن زنی، درجه گرم کردن و طول سطوح در تماس آن ارتباط مستقیم دارد.

حداقل لقی ممکن و طول زیاد سطح انطباق از مشخصات انطباق نوع آزاد محسوب می‌شوند. برای یک یاتاقان برعکس است. دقت حرکت اهمیت کمتری دارد زیرا در این جا عوامل مهم دیگری مثل: کار اطمینان بخش، حرکت آرام و بی‌سر و صدا، افت‌های اصطکاکی و درجه حرارت یاتاقان نقش دارند.

انطباق محکم

در انطباق محکم یاتداخلي، اندازه انطباقی محور بیشتر از سوراخ است و دو قطعه نمی‌توانند به سادگی با هم درگیر شوند (روی هم سوار شوند) زیرا قطر محور کمی بزرگتر از قطر سوراخ مربوطه است و از این جهت میله را باید به کمک نیروی قابل ملاحظه‌ای در سوراخ داخل نمود. در این نوع انطباق، یک لقی آزاد منفی یاتداخل خواهیم داشت، که مقدار آن برابر است با اختلاف بین حداقل اندازه قطر سوراخ و اندازه حداکثر قطر میله. در انطباق محکم هر گونه احتمال لغزش میله در سوراخ از بین می‌رود. چنین انطباقی را می‌توان به طرق مختلف انجام داد. مثلاً با دستگاه پرس آن دو را تحت فشار قرار داد یا قطعه سوراخ دار را حرارت داد تا قطر آن زیادتر شود.

مقدار تداخل مورد لزوم به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- گشتاوری که باید منتقل شود.

۲- نیرویی که در جهت طولی وارد می‌شود (نیروی محوری).

۳- طول سطوح انطباق.

۴- اختلاف درجه‌ی حرارت در حالت سکون و در حین کار.

۵- تنش گسیختگی و مدول کشسانی مواد.

۶- ارتعاشات،

۷- مقاومت‌ها.

۸- صافی سطوح انطباق.

بر اساس چگونگی تشکیل فشار، سه نوع انطباق تداخلی خواهیم داشت:

۱- انطباق تداخلی طولی

۲- انطباق تداخلی عرضی

۳- انطباق تداخلی طولی - عرضی.

در نوع اول، مقاومت تحت درجه حرارت معمولی و با کمک پرس و یک ماده روانکار داخل یکدیگر خواهند شد. در این حالت، بدون تردید می‌توان قطعات را چندین بار باز و بسته نمود. بدیهی است که نیروی نگهدارنده رفته‌رفته کاهش پیدا می‌کند. در انطباق تداخلی عرضی، فشار موردنظر از طریق کاربرد حرارت در انطباقات انقباضی و سرما در انطباقات انبساطی تأمین می‌گردد.

در انطباقات انبساطی، از اسید کربنیک جامد یا گازهای مایع شده (هوا، اکسیژن، ازت) برای سرد کردن قطعه استفاده می‌شود. این انطباق‌ها با استفاده از اختلاف درجه حرارت مجدداً قابل باز شدن هستند این نوع انطباق ارزان‌تر از نوع انقباضی است و وقتی به کار برده می‌شود که قطر خارجی را به دلیل شکل، بزرگی و یا تغییر مقاومت آن نتوان گرم کرد.

در صورتی که توسط یک انطباق تداخلی نیروی نسبتاً زیادی باید منتقل شود، مسلماً اندازه تداخل زیادتر خواهد بود. برای این منظور لازم می‌شود قطعه داخلی را که در درجه حرارت محیط است با فشار در داخل قطعه خارجی گرم شده جازد. انطباق طولی - عرضی زمانی به کار می‌رود که مواد نتوانند گرما یا سرمای زیادی را تحمل کنند و یا مجبور باشیم از موادی استفاده نماییم که دارای ضریب انبساط گرمایی کمی هستند.

انطباق فی مابین

در این نوع انطباق قسمت‌هایی از حدود میله و سوراخ با هم مشترک بوده و یا حتی گاهی حدود میله کاملاً در محدوده انحراف سوراخ قرار می‌گیرند عبارت دیگر قطر میله و سوراخ تقریباً یکی هستند .

تعیین اندازه های میله و سوراخ در هر یک از انواع انطباق ها ، به دو روش که معمولاً به دستگاه معروف

است انجام می‌گیرد :

الف-دستگاه سوراخ مبنا

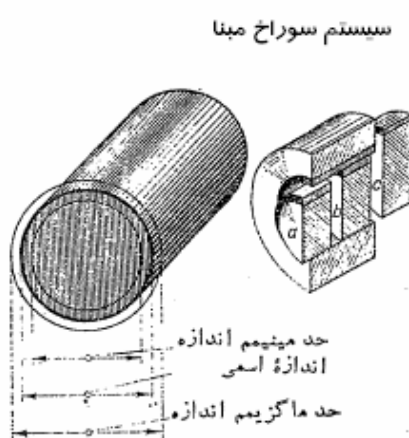
ب-دستگاه میله مبنا

فهرست علائم اختصاری

انحراف بالایی سوراخ	ES
انحراف پایینی سوراخ	EI
انحراف بالایی محور	es
انحراف پایینی محور	ei
اندازه‌ی واقعی	I
اندازه‌ی اسمی	N
حداکثر اندازه، حد اندازه‌ی بزرگتر (D_{max} هم گفته می‌شود)	G
حداقل اندازه، حد اندازه‌ی کوچکتر (D_{min} هم گفته می‌شود)	K
تولرانس (تولرانس اندازه)	T
انحراف واقعی	A_i
تولرانس سوراخ	T_B
تولرانس محور	T_W
اندازه درگیری	P
اندازه‌ی اسمی برای فرمول‌های محاسباتی	D
حد پایینی یک محدوده‌ی اندازه‌ی اسمی	D_1
حد بالایی یک محدوده‌ی اندازه‌ی اسمی	D_2
واحد تولرانس برای اندازه‌ی اسمی تا ۰.۰۵ میلی‌متر	i
واحد تولرانس برای اندازه‌ی اسمی بالای ۰.۰۵ میلی‌متر	I
واحد تولرانس بین‌المللی	IT

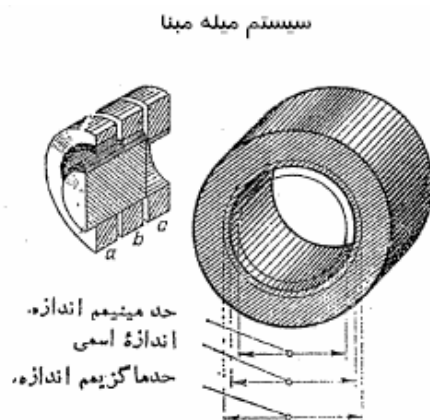
دستگاه سوراخ مینا

دردستگاه سوراخ مینا قطر سوراخ را ثابت نگاه داشته و قطر میله را طوری تغییر می دهند که هر نوع انطباقی که لازم است حاصل شود به عبارت دیگر در دستگاه سوراخ مینا ، حد اندازه های سوراخ برای کلیه انطباقات با یک میزان انحراف و اندازه اسمی یکسان ثابت بوده و انواع مختلف انطباقات با تغییر دادن متناسب با اندازه های حد میله بدست می آیند .



دستگاه میله مینا

دردستگاه میله مینا قطر میله را ثابت نگه داشته و قطر سوراخ را طوری تغییر می دهند که هر نوع نشیمن یا انطباقی بخواهند حاصل شود به عبارت دیگر برعکس دستگاه قبلی ، در اینجا اندازه های حد میله برای تمام انطباقات با یک میزان انحراف و همان اندازه اسمی ثابت بوده و انواع مختلف انطباقات با تغییر دادن اندازه های حد سوراخ بدست می آیند .



در هر دو دستگاه مبدا تقسیم انحراف اندازه ها را خط صفر می نامند. بدین معنی که اندازه اسمی همیشه موقعیت خط صفر را تعیین می کند .

طرز نشان دادن تolerانس در نقشه

معمولاً در نقشه ها ، حداکثر انحراف خطی و یا زاویه ای اندازه ها را به دو طریق زیر مشخص می کنند:

الف- مستقیماً در مقابل عدد مربوط به اندازه اسمی قطعه قید می کنند.

ب- نوع انطباق آن را مشخص می کنند.

مثال :

انحراف های فوقانی و تحتانی میله ای به قطر اسمی ۳۰ و با بزرگترین اندازه ۳۰/۴۰ و کوچکترین اندازه ۳۰/۲۰ را تعیین نمائید .

حل :

$$\text{انحراف فوقانی} : es = 30/40 - 30 = 0/40$$

$$\text{انحراف تحتانی} : ei = 30/20 - 30 = 0/20$$

تعیین نوع انطباق

بطور کلی علامت انطباق در سلسله انطباقات ISO از یک حرف و یک عدد تشکیل شده که از روی حرف موقعیت تolerانس نسبت به خط صفر و از روی عدد مزبور مقدار تolerانس معلوم می شود و هر قدر فاصله میدان تolerانس از خط صفر زیاد تر باشد حروف بزرگ یا کوچکی که برای سوراخ یا میله بکار می رود از حروف H و یا h در الفبا بیشتر دور می شود. با توجه به جدول زیر ملاحظه می شود که هر قدر حرف مشخصه نوع انطباق از A دورتر باشد نوع انطباق آن محکم تر خواهد بود.

نوع انطباق	محکم	متوسط یا فیمابین	آزاد
برای سوراخ	A, B, C.....H.....X, Y, Z		
برای میله	a, b, c.....h.....x, y, z		

البته تشخیص آنکه کدام کیفیت انطباق باید در ساختمان یک قطعه انتخاب شود بسته به نظر طراح ماشین دارد که باید اطلاعات فنی وسیعی داشته باشد .

برای دامنه‌های تolerانس مربوط به سوراخ حروف الفبای بزرگ به کار می‌رود، چون معمولاً سوراخ به قطعه بزرگ‌تر تعلق دارد. برای دامنه تolerانس مربوط به محور از حرف الفبای کوچک استفاده می‌شود.

در سیستم استاندارد از حروف الفبا یا ترکیبی از آنها به شرح زیر استفاده می‌شود:

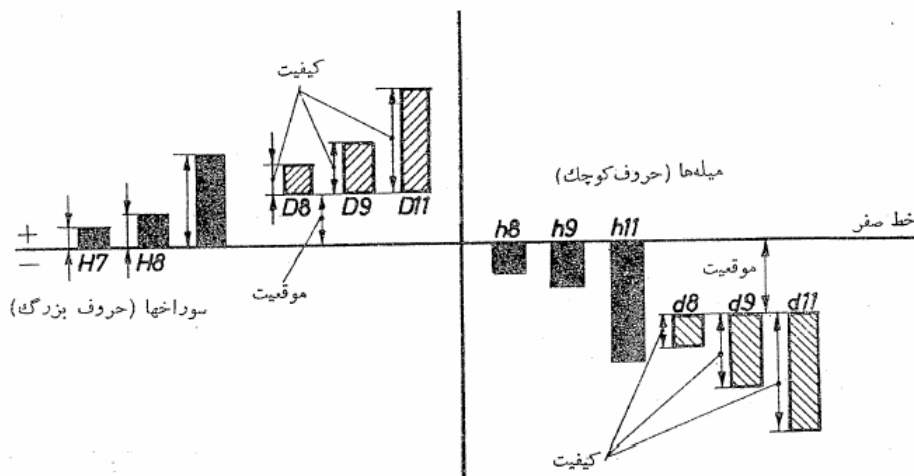
برای سوراخ‌ها:

A B C CD D E EF F FG G H J J_s K M N P R S T U V X Z ZA ZB ZC

برای محورها:

a b c cd d e ef f fg g h j j_s k m n p r s t u v x z za zb zc

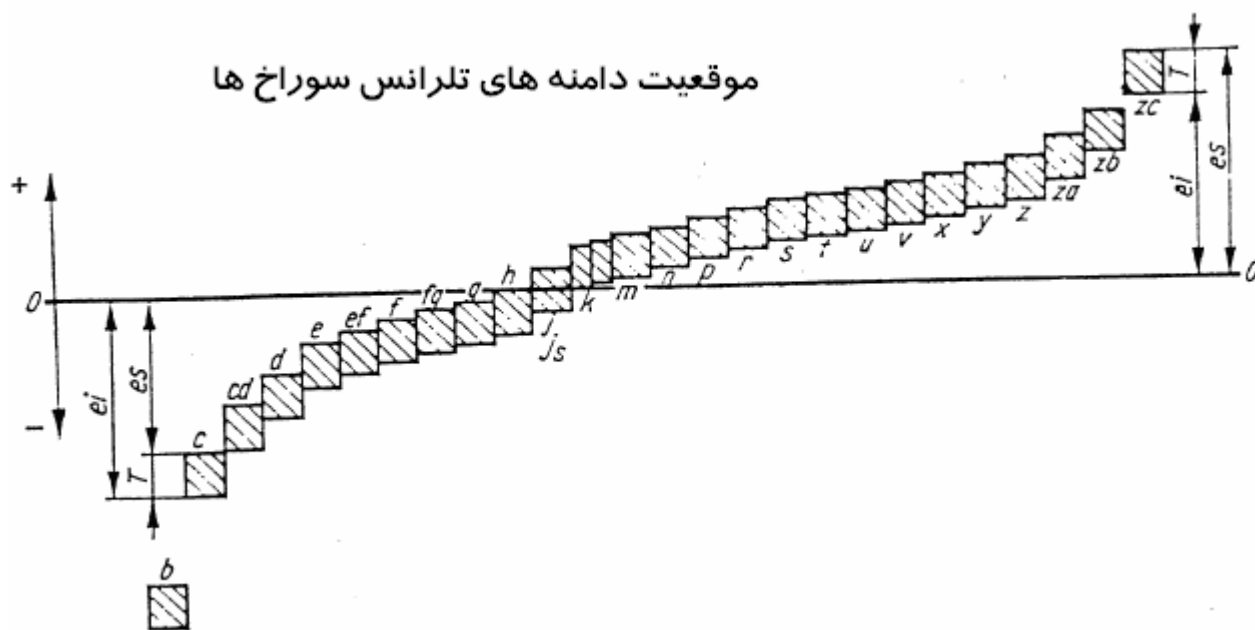
دامنه‌های h و H موقعیت خاصی دارند. این دامنه هادر کنار خط صفر قرار گرفته‌اند. H مشخصه دامنه تolerانس برای سوراخ است که در بالای خط صفر و هم مرز با آن قرار دارد، به عبارت دیگر اختلاف بین کوچک‌ترین اندازه و اندازه اسمی سوراخ ($E1$) صفر است. قدر مطلق مقدار انحراف بالایی تolerانس (ES) برابر با مقدار تolerانس است (تolerانس مبنا). این دامنه تolerانس H در مورد یک سوراخ و براساس سیستم انطباقات «سوراخ مبنا» نامیده می‌شود. h مشخصه دامنه تolerانس مربوط به محور است که در زیر خط صفر و هم‌مرز با آن است. انحراف بالایی (es) صفر بوده و قدر مطلق انحراف پایینی (ei) برابر با مقدار تolerانس T (تolerانس مبنا) خواهد بود. این دامنه تolerانس را در سیستم انطباقات «محور مبنا» می‌نامند .



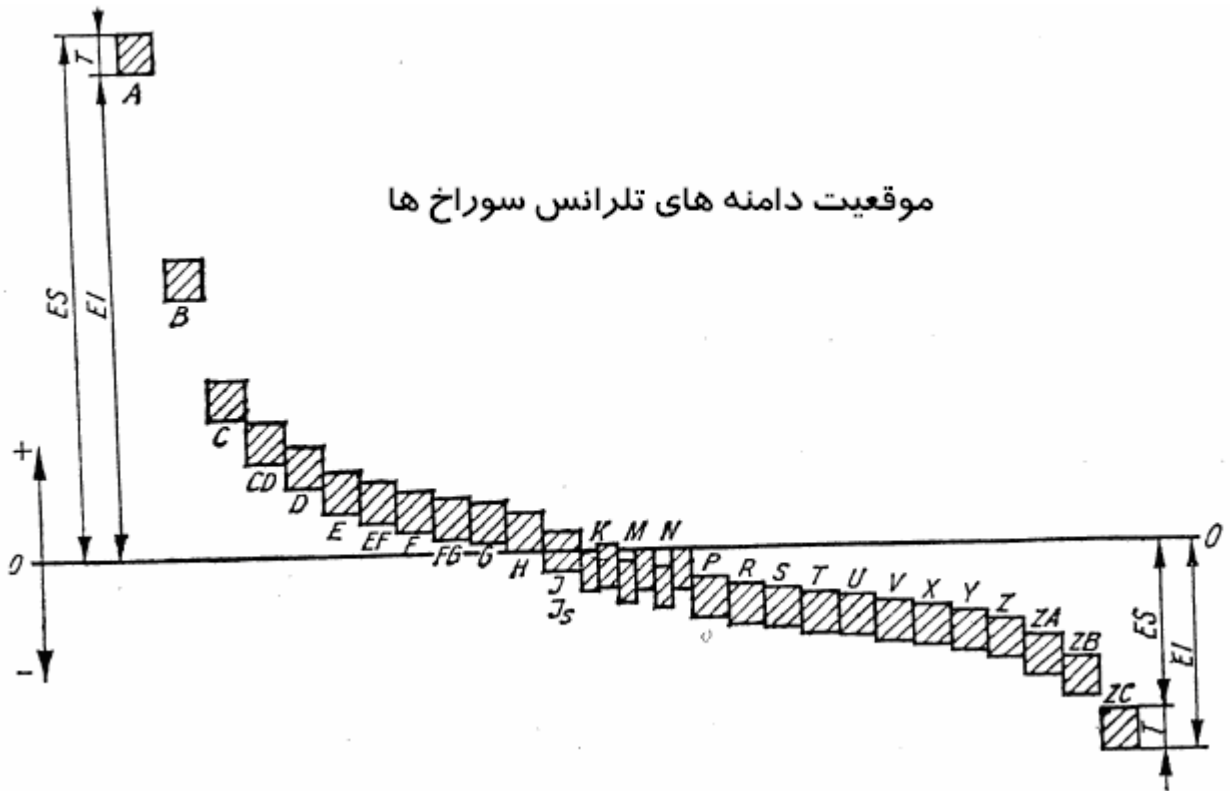
حروف A تا H مربوط به دامنه هایی هستند که با فاصله در بالای خط صفر قرار گرفته اند. اندازه واقعی چنین سوراخ هایی در هر حال بزرگتر از اندازه اسمی است. درگیری این دامنه ها با سیستم محور مبنا «انطباق آزاد» را بوجود می آورند. به همین دلیل این سوراخ ها را، انطباق آزاد نیز تعریف می کنند. دامنه تلرانس H در سیستم محور مبنا لقی صفر را به عنوان کمترین لقی ایجاد می نماید. به همین ترتیب، دامنه های تلرانس مربوط به محور a تا h با فاصله زیر خط صفر قرار دارند، آنها نیز توأم با سیستم سوراخ مبنا انطباق آزاد به وجود می آورند. آنها را به عنوان محوره های انطباق آزاد تعریف می کنند. برای دامنه های تلرانس h نیز در حالت مرزی مقدار لقی صفر می باشد. هر قدر از دامنه های h و H دور شده و به A یا a نزدیک شویم، همان قدر مقدار لقی بیشتر می شود.

انطباق های تداخلی مطمئن در هر دو سیستم، سوراخ مبنا و محور مبنا، توسط وضعیت های تلرانسی که با R (r) مشخص می شوند به وجود می آید. دامنه های تلرانس مربوط به سوراخ R تا ZC با فاصله زیر خط صفر و r تا zc در خصوص محورها بالای آن قرار گرفته اند، اندازه ی واقعی چنین انطباقات تداخلی در مورد سوراخ ها همواره کوچکتر و در مورد محورها همواره بزرگتر از اندازه اسمی خواهد بود. هر قدر به دامنه های تلرانس ZC یا zc نزدیک تر شویم به همان اندازه مقدار درگیری بیشتر می شود.

موقعیت دامنه های تلرانس سوراخ ها



موقعیت دامنه های تیرانس سوراخ ها



جدول راهنما برای موارد استعمال انواع انطباقات

مثال هائی از موارد کاربرد	نوع انطباق	دستگاه میله مبنا		دستگاه سوراخ مبنا	
		سوراخ	میله	سوراخ	میله
تاج فلکه ها، بوش یاتاقان ها، صفحات رتور، ماشین های برقی، نافی وانیتلاتورها	قطعاتی که با فشار زیاد روی هم سواری می شوند	R7		r6	
		S7		s6	
بوش یاتاقان ها، اهرم و لنگ در روی میله ها	نشیمن محکم بدون ضامن برای جلوگیری از چرخش	N7		n6	
قسمت هائی که نیروی ضربتی تحمل می کنند دستگاه های تکان دهنده					
چرخ دنده ها، چرخ تسمه ها، کنس داخلی بال	قسمت هائی که با چکش روی هم سواری می شوند و ضامن جلوگیری از چرخش نیاز دارند	M7		m6	
برینگ ها، روتور، پین پیوست ها					
فلکه ها، پیوست ها، اهرم ها، رتور الکتروموتورها	قسمت هائی که با صرف نیروی کمتر متصل می شوند و به ضامن نیاز دارند	K7		k6	
پیچ های جفت،					
چرخ دنده های عوض شونده درجه دنده ها	قسمت هائی که به اسانی متصل می شوند	J7		j6	
حلقه های مکا نی کنس خارجی بال برینگ ها،					
قسمت هائی که با حرکت انتقالی از هر قبیل، پین	قسمت هائی که با دست بتوان انبار نسبت به هم حرکت انتقالی داد	H7	h6	h6	H7
دسته ها، فلانژهای متحدالمرکز کننده،					
چرخ دنده های ازاد با گوه فنی، میله دستگاه	قسمت هائی که با بازی کم نسبت به یکدیگر حرکت کنند	G7		g6	
تقسیم ماشین فرز، پیستون ها، پیستون های کشویی					
یاتاقان ها، غلاف ها، میله های بادور زیاد	قسمت های متحرک	F7		f7	
میله پیچ های حرکتی، میله هائی که از داخل چند یاتاقان بگذرند، میله های بادور متوسط	قسمت های متحرک با بازی نسبتا زیاد	E8		e8	
میله های ترانس میسیون و چرخ هائی که	قسمت های متحرک با بازی خیلی زیاد	D9		d9	
ازادی در روی انها می گردد					

ماشین سازی عمومی با رعایت دقت معمولی

مثال مورد استعمال	نوع انطباق	دستگاه میله مینا		دستگاه سوراخ مینا	
		سوراخ	میله	میله	سوراخ
حلقه‌های مکانی، دسته‌های لنگ، چرخ دنده‌ها چرخ تسمه‌های محکم، پیوسته‌ها	قسمتهایی که با آسانی متصل شوند و در عمل حرکت انتقالی آنها امکان داشته باشد.	H8		h8 , h9	H8
میله سوپاپها، پیستونهای اتومبیل، یا تاقان دیناموها، یا تاقان تلمبه‌ها، چرخ طنابها.	قسمتهای متحرک با بازی	F8 , E9	h8 , h9	e9 , f8	
بوش محور چراغها، یا تاقان ماشینهای کشاورزی قسمتهای متحدالمرکز کننده بطور عمومی.	قسمتهایی که با بازی زیاد در داخل یکدیگر متحرک باشند	D10		d10	

مواردی که تولرانس زیاد در ساختن قطعات مجاز بوده و حتی در
صورت زنگ زدن هم قطعات نسبت به یکدیگر آزاد بمانند.

مثال مورد استعمال	نوع انطباق	دستگاه میله مینا		دستگاه سوراخ مینا	
		سوراخ	میله	میله	سوراخ
قطعاتی که بر رویهم سوار کرده جوش دهند، قطعاتی که پایین متصل بشوند، لولاهای ماشینهای تحریر	جایی که با وجود تولرانس زیاد در ساختن دو قسمت بازی فیما بین کم باشد	H11		h11	H11
اهرمهایی که بتوان از روی قطعات دیگر برداشت، میله میخ پرچها، بین مفصلها	حرکت در تحت هر شرایطی ممکن است	D11		d11	
ماشینهای خانه‌داری، یا تاقان کلیدهای گردنده برق، پینهای متحرک	حداقل بازی با IT11	C11 , B11	h11	c11 , b11	
میله گولاتور بخار در لکوموتیوها، یا تاقان میله ترمز، بوش چرخها برای دژهای کشویی	قسمتهایی که نسبت به هم خیلی لق باشند حداقل بازی با IT13	A11		a11	

کاربرد ترانس ها و انطباقات در نصب برینگ های غلتکی

مهم ترین وظیفه یاتاقان ها جذب و انتقال نیروهای شعاعی از محور به بدنه ماشین و فوندانسیون است به این صورت که نیروها از محوره زیر کنس داخلی و سپس از کنس داخلی به غلتک ها و از غلتک ها به طرف قطر داخلی کنس بیرونی و از آنجا به طرف قطر خارجی کنس خارجی و سپس به بدنه هوزینگ برینگ و از طریق بدنه به شاسی و فوندانسیون و نهایتا به زمین منتقل می گردند.

در طراحی و ساخت کلیه برینگ های غلتکی بین اجزا گردنده (ساچمه ها) و کنس های داخلی و خارجی انبساطی به نوع طراحی و ماتریال مصرف شده فاصله ای وجود دارد (لقی یا کلرنس داخلی) تا اولاً اجزا برینگ بتوانند از ادانه حرکت داشته باشند و ثانیاً فیلم روغن روانکار بتواند بین اجزا گردنده قرار گیرد که این Clearance ها در کاتالوگ های کارخانه سازنده وجود دارد. ولی نکته حائز اهمیت آن است که در حین کار برینگ ها در اثر نیروهای اعمال شده (بخصوص نیروهای شعاعی) به اجزا یاتاقان این Clearance ها تغییر می کنند که زیاد شدن آن باعث لق قرار گرفتن ساچمه هادر بین کنس ها و ایجاد لرزش و ارتعاشات زیاد و خرابی زودرس یاتاقان و همچنین کم شدن Clearance نیز باعث ایجاد اصطکاک زیاد و اختلال در سیستم روانکاری گرم کردن و سیاه شدن روغن روانکار و نهایتاً خرابی زودرس یاتاقان های غلتکی می شود و لذا باید تدابیری اندیشیده شود تا در موقعیتی که یاتاقان تحت بار قرار می گیرد Clearance های داخلی اجزا در حد توصیه شده کارخانه سازنده قرار گیرند که این کار با نحوه انطباقی که برای یاتاقان بر اساس ماتریال مورد استفاده و توسط کارخانه سازنده تعریف می شود انجام می گردد.

باتوجه به اینکه ماهیت این نیروها در جهت شعاعی است (از مرکز به طرف بیرون) نیروهای شعاعی در حین انتقال از محوره کنس داخلی زیر کنس داخلی اعمال می شود و باعث افزایش قطر داخلی کنس داخلی برینگ می شود (این افزایش قطر باعث کاهش دادن کلرنس های داخلی برینگ می شود) که می تواند خرابی زودرس برینگ را بدنبال داشته باشد و همچنین این نیروها در حین انتقال از طریق کنس خارجی بال برینگ باعث افزایش دادن قطر خارجی بال برینگ شده و کنس خارجی را به طرف سطح نشیمن گاه آن در داخل هوزینگ برینگ می فشارد که نهایتاً باعث به هم خوردن کلرنس های داخلی (زیاد شدن کلرنس بین ساچمه ها و کنس های داخلی و خارجی) می شود. اگر در حین نصب برینگ مقدار انبساطی که در حین کار (در اثر اعمال نیروهای گریز از مرکز) روی بال برینگ بوجود می آید را در غالب کلرنس های منفی (بین کنس داخلی

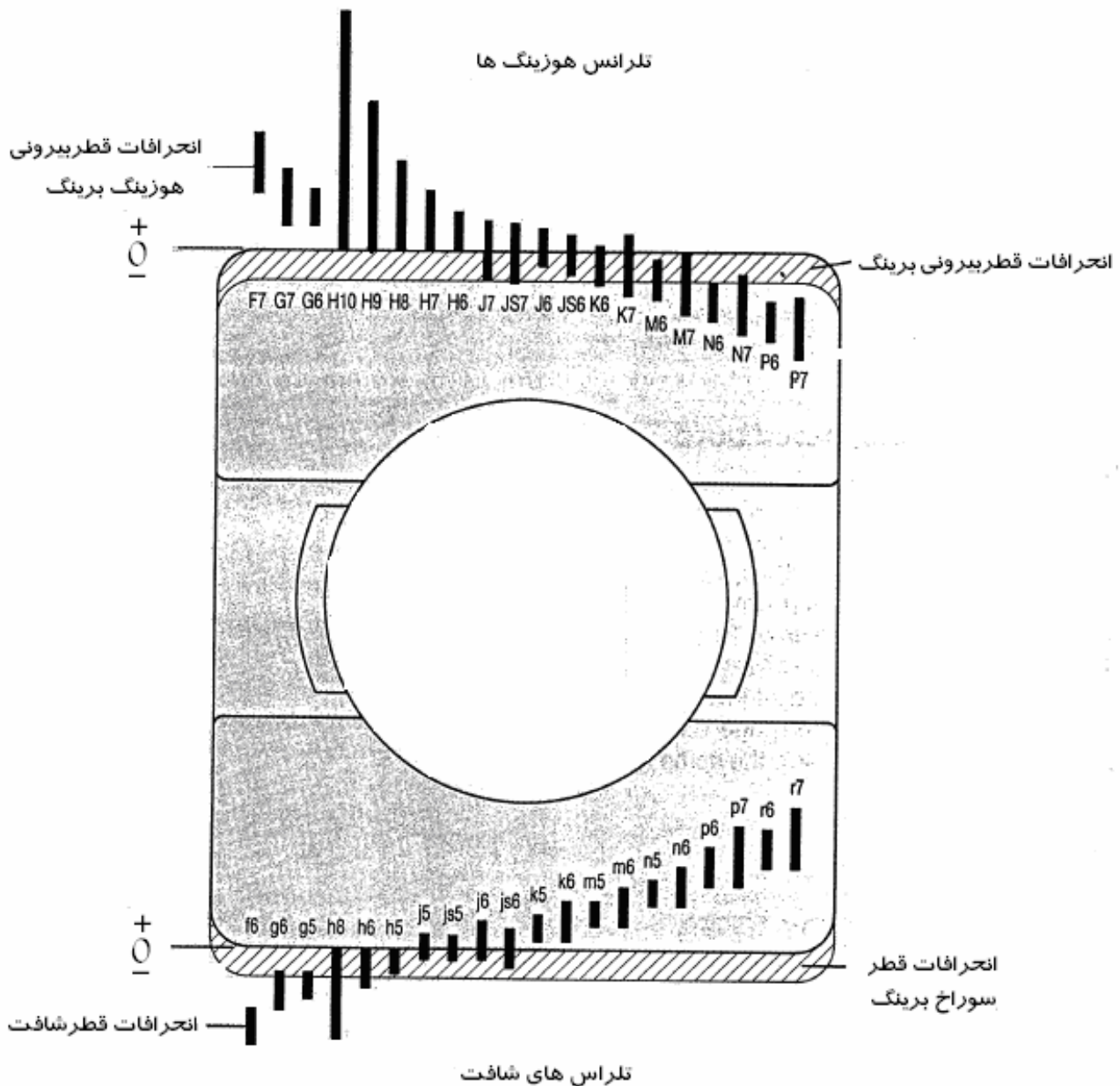
ومحور) ویامثبت(بین کنس خارجی وداخل هوزینگ) اعمال نمائیم می توانیم ادعاکنیم که کلرنس های داخلی درحالت استاتیکی(قبل از نصب) و دینامیکی (درحین کار) در حد مطلوب قرار دارد.

به همین دلیل برینگ باید کمی روی شافت پرس شود تا درحالت دینامیکی با اعمال نیروهای گریز از مرکز از حالت پرس بودن خارج شود و همچنین کنس خارجی باید در حد کمی داخل هوزینگ برینگ آزاد باشد تا با اعمال نیروهای گریز از مرکز افزایش قطر پیدا کرده و به دیواره هوزینگ برینگ بچسبد به عبارت دیگر کنس داخلی روی محور بصورت پرس می نصب می شود و کنس خارجی بصورت آزاد تا بتواند درحین کار بصورت سایز تو سایز قرار گیرند. البته این برای حالتی است که کنس داخلی برینگ بچرخد و کنس خارجی ثابت باشد(مثل پمپ ها و الکتر و موتورها) در صورتی که عکس این حالت باشد یعنی قطری بیرونی بچرخد و کنس خارجی ثابت باشد(مثل برینگ های چرخ های اتومبیل که کنس خارجی همراه با تایرمی چرخد) وضعیت کلرنس ها عکس می شود یعنی کنس خارجی برینگ در تویی بصورت پرس می نصب می شود و کنس داخلی ان روی محور آزاد است.



انطباقات(پرس سوار شدن یا تاقان روی محور یا آزاد قرار گرفتن یا تاقان در داخل هوزینگ برینگ) طوری انتخاب می شوند تا نیروهای اعمال شده روی برینگ بتواند قطعاتی را که پرس شده اند(کنس داخلی که روی محور بصورت پرس نصب شده) از حالت پرس بودن آزاد نماید یا قطعاتی که با کمی لقی نصب شده اند(بطور مثال کنس خارجی بال برینگ که کمی در داخل هوزینگ آزاد است) را به حالت سایز تو سایز در آورند. به عبارت دیگر وقتی کنس داخلی بال برینگ بصورت پرس می شود مثل این است که قطر داخلی بال برینگ نسبت به شافت(در محل قرارگیری) کمتر است و نیروی گریز از مرکز اعمال شده از زیر محور باعث افزایش قطر کنس داخلی بال برینگ و نهایتاً سایز تو سایز شدن کنس داخلی روی

محور رسیدن به کلرنس اجزای داخلی در حالت استاتیکی می شود و برای کنس خارجی نیز به همین ترتیب ذکر شده در اثر اعمال نیروهای گریز از مرکز، کنس خارجی بال برینگ که بصورت لقی در داخل هوزینگ برینگ قرار گرفته بود افزایش قطر پیدامی کند تا بتواند جبران افزایش قطر کنس داخلی را بنماید و اجازه دهد کلرنس غلتک هایین کنس ها افزایش پیدا کنند و کلرنس در حد مجاز توصیه شده توسط کارخانه سازنده واقع شود در غیر این صورت (یعنی اگر کنس خارجی در داخل هوزینگ برینگ کمی ازاد نباشد) امکان افزایش کلرنس (لقی) برای غلتک ها فراهم نمی شود و باعث کم شدن کلرنس، روانکاری ناقص، ایجاد اصطکاک زیاد، بالارفتن دمای یاتاقان و..... نهایتاً خرابی زودرس یاتاقان خواهد گردید.



انطباق هابرای نوع برینگ (بال برینگ رولر برینگ و.....) شعاعی یا محوری وسایزهای مختلف متفاوت است ومعمولا برحسب نوع انطباق مشخص می شود.

در دیاگرام صفحه قبل موقعیت تلرانس های کنس داخلی برینگ هاوتلرانس های قطریرونی کنس هانشان داده شده است.

چند نکته :

۱- باتوجه به این که ماتریال بکاررفته در ساختمان بال برینگ ها در کارخانجات مختلف بال برینگ سازی باهم متفاوت می باشند نوع انطباق بکاررفته برای دو عددبال برینگ هم سائزی که توسط دو کارخانه بال برینگ سازی استفاده شده نیزممکن است باهم متفاوت باشند.

۲- انطباق تعریف شده برای یک برینگ غلتکی براساس مقدارنیروئی است که روی ان اعمال می شودولذا در صورتی که یک بال برینگ درست انتخاب نشده باشد(به عبارت دیگر استفاده از یک بال برینگ بزرگتر وقوی تری که قادر به تحمل بار بیشتری است بجای یک برینگ کوچکتر که تحمل باران کمتر است) از انطباق توصیه شده توسط کارخانه سازنده بال برینگ نمی توان استفاده کردیابه عبارت دیگر در صورت استفاده از این انطباق در چین کار کلرنس های داخلی بال برینگ مطلوب نمی باشد.

لازم به توضیح است که طی بررسی هائی که اینجانب انجام دادم باتوجه به متفاوت بودن نوع انطباق برای برینگ های مختلف اختلاف میکرونی انها تقریبا نزدیک به هم است.

Mounting Data

Housing tolerances

FAG

Radial bearings

Type of load	Axial displaceability Magnitude of load	Operating conditions	Tolerance field
point load on outer ring	floating bearing, easy displacement of outer ring	closeness of tolerance function of running accuracy	H7 (H6)
	outer ring generally displaceable angular contact ball bearings and tapered roller bearings with adjustment via outer ring	high running accuracy required	H6 (J6)
		standard running accuracy required	H7 (J7)
		external heating through shaft	G7
circumferential load on outer ring or indeterminate load	low load	with high running accuracy requirements K6, M6, N6, and P6	K7 (K6)
	normal load, shocks		M7 (M6)
	high load, shocks		N7 (N6)
	high load, heavy shocks, thin-walled housings		P7 (P6)

Thrust bearings

Type of load	Bearing type	Operating conditions	Tolerance field
thrust load	thrust ball bearings	standard running accuracy high running accuracy	E8 H6
	cylindrical roller thrust bearing or thrust needle roller and cage assembly with housing washer		H7 (K7)
	thrust cylindrical roller and cage assembly or thrust needle roller and cage assembly with track or thrust washer		H11
	thrust cylindrical roller and cage assembly or thrust needle roller and cage assembly		H10
	spherical roller thrust bearings	normal load high load	E8 G7
combined loading point load on housing washer	spherical roller thrust bearings		H7
combined loading circumferential load on housing washer	spherical roller thrust bearings		K7

Mounting Data

Shaft tolerances

FAG

Cylindrical bore radial bearings

Type of load	Bearing type	Shaft diameter	Axial displaceability Magnitude of load	Tolerance field
point load on inner ring	ball, roller, and needle roller bearings	all sizes	floating bearing with slide-fitted inner ring	g6 (g5) h6 (h5)
			angular contact ball bearing and tapered roller bearing with adjustment via inner ring	h6 (j6)
circumferential load on inner ring or indeterminate load	ball bearings	up to 40 mm	normal load	j6 (j5)
		up to 100 mm	low load	j6 (j5)
			normal and high load	k6 (k5)
		up to 200 mm	low load	k6 (k5)
			normal and high load	m6 (m5)
		over 200 mm	normal load	m6 (m5)
	high load, shocks		n6 (n5)	
	roller and needle roller bearings	up to 60 mm	low load	j6 (j5)
			normal and high load	k6 (k5)
		up to 200 mm	low load	k6 (k5)
			normal load	m6 (m5)
			high load	n6 (n5)
		up to 500 mm	normal load	m6 (n6)
			high load, shocks	p6
over 500 mm		normal load	n6 (p6)	
	high load	p6		

Thrust bearings

Type of load	Bearing type	Shaft diameter	Operating conditions	Tolerance field
thrust load	thrust ball bearings	all sizes		j6
	thrust ball bearing, double-acting	all sizes		k6
	cylindrical roller thrust bearing or thrust needle roller and cage assembly with shaft washer	all sizes		h6 (j6)
	thrust cylindrical roller and cage assembly or thrust needle roller and cage assembly with track or thrust washer	all size		h10
	thrust cylindrical roller and cage assembly or thrust needle roller and cage assembly	all sizes		h8
combined load	spherical roller thrust bearing	all sizes	point load on shaft washer	j6
		up to 200 mm	circumferential load on shaft washer	j6 (k6)
		over 200 mm		k6 (m6)

انطباقات تراست برینگ هادرداخل هوزینگ برینگ ها

Load Conditions		Bearing Types	Tolerances for Housing Bores	Remarks
Axial Loads Only		Thrust Ball Bearings	Clearance over 0.25mm H8	For General Applications When precision is required
		Spherical Thrust Roller Bearings Steep Angle Tapered Roller Bearings	Outer ring has radial clearance.	When radial loads are sustained by other bearings.
Combined Radial and Axial Loads	Stationary Outer Ring Loads	Spherical Thrust Roller Bearings	H7 or JS7(J7)	
	Rotating Outer Ring Loads or Direction of Load Indeterminate		K7	Normal Loads
			M7	Relatively Heavy Radial Loads

انطباقات برینگ های شعاعی درداخل هوزینگ برینگ ها

Load Conditions		Examples	Tolerances for Housing Bores	Axial Displacement of Outer Ring	Remarks
Solid Housings	Rotating Outer Ring Load	Heavy Loads on Bearing in Thin-Walled Housing or Heavy Shock Loads	Automotive Wheel Hubs (Roller Bearings) Crane Travelling Wheels	P7	Impossible
		Normal or Heavy Loads	Automotive Wheel Hubs (Ball Bearings) Vibrating Screens	N7	
		Light or Variable Loads	Conveyor Rollers Rope Sheaves Tension Pulleys	M7	
Direction of Load Indeterminate		Heavy Shock Loads	Traction Motors	K7	Generally Impossible If axial displacement of the outer ring is not required.
		Normal or Heavy Loads	Pumps Crankshaft Main Bearings Medium and Large Motors		
Solid or Split Housings	Rotating Inner Ring Load	Normal or Light Loads		JS7(J7)	Possible Axial displacement of outer ring is necessary.
		Loads of All kinds	General Bearing Applications, Railway Axleboxes	H7	Easily possible
		Normal or Light Loads	Plummer Blocks	H8	
Solid Housing	Direction of Load Indeterminate	High Temperature Rise of Inner Ring Through Shaft	Paper Dryers	G7	Possible For heavy loads, interference fit tighter than K is used. When high accuracy is required, very strict tolerances should be used for fitting.
		Accurate Running Desirable under Normal or Light Loads	Grinding Spindle Rear Ball Bearings High Speed Centrifugal Compressor Free Bearings	JS6(J6)	
			Grinding Spindle Front Ball Bearings High Speed Centrifugal Compressor Fixed Bearings	K6	
Rotating Inner Ring Load		Accurate Running and High Rigidity Desirable under Variable Loads	Cylindrical Roller Bearings for Machine Tool Main Spindle	M6 or N6	Impossible
		Minimum noise is required.	Electrical Home Appliances	H6	Easily Possible

Remarks This table is applicable to cast iron and steel housings. For housings made of light alloy, the interference should be tighter than those in this table

انطباقات برینگ های شعاعی روی شافت ها

Load Conditions	Examples	Shaft Diameter (mm)			Tolerance of Shaft	Remarks	
		Ball Brgs	Cylindrical Roller Brgs, Tapered Roller Brgs	Spherical Roller Brgs			
Radial Bearings with Cylindrical Bores							
Rotating Outer Ring Load	Easy axial displacement of inner ring on shaft desirable.	Wheels on Stationary Axles	All Shaft Diameters			g6	Use g5 and h5 when accuracy is required. In case of large bearings, f6 can be used to allow easy axial movement.
	Easy axial displacement of inner ring on shaft unnecessary	Tension Pulleys Rope Sheaves				h6	
Rotating Inner Ring Load or Direction of Load Indeterminate	Light Loads or Variable Loads ($< 0.06C_r$ (1))	Electrical Home Appliances, Pumps, Blowers, Transport Vehicles, Precision Machinery, Machine Tools	< 18	—	—	js5	k6 and m6 can be used for single-row tapered roller bearings and single-row angular contact ball bearings instead of k5 and m5.
			18~100	< 40	—	js6 (j6)	
			100~200	40~140	—	k6	
			—	140~200	—	m6	
	Normal Loads (0.06 to 0.13 C_r (1))	General Bearing Applications, Medium and Large Motors, Turbines, Pumps, Engine Main Bearings, Gears, Woodworking Machines	< 18	—	—	js5~6 (j5~6)	
			18~100	< 40	< 40	k5~6	
			100~140	40~100	40~65	m5~6	
			140~200	100~140	65~100	m6	
			200~280	140~200	100~140	n6	
			—	200~400	140~280	p6	
	Heavy Loads or Shock Loads ($> 0.13C_r$ (1))	Railway Axleboxes, Industrial Vehicles, Traction Motors, Construction Equipment, Crushers	—	50~140	50~100	n6	
			—	140~200	100~140	p6	
—			over 200	140~200	r6		
—			—	200~500	r7		
Axial Loads Only			All Shaft Diameters		js6 (j6)		

بامشخص شدن نوع و درجه انطباق میزان تolerانس ها با استفاده از جداول استاندارد که در انتهای جزوه آورده شده است مشخص می شود.

البته لازم به توضیح است که انطباقات برای بال برینگ ها بر اساس مواد بکاررفته در بال برینگ ها و میزان باری است که تحمل می کنند و در هر کارخانه سازنده ای برای مونتاژ محصولات خود تolerانس های معرفی می کند که ممکن است با تolerانس کارخانه دیگر کمی تفاوت داشته باشد که این مطلب بخصوص برای مواردی که از بال برینگ های مشابه کارخانجات مختلف بصورت جایگزین استفاده می شود باید مدنظر قرار گیرد. برای تعیین تolerانس های نصب هر یاتاقان باید به کاتالوگ های فنی کارخانه سازنده برینگ مراجعه شود. مثال تolerانس های نصب بال برینگ ۶۲۱۴ (قطر داخلی ۷۰ و قطر خارجی ۱۲۵ میلی متر) را که به عنوان یاتاقان شعاعی یک پمپ نصب می شود رابدست آورید.

حل: طبق جداول فوق نوع انطباق محور j6 وانطباق هوزینگ H7 بدست می آید و با مراجعه به جدول استانداردها (محور مینا) برای قطر ۷۰ میلیمتر میزان تolerانس برای محور با قطر داخلی هفتاد میلیمتر +۱۲ تا -۷-

میکرون است که قطر محور باید در محدوده $70 \begin{matrix} +0.012 \\ -0.007 \end{matrix}$ میلیمتر قرار گیرد و با توجه به این که قطر خارجی

بال برینگ در هوزینگ برینگ ۱۴۰ میلیمتر وانطباق ان H7 است تolerانس آن در محدوده صفر تا +۰۴ میکرون

قرار می گیرد که قطر محور باید در محدوده $125 \begin{matrix} 0.000 \\ +0.040 \end{matrix}$ میلیمتر قرار داشته باشد.

مثال: تolerانس نصب رولر برینگ شماره ۳۲۰۱۳ (قطر داخلی ۶۵ و قطر خارجی ۱۰۰ میلیمتر) مربوط به چرخ جلوی بنز خاور (کنس داخلی ثابت و کنس خارجی می چرخد) را بدست آورید.

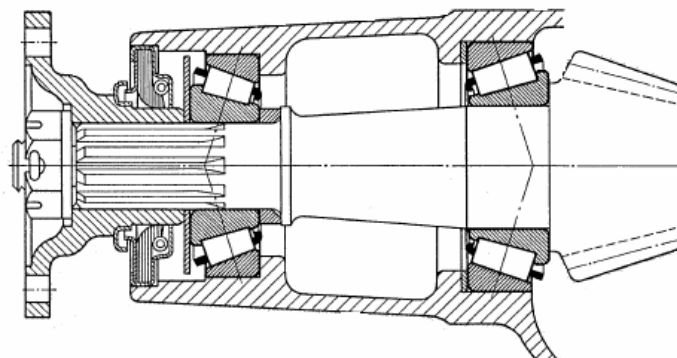
حل: بر اساس جداول فوق انطباق برای هوزینگ برینگ M7 وانطباق برای محور h6 بدست می آید. همانطور که ملاحظه می شود بر اساس شرایط کاری (که محور ثابت است) برینگ انطباق برینگ به گونه ای است که کنس داخلی برینگ روی محور آزاد است ولی کنس خارجی در داخل هوزینگ برینگ پرس می باشد.

کم ترین و بیشترین تolerانس M7 برای قطر ۱۰۰ میلیمتر هوزینگ عبارتند از:

MAX: -30 MIN: 0

همچنین کمترین و بیشترین تolerانس برای انطباق h6 برای محور با قطر ۶۵ میلیمتر عبارتند از (بر حسب میکرون):

MAX: -19 MIN: 0



100 $\begin{matrix} 0.000 \text{ mm} \\ -0.030 \text{ mm} \end{matrix}$

وقطر داخلی هوزینگ برابر با

65 $\begin{matrix} 0.000 \text{ mm} \\ -0.019 \text{ mm} \end{matrix}$

بنابراین تolerانس قطر محور برابر با

خواهد بود.

در عمل بهتر است ماشینکاری طوری انجام شود که اندازه حاصله در وسط محدوده فوق واقع گردد.

روانکاری

روانکاری علم تسهیل حرکت نسبی سطوح در تماس بایکدیگر می باشد و روانکار ماده ای است که به منظور کاهش اصطکاک بین دوسطحی که نسبت به هم دارای حرکت هستند قرار می گیرد و با ایجاد فیلمی از روغن از تماس فلز با فلز جلوگیری می نماید.

وظایف روانکارها

روغن های روان کننده بسته به شرایط کار دستگاه وظایف زیر را انجام می دهند:

- ۱- روان کنندگی و کاهش اصطکاک باتشکیل فیلم روانکار بین قطعات ثابت و متحرک به منظور به حداقل رساندن اصطکاک و جلوگیری و تقلیل و تاخیر در سایش در حین کار.
 - ۲- جذب و انتقال حرارت و خنک کردن و کنترل دمای قطعات.
 - ۳- جلوگیری از اثرات ضربه قطعات بر یکدیگر در حین حرکات مکانیکی قطعات.
 - ۴- اب بندی فواصل بین قطعات.
 - ۵- جلوگیری از فساد و خوردگی.
 - ۶- جلوگیری از ته نشین شدن مواد لجنی در موتور.
 - ۷- عمل کننده به عنوان حامل Carrier مواد شیمیایی یا ذرات ساییده شده موجود در روغن و انتقال آنها از محوطه برینگ ها و دیگر نقاط روانکاری شونده به داخل مخزن روغن و جدا کردن این ناخالصی ها در داخل فیلتر روغن.
 - ۸- شستشو و تمیز کردن قطعات و جلوگیری از ته نشین شدن والودگی روانکار (بخصوص در موتورهای احتراق داخلی).
 - ۹- صرفه جوئی در مصرف انرژی (کاهش توان مصرفی) با کاهش اصطکاک.
 - ۱۰- بالا نگه داشتن راندمان و قدرت موتور.
 - ۱۱- معلق نگه داشتن مواد زائد و جلوگیری از رسوب آنها بر روی قطعات.
 - ۱۲- حفاظت از سطوح در مقابل زنگ زدگی و خوردگی شیمیائی.
 - ۱۳- کاهش توان مصرفی مورد نیاز (صرفه جوئی در مصرف انرژی).
- که نتایج (توجیحات اقتصادی) آن شامل موارد زیر است:
- ۱- افزایش طول عمر مفید قطعات تحت نیروهای اصطکاک.
 - ۲- کاهش قیمت تمام شده تولیدات در اثر کارکرد بیشتر ماشین الات.

۳- کاهش نیروی انسانی تعمیرات و هزینه تعویض قطعات دستگاه ها.

۴- کاهش هزینه های مصروفه جهت تامین توان مورد نیاز (کاهش توان مصرفی).

خواص ضروری روغن های روان کننده

روغن های روان کننده باید:

۱- دارای گرانروی یا ویسکوزیته مناسبی باشند تا فیلم روغن با ضخامت مناسبی تشکیل شود و باعث کم شدن اصطکاک و ساییدگی و انتقال حرارت و ضربه گیری و آب بندی و انتقال نیرو گردد.

۲- روغن روانکار باید گرانروی خود را در محدوده درجه حرارت کاری در حد کافی حفظ کند تا لطمه ای به انجام وظایف آن وارد نشود (در اصطلاح گفته می شود شاخص گرانروی Viscosity Index به اندازه کافی و بالایی داشته باشند).

۳- در مقابل تجزیه حرارتی و اکسیداسیون (سوختن) به حد کافی مقاوم باشند.

۴- باعث زنگ زدگی و خوردگی بیش از حد قطعات، که توسط مواد اسیدی و ساییده بوجود می آید نشود.

۵- دارای مواد پاک کننده و معلق مناسب باشند تا از ته نشین شدن رسوبات در لابلای قطعات جلوگیری نماید.

۶- در سرما به اندازه کافی روان باشند تا شروع و ادامه حرکت قطعات آسان شود.

۷- اثر نامطلوبی روی قطعات غیر فلزی مثل کاسه نمد ها و... نداشته باشند.

۸- روی قطعاتی که با آنها در تماس است و همچنین روی اجزای درونی خودشان اثر نامطلوب نداشته باشد و بین آنها و اجزا سازگاری وجود داشته باشد.

۹- از نظر عواملی نظیر فراریت آتش گیری و نظایر آن در شرایط مناسبی قرار داشته باشند.

۱۰- روغن ها باید بتوانند اثرات نامطلوب ناشی از کار دستگاه مثل احتراق و یا مخلوط شدن با آب در توربین های بخار و... را تا حد ممکن خنثی نماید.

۱۱- مواد آلوده کننده خارجی مثل گرد و خاک و... همراه نداشته باشند.

۱۲- در حین کار کف نکند.

۱۳- در شرایط عملیات و طول زمان سرویس خواص خود را محفوظ نگه دارد.

۱۴- خاصیت ضد زنگ زدگی داشته باشد به خصوص وقتی که در محیط عمل ممکن است رطوبت وجود داشته باشد.

۱۵- خاصیت ضد فرسودگی داشته باشند.

۱۶- در درجه حرارت عملیاتی، سرعت و بار غلظت مناسبی داشته باشند.

اکثر ویژگی های فوق الذکر تقریباً در تمام روغن ها بطور مشترک ضروری است ولی ممکن است در هر مورد خاص، موارد معینی از آنها اولویت بالاتری داشته باشد. علاوه بر این ممکن است هر روغن مخصوص ویژگی های مشخص نیز برایش ضروری باشد مثلاً قدرت پاک کنندگی که جز خواص ضروری روغن موتور های بنزینی و دیزلی و نظایر آن است و یا تشکیل شدن یک امولسیون پایدار روغن و آب برای روغن های حل شونده تراشکاری و جداسدن آب از روغن در مدت زمان کوتاهی برای روغن های توربین های بخار (به همین دلیل روغن های توربین ها نباید با موادی مثل پاک کننده ها که باعث ایجاد امولسیون و جدانشدن آب و روغن می شوند مخلوط شوند) همچنین روغن ترا نسفورماتورها و نظایر آن باید در حد بالایی عایق الکتریسیته باشند و روغن های هیدرولیک باید مقاومت مولکولی بالایی برای تحمل فشار های بالا را داشته باشند تا عمل انتقال نیرو را به نحو احسن انجام دهند که جهت دادن خواص ضروری به روغن ها با اضافه کردن مکمل های Additive مورد نیاز هر شرایط به روغن پایه باعث بهبود خواص آن می شود.

البته تمامی این وظایف با شدت یکسان در همه موارد، مورد نیاز نیست و بسته به مورد، نوع کار برد و مصرف روغن ممکن است بعضی از وظایف فوق از وظایف اصلی روغن و بقیه به عنوان وظایف فرعی مطرح باشند. لازمه لغزش بین دو سطح که توسط روغن روانکاری می شوند مولکول های روغن است که بستگی به ضریب اصطکاک بین سطح لغزنده و روغن دارد و برای لغزش با ضریب اصطکاک کم باید روغن مناسب باشد و غلظت آن طوری باشد که در مقابل درجه حرارت های بالا و فشارهای وارده از حد معینی کمتر نشود و خاصیت روانکاری خود را از دست ندهد.

نکته حائز اهمیت این است که روغن ها برای این که بتوانند وظایف خود را به درستی انجام دهند، باید دارای شرایط و ویژگی های معینی باشند که در واقع همین خواص روغن ها است که روغن های مختلف و کیفیت آنها را متمایز می کند. همچنین به دلیل ویسکوزیته روغن، در خود روغن نیز نیروی اصطکاک ایجاد می شود که باید در محاسبات برینگ ها منظور گردد.

استفاده از روغن مناسب می تواند مزایای زیر را در بر داشته باشد:

۱- کم شدن مصرف سوخت.

۲- کاهش اصطکاک و توان مصرفی .

۳- افزایش طول عمر ماشین و قطعات آن .

تقسیم بندی روانکارها

بطور کلی روانکارها در چهار دسته طبقه بندی می شوند:

۱- روانکارهای گازی

۲- روانکارهای جامد

۳- روانکارهای نیمه جامد

۴- روانکارهای مایع

مورد استفاده روانکارهای گازی در درجه حرارت های خیلی زیاد (بالتر از ۸۰۰ درجه سانتیگراد) یا خیلی پایین (حدود ۲۰۰- درجه سانتیگراد) است.

موارد کاربرد روانکارهای جامد برای شرایط خاص است به عنوان مثال در راکتورهای هسته ای که روانکار باید در برابر انرژی تشعشعی زیاد مقاوم باشد و یا در مواردی که لازم است روانکار تحت شرایط خلا فراریت کمی داشته باشد. یکی از مهمترین روانکارهای جامد گرافیت است که از لحاظ شیمیائی در مقابل اشعه رادیواکتیو نیز بی تفاوت است و علاوه بر آن از این روانکار در درجه حرارت های بالا نیز استفاده می شود زیرا حتی در اثر سوختن نیز ذی اکسید کربن تولید نمی کنند و بدون این که ذراتی در محل باقی بگذارد از محیط روانکاری خارج می شوند.

گریس ها جز مواد روان کننده نیمه جامدی هستند که از مخلوط کردن یک عامل سفت کننده در روانکار مایع بدست می آیند و در مواقعی که نیاز است روان کننده در وضعیت اولیه در یک مکانیزم باقی بماند خصوصا در محل هایی که امکان روانکاری مجدد محدود است یا از نظر اقتصادی غیر قابل توجیه باشد از انواع گریس ها برای روانکاری استفاده می شود

روانکارهای مایع بیشترین کاربرد عمومی و تخصصی را دارند و در دو دسته زیر طبقه بندی می شوند:

الف- روغن های معدنی Mineral Oils

ب- روغن های مصنوعی Synthetic Oils

هر دو نوع روغن معدنی و مصنوعی به نوعی از نفت خام مشتق می شوند با این تفاوت که روغن های مصنوعی با انجام یک سری واکنش های شیمیائی دقیق و کنترل شده بر روی محصولات مختلف پتروشیمی بدست می آیند و در نتیجه کارائی خیلی بالا و نهایتا قیمت تمام شده بالائی دارند ولی روغن های معدنی از تقطیر نفت خام و جدا کردن واکنش شیمیائی کنترل شده بدست می آیند بنابراین نسبت به روان کننده های مصنوعی دارای قیمت کمتر و مصرف بیشتری باشند. روغن های معدنی از بهترین و مناسب ترین مواد

برای روانکاری هستند وانهارامی توان بصورت خالص یا با اضافه کردن مواد افزودنی Additive استفاده کرد.

روغن های مصنوعی Synthetic Oils

باتوجه به قدرت ورناندمان بالای موتورهای مدرن امروزی که اکثرادرشرایط سختی کارمی کنندروانکاری قطعات آنها توسط روغن های تولیدشده ازهیدروکربورهای معدنی امکان پذیرنیست همچنین برای صنعت هواپیمائی کمبودروغن موتوربانقطه ریزش خیلی پایین وهمچنین نیازبه روغن های باکیفیت های بالا باعث استفاده روزافزون وتوسعه روغن های مصنوعی شده است.

مشخصه های بارز روغن های مصنوعی عبارتنداز:

۱- تغییرات کم گرانروی نسبت به افزایش درجه حرارت.

۲- ثبات شیمیائی پایدار.

۳- طول عمربالا.

۴- مقاومت زیاددربرابراکسیداسیون.

۵- مقاومت دربرابرپرتوهای رادیواکتیو.

۶- مقاومت بالادربرابراتش گرفتن.

۷- حفظ ثبات درمقابل حرارت زیاد.

۸- فراریت کم.

ولی به دلیل نیازبه فرایندهای پیچیده وهزینه های تولیدبالا، روغن های مصنوعی دارای قیمت های بیشتری نسبت به روغن های معدنی که ازموادنفتی بدست می ایدمی باشند وهمین امرباعث گردیده که روغن های معدنی هنوزبه وفور دراکثرصنایع وماشین الات مورداستفاده زیادی داشته باشند.

بعضی ازروغن ها و مواد مایع روانکاری نیزاز سایر مواد معدنی یا روغن های نباتی بدست می آیندولی اهمیت روغن های معدنی و موارد استفاده آنها بیشتر از انواع دیگر است .

مزایای روغن های معدنی

۱- خواص فیزیکی وشیمیائی انهارامی توان دقیقابوه دلخواه درهنگام تولیدکنترل کرد.

۲- قابلیت تحمل طیف تقریبا وسیعی ازددرجه حرارت رادارند.

۳- باموادشیمیائی الی قابل اختلاط هستند که همین باعث امکان اضافه کردن موادافزودنی به انهاوتغییر نحوه عملکردانهابرطبق خواسته هاوشرایط کاری می شود.

۴- سازگاری آنها با لاستیک ها و پلاستیک هایی که در ساخت کاسه نمدها و دیگرا ب بندها استفاده می شوند زیاد است.

۵- ارزان بودن و در دسترس بودن آنها.

۶- دارا بودن پایداری و مقاومت قابل قبول .

۷- بی اثر بودن و غیر خورنده بودن آنها از نظر شیمیائی و قابلیت آنها در حفاظت از سطوح در برابر عوامل خورنده شیمیائی و عوامل مخرب فیزیکی.

۸- قابلیت جذب و انتقال حرارت های ناخواسته.

۹- دارا بودن شرایط اصلی مورد نیاز برای یک روان کننده خوب که قبلا بیان شده است.

افزودن مواد اضافی باعث بهبود خواص روغنها می شود و بطور کلی شرایط کار روغن را بهتر کرده و باعث طولانی شدن عمر آن می شود مواد مکمل ممکن است یک یا چند دسته از انواع زیر باشد:

۱- مواد پاک کننده و معلق کننده برای جذب و انتقال رسوبات.

۲- موادی که باعث بالابردن مقاومت روغن در مقابل فشار می شوند.

۳- موادی که باعث جلوگیری از پیر شدن یا کهنه شدن (اکسید شدن) روغن می گردند.

۴- موادی که باعث بهبود خواص روغن در مورد تحمل حرارت های بالا می شوند.

۵- موادی که برای جلوگیری زنگ زدگی Anti Oxidant هستند.

۶- مواد ضد کف Anti Foam برای جلوگیری از کف کردن روغن.

۷- مواد ضد سائیدگی Anti Wear

۸- مواد بهبود دهنده شاخص گرانیروی VI-Improver

۹- مواد پایین آورنده نقطه ریزش

۱۰- مواد ضد خوردگی و.....

گریس GREASE

گریس ها محصولات نیمه مایع تا جامد یک عامل سفت کننده هستند که از متفرق شدن در یک مایع روان کننده که به میزان مشخص سفت شده است بدست می آیند. به عبارت دیگر گریس یک ماده روان کننده ای است که به میزان مشخصی سفت شده و دارای مشخصاتی است که روغن به تنهایی فاقد آن است. مزایای گریس نسبت به روغن شامل:

- ۱- با استفاده از گریس دفعات روانکاری کمتر می شود.
- ۲- راحتی استفاده و بکارگیری گریس نسبت به روغن.
- ۳- امکان استفاده برای جاهائی که روانکاری مجدد محدود باشد یا از نظر اقتصادی غیر قابل توجیه باشد.
- ۴- منتفی شدن چکه و نشتی روانساز.
- ۵- امکان استفاده از سیستم آب بندی ساده تر در ماشین آلات.
- ۶- چسبندگی خوب به قطعات.
- ۷- راندمان بالاتر در شرایط دما و فشار بالا.
- ۸- طراحی ساده تر دستگاه هایی که با گریس روانکاری می شوند.
- ۹- نیازه نیروی کاری کمتر برای تعویض و سرویس.

مقایسه گریس با روغن

- ۱- برخلاف روغن گریس ها قابلیت خنک کردن قطعات و دستگاه ها را ندارند.
 - ۲- روغن ها راحت تر به قطعات و مجاری دستگاه راه پیدا می کنند.
 - ۳- نگهداری و بسته بندی گریس ها با مسائل بیشتری توأم است.
 - ۴- تعویض گریس ها و شستشوی محل قرار گرفتن آنها مشکل تر است.
 - ۵- امکان انالیز نمودن گریس ها برای تعیین عیوب روی قطعات کمتر است.
- گریس قابل قبول برای یک شرایط معین باید دارای خواص زیر باشد:
- ۱- ایجاد روانکاری مناسب برای کاهش اصطکاک با توجه به شرایط و فشار کار در ماشین آلات و انتخاب گریسی که بتواند از عهده روانسازی بر آید.
 - ۲- محافظت از قطعات در برابر خوردگی و زنگ زدگی.
 - ۳- سفت نشدن بیش از حد در هوای سرد.
 - ۴- سازگاری با کاسه نمدها و سیستم های آب بندی.

۵- قدرت تحمل کردن مقداری ازلودگی هامثل رطوبت بدون ازدست دادن خواص مهم رداشته باشند.

۶- داشتن خواص فیزیکی مناسب برای کاربردهای موردنظر.

۷- داشتن مقاومت کافی دربرابر تغییرات ناگهانی در اثر کارکرد مکانیکی.

۸- دارا بودن رفتار مناسب در درجه حرارت های مختلف وعدم تغییرات شدید ویسکوزیته.

۹- انتخاب ان باید باتوجه به امکان گریسکاری مجدد و عمر گریس باشد.

جدول مقایسه بین گریس و روغن

موارد	گریس	روغن
ساختمان هوزینگ و روش اب بندی	ساده	ممکن است مشکل باشد نیازبه دقت تعمیرات دارد
دور	محدوده سرعت گریس 80% ~ 65% روغن است	محدوده دور بالا
اثرات خنک کنندگی	ضعیف	انتقال حرارت امکان دارد از روغنکاری تحت فشار استفاده شود
سیالیت	ضعیف	خوب
تعویض روانکار	اغلب مشکل است	آسان
خارج کردن مواد خارجی	خارج کردن ذرات از داخل گریس تقریباً غیر ممکن است	آسان
اثرات نشنی به بیرون	به ندرت می تواند محیط زیست را آلوده کند	اگر آلودگی زیست محیطی نباید وجود داشته باشد نباید استفاده شود

ترکیب شیمیائی گریس ها

ترکیب گریس ها شامل سه جز است:

۱- مایع گریس که ممکن است یک روغن معدنی یا هرمایع دیگری با خواص روان کنندگی مطلوب باشد.

۲- سفت کننده که باید ماده ای باشد که بتواند روغن انتخاب شده را بصورت جامد یا نیمه جامد در آورد.

۳- مواد افزودنی بهبود دهنده که خواص گریس را بهبود می بخشد یا خواص بخصوصی را در ان ایجاد می کنند.

تنوع زیاد روغن و ماده سفت کننده باعث شده است که انواع مختلف گریس با کارآیی های گوناگون ساخته و عرضه شود.

گریس را می توان بر اساس نوع روغن بکار رفته در آنها به دو دسته:

الف- گریس های معدنی.

ب- گریس های سینتتیک.

تقسیم‌بندی نمود.

سفت کننده های اصلی که در ساخت گریس بکار می روند در دودسته زیر طبقه بندی می شوند:

۱- گروه ترکیبات صابونی فلزی نظیر سدیم، لیتیم، کلسیم، آلومینیوم سرب و ... ویاترکیبی از این فلزات نظیر گریس های با پایه الومینیوم لیتیم باریم و

۲- گروه ترکیبات غیر صابونی نظیر خاک‌های فعال شده بنتونیت، یا پلیمرهای خاص که برای ساخت گریس های نسوز که در درجه حرارت های بالاستفاده می شوند.

در جدول زیر خواص گریس های ساخته شده از صابون های مختلف آورده شده است.

نوع صابون	نوع روغن پایه	محدوده دمای کارکرد °C	پایداری در برابر آب	توضیحات
صابون سدیم	روغن معدنی	۱۰۰ تا -۲۰	غیر پایدار	با آب تشکیل امولسیون داده و در برخی شرایط بصورت مایع تغییر حالت می دهند
صابون لیتیم	روغن معدنی	۱۲۰ تا -۳۰	پایداری تا 90 °C	گریس چند منظوره
صابون کمپلکس لیتیم	روغن معدنی	۱۴۰ تا -۳۰	پایدار	گریس چند منظوره با خاصیت پایداری حرارتی بالاست
صابون کلسیم	روغن معدنی	۷۰ تا -۲۰	بسیار پایدار	خاصیت آب بندی و پایداری عالی در مقابل نفوذ آب داشته و آب را جذب نمی نماید
صابون آلومینیوم	روغن معدنی	۷۰ تا -۲۰	پایدار	پایداری مناسب در مقابل آب دارد
صابون کمپلکس سدیم	روغن معدنی	۱۶۰ تا -۳۰	پایداری تا 80 °C	برای دمای بالا و فشار زیاد مناسب است
صابون کمپلکس کلسیم	روغن معدنی	۱۲۰ تا -۳۰	بسیار پایدار	با توجه به گرانی روغن پایه بعنوان گریس چند منظوره در دما، فشار و سرعت بالا کاربرد دارد
صابون کمپلکس باریم	روغن معدنی	۱۲۰ تا -۲۰	بسیار پایدار	در مقابل بخار پایدار است با توجه به گرانی روغن پایه بعنوان گریس چند منظوره در دما، فشار و سرعت بالا کاربرد دارد
پلی اوره	روغن معدنی	۱۶۰ تا -۲۰	پایدار	در شرایط عملیاتی ساخت با دما، فشار و سرعت بالا توصیه می شود
صابون کمپلکس آلومینیوم	روغن معدنی	۱۴۰ تا -۳۰	پایدار	با توجه به گرانی روغن پایه در دما، فشار و سرعت بالا کاربرد دارد
بتونیت	روغن معدنی یا روغن های استری	۱۶۰ تا -۲۰	پایدار	گریس نیمه جامد و ژله مانند در دمای بالا و سرعت پایین کاربرد دارد
صابون لیتیم	روغن استری	۱۲۰ تا -۶۰	پایدار	در دمای پایین و سرعت بالا کاربرد دارد
صابون کمپلکس باریم	روغن استری	۱۲۰ تا -۴۰	پایدار	در مقابل بخار پایدار است و برای کار در دمای پایین و سرعت بالا مناسب است
صابون کمپلکس کلسیم	روغن استری	۱۲۰ تا -۴۰	پایدار	در مقابل بخار پایدار است و برای کار در دمای پایین و سرعت بالا مناسب است
صابون لیتیم	روغن سلیکونی	۱۷۰ تا -۴۰	بسیار پایدار	بمنظور کار در دمای پایین و سرعت بالا و سرعت کم و متوسط و فشار زیاد مناسب است

موادافزودنی بهبوددهنده ای که درپروسه ساخت گریس های روان کننده استفاده می شوند شامل: موادبازدارنده اکسیداسیون وزنگ زدگی، موادافزودنی پایین اورنده نقطه ریزش، موادافزودنی ضد سائیدگی باقابلیت فشارپذیری بالا، موادکاهش دهنده اصطکاک، موادرنگی و..... که نقش این مواد در گریس مانندنقش مواد مشابه درروغن های روان کننده است ودربخش های قبلی راجع به انهابحث شده است.

انتخاب روانکار Selection Of Lubrication

مهمترین پارامتربرای انتخاب نوع روغن ویسکوزیته ان است. درصورت انتخاب صحیح ویسکوزیته برینگ می توانددربهترین شرایط کارائی داشته باشد

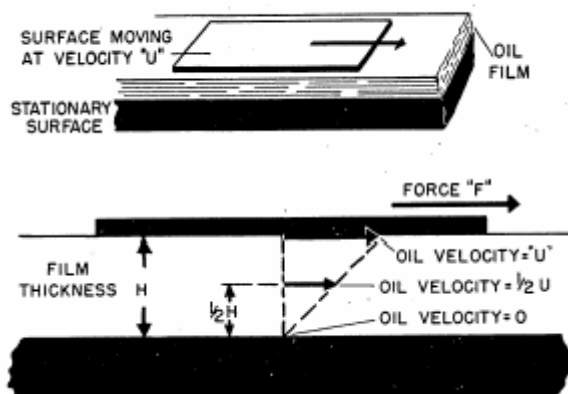
گرانروی یکی از مهمترین خواص روغن بوده که به شلی یاسفتی روغن مربوط می شود. به عبارت دیگر به مقاومت روغن در برابر جریان یافتن گرانروی یایسکوزیته گفته می شودو یکی از مهمترین عوامل برای انتخاب صحیح روغن برای یک دستگاه است. از آن جایی که گرانروی عامل بسیار مهمی در روغن های صنعتی است، تمام مشخصات طراحی شده برای روغن های صنعتی، به گرانروی آن ها ارجاع داده می شود

گرانروی روغن در درجه حرارت کاری مشخص کننده خواص روغن در مقابل اصطکاک می باشد. هنگام انتخاب روغن لازم است که روغنی انتخاب شود که به اندازه کافی غلیظ باشد تا تشکیل یک فیلم نازک بین دو سطح درگیر داده شود و از تماس مستقیم قطعات ثابت و متحرک جلوگیری به عمل آید. اصطکاک با ضخیم شدن فیلم روغن نسبت مستقیم داردبدین جهت نباید تصور شود که روغن های سبک تر نسبت به روغن های سنگین تر بهتر روغن کاری می کنند. اگر روغن خیلی رقیق باشد ممکن است نتواند دو سطح متحرک فلزی را کاملاً از هم جدا نگه دارد(به دلیل کم شدن فیلم روغن) و نتیجتاً در بعضی از نقاط دو سطح با هم تماس پیدا می کنند و گرمای حاصله از این تماس باعث کمتر شدن گرانروی روغن یعنی تماس بیشتر فلز با فلز می شود. هرچه تماس دو سطح فلزی بیشتر شود گرمای حاصله بالاتر خواهد رفت تا باعث جوش خوردن (گریپاژ کردن) وتوقف ماشین شود. در اتومبیل های سواری فاصله بین درجه حرارت شروع به کار و هنگام عملیات زیاد است بدین جهت باید در انتخاب روغن دقت کافی به عمل آید تا هنگام شروع به کار موتور در هوای سرد، روغن جریان داشته باشد و از طرفی گرانروی آن در گرمای عملیات مناسب باشد.

گرانروی در ایجاد گرما در یاتاقان ها، سیلندرها و دنده ها نیز نقش مؤثری داردو اثر آب بندی Sealing Effect مقدار مصرف و کم شدن روغن در سیستم راکنترل می کند. آسان روشن شدن ماشین در هوای سرد بستگی زیادی به گرانروی روغن مورد استفاده داردو مهمترین عامل در انتخاب روغن، می باشد.

ایده اساسی درباره گرانروی بوسیله شکل زیر که یک قطعه با سرعت یکنواخت روی یک لایه روغن روی یک سطح ثابت دیگر کشیده می‌شود، نشان داده شده است. برای حرکت دادن قطعه باید نیرویی برابر F بکار برده شود تا اصطکاک بین سطح قطعه و لایه روغن را از بین ببرد زیرا روغن تمایل دارد که به صفحات ثابت و متحرک بچسبد و در برابر حرکت مقاومت ایجاد کند.

مفهوم گرانروی دینامیک



مقدار نیروی (F) لازم برای حرکت دادن دو قطعه نسبت به هم:

الف- تناسب مستقیم با سرعت (U) حرکت دارد.

ب- تناسب مستقیم با سطح (A) دو صفحه (قطعه) دارد.

پ- تناسب معکوس با فاصله بین دو صفحه (L) دارد.

اصطکاک بین قطعه و لایه روغن به علت وجود گرانروی روغن است. در نتیجه نیروی بکار رفته برای حرکت بستگی به ضریب مقاومت داخلی بین دو سطح (که ناشی از روغن است، و به آن گرانروی یا ویسکوزیته گفته می‌شود) دارد.

از لحاظ ریاضی می‌توان آن را بصورت رابطه زیر نوشت:

$$F = \mu A \frac{U}{L}$$

گرانروی را که با اندازه‌گیری مقدار نیروی لازم برای غلبه بر نیروی اصطکاک بین دو لایه، با ابعاد مشخص، اندازه‌گیری می‌شود را گرانروی مطلق یا گرانروی دینامیک Dynamic Viscosity می‌گویند. گرانروی

دینامیک فقط تابعی از اصطکاک داخلی مایع است، و یکی از اساسی‌ترین عوامل در محاسبات طراحی برینگ ها و جریان مایعات می‌باشد.

در رابطه فوق بعدویسکوزیته :

$$\frac{F \times T}{L^2}$$

است که اگر T زمان بر حسب ثانیه و طول L بر حسب سانتیمتر در نظر گرفته شود ویسکوزیته بر حسب پواز Poise بدست می‌آید که به واحد کوچکتر آن که یک صدم پویز (0.01 Poise) سانتی پویز Centipoise است و با (cp = 0.01 p) و در سیستم بین‌المللی ISO با واحد پاسکال - ثانیه (1 pas = 10 p) گزارش می‌شود.

از تقسیم گرانیروی دینامیک (مطلق) بر دانسیته روغن گرانیروی سینماتیک بدست می‌آید. گرانیروی سینماتیک را می‌توان به عنوان مقاومت یک مایع در برابر جریان آن تحت نیروی وزن تعریف کرد و نشان دهنده تأثیر دانسیته بر گرانیروی دینامیک است که هر دو در یک درجه حرارت و سیستم واحد یکسان اندازه گرفته می‌شوند.

$$\text{Kinematic Viscosity} = \frac{\text{Dynamic Viscosity}}{\text{Density}}$$

بعدان عبارتست از:

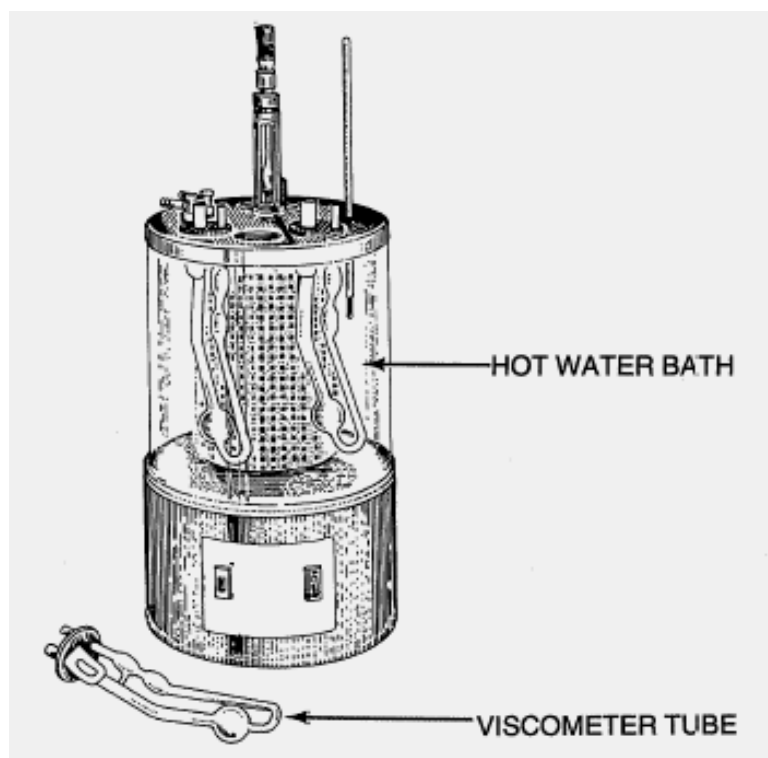
$$\frac{L^2}{T}$$

در رابطه فوق اگر طول L بر حسب سانتیمتر و زمان T بر حسب ثانیه باشد واحد گرانیروی سینماتیک طبق قرار داد بر حسب سانتیمتر مربع بر ثانیه است که استوک Stoke نامیده می‌شود و چون واحدان برای اندازه گیری های مهندسی و مسائل روانکاری زیاد است از واحدهای کوچکتر آن که سانتی استوک (1 cst = 0.01 st) است و در سیستم بین‌المللی ISO با میلی‌متر مربع بر ثانیه (1 mm²/s = 1 cst) بیان می‌شود استفاده می‌شود. باتوجه به این که طول یک عدد ثابت است می‌توان نتیجه گرفت که گرانیروی سینماتیک فقط تابع زمان است و اسان تر و دقیق تر اندازه گیری می‌شود در آزمایشگاه نیز از این پارامتر استفاده می‌شود.

برای اندازه گیری گرانیروی سینماتیک از دستگاه استاندارد مخصوصی که شامل یک لوله موئینه که دارای یک اریفیس است و به آن ویسکومتر گفته می‌شود استفاده می‌شود. روش کار به این صورت است که زمان عبور حجم معینی از روغن بین دو علامت تحت تأثیر نیروی ثقل زمین بر حسب ثانیه اندازه گیری می‌شود و سپس

این زمان در عدد ثابت ویسکومتر ضرب می شود تا ویسکوزیته سینماتیک بر حسب سانتی استوک در درجه حرارت معین بدست آید. هرچه زمان تخلیه روغن بیشتر باشد مین بالاتر بودن گرانیروی آن است و برعکس هرچه این زمان کمتر باشد گرانیروی پایین تر است.

در شکل زیر شمائی از یک ویسکومتر که در داخل یک حمام مایع گرم است نشان داده شده است.



در آزمایشگاه معمولاً گرانیروی سینماتیکی در یک دمای معین (۴۰ درجه سانتیگراد) اندازه گیری می شود و سپس با استفاده از جداول استاندارد گرانیروی به سیستم های دیگر تبدیل می شود.

برای اندازه گیری ویسکوزیته دینامیکی از یک عدد سیلندر ویسکومتر که پیستون با سرعت ثابتی در داخل سیلندر حرکت می کند و فاصله بین آنها با روغن پر شده است استفاده می شود. هرچه ویسکوزیته روغن بیشتر باشد مقدار نیروی لازم برای چرخاندن پیستون در داخل سیلندر بیشتر خواهد بود و هرچه روغن رقیق تر (ویسکوزیته کمتر) باشد نیرو یا گشتاور مورد نیاز کمتر خواهد بود.

بر اساس ساختمان دستگاه (قطر سطح مقطع جنس و.....) مقدار تورک لازم برای روغن های مختلف متفاوت است که با ضرب کردن تورک خوانده شده از روی دستگاه در عدد ثابت ویسکومتر، ویسکوزیته قابل محاسبه است.

انتخاب روانکار مناسب برای برینگ های غلتکی

کارخانجات برینگ سازی براساس تجربیات خود برای برینگ های مختلف روغن های باویسکوزیته مناسب راتوصیه می کنند. درجدول زیر ویسکوزیته روغن برای انواع برینگ های شرکت NSK ژاپن آورده شده است.

ویسکوزیته مورد نیاز برای انواع برینگ ها

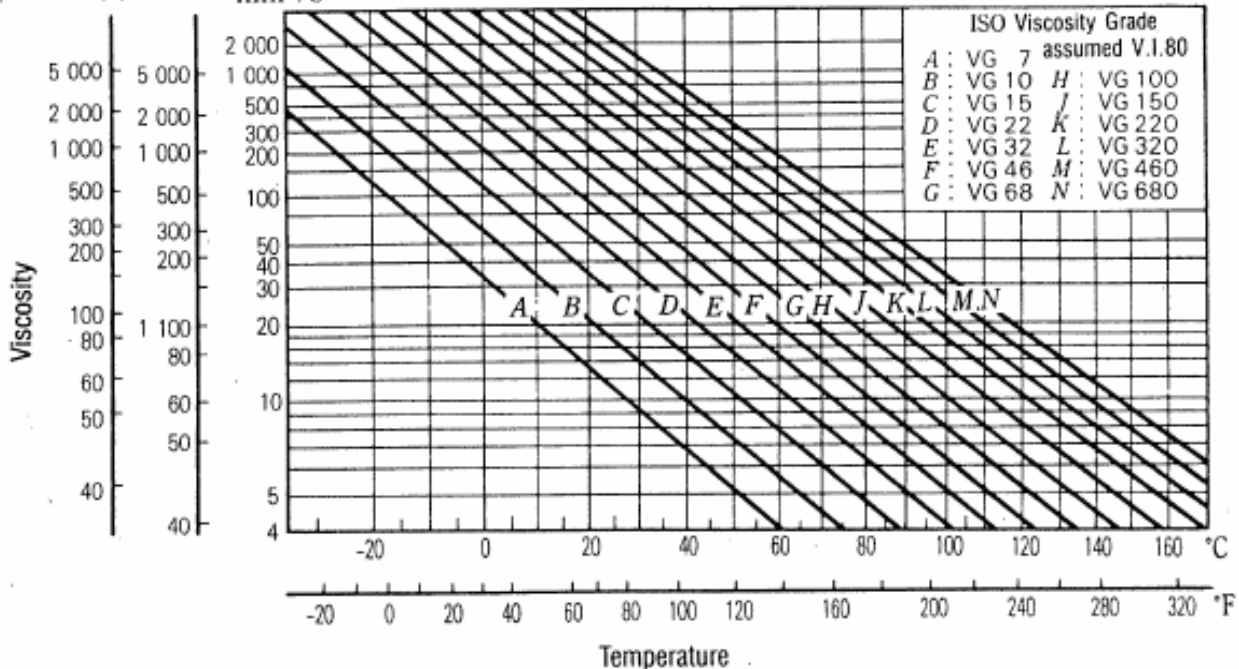
انواع برینگ	ویسکوزیته در دمای کاری
بال برینگ ها رولر برینگ های استوانه ای	13 mm ² /s or more
رولر برینگ های مخروطی رولر برینگ های بشکه ای	20 mm ² /s or more
رولر برینگ های بشکه ای محوری	32 mm ² /s or more

Remarks: 1 mm²/s = 1 cSt (Centi-Stokes)

درجدول فوق بحث از انتخاب روغن براساس ویسکوزیته در دمای کاری است ولی برای روغن ها، ویسکوزیته انهداریک دمای استاندارد اندازه گیری می شود.
درجدول زیر رابطه بین ویسکوزیته و درجه حرارت آورده شده است.

Redwood Saybolt
(Seconds) (Seconds) mm²/s

رابطه بین ویسکوزیته و درجه حرارت روغن ها



تغییرات گرانیروی با درجه حرارت با شاخص گرانیروی اندازه گیری ویان می شود. اگر درجه حرارت کم شود، گرانیروی افزایش خواهد یافت و بر عکس اگر درجه حرارت افزایش یابد، گرانیروی کاهش می یابد. در مواقعی که تغییرات درجه حرارت عملکرد روغن زیاد باشد، این پارامتر اهمیت بیشتری پیدامی کند. به

عبارت دیگر شاخص گرانروی یک ارزش عددی برای نشان دادن تغییرات گرانروی یک روغن با تغییر درجه حرارت است و هرچه عدد شاخص گرانروی بزرگتر باشد مین این است که گرانروی روغن نسبت به تغییرات درجه حرارت تغییر کمتری دارد.

در جدول زیر نیز جدول انتخاب روغن مناسب برای کاربردها در درجه حرارت های مختلف آورده شده است.

جدول انتخاب روغن

Operating Temperature	Speed	Light or Average Load	Heavy or Shock Load
-30 to 0°C	Less than limiting speed	ISO VG 15, 22, 32 (refrigerating machine oil)	—
0~50°C	Less than 50% of limiting speed	ISO VG 32, 46, 68 (bearing oil, turbine oil)	ISO VG 46, 68, 100 (bearing oil, turbine oil)
	50 to 100% of limiting speed	ISO VG 15, 22, 32 (bearing oil, turbine oil)	ISO VG 22, 32, 46 (bearing oil, turbine oil)
	More than limiting speed	ISO VG 10, 15, 22 (bearing oil)	—
50~80°C	Less than 50% of limiting speed	ISO VG 100, 150, 220 (bearing oil)	ISO VG 150, 220, 320 (bearing oil)
	50 to 100% of limiting speed	ISO VG 46, 68, 100 (bearing oil, turbine oil)	ISO VG 68, 100, 150 (bearing oil, turbine oil)
	More than limiting speed	ISO VG 32, 46, 68 (bearing oil, turbine oil)	—
80~110°C	Less than 50% of limiting speed	ISO VG 320, 460 (bearing oil)	ISO VG 460, 680 (bearing oil, gear oil)
	50 to 100% of limiting speed	ISO VG 150, 220 (bearing oil)	ISO VG 220, 320 (bearing oil)
	More than limiting speed	ISO VG 68, 100 (bearing oil, turbine oil)	—

- Remarks
1. For the limiting speed, use the values listed in the bearing tables.
 2. Refer to Refrigerating Machine Oils (JIS K 2211), Bearing Oils (JIS K 2239), Turbine Oils (JIS K 2213), Gear Oils (JIS K 2219).
 3. If the operating temperature is near the high end of the temperature range listed in the left column, select a high viscosity oil.
 4. If the operating temperature is lower than -30°C or higher than 110°C, it is advisable to consult **NSK**.

البته لازم به توضیح است که علاوه بر ویسکوزیته و ویسکوزیته ایندکس (که مبین تغییرات ویسکوزیته در برابر تغییرات درجه حرارت است) سطح کیفیت روغن مورد استفاده نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا هرچه کیفیت روغن بالاتر باشد وظایف محوله رامی تواند به نحو بهتری انجام دهد. تفاوت سطح کیفیت روغن هابستگی به انواع مواد افزودنی دارد که برای مقاصد مختلف برای بالابردن کیفیت به آنها اضافه می شود تا بتواند در شرایط سخت وظایف خود را با طولانی تر کردن طول عمر قطعات و خود روغن افزایش دهد و باعث کاهش هزینه های تعمیراتی و کاهش توان مصرفی گردد.

البته کارائی و سطح کیفیت روغن های روان کننده رانمی توان مانند سایر کالاهای فقط از روی نتایج آزمایش های فیزیکی یا شیمیائی پیش بینی کرده همچنین ارزیابی کیفیت آنها در عمل نیز به علت دخالت عوامل متعدد دیگر مستقیماً برای مصرف کننده امکان پذیر نیست. به همین دلیل روش های از موم مخصوصی توسط ارگان ها انجمن ها و موسسات بین المللی برای کنترل کیفیت روغن های روان کننده بوجود آمده است.

انواع مواد افزودنی و نوع روغن پایه ای که برای ساخت روغن ها مورد استفاده قرار می گیرند در متنوع هستند که عموماً نمی توان رابطه ای پایدار، منظم، فراگیر و عمومی بین نتایج تست های فیزیکی و آزمایشگاهی و از موم های موتور پیش بینی کرد. حتی بعضی از سازنده های دستگاه ها و ماشین آلات صنعتی نوع و مقدار برخی از مواد افزودنی به روغن های مناسب خود رویداد دستگاه را جز توصیه های ضروری قرار می دهند تا فقط روغن مورد نظر طراح استفاده شود. ولی علی رغم موارد فوق تست های فیزیکی و شیمیائی ابزاری بسیار ارزش و نیرومند برای کنترل کیفیت روغن هاست.

تعویض روانکارها Replenishment And Replacement Of Lubricant

پس از گذشت مدت زمانی روغن ها و گریس ها خواص خود را از دست می دهند و باید تعویض شوند. روغنکاری صحیح در برینگ ها و تعویض به موقع آنها باعث کاهش اصطکاک و ممانعت از بالا رفتن درجه حرارت برینگ می شود. همچنین از زنگ زدگی و خوردگی برینگ نیز جلوگیری می کند. ولی باید دقت نمود زمان تعویض درست انتخاب شود. پر یود تعویض بستگی به فاکتورهای متعددی نظیر نوع برینگ، ابعاد برینگ، تعداد دور دستگاه و..... دارد. در جدول زیر زمان تقریبی تعویض گریس بر اساس دور ماشین، قطر برینگ بصورت تقریبی آورده شده است. به عنوان یک قانون کلی پر یود زمان تعویض گریس به ازای هر ۱۵ درجه سانتیگراد افزایش درجه حرارت (از ۷۰ درجه سانتیگراد به بالا) باید نصف شود.

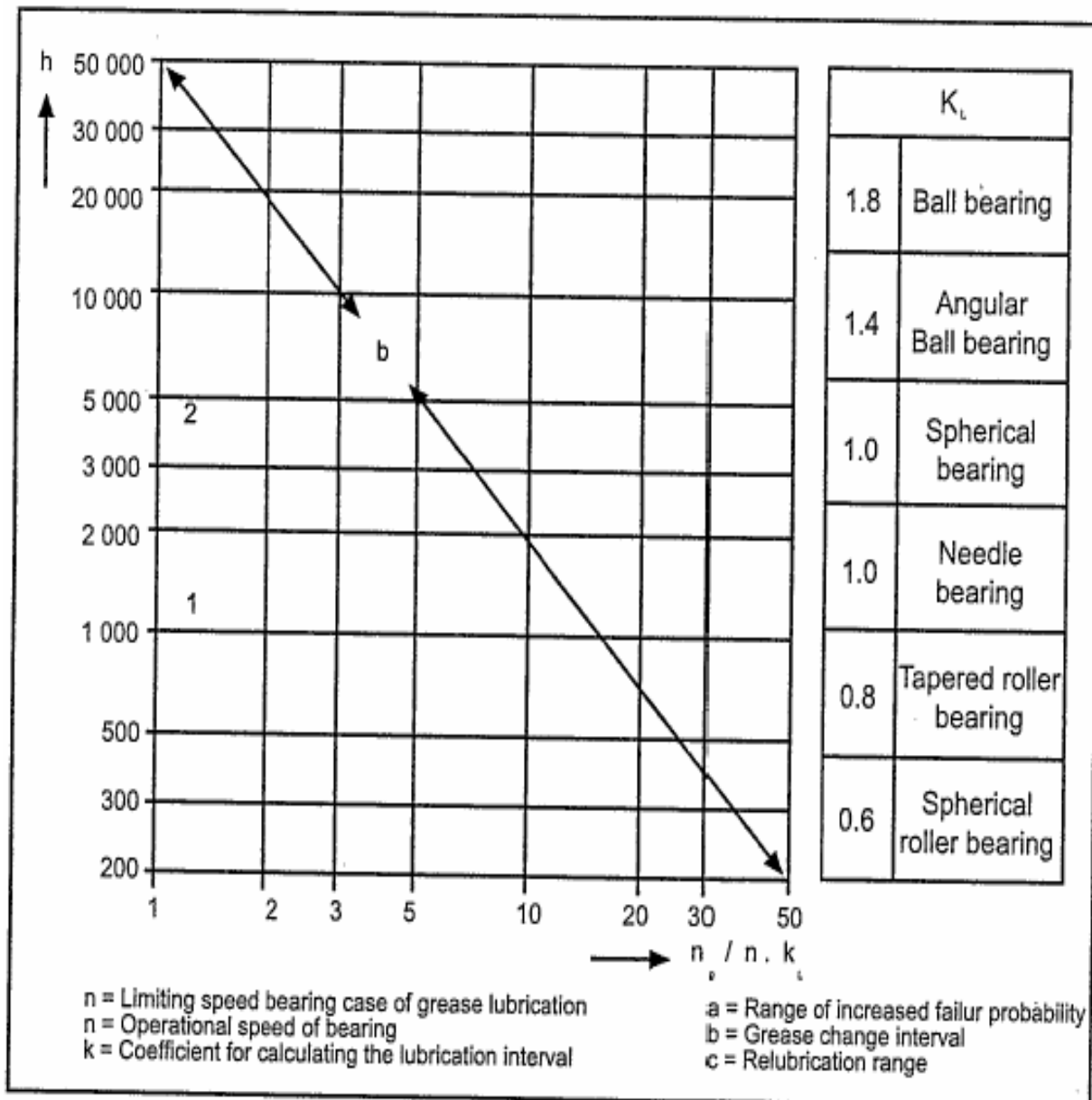
بعضی از یاتاقان هادارای سپر حفاظتی Shield (یاتاقان های Z دار) هستند که بر روی کنس خارجی آنها نصب می شود و اگر کنس خارجی نچرخد ان هم ثابت است. Shield صفحه نازک فلزی است که باعث حفظ و دوام گریس در بین ساچمه های شود و از این لحاظ یاتاقان هائی که مجهز به Shield هستند نیازی به گریسکاری ندارند. این سپر حفاظتی علاوه بر حفظ گریس در داخل برینگ از ورود آلوده کننده ها به داخل برینگ نیز جلوگیری می کنند. در بعضی از برینگ های دیگر نیز از سپرهای حفاظتی محکم تری به نام اب بند Seal استفاده می شود که قدرت اب بندی ان نسبت به نوع قبلی بسیار بالاتر است و بسته به طراحی برینگ ممکن است یک طرف یا هر دو طرف برینگ نصب شده باشند.

ساعت کارکرد گریس دریاتاقان ها

با استفاده از جدول زیر می توان ساعت کارکرد گریس های پایه لیتوم را در درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی گراد بر حسب نوع برینگ، محدوده سرعت و سرعت کاری آن بدست آورد.

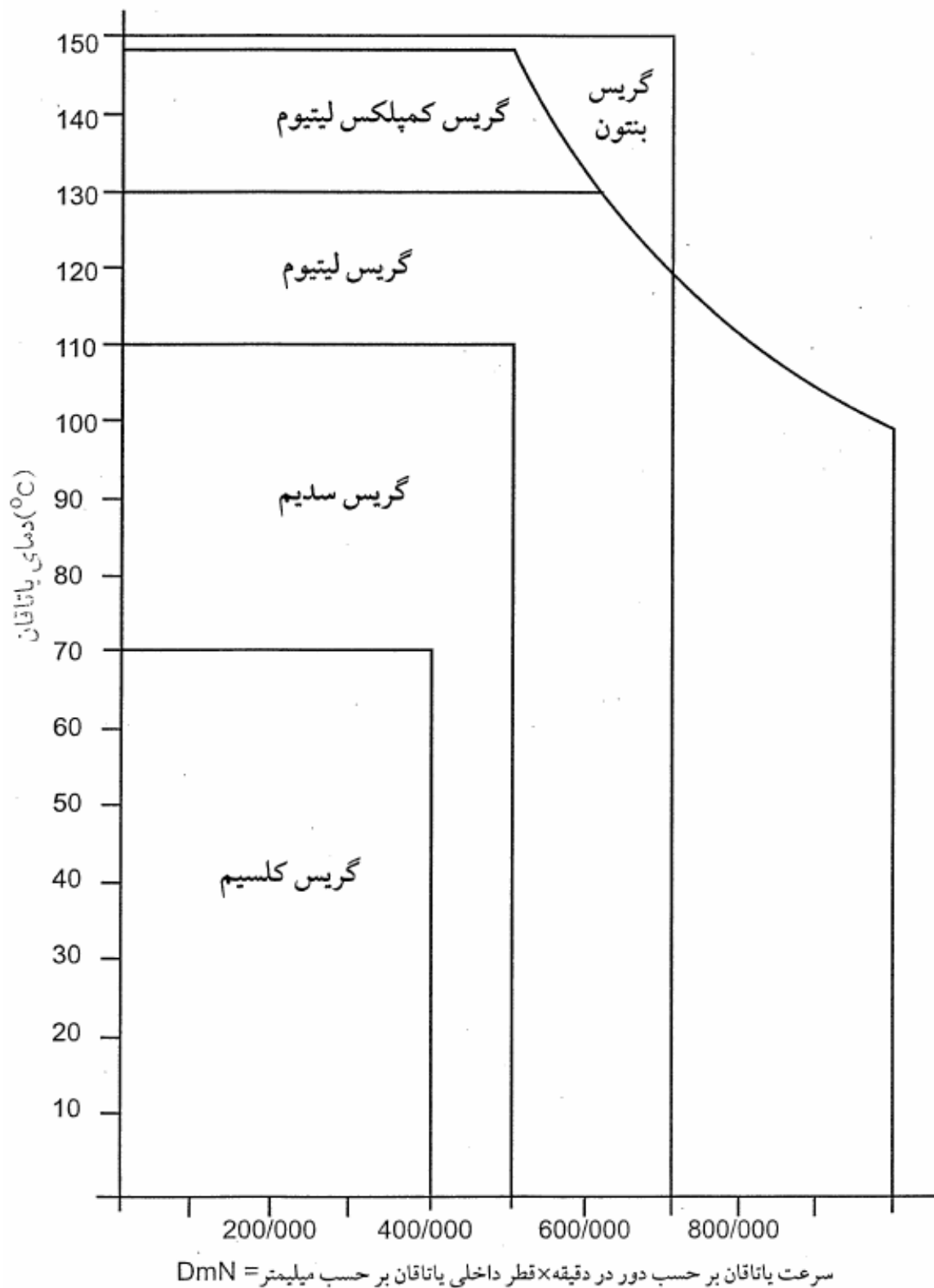
ساعت کارکرد گریس لیتیم

ثمودار محاسبه زمان های روانکاری برای گریس های لیتیمی تا محدوده درجه حرارت ۷۰°C



با استفاده از جدول زیر می توان محدوده کارکرد انواع گریس را با توجه به سرعت و درجه حرارت دریاتاقان بدست آورد.

محدوده کارکرد انواع گریس با توجه به سرعت و گرمای یاتاقان



مقدار گریس مورد نیاز برای پر یود گریس کاری

مقدار گریسی که باید در یک فاصله زمانی مشخص به برینگ زده شود را می توان از فرمول زیر بدست آورد:

$$P = D \times B \times c,$$

که در آن :

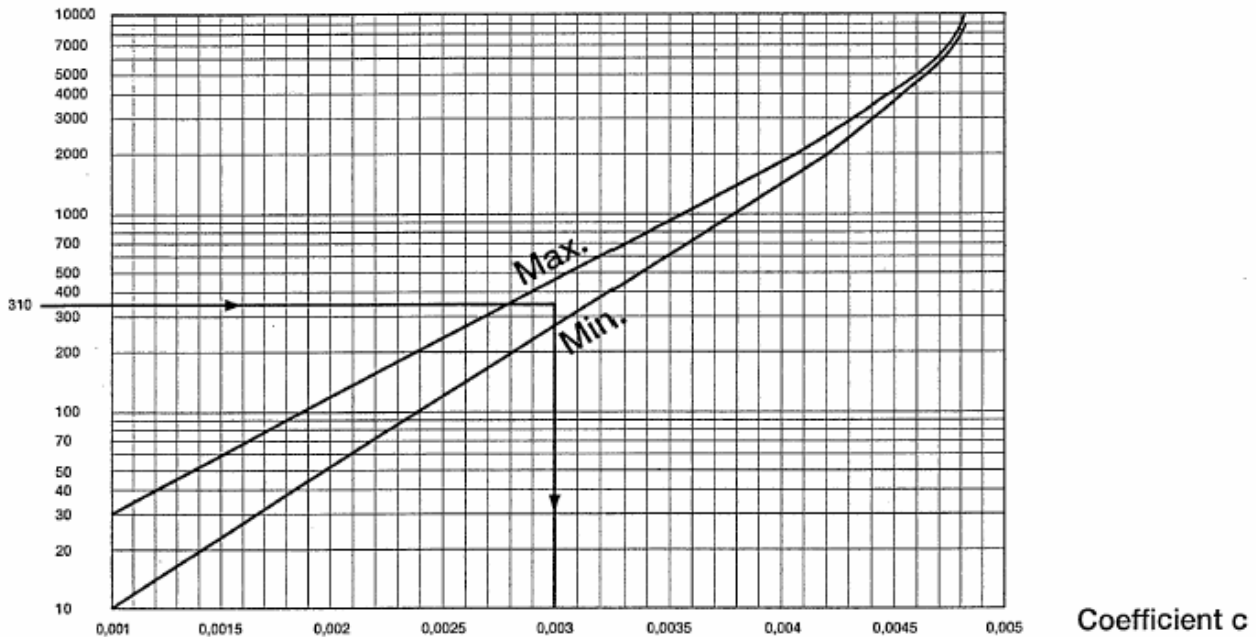
P = مقدار گریس مورد نیاز

D = قطر بیرونی برینگ (بر حسب میلیمتر)

B = (پهنای برینگ) (بر حسب میلیمتر)

c = ضریب ثابت که از جدول زیر بدست می آید

Adjusted frequency
(hours)



$$D = 110 \text{ mm}$$

مثال برای برینگ 22212 با مشخصات روبرو

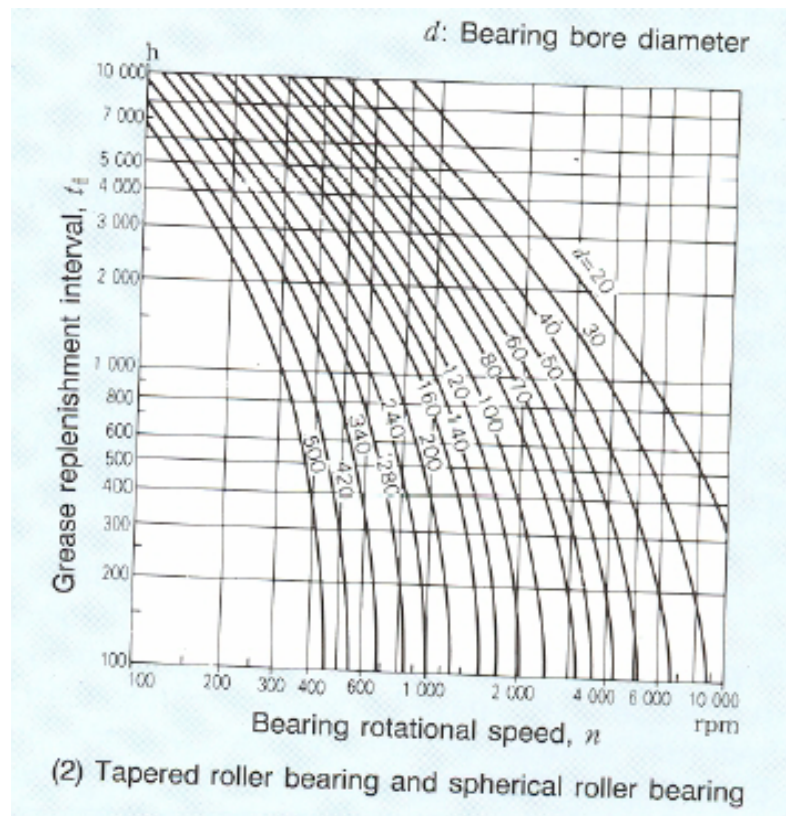
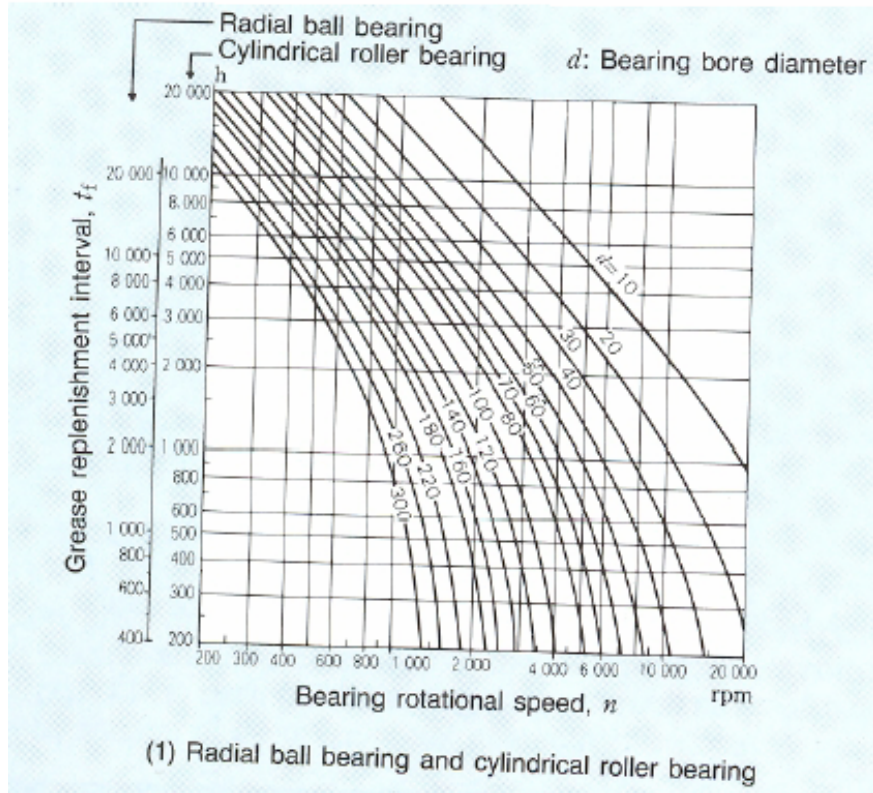
$$B = 28 \text{ mm}$$

$$c = 0,003$$

$$P = D \times B \times c = 110 \times 28 \times 0,003 = \sim 9 \text{ grams}$$

برای هر ۳۱۰ ساعت کار کرد باید ۹ گرم گریس اضافه شود

پریود زمان تعویض گریس



مقدار گریس مورد نیاز اولیه

گریس اضافی باعث ایجاد حرارت زیادی شود. گریس باید ۲۰ تا ۳۰ درصد فضای خالی برینگ را پر کند. از فرمول زیر می توان مقدار گریس مورد نیاز برای یک برینگ را محاسبه کرد:

$$G = 0,005 D.B$$

G = مقدار گریس مورد نیاز بر حسب سانتیمتر مکعب

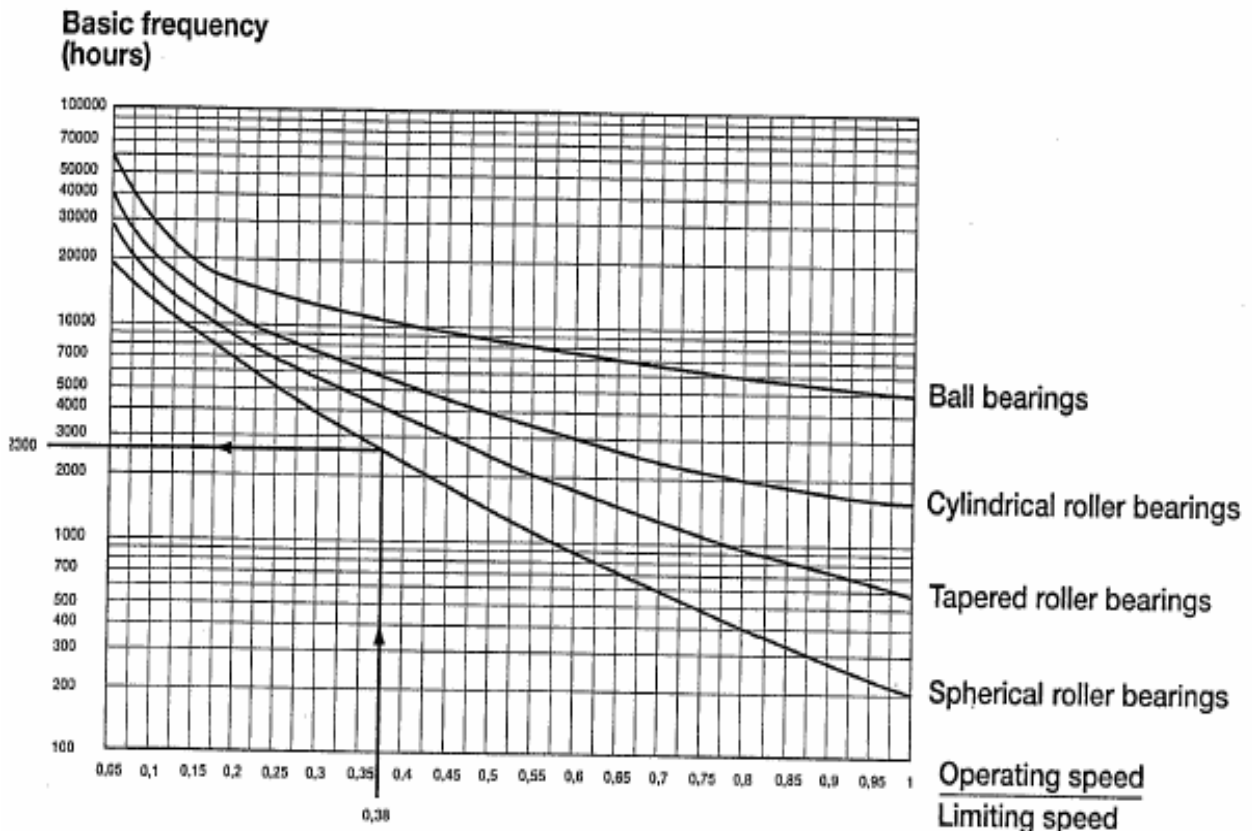
D = قطر بیرونی برینگ بر حسب میلیمتر

B = پهنای برینگ

استثنا: برینگ های دور کم را می توان بطور کامل با گریس پر کرد

Relubrication Frequency پررود تعویض روغن

پررود تعویض روغن بستگی به نوع برینگ و نسبت دور کاری به محدودیت دور $Limiting\ Speed$ که جز مشخصات برینگ است دارد.



پریود تعویض باید براساس فرمول زیر تنظیم شود که وابسته به شرایط کاری برینگ مثل گردوغبار رطوبت ضربه ارتعاشات گرما و... است.

$$F_c = F_b \times T_e \times T_a \times T_t$$

شرایط	شرایط محیطی		شرایط کارکردی		درجه حرارت		
	گردوغبار رطوبت کندانس شدن	Te	همراه با ضربه ارتعاشات محور عمودی	Ta	محدوده	برای گریس استاندارد	برای گریس درجه حرارت بالا
ضرایب						Tt	Tt
medium	0,7 to 0,9	0,7 to 0,9	0,7 to 0,9	75°C (167°F)	0,7 to 0,9		
high	0,4 to 0,7	0,4 to 0,7	0,4 to 0,7	75°C to 85°C (167°F to 185°F)	0,4 to 0,7	0,7 to 0,9	
very high	0,1 to 0,4	0,1 to 0,4	0,1 to 0,4	85°C to 125 °C (185°F to 257°F) 130°C to 170°C (266°F to 338°F)	0,1 to 0,4	0,4 to 0,7	0,1 to 0,4

مثال: محاسبه زمان تعویض گریس برای یاتاقان شماره 22212EA با گریس استاندارد با سرعت ۱۵۰۰ دور در دقیقه در یک محیط پر گردوغبار که در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد کار می کند.

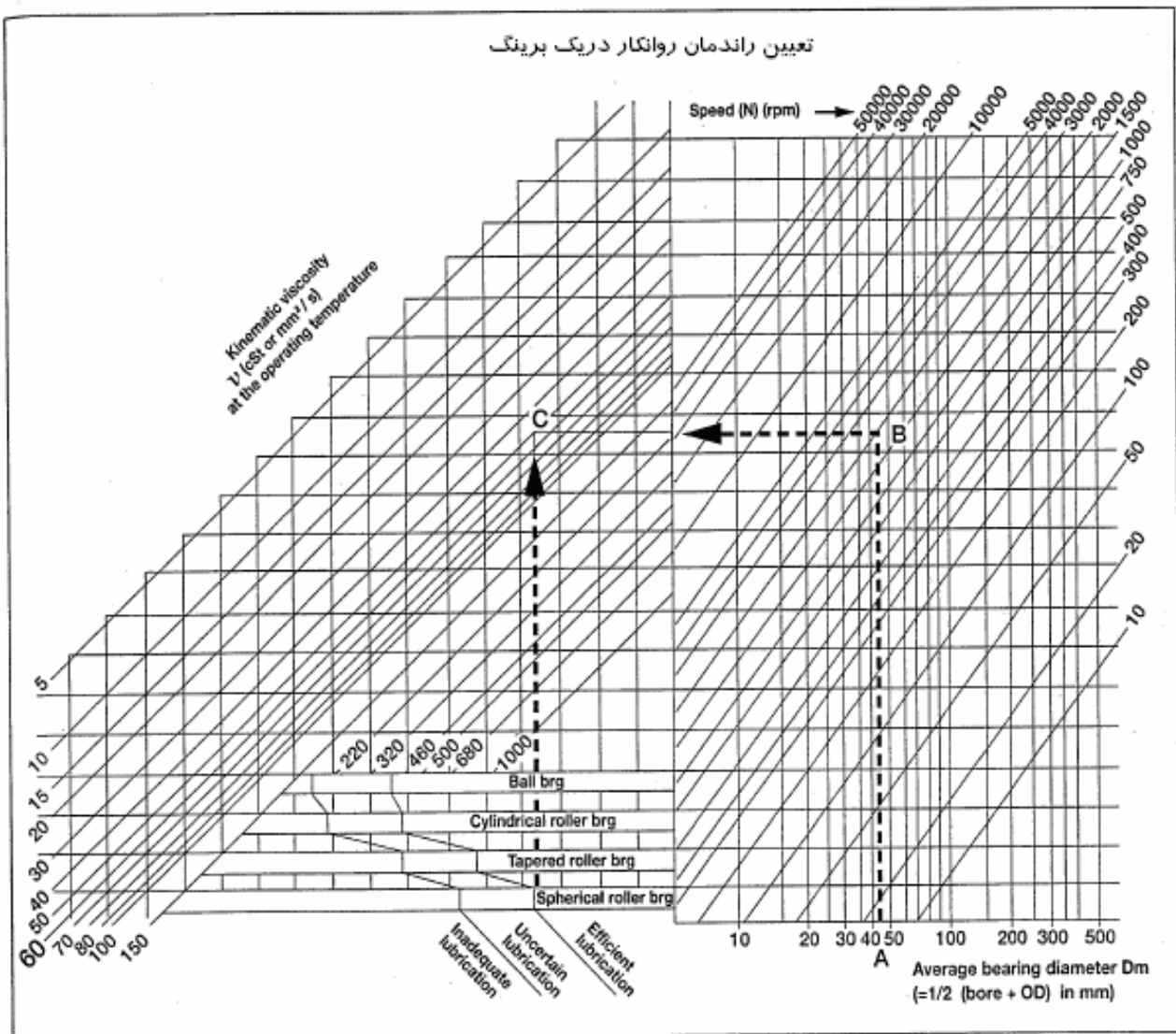
22212	Spherical roller bearing	
Limiting speed =	3900 rpm	
Operating speed =	1500 rpm	
$\frac{\text{Operating speed}}{\text{Limiting speed}} =$	$\frac{1500}{3900} = 0,38$	basic frequency Fb = 2300 hours
ضرایب		
Te =	0,5	dust
Ta =	0,9	normal
Tt =	0,3	90°C (194°F)

$$\text{Adjusted frequency (Fc)} = F_b \times T_e \times T_a \times T_t = 2300 \times 0.5 \times 0.9 \times 0.3 = 310 \text{ hours approx.}$$

لازم به توضیح است که در صنعت نوین امروزی تعویض روغن براساس شرایط روغن و روند تغییرات شرایط فیزیکی و شیمیائی روغن ها انجام می شود یا به عبارت دیگر روغن زمانی تعویض می شود که نیاز به تعویض داشته باشد که این عمل براساس نتایج حاصل از آنالیز روغن که علاوه بر تشخیص زمان تعویض به عنوان یک مکانیزم تعیین عیوب دستگاه ها و ماشین الات نیز از آن استفاده می شود که ذیلا بحث مختصری راجع به آن پرداخته می شود.

تعیین بازده روانکار در یک برینگ

جدول زیر معیار بسیار مناسبی برای کارابودن یا کارانبودن روانکار در برینگ هامی باشد. همانگونه که ملاحظه می شود بر اساس قطر متوسط برینگ، دور، ویسکوزیته روغن و نوع برینگ و وصل کردن و ادامه دادن نقاط بدست آمده روی منحنی به محدوده شرایط روانکار در قسمت پایین سمت چپ جدول وضعیت روغن مشخص می شود. لازم به توضیح است که قطر متوسط برینگ میانگین قطرهای داخلی و خارجی آن است.



آنالیز روغن های روانکار Oil Analysis

آنالیز روغن از چندین سال پیش در اکثر صنایع کشورهای پیشرفته به عنوان یک ابزار بسیار مفید و مناسب برای اهداف و مقاصد زیادی اعم از شناسائی عیوب، علل خرابی ها، کیفیت نوع روغن خریداری شده و..... مورد استفاده قرار گرفته که در صورت اجرای صحیح آن در صنایع مختلف می تواند گامی بلند و تحولی اساسی در جهت حفظ سرمایه های ملی و کاهش وابستگی ها و مصرف بهینه روغن بوجود آورد.

روغن نیز همانند خونی که در رگ های بدن انسان حرکت می کند و علاوه بر وظیفه اصلی، حامل میکروب ها و بیماری هانیز هست در قسمت های مختلف ماشین الات حرکت و سرکشی می کند و حامل اطلاعات زیادی از وضعیت قطعات و فرسایش های اتفاق افتاده است. روغن نیز این نشانه ها را به اطلاعات با ارزشی که به اهداف نگهداری و تعمیرات کمک می کند تبدیل می نماید. با نمونه گیری منظم روغن از یک دستگاه و بانجام آزمایشات برنامه ریزی شده بطور مستمر و بانالیز کردن آن می توان یک روش بسیار موثر برای نظارت بر وضعیت عملکرد دستگاه ها و ماشین الات مختلف بوجود آورد و با شناسائی و رفع یک اشکال کوچک که در ماشین رخ داده می توان از خرابی های بزرگتر که می تواند باعث ایجاد خرابی ها و افزایش هزینه های سنگین شود جلوگیری نمود.

بطور مثال باندازه گیری روند افزایش سیلیکون موجود در روغن شرایط سیستم هواکش مشخص می شود، وجود آهن و آلومینیوم در روغن مبین سایش سیلندرو پیستون است، رقیق شدن روغن مبین ورود سوخت اب و یا ضدیخ به داخل روغن است، غلیظ شدن روغن مبین اکسیده شدن آن است، وجود آلودگی و ذرات کربن مبین گرفتگی سیستم هواکش، غیر موثر بودن فیلتر روغن، یا احتراق ناقص، وجود ذرات فرسایشی مختلف ناشی از سایش های قسمت های مختلفی که نسبت به هم حرکت دارند و..... که همه این موارد باتعیین نوع و گراندرو اولیه روغن، ساعت کارکرد روغن بانمونه گیری منظم و برنامه ریزی شده روغن وانجام آزمایشات مورد نیاز روی آن و آنالیز روغن محقق می شود.

بطور کلی آنالیز و آزمایش روغن به منظورهای زیر انجام می شود:

۱- حصول اطمینان از وضعیت سلامت دستگاه .

۲- شناسایی عیوب احتمالی در مراحل اولیه و در بدو تشکیل عیب .

۳- شناسایی عوامل فرسایشی و استهلاک های غیر عادی .

۴- کاهش هزینه های تعمیراتی و تعویض به موقع قطعات .

۵- اقدامات اصلاحی به موقع و قبل از بروز خسارت های جدی.

۶- کمک در برنامه ریزی های تعمیرات دستگاه ها و ماشین الات .

۷- کنترل کیفیت قطعات و لوازم یدکی و مصرفی .

۸- توسعه تکنیک های عیب یابی .

۹- صرفه جویی در روغن مصرفی .

۱۰- تعویض بهینه روغن و فیلتر روغن.

- ۱۱- مشخص شدن میزان و نوع الودگی های روغن.
- ۱۲- بهینه نمودن سیستم PM و کنترل کردن اجرای آن .
- ۱۳- کنترل های مدیریتی بیشتر بر کل سیستم .
- ۱۴- کنترل کیفی تدارکات و خریدروغن .
- ۱۵- کنترل سیستم انبار داری روغن .
- ۱۶- انجام امور تحقیقاتی .
- ۱۷- هشدار به موقع و تشخیص عیب مدت ها قبل از بروز خسارت (تعمیرات پیش بینانه).
- ۱۸- کنترل مطمئن اقدامات پیشگیرانه .

حسن روش عیب یابی دستگاهها بر اساس آنالیز روغن این است که قبل از بروز خرابی جدی ,مشکل ماشین در نطفه شناسایی می گردد و اقدامات اصلاحی مورد نیاز برای آن انجام می شود (برخلاف آنالیز ارتعاشات که پس از بوجود آمدن مشکل و ایجاد خرابی اقدامات اصلاحی روی ماشین انجام می شود) البته این دلیل برکنار گذاشتن آنالیز ارتعاشات نیست بلکه این روش ها و روش های دیگر در کنار هم و باهم دارای بهترین راندمان و کارآیی می باشند .

اصول کلی آنالیز روغن

این روش شامل مراحل اجرائی زیر است:

- الف- نمونه گیری از روغن طبق روشهای استاندارد در فواصل زمانی معین .
 - ب- ارسال نمونه های مختلف همراه مشخصات روغن و زمان کارکرد آن همراه با نمونه اصلی روغن مصرف شده در دستگاه به آزمایشگاههای آنالیزروغن .
 - پ- انجام آزمایش های لازم روی روغن.
 - ت- مقایسه نتایج بدست آمده با نتایج نمونه های قبلی(روندتغییرات) .
 - ث- بررسی نوع شکل و اندازه ذرات موجود در روغن با استفاده از تکنیک های مختلف.
 - ج- آنالیز و تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده و ارائه توصیه ها و اقدامات فنی مورد نیاز.
 - چ- انجام اقدامات پیشگیرانه و توصیه های لازم اصلاحی.
- که ذیلا به شرح برخی از موارد مهم مطرح شده فوق پرداخته می شود.

نکات مهم در نمونه گیری روغن از ماشین آلات

نمونه گیری از روغن از اهمیت زیادی برخوردار است و در صورتی که نمونه روغن گرفته شده نمونه واقعی از روغن موجود در سیستم نباشد می تواند باعث ایجاد خطا در نتایج بدست آمده و تصمیم گیری غلط شود.

- ۱- بسته به شرایط محیطی کار دستگاه , معمولا فاصله های زمانی نمونه گیری توسط مهندس مراقب وضعیت تعیین می گردد و بستگی به نوع ماشین دارد .
- ۲- بجز موارد خاص , نمونه گیری در ساعت کارکرد پایین توصیه نمی شود زیرا معمولا نمونه روغن با ساعت کارایی پایین فاقد اطلاعات کافی است .

۳- معمولاً برای موتورها (احتراق داخلی) نمونه گیری قبل از تعویض روغن انجام می شود ولی در صورتی که وضعیت دستگاه مشکوک یا غیر عادی باشد نمونه گیری بصورت موردی نیز انجام خواهد شد ولی در ماشین آلات صنعتی که عمر روغن چندین هزار ساعت است بر اساس زمان کار تعیین می شود .

۴- برای نمونه گیری از ظروف نمونه گیری یکبار مصرف تمیز باید استفاده شود .

۵- برای پیشگیری از آلودگی ، درب ظروف نمونه گیری قبل و بعد از نمونه گیری باید بسته باشد .

۶- نمونه گیری همیشه باید از یک نقطه مشخص و با یک روش مشابه انجام شود .

۷- ظروف نمونه گیری نباید کاملاً پر شوند بلکه $1/3$ آنها باید خالی باشد .

۸- نمونه گیری باید قبل از فیلتر انجام شود.

۹- نمونه روغن باید طوری باشد که نماینده واقعی روغن ماشین باشد.

۱۰- قبل از نمونه گیری دستگاه باید برای مدتی کار کرده باشد .

۱۱- نمونه نباید از کف یا قسمت بالای روغن گرفته شود بهترین محل برای نمونه برداری قسمت وسط عمق مخزن روغن است .

۱۲- نمونه گیری باید توسط پمپ مخصوص این کار انجام شود.

۱۳- با توجه به آلوده شدن شیلنگ پس از هر بار نمونه گیری باید به صورت زیر عمل شود :

الف - قسمت های بیرونی شیلنگ با دستمال یکبار مصرف تمیز شود .

ب - ظروف نمونه یک بار مصرف به پمپ بسته و اقدام به کشیدن نمونه روغن می شود پس از پر شدن ظرف آنرا از پمپ باز نموده و محتوای آن دور ریخته شود .

ج- ظرف تمیز نمونه برای آزمایش به پمپ بسته می شود و نمونه گیری در آن انجام شود .

۱۴- اطراف محل نمونه گیری باید قبلاً تمیز شده باشد.

۱۵- دقت شود هنگام نمونه گیری ، آلودگی های محیطی نظیر آب ، باران یا گرد و خاک وارد ظرف نمونه نشود.

اهداف ونتایج حاصل از آزمایشات آنالیز روغن

۱- اندازه گیری فلزات حاصل از سایش که افزایش مقادیر یک یا چند فلز در نمونه نشان دهنده سایش بعضی از قطعات است.

۲- اندازه گیری سیلیکون که الودگی های موجود در روغن اعم از گرد و غبار (تائید ماده افزودنی ضد کف) را نشان می دهد و می تواند باعث سائیدگی شود.

۳- اندازه گیری عدد بازی TBN که نشان دهنده خاصیت قلیائی باقیمانده در روغن است و باعث خنثی کردن اسیدهای موجود در روغن می شود و هر چه روغن بیشتر کار کرده باشد عدد بازی آن کاهش پیدامی کند.

۴- اندازه گیری الودگی اب که می تواند باعث کف کردن روغن زنگ زدگی و خوردگی شود.

۵- اندازه گیری تغییرات گرانی که می تواند به دلیل الودگی زیاده روغن اکسیداسیون روغن و یا تجزیه مواد افزودنی موجود در روغن باشد.

۶- اندازه گیری عدداسیدی TAN که افزایش آن می تواند یک راهنما برای تعویض روغن باشد (بادوبرابر شدن آن روغن باید تعویض شود).

۷- اندازه گیری میزان رسوبات که شامل الودگی های معلق در روغن است و می تواند به دلیل ورود الودگی های خارجی، غیر موثر بودن فیلتر روغن، تعمیرات نامناسب، طراحی نامناسب سیستم فیلتراسیون و یا ایجاد تغییر در محیط کار کردن ماشین باشد.

۸- اندازه گیری میزان اکسیداسیون روغن به دلیل افزایش یا کاهش درجه حرارت عملکرد روغن.

۹- اندازه گیری دانسیته روغن (رقیق شدن روغن) که مبین ورود سوخت به داخل روغن است.

آزمایشاتی که روی نمونه روغن ها انجام می شود شامل موارد زیر است:

الف- بازدید های چشمی از روغن مصرف شده .

ب- آزمون های آزمایشگاهی..

آزمون های آزمایشگاهی

آزمون های آزمایشگاهی شامل موارد زیر است :

۱- آزمایش خواص فیزیکی و شیمیایی روغن و مقایسه آن با روغن نو برای ادامه کار روغن .

۲- آزمایش ذرات فلزی جهت تشخیص وضعیت فرسایش قطعاتی که با روغن در تماسند.

۳- آزمایش الاینده های موجود در روغن .

در جدول زیر نمونه آزمایشات مورد نیاز برای روغن های کارنکرده برای دستگاه های مختلف آورده شده

است.

خاصیت روغن	مشخصات آزمایش *	روغن های توربین	روغن های ماشین های گازسوز	روغن های دنده	روغن های کمپرسور	روغن های ماشین های کاغذسازی	روغن های سبیلندر پخار	روغن های سبیلندر پخار
دانسیته	D-۱۲۹۸ و D-۴۰۵۲	ت	ت	ت	ت	ت	ت	ت
گرانروی	D-۴۴۵	ت	ت	ت	ت	ت	ت	ت
شاخص گرانروی	D-۲۲۷۰	ت	ت	ت	ت	ت	ت	ت
نقطه اشتعال و آتش گیری	D-۹۲ و ۹۳	ت	ت	ت	ت	ت	ت	ت
نقطه ریزش	D-۹۷	ت	ت	ت	ت	ت	ت	ت
گرانروی پروکفیلد	D-۲۹۸۳	-	-	ت	-	-	-	-
آزمایش تیمکن EP	D-۲۷۸۲ و ۲۵۰۹	-	-	ت	-	ت	ت	-
آزمایش چهار ساچمه EP	D-۲۷۸۳ و ۲۵۹۶	-	-	ت	-	ت	ت	-
آزمایش چهار ساچمه قطر خراش	D-۴۱۷۲ و ۲۲۶۶	-	-	ت	ت	ت	-	-
ضریب نایت اصطکاک	D-۵۱۸۳ US DM۵۷	-	-	ت	-	-	-	-
دمولسی بیلیتی	D-۱۴۰۱ و ۲۷۱۱	ت	-	ت	-	-	-	-
عدداسیدی و بازی	D-۶۶۴ و ۲۸۹۶	ت	ت	ت	ت	ت	-	-
پایداری در برابر اکسیداسیون	D-۹۴۳ و ۲۲۷۲ و ۲۸۹۳	ت	ت	ت	ت	ت	-	-
خوردگی مس	D-۱۳۰	ت	-	ت	-	ت	-	-
آزمایش کف	D-۸۹۲	-	-	-	-	-	-	-
خاکستر سولفات	D-۸۷۴	-	-	ت	-	ت	-	ت
جلوگیری از زنگ زدگی	D-۶۶۵ و ۳۶۰۳	ت	-	ت	-	ت	ت	-

ت، نشان دهندهی آزمایشات توصیه شده برای روغن های مختلف می باشد. کاربرد خاص هر روغن، مشخص می کند که کدام آزمایش ها لازم است که کاملاً انجام شود.

* روش آزمایش ASTM

آزمایش خواص فیزیکی و شیمیایی

در آزمایش خواص فیزیکی و شیمیایی روغن ها پارامترهایی نظیر ویسکوزیته، ویسکوزیته اندیکس خواص اسیدی و قلیایی، نقطه ریزش، آلودگی آب و ... اندازه گیری می شود که مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر مجاز توصیه شده و مقادیری که قبلا اندازه گیری شده و همچنین مقادیر اندازه گرفته شده از نمونه روغن های کار نکرده بدست آمده مقایسه می شود و از نتایج آن می توان به موارد زیر پی برد:

الف- کنترل وضعیت روغن برای ادامه کار یا تعویض آن.

ب- کنترل کیفی روغن های موجود در انبار.

ج- تشخیص سریع فیلتر های معیوب.

چ- تایید سالم بودن روغن ها.

ح- اطمینان از اینکه روغن صحیح در دستگاه مصرف شده یانه.

خ- تایید عملیات تمیز کاری سیستم پس از انجام تعمیرات روی دستگاه.

د- تایید سالم بودن آب بندها و مسیر هواکش از آلودگی ها.

ذ- کنترل مرغوب و تمیز بودن روغن ها قبل از ورود به انبار.

ه- کنترل شرایط کاری دستگاه

تکنیک های آزمایشی ذرات سائیده شده موجود در روغن

۱- اسپکتروسکوپی جذب اتمی.

۲- اسپکتروسکوپی انتشار اتمی.

۳- فروگرافی.

۴- رسوب دهنده دورانی ذرات.

۵- فلورسنت پرتوایکس.

۶- اسپکتروسکوپی انتشاری (پلاسمایی - القایی).

۷- مشاهده میکروسکوپی

شرح این روش ها خارج از حوصله این مقوله نمی باشد.

سیستم های روغنکاری Lubrication Systems

مهمترین عامل در کارآیی مفید دستگاه ها و قطعات متحرک اینانوع صحیح روغن و سیستم روغن کاری است. اصولاً نوع سیستم روغنکاری بر اساس وضعیت ساختمانی و نوع قطعات بکاررفته دران و نیاز دستگاه مورد نظر انتخاب می شود و به روش های زیر عملی می شود:

الف- روغنکاری به روش یک بار مصرف

ب- روغنکاری به روش استفاده مجدد

که ذیلا به شرح انهاپرداخته می شود.

روش های یک بار مصرف شامل دوروش زیراست:

۱- روغنکاری قطره ای و تغذیه باظروف فتیله دار.

۲- روغنکاری پاششی .

روش های استفاده مجدد شامل موارد زیر می باشند:

۱- سیستم گردش ثقی.

۲- سیستم روغنکاری ترشچی.

۳- سیستم حمام روغن.

۴- سیستم روغنکاری به توسط رینگ زنجیر و طوقه).

۵- سیستم روغنکاری غرقابی.

۶- سیستم های روانکاری متمرکز.

الف- سیستم روغنکاری تحت فشار.

ب- سیستم روغنکاری مه ای Oil Mist.

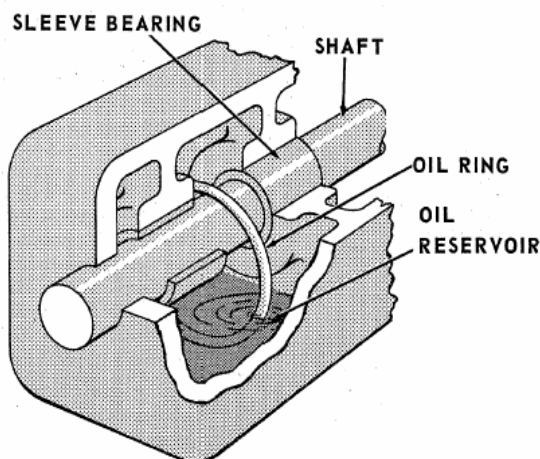
دراین بخش بیشتر به بحث روش های روانکاری صنعتی که بیشترین کاربرد در صنایع دارد پرداخته می شود.

روغن کاری به توسط رینگ

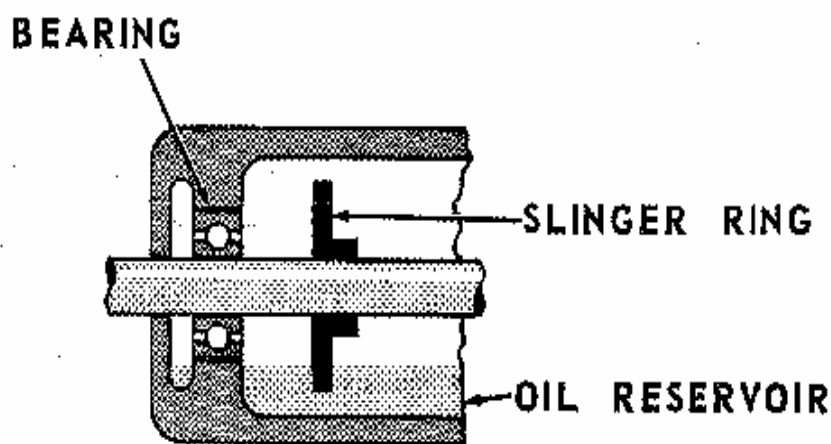
دربرینگ هائی که به این روش روغنکاری می شوند، روغنکاری توسط یک رینگ Oil Ring که روی محور آزاد است و در اثر نیروی اصطکاک بان می چرخد انجام می شود، در اثر چرخش محور رینگ نیز به آرامی می چرخد و روغن را با خود بطرف بالا می آورد و روی برینگ می ریزد و پس از روغن کاری، روغن مجدداً به مخزن روغن بر می گردد. از این روش برای مواردی که محور دارای دور متوسطی است استفاده می شود. در سرعت های زیاد رینگ و محور به سرعت روی یکدیگر می غلتند و در نتیجه روغن به اندازه کافی به یاتاقان نمی رسد. همچنین در سرعت های بالا که یاتاقان بار زیادی را منتقل می کند مقدار روغن به اندازه ای نیست که بتواند کارخنک کاری را انجام دهد.

قطر رینگ تقریباً $\frac{1}{5}$ تا $\frac{2}{3}$ برابر قطر محور است و در مواقعی که طول برینگ زیاد باشد از دو عدد رینگ استفاده می شود. همچنین سطح روغن باید طوری باشد که کمتر از نصف قطر رینگ در داخل روغن فرو رود. در

صورتی که سطح روغن خیلی پایین باشد روغن به اندازه کافی به یاتاقان نمی رسد و در صورتی که سطح روغن بیش از حد بالا بیاید به علت سبک شدن رینگ (طبق قانون ارشمیدس) ممکن است باعث متوقف شدن رینگ (به دلیل کاهش اصطکاک بین رینگ و محور) و قطع روغن به یاتاقان شود. بعضی از مواقع که سرعت محور بسیار پایین است از زنجیر جای رینگ استفاده می شود زیرا زنجیرها در سرعت های پایین ظرفیت بیشتری برای انتقال روغن دارند.



در بعضی از موارد که استفاده از روغن های با گرانیروی زیاد برای یاتاقان های با سرعت کم و بار زیاد لازم باشد جای Oil Ring از طوقه یا Slinger Ring استفاده می شود که شامل یک صفحه با قطر مشخص است که روی محور نصب می شود و بان می چرخد. برای پاک کردن روغن و هدایت آن به شیارهای توزیع روغن (در یاتاقان های بوشی) به یاتاقان ها باید یک پاک کننده یا Scraper در قسمت بالای طوقه نصب شود. این سیستم دارای کارایی بهتری است ولی به دلیل موارد ذکر شده فوق و پاشش روغن معمولا در دورهای بالا کمتر مورد استفاده قرار می گیرد.

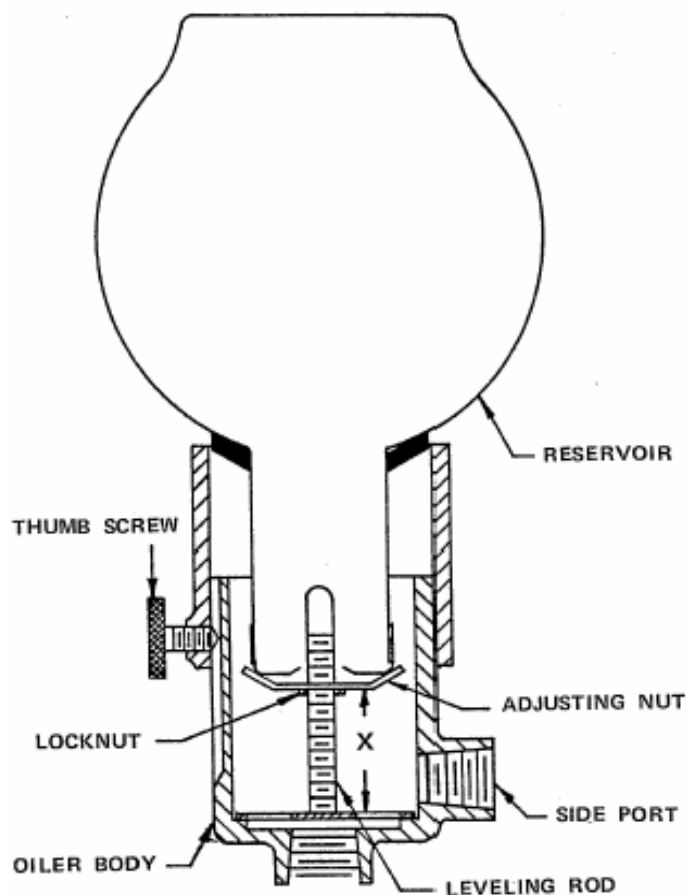


به دلیل نشتی های اجتناب ناپذیری که وجود دارد سطح روغن داخل محفظه یاتاقان تغییر می کند که این می تواند در این نوع سیستم روانکاری اختلال ایجاد کند پس لازم است سیستمی وجود داشته باشد که بتواند بطور اتوماتیک سطح روغن را در حد مطلوبی نگه دارد.

برای تنظیم اتوماتیک سطح روغن در داخل هوزینگ برینگ ها از سیستم هائی به نام Oil Pot که از یک محفظه شیشه ای که شامل یک میله تنظیم کننده Leveling Rod و یک محفظه شیشه ای است به عنوان مخزن ذخیره روغن استفاده می شود. در صورتی که سطح روغن محفظه یا تاقان از حد تعیین شده پایین تر رود بطور اتوماتیک سطح روغن تنظیم و کمبود روغن را جبران می کند. هرچه مخزن شیشه ای بالاتر قرار گیرد سطح روغن بالاتر می آید و بالعکس هرچه پایین تر قرار گیرد سطح روغن پایین ترنگه داشته می شود. تنظیم سطح مخزن شیشه ای روغن توسط میله تنظیم کننده همراه بادومهره که روی آن پیچیده می شود و زیر مخزن شیشه ای قرار دارد تنظیم می شود. با پیچاندن این مهره ها Adjusting Nut (برای جلوگیری از شل شدن انهدارچین کار از دومهره استفاده می شود) به سمت بالا مخزن شیشه ای بالاتر قرار می گیرد (سطح روغن بالاتر می آید) و باعث تخلیه بیشتر روغن از مخزن شیشه ای بطرف هوزینگ برینگ می شود تا حالت تعادل برقرار شود.

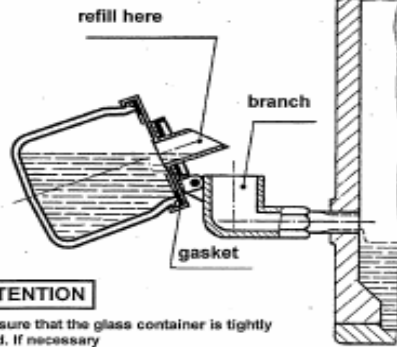
موقعیت قرارگیری مهره های زیر مخزن شیشه ای مبین سطح روغن داخل هوزینگ برینگ است و با بالا و پایین بردن مهره امکان تغییر دادن ارتفاع روغن وجود دارد.

در شکل زیر یک نمونه Oil Pot با مخزن ذخیره روغن شیشه ای که در اکثر مراکز صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد نشان داده شده است.

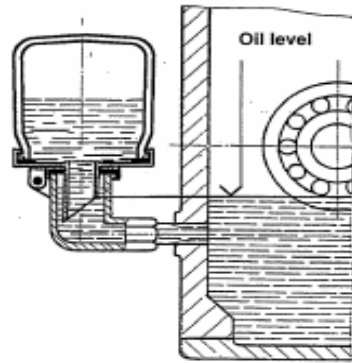


در شکل زیر یک نمونه دیگر Oil Pot که ارتفاع روغن را در یک حالت تگه می دارد (غیر قابل تنظیم) نشان داده شده است.

Oil reservoir tilted back



Oil reservoir original position

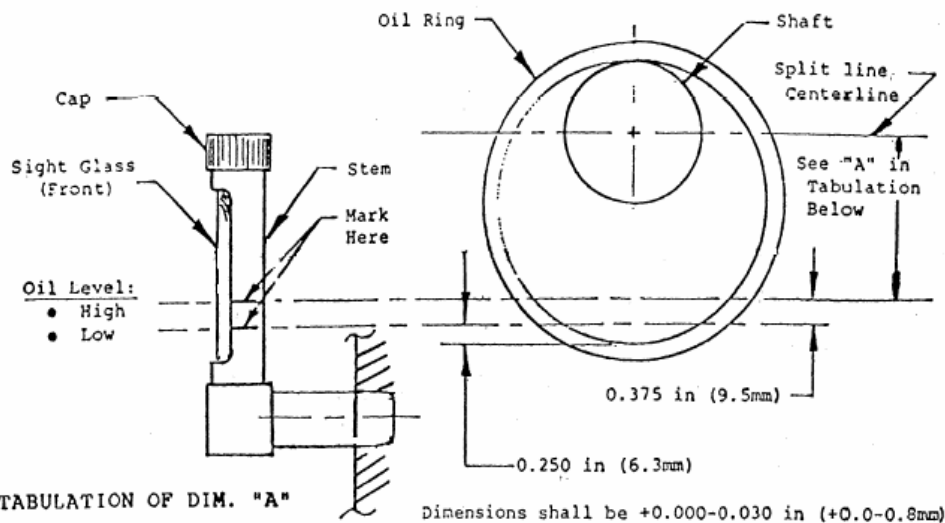


ATTENTION

Make sure that the glass container is tightly closed. If necessary replace gasket. Turn glass container hand-tight into threadset cover. Check firm seat.

چند نکته:

- ۱- اگر لوله اتصال Oil Pot به محفظه یاتاقان گرفتگی داشته باشد امکان تخلیه روغن وجود ندارد و با وجود روغن در محفظه شیشه ای امکان سوختن برینگ وجود دارد.
 - ۲- گاهی مشاهده می شود که میله تنظیم کننده سطح داخل Oil Pot بنا به دلایلی مفقود یا برداشته شده است که این کار می تواند باعث از کار افتادن Oil Pot و عدم کنترل سطح روغن شود و در شرایطی سوختن برینگ ها و کاهش طول عمر آنها را در اثر فقدان روغن بوجود آورد.
 - ۳- اگر مخزن شیشه ای شکسته شده باشد ترک داشته باشد باعث می شود هوای داخل آن نفوذ کند و روغن داخل آن در مدت زمان کوتاهی تخلیه شود و عملیات سیستم کاردهی خود را از دست بدهد پس علاوه بر اطمینان از پر بودن مخزن شیشه ای باید موارد فوق الذکر نیز در طی بازدیدها ی روزانه چک شوند.
- ارتفاع روغن هوزینگ برینگ هائی که از یاتاقان های بوشی استفاده می کنند و سیستم روغنکاری آنها از نوع Oil Ring است بسته به قطر شافت و قطر برینگ است و می توان حداقل و حداکثر ارتفاع روغن را بر اساس ابعاد Oil Ring بدست آورد که در شکل زیر یک نمونه ان نشان داده شده است.



TABULATION OF DIM. "A"

SA LINE	3.6" (91mm)
GA	3.0" (76mm)
Z LINE	2.7" (69mm)
ALL OTHERS	REF. TO ENG.

سیستم روغن کاری مرکزی تحت فشار Forced Feed Lubrication

در این سیستم روغنکاری از روغن تحت فشار علاوه بر خنک کاری برای روغنکاری برینگ هانیز استفاده می شود و در صورتی که فشار روغن کم باشد به دلیل کم شدن فلوی روغن برینگ هابه خوبی روغنکاری نمی شوند و باعث صدمه دیدن آنها خواهد شد (به دلیل عدم انتقال حرارت). برای روغنکاری برینگ هابه باید همیشه از روغن تمیز استفاده شود زیرا ذرات موجود در روغن می تواند در فواصل کم بین قطعات گیر بیفتد و باعث سائیدگی محور و یاتاقان شود.

روغن مورد نیاز برای روغنکاری در محفظه Oil Reservoir ذخیره می شود. روغن توسط پمپ از مخزن کشیده می شود و پس از خنک شدن و فیلتر شدن به محفظه برینگ وارد و با ایجاد فیلم روغن بین برینگ ها و محور عملیات روغنکاری انجام می شود.

این سیستم روغنکاری از قسمتهای زیر تشکیل شده است:

۱- پمپ های اصلی و کمکی روغن برای بالابردن فشار روغن.

۲- فیلترهای روغن برای جداسازی ذرات و مواد جامد موجود در روغن.

۳- کولرهای روغن برای خنک کردن روغن.

۴- کنترل ولوها و شیرهای فشار شکن Safety Valve برای کنترل فشار و فلوی روغن Relief Valves.

۵- مخزن روغن همراه با تجهیزات ان شامل نشان دهنده سطح روغن، گرم کن یا هیتر، سیستم تهویه و برای ذخیره روغن.

۶- تجهیزات اندازه گیری شامل فشارسنج ها، دما سنج ها، اختلاف فشارسنج اندازه گیر ارتفاع و ...

۷- سیستم ها و رله های حفاظتی و ترانس میترها برای حفاظت از دستگاه که به سیستم های Alarm و Shut Down فرمان می دهند و شامل :

الف- حفاظت سیستم در برابر درجه حرارت بالای روغن.

ب- حفاظت سیستم در برابر گرمای بیش از حد پوسته یاتاقان ها.

پ- حفاظت سیستم روغنکاری کم بودن فشار روغن.

ت- مخزن ذخیره روغن یا اکومولاتور که همواره مقداری روغن در آن ذخیره می شود و در انتهای چرخش محور روی برینگ ها تخلیه می شود و از ذوب شدن برینگ ها جلوگیری می کند که داخل این مخزن یک کیسه پر شده Bleader از گازی مثل ازت تشکیل شده که با اعمال فشار روغن در اطراف آن مقداری انرژی پتانسیل در آن ذخیره می شود و در مواقع لزوم باعث تخلیه روغن می شود.

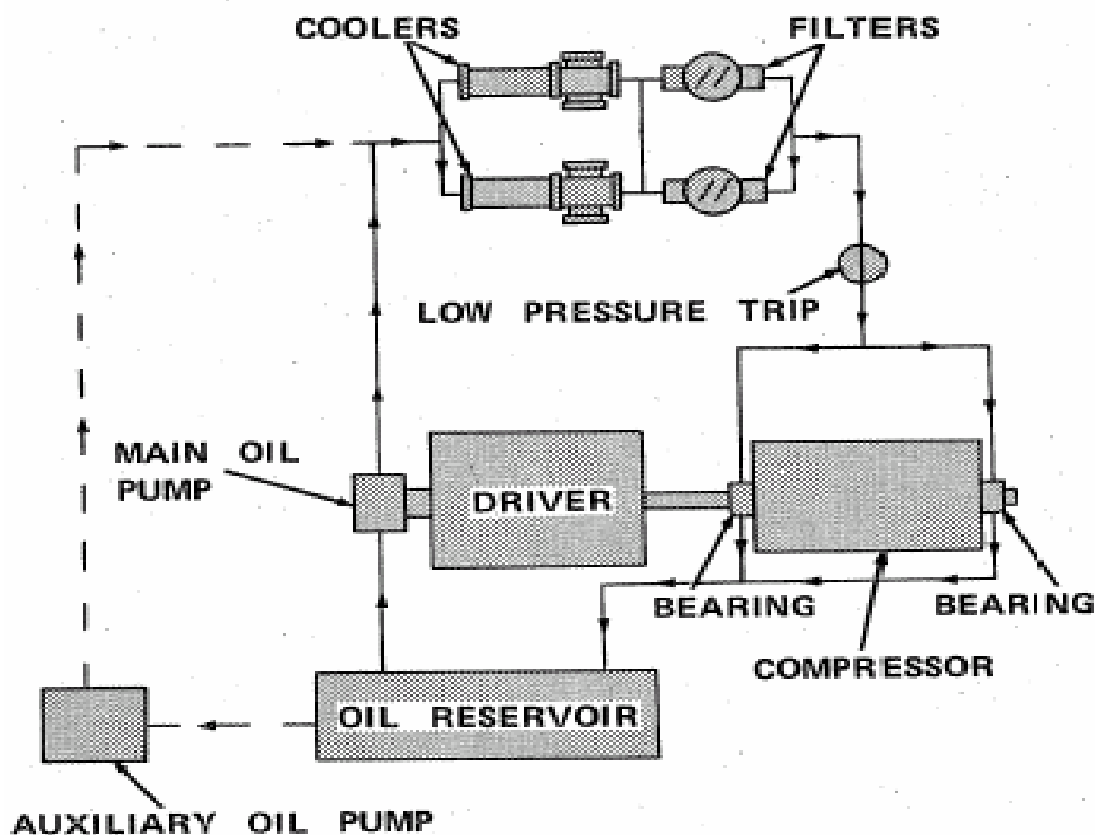
ث- حفاظت از عدم گرفتگی فیلترهای روغن با اندازه گیری اختلاف فشار ورودی و خروجی فیلتر.

ج- حفاظت سیستم برای اطمینان از وجود مقدار لازم روغن در داخل مخزن.

چ- سیستم راه انداز پمپ اضطراری روغن در مواقعی که پمپ اصلی مشکل پیدامی کند.

ح- لوله ها، ولوها، شیرهای یکطرفه و اتصالات که کار انتقال روغن به قسمت های مختلف را انجام می دهند و حتما باید از جنسی باشند که زنگ نزنند مثل فولادهای ضد زنگ.

در شکل زیر فلودیاگرامی از یک سیستم روغنکاری تحت فشار نشان داده شده است.



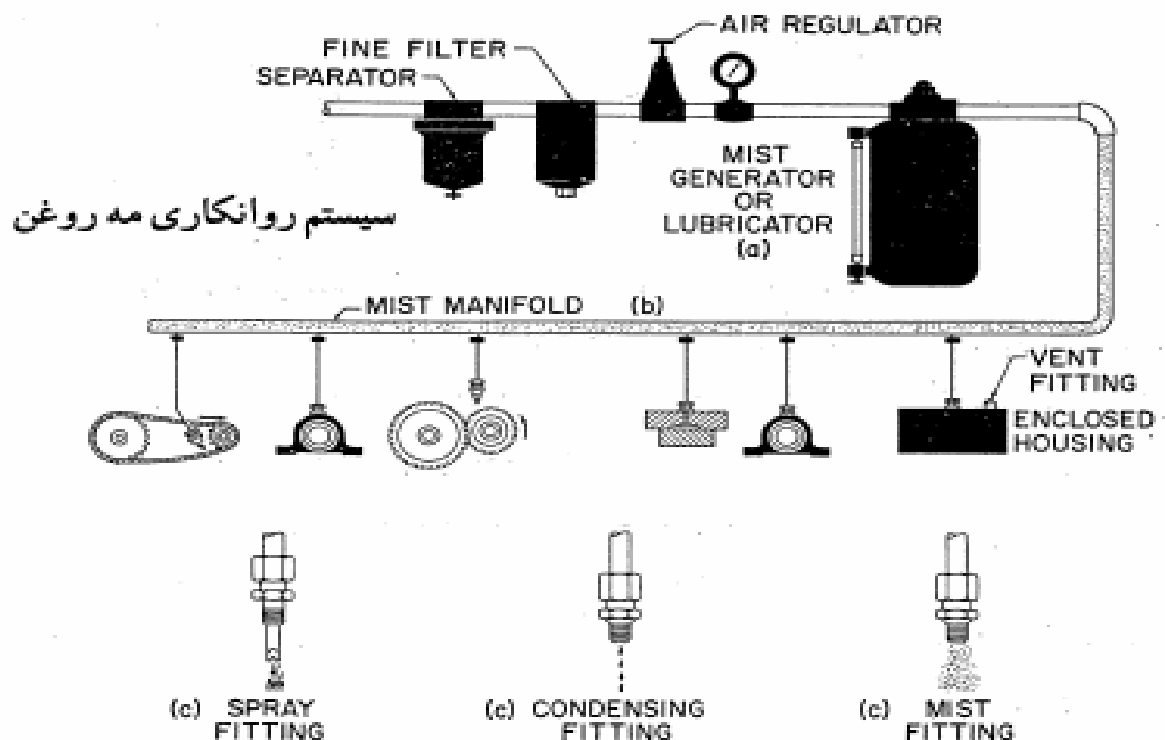
لازم به توضیح است که قبل از در سرویس قرار دادن پمپ یا هر دستگاه دیگر کلیه این مجموعه و سیستم های حفاظتی باید مورد بررسی دقیق قرار گیرند (بخصوص بعد از نصب اولیه یا چک های روتین یا بعد از هر تعمیر اساسی) که از عملکرد صحیح سیستم های حفاظتی آن اطمینان حاصل شود.

سیستم روغنکاری مه ای Mist Oiling System

در این روش روغن بوسیله هوای فشرده با فشار کم (۳۵۰ تا ۷۰ کیلو پاسکال) تمیز و بصورت پودر شده و در یک یک لوله طویل و باریک جریان پیدامی کند. ذرات معلق با قطر کمتر از ۳ میکرون یک مه روغنی بسیار پایداری را ایجاد می کنند که می تواند در یک فاصله طولانی در داخل مسیر جریان پیدا کند. وقتی مه به محل مورد مصرف می رسد سرد می شود و به قطره های روغن یا توده های به هم چسبیده تبدیل می شود و باعث روانکاری سطوح مورد نظر می شود و سطح فلز را روغنکاری می کند. در اثر کم شدن حالت تلاطم ذرات روغن بصورت کلوئیدی و نهایتاً بصورت ذراتی با قطر بزرگ در می آیند و یک لایه مناسب از روغن روی سطح فلز ایجاد می نمایند.

مفهوم یک سیستم روانکاری مه ای این است که روغن با گرانی لازم را از یک مخزن دریافت کرده و آن را به قطعات مختلف ماشین می رسانند. یک مه روغنی مناسب از معلق شدن ذرات بسیار ریز روغن در جریان

هوا تشکیل می شود که قطراین ذرات ۲ تا ۱ میکرون است. سیستم روغنکاری معمولی با لوله های هوادر مقایسه با سیستم روانکاری مه ای ذرات روغن اتمیزه با قطر ۱۰۰ میکرون تولید می کنند و این ذرات در یک جریان متلاطم هوا با سرعت و فشار زیاد جریان پیدامی کند.



درجات مختلف سرد شدن در مکانیزم های مختلف به توسط تطابق دهنده های مختلف که شامل نازل های متراکم کننده (متراکم کننده جزئی کلی و) انجام می شود. با استفاده از گرم کننده های روغن در داخل مخزن و همچنین بعضی از گرم کننده های جریان هوامی توان گر انرژی هوای را تا حد زیادی پایین آورد تا تشکیل مه روغن بهتر صورت گیرد.

مزایای Mist Oiling System

- ۱- روانکاری کلیه سطوح.
- ۲- خنک کاری محفظه یا تاقان ها در اثر جریان هوا.
- ۳- جلوگیری از ورود آلودگی به سیستم (به دلیل وجود جریان هوای با فشار) بخصوص بخار آب.
- ۴- کاهش مصرف روغن تا ۴۰٪.
- ۵- روانکاری با بازدهی بالا.
- ۶- کاهش دمای هوزینگ بیرینگ بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی گراد که نهایتا می تواند باعث حذف Water jacket در هوزینگ بیرینگ و رفع مشکلات ناشی از آن و شود.

شناسائی عیوب برینگ های غلتکی Bearing Trouble Shouting

عیوبی که ممکن است روی برینگ های غلتکی بوجود آید بطور کلی می تواند باعث ایجاد مسائل و مشکلات زیر گردد:

الف- گرم کردن یاتاقان به دلیل اصطکاک زیاد

ب- لرزش و ارتعاشات زیاد

ج- ایجاد سرو صدا

د- خرابی های زودرس

که بوجود آمدن هر کدام از نشانه های فوق در یک یاتاقان زنگ خطری است که مبین مسائل و مشکلاتی است که روی آن بوجود آمده است و می تواند منجر به خرابی زودرس و کاهش طول عمر آن گردد که ذیلاً بطور خلاصه به شرح آن پرداخته می شود و در صفحات بعدی در طی جداول پیوست نیز به مشروح این مسائل و رفع عیوب بوجود آمده پرداخته می شود.

عوامل کاهش دهنده طول عمر برینگ های غلتکی در چند دسته کلی زیر طبقه بندی می شود:

الف- مسائل و مشکلات ناشی از نصب.

ب- مسائل و مشکلات ناشی از طراحی و انتخاب برینگ.

ت- مسائل و مشکلات ناشی از بهره برداری .

ث- مسائل و مشکلات ناشی از روانکاری .

ج- مسائل و مشکلات ناشی از نگهداری و حمل و نقل.

چ- خستگی و پایان یافتن طول عمر برینگ.

که ذیلاً به شرح آنها پرداخته می شود:

مسائل و مشکلات ناشی از نصب

این مسائل شامل موارد زیر می باشد:

۱- گرم کردن غلط برینگ.

۲- عدم استفاده از ابزار آلات مناسب که باعث خرابی یاتاقان در حین نصب می گردد.

۳- ناهم محوری هوزینگ برینگ ها.

۴- ناهم محوری Misalignment دستگاه هائی که با هم کوپل می شوند.

۵- بالانس نبودن محور Unbalance.

- ۶- کثیف بودن محل کار (عدم رعایت تمیز کاری).
- ۷- ورود انواع الودگی هابه داخل یاتاقان درحین نصب.
- ۸- نامناسب سفت کردن لاک نت پشت یاتاقان.
- ۹- عدم دقت درتنظیم کلرنس داخلی Internal Clearance پس از نصب.
- ۱۰- برنگرداندن لبه های لاک و اشرف.
- ۱۱- عدم اعمال مقدار Preload مطلوب روی یاتاقان.
- ۱۲- تنظیم نبودن مقدار گسکت بین کاورها و هوزینگ برینگ.
- ۱۳- خمیدگی محور Bend Shaft.
- ۱۴- دوپهن بودن محور Run Out.

مسائل و مشکلات ناشی از طراحی

- ۱- طراحی غلط محور (ابعاد و اندازه هاپله ها و هم محوری و عمود بودن سطوح نسبت به همدیگر).
- ۲- طراحی غلط هوزینگ برینگ (ابعاد و اندازه پله ها و هم محوری و عمود بودن سطوح نسبت به هم).
- ۳- عدم رعایت تولرانس ها و انطباقات.
- ۴- مناسب نبودن برینگ برای شرایط عملیاتی.
- ۵- مناسب نبودن ارایش نصب برینگ ها از نظر انواع یاتاقان بکار رفته و حرکت محوری برینگ در داخل هوزینگ ان.
- ۷- انتخاب غلط کلرنس داخلی برینگ.
- ۸- در نظر نگرفتن جریان های الکتریکی بخصوص در الکتروموتورها.
- ۹- وجود اشکال در طراحی سیستم های برگشت روغن (کانال برگشت) هوزینگ برینگ.
- ۱۰- عدم رعایت جهت سفت شدن لاک نت و جهت دوران محور (شل شدن لاک نت درحین کار).
- ۱۱- انتخاب جنس نامناسب برای محورها و هوزینگ برینگ .
- ۱۲- نفوذ ذرات خارجی به داخل برینگ به دلیل طراحی غلط سیستم اب بندی هوزینگ (نوع کلرنس محل نصب و.....).
- ۱۳- خارج از مرکز بودن شافت و هوزینگ برینگ (یاسیلیو بال برینگ).

مسائل و مشکلات ناشی از بهره برداری

- ۱- اعمال بار بیش از حد Over Load روی برینگ.
- ۲- خنک کاری ناقص هوزینگ برینگ (سیستم کولینگ).
- ۳- بالا بودن دمای محوره دلیل بالارفتن درجه حرارت عملیاتی.
- ۴- انتقال ارتعاشات از ماشین الات جانبی روی یاتاقان.
- ۵- ارتعاشات بیش از حد محور.
- ۶- بالارفتن دور دستگاه از دور نامی.
- ۷- عبور جریان الکتریکی بین برینگ و شافت.
- ۸- نفوذ آب داخل هوزینگ برینگ
- ۹- مغناطیس شدن رینگ های فولادی
- ۱۰- خوردگی

مسائل و مشکلات ناشی از روانکاری

- ۱- مناسب نبودن روانکار برای شرایط عملیاتی (نوع, گرید و اسکوزیته و.....).
- ۲- اختلال در سیستم روغنکاری که باعث نرسیدن روغن به برینگ می شود.
- ۳- ورود آلودگی های مختلف به سیستم روغن (اب, گرد و غبار و ذرات خارجی).
- ۴- روغنکاری ناقص (پایین بودن فشار روغن عمل کردن نامناسب سیستم روغن رسانی).
- ۵- بالا بودن سطح روغن (پر بودن بیش از حد هوزینگ از گریس).
- ۶- پایین بودن سطح روغن.
- ۷- کثیف بودن روغن (ورود آلودگی و خوب عمل نکردن فیلترها).
- ۸- وجود اشکال در سیستم آب بندی.

مسائل و مشکلات ناشی از نگهداری و جابجاکردن

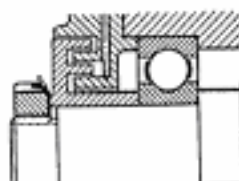
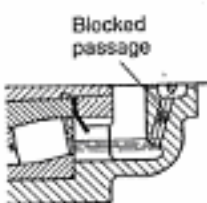
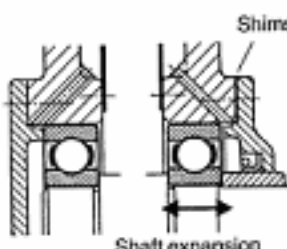
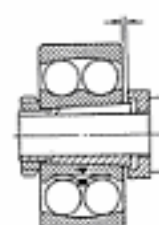
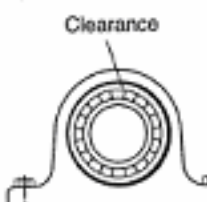
- ۱- نامناسب بودن محل نگهداری (رطوبت درجه حرارت و.....)
- ۲- روش غلط انبارداری و چینش برینگ ها روی همدیگر
- ۳- بی دقتی در جابجاکردن برینگ ها
- ۴- استفاده از ابزار آلات نامناسب و کثیف و کار در محل غبار آلود
- ۵- چیدمان غلط برینگ در انبار و.....

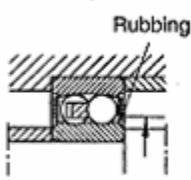
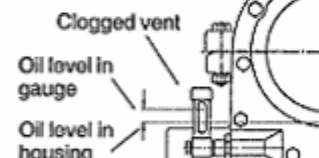
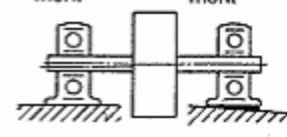

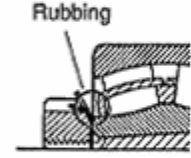
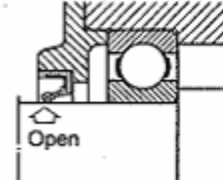
در جداول صفحات اتی به شرح مسائل و مشکلات بوجود آمده روی برینگ های غلتکی و علل بوجود آورنده آنها و اقدامات اصلاحی مورد نیاز برای رفع آنها پرداخته شده است .

Symptom "A" – علل گرم کردن یاتاقان

Solution code	Reason for condition علت ان	Practical solution راه حل عملی
1	مناسب نبودن نوع گریس یا روغن برای شرایط عملیاتی	برای تعیین روانکار مناسب با کارخانه سازنده تماس بگیرید مطمئن شوید که نوع گریس تغییر نکرده است 
2	سطح روغن ممکن است در اثر خرابی آب بند پایین بودن سطح روغن پایین رفته باشد ناکافی بودن گریس در داخل هوزینگ	سطح روغن داخل هوزینگ باید تا وسط پایین ترین ساچمه برینگ تنظیم شود 1/2 تا 1/3 هوزینگ برینگ باید از گریس پر شود 
3	بالا بودن سطح روغن زیاد بودن مقدار گریس در داخل هوزینگ این عوامل باعث تلاطم روغن گرم کردن یاتاقان و نشستی روغن می گردد	گریس تخلیه شود و نصف هوزینگ با گریس پر شود برای روانکار روغن سطح روغن تا وسط پایین ترین ساچمه رسانده شود 
4	ناکافی بودن لقی داخلی یاتاقان برای شرایط عملیاتی بخصوص در مواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کنس داخلی برینگ و کم شدن لقی می شود	لقی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگر از لقی داخلی اطمینان حاصل شد از برینگ با کلرنس داخلی بیشتر استفاده شود Normal to C3 or C3 to C4. 
7 8 9 39 48	خارج از مرکز بودن قطر داخلی هوزینگ پیچیدگی و تغییر شکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطر داخلی هوزینگ برینگ	چک کردن قسمت داخلی هوزینگ و در صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان از مسطح بودن تکیه گاه برینگ شیمزها زیر تمامی سطح تکیه گاه برینگ راپر کرده باشند 
12	قسمت تماسی آب بند خشک شده نیروی فنی آب بند زیاد است	تعویض آب بند با آب بندی که دارای فنر مناسب است روغنکاری آب بند 

Symptom "A" (cont.) - علل گرم کردن پاتاقان

Solution code	علل	راه حل عملی
13 31 38	تماس قسمت دواراب بندباجزا ثابت	چک کردن کلرنس اب بند تصحیح هم محوری 
14	مسدود بودن کانال برگشت روغن می شود عمل پمپاژ سیل باعث ایجاد نشتی	تمیز کردن کانال برگشت روغن تخلیه روغن و ریختن روغن مناسب در داخل هوزینگ برینگ و سپس تنظیم سطح روغن 
15	وضعیت سطوح تماسی	بالقاردادن شیمز بین کاور و هوزینگ برینگ پیش بار گذاری محوری روی پاتاقان اعمال گردد 
16	نصب دو عدد پاتاقان ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس در پاتاقان باعث افزایش انبساط طولی شافت می شود	جابجا کردن کاورهای روی یکی از هوزینگ برینگ ها بطرف بیرون استفاده از شیمز یا ضخامت مناسب برای ایجاد کلرنس مناسب بین کاور و کنس بیرونی برینگ در صورت امکان چند فنر در پشت کنس خارجی قرار داده شود تا حرکت محوری شافت کنترل شود
19	سفت بودن Adapter sleeve	ابتدا لاک بت و سیلیکونازاد می شود و سپس و دوباره سفت شود تا سیلیکون روی شافت مهار شود اما مطمئن حاصل شود که برینگ به راحتی می چرخد 
21 49	اعمال بارهای نامتعادل زیاد بودن قطر داخلی هوزینگ برینگ	بالانس کردن دستگاه تعویض هوزینگ برینگ با هوزینگ برینگ باقطر داخلی مناسب 


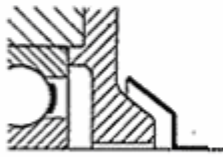
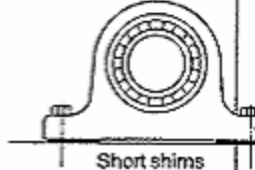
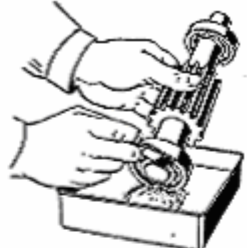
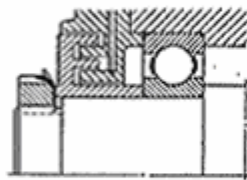
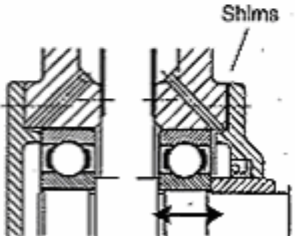
Solution code	علل	راه حل عملی
26	تماس پله شافت با لب بندی محافظ یاناقان	<p>ماشین کاری مجدد پله شافت shoulder شافت چک کردن اندازه پله روی شافت با مقدار توصیه شده توسط کارخانه سازنده یاناقان</p> 
32	عدم روغنکاری ناشی از صحیح نبودن سطح روغن داخل هوزینگ برینگ	<p>تمیز کردن مسبرهای مسدود بطرف vent و oil gauge</p> 
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	<p>تصحیح هم محوری با قراردادن شیمز زیر برینگ ها قراردادن شیمز کامل زیر هوزینگ ها اطمینان از هم محوری شافت ها</p> 
35 36	بالاتر یا پایین تر قرار گرفتن Constant oil level cup در جهت مخالف جهت دوران برینگ قرار گرفته است	<p>سطح استاتیک روغن نباید بیشتر از وسط پایین ترین رولر باشد جهت cup باید در جهت دوران یاناقان باشد طبق شکل روبرو</p> 
37	شاک های لاک و اشربا برینگ تماس پیدامی کنند	<p>لاک و اشربا برون آورده شود شاک ها صاف شوند یا نوشود</p> 
42	فرسودگی زیاد لب بندی های تماسی باعث نشتی روغن یا ورود آلودگی به هوزینگ برینگ می شود	<p>لب بندی فرسوده تعویض شود</p> 

Symptom "A" (cont.) علل گرم کردن برینگ ها

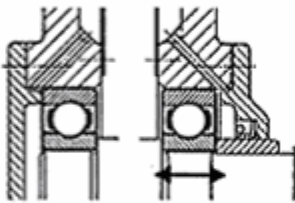
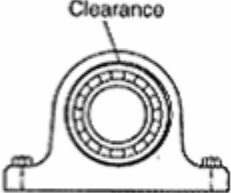

Solution code	علل	راه حل عملی
47	زیادبودن قطر نشیمن گاه برینگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کنس داخلی و کم شدن کلرنس داخلی میشود	شافت سنگ زده شود تا انطباق مناسب بین شافت و کنس داخلی ایجاد شود، در صورتی که امکان سنگ زدن وجود نداشته باشد از برینگ با کلرنس بیشتر استفاده شود
50	تغییر شکل پیدا کردن قطر داخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس آن که باعث می شود کنس خارجی در داخل آن بچرخد	با پرس کردن پوش پوش استیل، مجدد اپاتر اشکاری با قطر مناسب سایز گردد

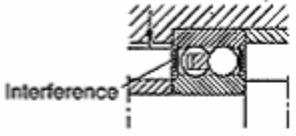
Symptom "B" - علل سروصدای یاتاقان ها

1	متلاشی شدن روغن یا گریس به دلیل انتخاب غلط نوع آن برای شرایط عملیاتی	در رابطه با تعیین نوع مناسب روانکار با کارخانه سازنده روانکار مشورت شود در رابطه با امکان جایگزینی گریس بجای روغن یا برعکس بررسی شود
2	سطح روغن ممکن است در اثر خرابی آب بند پایین بودن سطح روغن پایین رفته باشد ناکافی بودن گریس در داخل هوزینگ	سطح روغن تا نصف پایین ترین ساچمه برینگ رسانده شود 
4	ناکافی بودن لقی داخلی یاتاقان برای شرایط عملیاتی بخصوص در مواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کنس داخلی برینگ و کم شدن لقی می شود	لقی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگر لقی داخلی اطمینان حاصل شد از برینگ با کلرنس داخلی بیشتر استفاده شود Normal to C3 or C3 to C4. 

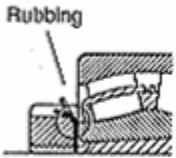
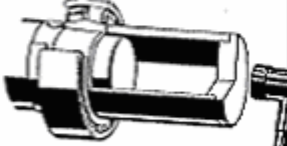
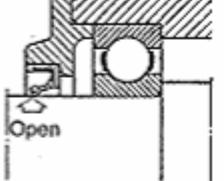

Solution code	علل	راه حل عملی
5	وارد شدن ذرات سنگریزه و گرد و غبار و آلودگی های دیگر داخل هوزینگ برینگ	<p>هوزینگ برینگ تمیز شود اب بندهای کهنه تعویض یا طراحی آن بهبود داده شود</p> 
6	اب اسید رنگ یا مواد خورنده دیگر وارد هوزینگ برینگ می شود	<p>برای بهبود وضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ در قسمت پشت هوزینگ نصب شود</p> 
7 8 9 39 48	خارج از مرکز بودن قطر داخلی هوزینگ پیچیدگی و تغییر شکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطر داخلی هوزینگ برینگ	<p>چک کردن قسمت داخلی هوزینگ و در صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان از مسطح بودن تکیه گاه برینگ شیمزها زیر تمامی سطح تکیه گاه برینگ رایپر کرده باشند</p> 
10	قبل از اسمبل کردن هوزینگ برینگ براده ها و دیگر کثیفی ها بیرون آورده نشده است	<p>هوزینگ برینگ با دقت تمیز شود، و روغن آن نیز تعویض گردد</p> 
13 31 38	اب بند دوار یا flinger با قطعات ثابت تماس پیدا می کند	<p>کلرنس سیل دوار چک شود تا وضعیت تماس مشخص شود وضعیت هم محوری چک شود</p> 
15	موقعیت قطعات	<p>با قراردادن شیمز بین هوزینگ برینگ و کاور پیش بار محوری روی یاتاقان اعمال شود</p> 

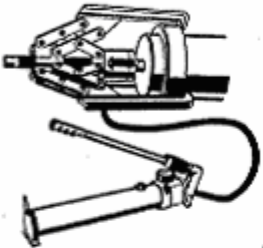
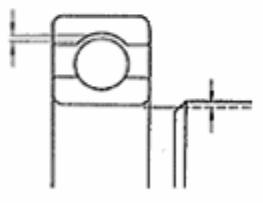


Symptom "B" (cont.) - سروصدای برینگ

Solution code	علل	راه حل عملی
16	<p>دو برینگ ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس برینگ ها نوام با انبساط طولی زیاد محور</p>	<p>کاورهای هوزینگ برینگ ها هر دو به سمت یک طرف حرکت داده شود. با استفاده از شیمز کلرنس مناسب بین هوزینگ و کلس خارجی بدست می آید</p>  <p>در صورت امکان برای کم کردن حرکت محور شافت پشت کلس خارجی ثلر نصب شود</p>
17 18	<p>قطر شافت خیلی کم است اداپتور سیلیویه اندازه کافی محکم نمی شود</p>	<p>با تعمیر شافت انطباق مناسب برای ان در نظر گرفته شود مجدداً اداپتور سیلیوی روی شافت نصب شود تا از قفل شدن ان اطمینان حاصل شود</p> 
19	<p>ادپتور سیلیوی خیلی سخت سفت می شود</p>	<p>لاک نعت و سیلیوشل شود مجدداً ان رایه اندازه کافی محکم کنید تاروی محور مهار شود ولی اطمینان حاصل کنید برینگ به راحتی می چرخد</p> 
21 49	<p>نابالانس قطر داخلی هوزینگ زیاد است</p>	<p>دستگاه مجدداً بالانس شود هوزینگ با هوزینگ سایز مناسب تعویض شود</p> 
22	<p>لکه های مسطح روی غلنگ هاناشی از سر خوردن به دلیل راه اندازی های سریع</p>	<p>غلنگ ها بصورت چشمی بررسی شوند در صورت مشاهده لکه های عمیق برینگ تعویض شود اطمینان حاصل شود که بار مورد نیاز روی برینگ اعمال می شود</p> 


Solution code	علل	راه حل عملی
25	خمیدگی محور در اثر قطر نامناسب پله shoulder روی شافت	محور دوباره تراشکاری شود تا تمرکز تنش از بین برود ممکن است نیازی به یک پله طوقی باشد ابعاد را با مقادیر توصیه شده توسط کارخانه سازنده چک کنید 
26	پله شافت با لب بند تماس دارد	پله روی محور در محل قرار گرفتن مجدد ماشین شود قطر پله شافت با مقادیر توصیه شده توسط کارخانه سازنده چک شود 
27	مهارنا کافی برینگ در داخل هوزینگ برینگ باعث تغییر شکل (تنش) کنس خارجی می شود	با ماشین کاری هوزینگ تمرکز تنش حذف می شود ابعاد را با مقادیر توصیه شده چک کنید 
28	تابدار شدن لب بند برینگ	پله داخل هوزینگ مجدد ماشینکاری شود 
29	تابدار شدن کنس داخلی و محور	پله شافت مجدد ماشین کاری شود تا مهار لازم انجام شود 
30	تابدار شدن هوزینگ برینگ و کنس خارجی برینگ	پله هوزینگ مجدد ماشین کاری شود تا مهار لازم انجام شود 

Symptom "B" (cont.) - علل سروصدای یاتاقان ها

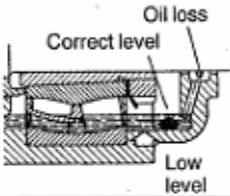


Solution code	علل	راه حل عملی
37	شاخک های لاک واشربا برینگ تماس پیدا می کنند	لاک واشربا برینگ آورده شود شاخک ها صاف شوند یا نو شوند 
40	نصب غلط ضربه زدن روی برینگ	برینگ تعویض شود هرگز در حین نصب به هیچ یک از قطعات برینگ ضربه زده نشود از یک بوش استفاده شود 
41	توجه کار کلیه اجزای متحرک یک دستگاه به عملکرد یاتاقان ها بستگی دارد	تمامی قطعات متحرک دستگاه باید با دقت چک شود 
42	افزودگی زیاد آب بندهای تماسی باعث نشستی روغن یا ورود آلودگی به هوزینگ برینگ می شود	آب بند فرسوده تعویض شود 
43	زیاد بودن کلرنس یاتاقان باعث ایجاد لرزش می شود	از برینگ با کلرنس داخلی مناسب استفاده شود برای کم کردن لرزش با اعمال بارهای فوری روی کنس خارجی برینگ های آزاد استفاده شود تا حرکت های شعاعی و محوری گرفته شوند 
44	دستگاه می لرزد	بالانس قطعات متحرک چک شوند دستگاه دوباره بالانس شود 

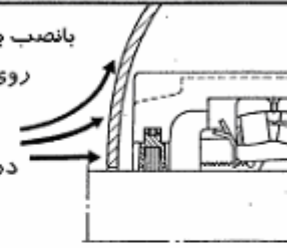
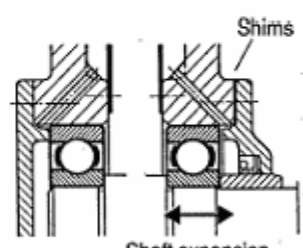
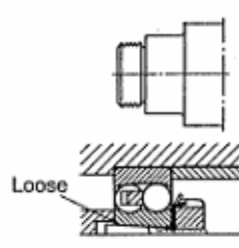
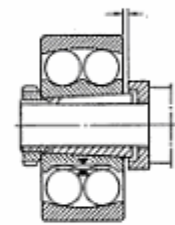
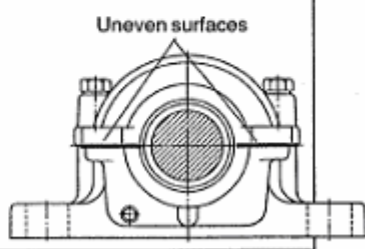
Solution code	علل	راه حل عملی
46	تغییر شکل دادن شافت و مجموعه برینگ ناشی از حرارت	<p>برای نصب برینگ روی محور با شعله شفت اطراف آن گرم شود برای ممانعت از تغییر شکل داد الزمترکز شعله دریک نقطه ممانعت شود برینگ تغییر رنگ داده باید عوض شود</p> 
47	زیاد بودن قطر نشیمن گاه برینگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کس داخلی و کم شدن کلرنس داخلی میشود	<p>شافت سنگ زده شود تا انطباق مناسب بین کس داخلی و محور بوجود آید اگر امکان سنگ زدن نیست از برینگ بالقی شعاعی بیشتر استفاده شود</p> 
50	تغییر شکل پیدا کردن قطر داخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس آن که باعث می شود کس خارجی در داخل آن بچرخد	<p>پاپرس کردن بوش بوش استیل، مجدد ایاتر اشکاری با قطر مناسب سایز گردد</p> 
51	لرزش برینگ در مواقعی که دستگاه در سرویس نمی باشد	<p>غلنگ ها دقیقاً بررسی شوند برای دستگاه های یدک بال برینگ ها بهتر از رولر برینگ ها در برابر ارتعاشات مقاومت می کنند</p> 

Symptom "C" – تعویض های زود به زود

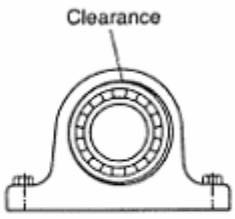

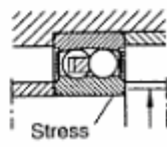
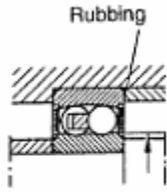
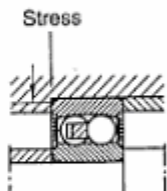
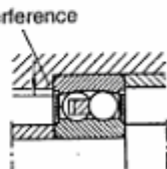
1	مناسب نبودن نوع گریس یاروغن برای شرایط عملیاتی	<p>برای تعیین روانکار مناسب با کارخانه سازنده تماس بگیرید مطمئن شوید که نوع گریس تغییر نکرده است</p> 
---	--	--

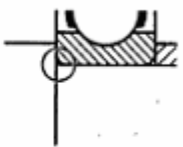
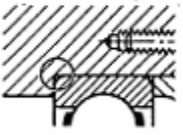
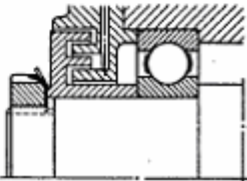
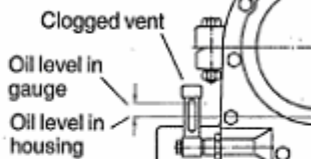
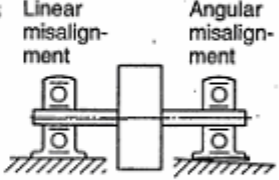
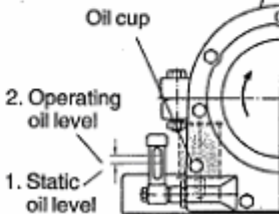
Symptom "C" (cont.) - تعویض های زودبه زود

Solution code	علل	راه حل عملی
2	<p>سطح روغن ممکن است در اثر خرابی اب بند پایین بودن سطح روغن پایین رفته باشد</p> <p>ناکافی بودن گریس در داخل هوزینگ</p>	<p>سطح روغن تا نصف پایین ترین ساچمه برینگ رسانده شود</p> <p>Fill housing 1/3 to 1/2 with grease.</p> 
4	<p>ناکافی بودن لقی داخلی یا ناقص بودن شرایط عملیاتی بخصوص در مواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کنس داخلی برینگ و کم شدن لقی می شود</p>	<p>لغی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد</p> <p>اگر از لغی داخلی اطمینان حاصل شد از برینگ با کلرنس داخلی بیشتر استفاده شود</p> <p>Normal to C3 or C3 to C4.</p> 
5	<p>وارد شدن ذرات سنگریزه و گرد وغبار و آلودگی های دیگر داخل هوزینگ برینگ</p>	<p>هوزینگ برینگ تمیز شود</p> <p>اب بندهای گهنة تعویض یا طراحی ان بهبود داده شود</p> 
6	<p>اب اسید رنگ یا مواد خوردنده دیگر وارد هوزینگ برینگ می شود</p>	<p>برای بهبود وضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ در قسمت پشت هوزینگ نصب شود</p> 
7 8 9 39 48	<p>خارج از مرکز بودن قطر داخلی هوزینگ</p> <p>پیچیدگی و تغییر شکل هوزینگ</p> <p>یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ</p> <p>کم بودن قطر داخلی هوزینگ برینگ</p>	<p>چک کردن قسمت داخلی هوزینگ و در صورت لزوم تصحیح قطر</p> <p>اطمینان از مسطح بودن تکیه گاه برینگ</p> <p>شیمزها زیر تمامی سطح تکیه گاه برینگ راپر کرده باشند</p> 
10	<p>قبل از اسمبل کردن هوزینگ برینگ براده ها و دیگر کثیفی ها بیرون آورده نشده است</p>	<p>هوزینگ برینگ با دقت تمیز شود</p> <p>و روغن ان نیز تعویض گردد</p> 

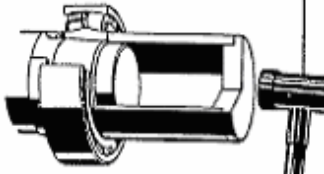
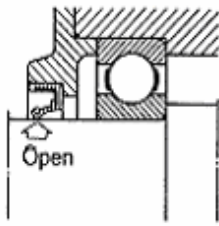
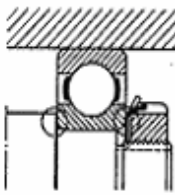
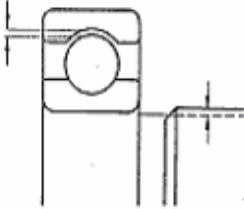
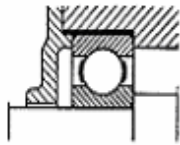
Solution code	علل	راه حل عملی
11	عبور جریان هوا باعث ایجاد نشتی روغن می شود	<p>با نصب بافل می توان جریان هوا را منحرف نمود روی یاتاقان نباید اختلاف فشار وجود داشته باشد در صورت امکان از گریس استفاده شود</p> 
15	Cross location.	<p>با استفاده از شیمز کلرنس مناسب بین هوزینگ و کلس خارجی بدست می آید</p> 
16	دو بیرینگ ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس بیرینگ ها توام با انبساط طولی زیاد محور	<p>کاورهای هوزینگ بیرینگ ها هر دو به سمت یک طرف حرکت داده شود. در صورت امکان برای کم کردن حرکت محوری شافت پشت کنس خارجی فنر نصب شود</p>
17 18	قطر شافت خیلی کم است اداپتور سیلیویه اندازه کافی محکم نمی شود	<p>با تعمیر شافت انطباق مناسب برای آن در نظر گرفته شود مجدداً اداپتور سیلیوی روی شافت نصب شود تا از قفل شدن آن اطمینان حاصل شود</p> 
19	ادپتور سیلیوی خیلی سخت سفت می شود	<p>لاک نت و سیلیوشل شود مجدداً آن را به اندازه کافی محکم کنید تاروی محور مهار شود ولی اطمینان حاصل کنید بیرینگ به راحتی می چرخد</p> 
20	نشتی روغن از هوزینگ های دوتکه ای تلفات زیاد روغن	<p>استفاده از یک لایه گسکت نشتی را قطع می کند از شیمز استفاده نشود در صورت لزوم هوزینگ بیرینگ تعویض شود</p> 

Symptom "C" (cont.) - علل تعویض زود به زود برینگ



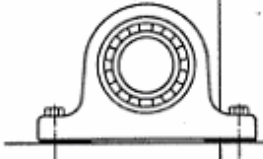
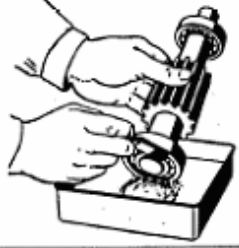
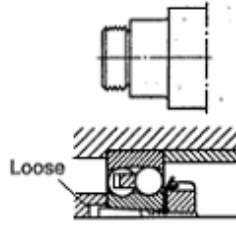
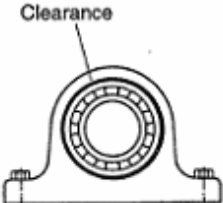
Solution code	علل	راه حل عملی
21 49	<p>نابالانسی قطر داخلی هوزینگ زیاد است</p>	<p>دستگاه مجدداً بالانس شود هوزینگ با هوزینگ سایز مناسب تعویض شود</p> 
23 24	<p>توزیع غیر یکنواخت نیرو روی برینگ به دلیل غیر یکنواخت بودن نشیمن گاه محور یا داخل هوزینگ</p>	<p>تعمیر محور هوزینگ یا هر دو برای رسیدن به انطباق مناسب امکان نیاز به محور یا هوزینگ نو وجود دارد</p> 
25	<p>خمیدگی محور در اثر قطر نامناسب پله shoulder روی شافت</p>	<p>محور دوباره تراشکاری شود تا تمرکز تنش از بین برود ممکن است نیاز به یک پله طوطی باشد ابعاد را با مقادیر توصیه شده توسط کارخانه سازنده چک کنید</p> 
26	<p>پله شافت باب بند تماس دارد</p>	<p>پله روی محور در محل قرار گرفتن مجدداً ماشین شود قطر پله شافت با مقادیر توصیه شده توسط کارخانه سازنده چک شود</p> 
27	<p>مهارنا کافی برینگ در داخل هوزینگ برینگ باعث تغییر شکل (تنش) کنس خارجی می شود</p>	<p>با ماشین کاری هوزینگ تمرکز تنش حذف می شود ابعاد را با مقادیر توصیه شده چک کنید</p> 
28	<p>تابدار شدن اب بند برینگ</p>	<p>پله داخل هوزینگ مجدداً ماشینکاری شود</p> 

Solution code	علل	راه حل عملی
29	تأبداشیدن کانس داخلی ومحور	<p>پله شافت مجدداماشین کاری شود تامهارلازم انجام شود</p> 
30	تأبداشیدن هوزینگ برینگ وکنس خارجی برینگ	<p>پله هوزینگ مجدداماشین کاری شود تامهارلازم انجام شود</p> 
31 38	اب بنددواریا flinger باقطعاعات ثابت تماس پیدا می کند	<p>کلرنس سیل دوارچک شود تا وضعیت تماس مشخص شود وضعیت هم محوری چک شود</p> 
32	عدم روغنکاری ناشی ازصحیح نبودن سطح روغن داخل هوزینگ برینگ	<p>تمیز کردن مسیرهای مسدودبطرف vent و oil gauge</p> 
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	<p>تصحیح هم محوری باقراردادن شیمز زیر برینگ ها قراردادن شیمز کامل زیرهوزینگ ها اطمینان ازهم محوری شافت ها</p> 
35 36	<p>بالاتریاپاین ترقرار گرفتن Constant oil level cup درجهت مخالف جهت دوران برینگ قرار گرفته است</p>	<p>سطح استاتیک روغن نباید بیشتر ازوسط پایین ترین رولر باشد جهت cup بایددرجهت دوران یاتاقان باشد طبق شکل روبرو</p> 

Symptom "C" (cont.) - خرابی زودبه زودیاتاقان ها

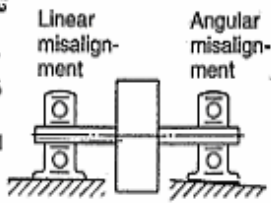
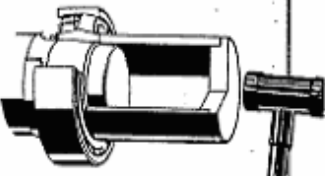

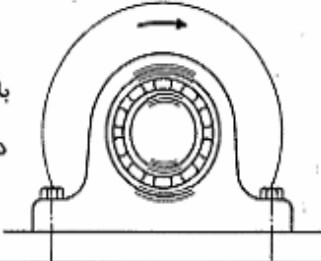
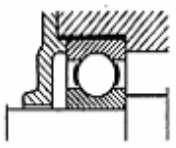
Solution code	علل	راه حل عملی
40	<p>نصب غلط ضربه زدن روی برینگ</p>	<p>برینگ تعویض شود هرگز در حین نصب به هیچ یک از قطعات برینگ ضربه زده نشود از یک بوش استفاده شود</p> 
42	<p>فرسودگی زیاد اب بندهای تماسی باعث نشتی روغن یا ورود الودگی به هوزینگ برینگ می شود</p>	<p>اب بند فرسوده تعویض شود</p> 
45	<p>پله شافت یا هوزینگ برینگ با سطح لاک نت که با سطح نشیمن گاه برینگ در تماسند ناصاف هستند</p>	<p>سطوح با ماشین کاری باید صاف و پرهم عمود شوند</p> 
47	<p>زیاد بودن قطر نشیمن گاه برینگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کنس داخلی و کم شدن کلرنس داخلی میشود</p>	<p>شافت سنگ زده شود تا انطباق مناسب بین شافت و کنس داخلی ایجاد شود، در صورتی که امکان سنگ زدن وجود نداشته باشد از برینگ با کلرنس بیشتر استفاده شود</p> 
50	<p>تغییر شکل پیدا کردن قطر داخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس آن که باعث می شود کنس خارجی در داخل آن بچرخد</p>	<p>با پرس کردن بوش استیل مجدد اپاتر اشکاری با قطر مناسب سایز گردد</p> 

Symptom "D" – علل لرزش برینگ ها

Solution code	علل	راه حل عملی
5	وارد شدن ذرات سنگریزه و گرد و غبار و الودگی های دیگر داخل هوزینگ برینگ	هوزینگ برینگ تمیز شود اب بندهای کهنه تعویض یا طراحی ان بهبود داده شود 
6	اب اسید رنگ یا مواد خورنده دیگر وارد هوزینگ برینگ می شود	برای بهبود وضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ در قسمت پشت هوزینگ نصب شود 
7 8 9 39	خارج از مرکز بودن قطر داخلی هوزینگ پیچیدگی و تغییر شکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطر داخلی هوزینگ برینگ	چک کردن قسمت داخلی هوزینگ و در صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان از مسطح بودن تکیه گاه برینگ شیمزها زیر تمامی سطح تکیه گاه برینگ راپر کرده باشند  Short shims
10	قبل از اسمبل کردن هوزینگ برینگ براده ها و دیگر کتیفی ها بیرون آورده نشده است	هوزینگ برینگ با دقت تمیز شود وروغن ان نیز تعویض گردد 
17 18	قطر شافت خیلی کم است اداپتور سیلیوبه اندازه کافی محکم نمی شود	با تعمیر شافت انطباق مناسب برای ان در نظر گرفته شود مجدداً اداپتور سیلیوروی شافت نصب شود تا از قفل شدن ان اطمینان حاصل شود  Loose
21 49	ناپالانسی قطر داخلی هوزینگ زیاد است	دستگاه مجدداً پالانس شود هوزینگ با هوزینگ سایز مناسب تعویض شود  Clearance

Symptom "D" (cont.) - علل لرزش برینگ ها

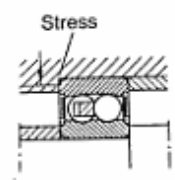
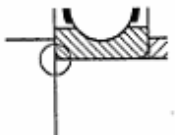
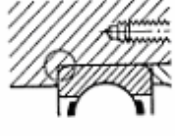
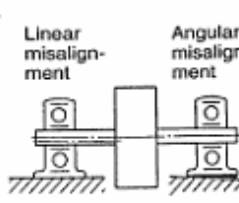
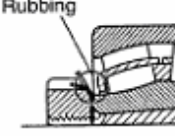
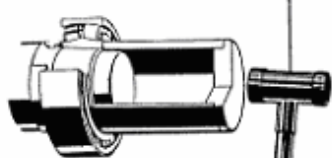
Solution code	علل	راه حل عملی	
22	لکه های مسطح روی غلتک هاناشی از سر خوردن به دلیل راه اندازی های سریع	غلتک ها بصورت چشمی بررسی شوند در صورت مشاهده لکه های عمیق برینگ تعویض شود اطمینان حاصل شود که بار مورد نیاز روی برینگ اعمال می شود	
23 24	توزیع غیر یکنواخت نیرو روی برینگ به دلیل غیر یکنواخت بودن نشیمن گاه محوری داخل هوزینگ	تعمیر محور هوزینگ یا هر دو برای رسیدن به انطباق مناسب امکان نیاز به محوری هوزینگ نو وجود دارد	
25	خمیدگی محور در اثر قطر نامناسب پله shoulder روی شافت	محور دوباره تراشکاری شود تا تمرکز تنش از بین برود ممکن است نیاز به یک پله طوقی باشد ابعاد را با مقادیر توصیه شده توسط کارخانه سازنده چک کنید	
27	مهارناکشی برینگ در داخل هوزینگ برینگ باعث تغییر شکل (تنش) کنس خارجی می شود	با ماشین کاری هوزینگ تمرکز تنش حذف می شود ابعاد را با مقادیر توصیه شده چک کنید	
29	تابدار شدن کنس داخلی و محور	پله شافت مجدداً ماشین کاری شود تا مهار لازم انجام شود	
30	تابدار شدن هوزینگ برینگ و کنس خارجی برینگ	پله هوزینگ مجدداً ماشین کاری شود تا مهار لازم انجام شود	



Solution code	علل	راه حل عملی
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	<p>تصحیح هم محوری با قراردادن شیمز زیر برینگ ها قراردادن شیمز کامل زیر هوزینگ ها اطمینان از هم محوری شافت ها</p> 
40	<p>نصب غلط ضربه زدن روی برینگ</p>	<p>برینگ تعویض شود هرگز در حین نصب به هیچ یک از قطعات برینگ ضربه زده نشود از یک بوش استفاده شود</p> 
43	<p>زیاد بودن کورنس برینگ باعث افزایش لرزش می شود</p>	<p>لقی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگر از لقی داخلی اطمینان حاصل شد از برینگ با کورنس داخلی کمتر استفاده شود Normal to C3 or C3 to C4.</p> 
44	دستگاه می لرزد	<p>بالانس قطعات متحرک چک شوند دستگاه دوباره بالانس شود</p> 
50	<p>تغییر شکل پیدا کردن قطر داخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس آن که باعث می شود کنس خارجی در داخل آن بچرخد</p>	<p>با پرس کردن بوش بوش استیل مجدداً با تراشکاری با قطر مناسب سایز گردد</p> 

Symptom "E" - عدم رضایت از عملکرد تجهیزات

Solution code	علل	راه حل عملی
4	<p>ناکافی بودن لقی داخلی یا ناقص برای شرایط عملیاتی بخصوص در مواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کنس داخلی برینگ و کم شدن لقی می شود</p>	<p>لغی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگر از لغی داخلی اطمینان حاصل شد از برینگ با کلرنس داخلی بیشتر استفاده شود Normal to C3 or C3 to C4.</p> 
5	<p>وارد شدن ذرات سنگریزه و گرد و غبار و آلودگی های دیگر داخل هوزینگ برینگ</p>	<p>هوزینگ برینگ تمیز شود اب بندهای کپنه تعویض یا طراحی آن بهبود داده شود</p> 
6	<p>اب اسید رنگ یا مواد خوردنده دیگر وارد هوزینگ برینگ می شود</p>	<p>برای بهبود وضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ در قسمت پشت هوزینگ نصب شود</p> 
7 8 9 39 48	<p>خارج از مرکز بودن قطر داخلی هوزینگ پیچیدگی و تغییر شکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطر داخلی هوزینگ برینگ</p>	<p>چک کردن قسمت داخلی هوزینگ و در صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان از مسطح بودن تکیه گاه برینگ شیمزهای بر تکیه گاه سطح تکیه گاه برینگ را برابری باشند</p>  <p>Short shims</p>
10	<p>قبل از اسمبل کردن هوزینگ برینگ براده ها و آلودگی های بیرون آورده نشده است</p>	<p>هوزینگ برینگ با دقت تمیز شود و روغن آن نیز تعویض گردد</p> 
15	<p>Cross location.</p>	<p>با استفاده از شیمز کلرنس مناسب بین هوزینگ و کنس خارجی بدست می آید</p>  <p>Shims Shaft expansion</p>
16	<p>دو برینگ ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس برینگ ها توام با انبساط طولی زیاد محور</p>	<p>کاورهای هوزینگ برینگ ها هر دو به سمت یک طرف حرکت داده شود. در صورت امکان برای کم کردن حرکت محوری شافت پینت کنس خارجی فلتر نصب شود</p>

Symptom "E" (cont.) - عدم رضایت از عملکرد تجهیزات

Solution code	علل	راه حل عملی
27	سایپورت نامناسب هوزینگ برینگ باعث تابدار شدن کنس خارجی می شود	<p>باماشین کاری هوزینگ تمرکز تنش حذف می شود</p> <p>ابعاد را با مقادیر توصیه شده چک کنید</p> 
29	تابدار شدن کنس داخلی و محور	<p>پله شافت مجدداً ماشین کاری شود</p> <p>نامهار لازم انجام شود</p> 
30	تابدار شدن هوزینگ برینگ و کنس خارجی برینگ	<p>پله هوزینگ مجدداً ماشین کاری شود</p> <p>نامهار لازم انجام شود</p> 
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	<p>تصحیح هم محوری با قراردادن شیمز زیر برینگ ها</p> <p>قراردادن شیمز کامل زیر هوزینگ ها</p> <p>اطمینان از هم محوری شافت ها</p> 
37	شاخک های لاک واشربا برینگ تماس پیدایمی کنند	<p>لاک واشربا برون آورده شود</p> <p>شاخک ها صاف شوند یا نوسود</p> 
40	<p>نصب غلط</p> <p>ضربه زدن روی برینگ</p>	<p>برینگ تعویض شود</p> <p>هرگز در حین نصب به هیچ یک از قطعات برینگ ضربه زده نشود</p> <p>از یک بوش استفاده شود</p> 

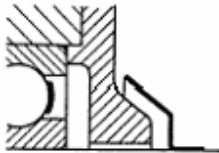
Solution code	علل	راه حل عملی
43	زیادبودن کلرنس برینگ هاب باعث افزایش لرزش می شود	<p>لغی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگر از لغی داخلی اطمینان حاصل شد از برینگ با کلرنس داخلی کمتر استفاده شود C3 to Normal or C4, to C3</p> 
44	دستگاه لرزش دارد	<p>بالانس قطعات متحرک چک شوند دستگاه دوباره بالانس شود</p> 
45	پله شافت یا هوزینگ برینگ یا سطح لاک نت که با سطح نشیمن گاه برینگ در تماسند ناصاف هستند	<p>تعمیر محور هوزینگ یا هر دو برای رسیدن به انطباق مناسب امکان نیاز به محور یا هوزینگ نو وجود دارد</p> 
47	زیادبودن قطر نشیمن گاه برینگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کنس داخلی و کم شدن کلرنس داخلی میشود	<p>شافت سنگ زده شود تا انطباق مناسب بین شافت و کنس داخلی ایجاد شود، در صورتی که امکان سنگ زدن وجود نداشته باشد از برینگ با کلرنس بیشتر استفاده شود</p> 
50	تغییر شکل پیدا کردن قطر داخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس آن که باعث می شود کنس خارجی در داخل آن بچرخد	<p>با پرس کردن بوش بوش استیل مجدداً با تراشکاری با قطر مناسب سایز گردد</p> 
51	لرزش برینگ در مواقعی که دستگاه در سرویس نمی باشد	<p>غلطک هادقیق با بررسی شوند برای دستگاه های یدک بال برینگ ها بهتر از رولر برینگ ها در برابر ارتعاشات مقاومت می کنند</p> 

Symptom "F" – لق بودن برینگ روی شافت

Solution code	علل	راه حل عملی
17 18	<p>قطر شافت خیلی کم است اداپتور سیلیبوه اندازه کافی محکم نمی شود</p>	<p>باتعمیر شافت انطباق مناسب برای آن در نظر گرفته شود مجدداً اداپتور سیلیبوری شافت نصب شود تا از قفل شدن آن اطمینان حاصل شود</p> 

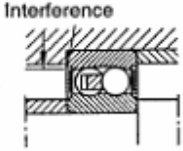
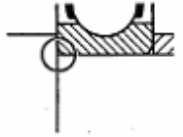
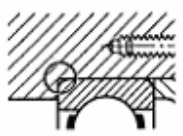
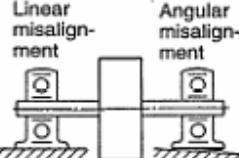
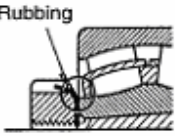
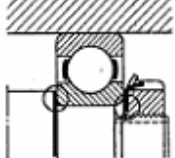
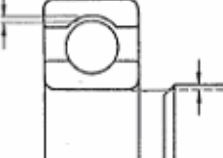
Symptom "G" – شافت به سختی می چرخد

1	<p>مناسب نبودن نوع گریس یا روغن برای شرایط عملیاتی</p>	<p>برای تعیین روانکار مناسب با کارخانه سازنده تماس بگیرید مطمئن شوید که نوع گریس تغییر نکرده است</p> 
2	<p>سطح روغن ممکن است در اثر خرابی آب بند پایین بودن سطح روغن پایین رفته باشد ناکافی بودن گریس در داخل هوزینگ</p>	<p>سطح روغن داخل هوزینگ باید تا وسط پایین ترین ساچمه برینگ تنظیم شود 1/2 تا 1/3 هوزینگ برینگ باید از گریس پر شود</p> 
3	<p>بالا بودن سطح روغن زیاد بودن مقدار گریس در داخل هوزینگ این عوامل باعث تلاطم روغن گرم کردن یاتاقان و نشستی روغن می گردد</p>	<p>گریس تخلیه شود و نصف هوزینگ با گریس پر شود برای روانکار روغن سطح روغن تا وسط پایین ترین ساچمه رسانده شود</p> 
4	<p>ناکافی بودن لقی داخلی یاتاقان برای شرایط عملیاتی بخصوص در مواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کلس داخلی برینگ و کم شدن لقی می شود</p>	<p>لقی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگر از لقی داخلی اطمینان حاصل شد از برینگ با کالرنس داخلی بیشتر استفاده شود Normal to C3 or C3 to C4.</p> 

Solution code	علل	راه حل عملی
5	وارد شدن ذرات سنگریزه و گرد و غبار و الودگی های دیگر داخل هوزینگ برینگ	<p>هوزینگ برینگ تمیز شود اب بندهای کهنه تعویض یا طراحی ان بهبود داده شود</p> 
6	اب اسید رنگ یا مواد خورنده دیگر وارد هوزینگ برینگ می شود	<p>برای بهبود وضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ در قسمت پشت هوزینگ نصب شود</p> 
7 8 9 39 48	خارج از مرکز بودن قطر داخلی هوزینگ پیچیدگی و تغییر شکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطر داخلی هوزینگ برینگ	<p>چک کردن قسمت داخلی هوزینگ و در صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان از مسطح بودن تکیه گاه برینگ شیمزها زیر تمامی سطح تکیه گاه برینگ راپر کرده باشند</p>  <p>Short shims</p>
10	قبل از اسمبل کردن هوزینگ برینگ براده ها و دیگر کثیفی ها بیرون آورده نشده است	<p>هوزینگ برینگ با دقت تمیز شود. و روغن ان نیز تعویض گردد</p> 
12	قسمت تماسی اب بند خشک شده نیروی فلری اب بند زیاد است	<p>تعویض اب بند با اب بندی که دارای فنر مناسب است روغنکاری اب بند</p> 
13 31 38	اب بند دوار یا flinger با قطعات ثابت تماس پیدا می کند	<p>کلرنس سیل دوار چک شود تا وضعیت تماس مشخص شود وضعیت هم محوری چک شود</p> 

Symptom "G" (cont.) - شافت به سختی می چرخد

Solution code	علل	راه حل عملی
15	Cross location.	<p>با استفاده از شیمز کلرنس مناسب بین هوزینگ و کنس خارجی بدست می آید</p> 
16	دو برینگ ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس برینگ ها توام با انبساط طولی زیاد محور	<p>کاورهای هوزینگ برینگ ها هر دو به سمت یک طرف حرکت داده شود. در صورت امکان برای کم کردن حرکت محوری شافت پشت کنس خارجی فنر نصب شود</p>
19	ادپتور سیلیکونی خیلی سخت سفت می شود	<p>لاک نت و سیلیوشل شود مجدداً رابه اندازه کافر محکم کنید تاروی محور مهار شود ولی اطمینان حاصل کنید برینگ به راحتی می چرخد</p> 
25	خمیدگی محور در اثر قطر نامناسب پله روی شافت	<p>محور دوباره تراشکاری شود تا تمرکز تنش از بین برود ممکن است نیازی به یک پله طوقی باشد ابعاد را با مقدار توصیه شده توسط کارخانه سازنده چک کنید</p> 
26	پله شافت باب بند تماس دارد	<p>پله روی محور در محل قرار گرفتن مجدداً ماشین شود قطر پله شافت با مقدار توصیه شده توسط کارخانه سازنده چک شود</p> 
27	مهاری ناکافی برینگ در داخل هوزینگ برینگ باعث تغییر شکل (تنش) کنس خارجی می شود	<p>با ماشین کاری هوزینگ تمرکز تنش حذف می شود ابعاد را با مقدار توصیه شده چک کنید</p> 

Solution code	علل	راه حل عملی
28	تابدار شدن اب بند پرینگ	<p>پله داخل هوزینگ مجددا ماشینکاری شود</p> 
29	تابدار شدن کس داخلی و محور	<p>پله شافت مجددا ماشین کاری شود تامپار لازم انجام شود</p> 
30	تابدار شدن هوزینگ پرینگ و کس خارجی پرینگ	<p>پله هوزینگ مجددا ماشین کاری شود تامپار لازم انجام شود</p> 
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	<p>تصحیح هم محوری با قراردادن شیمز زیر پرینگ ها قراردادن شیمز کامل زیر هوزینگ ها اطمینان از هم محوری شافت ها</p> 
37	شاخک های لاک واشرب پرینگ تماس پیدامی کنند	<p>لاک واشرب بیرون آورده شود شاخک ها صاف شوند یا نو شوند</p> 
45	توزیع غیریکنواخت نیرو روی پرینگ به دلیل غیریکنواخت بودن نشیمن گاه محوری داخل هوزینگ	<p>تعمیر محور هوزینگ یا هر دو برای رسیدن به انطباق مناسب امکان نیاز به محور یا هوزینگ نو وجود دارد</p> 
47	زیاد بودن قطر نشیمن گاه پرینگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کس داخلی و کم شدن کلرنس داخلی میشود	<p>شافت سنگ زده شود تا انطباق مناسب بین شافت و کس داخلی ایجاد شود، در صورتی که امکان سنگ زدن وجود نداشته باشد از پرینگ با کلرنس بیشتر استفاده شود</p> 

علل واقدامات اصلاحی برای رفع عیوب برینگ ها

عیوب		علل احتمالی	اقدامات اصلاحی
سرو صدا	صدای فلزمانند	بار غیرعادی	بهبود انطباق لقی های داخلی پیش بارموقعیت پله هوزینگ برینگ و ...
		نصب غلط	بهبود دقت ماشین کاری ودقت درهم محوری شافت وهوزینگ یاروش های نصب
		ناکافی بودن یا نامناسب بودن روانکار	تعویض روغن یا انتخاب نوع دیگر
		تماس قطعات متحرک	تغییر لایبرینت سیل ها
	صدای متناوب	خوردگی یا ایجاد خط روی شیارها	تعویض یا تمیز کاری هوزینگ بهبوداب بندی واستفاده از روانکار تمیز
		کج شدن	تعویض برینگ ودقت بیشتر در جایجا کردن ان
		کج شدن شیارها	برینگ تعویض شود
	صدای غیرعادی	کلرنس زیاد	بهبود انطباق کلرنس و پیش بار
		ورود مواد خارجی	تعویض یا تمیز کردن برینگ بهبوداب بندواستفاده از روانکار تمیز
		کج کردن بال ها	برینگ تعویض شود
		زیاد بودن مقدار روغن	مقدار گریس کم شود ونوع مناسب گریس انتخاب شود
		ناکافی بودن یا نامناسب بودن روغن	شارژ روانکار یا انتخاب نوع بهتر
افزایش درجه حرارت غیرعادی	بار غیرعادی	بهبود انطباق، لقی های داخلی، پیش بار وموقعیت پله هوزینگ برینگ	
	نصب غلط	بهبود دقت های ماشینبری وهم محور کردن شافت وهوزینگ ودقت نصب وروش های نصب	
	خزش روی سطوح بالا بودن اصطکاک اب بند	تصحیح اب بندها تعویض برینگ تصحیح مسائل نصب وانطباق	
	سختی	برینگ تعویض شود و در هنگام جایجا کردن برینگ دقت شود	
	پوسته شدن	برینگ تعویض شود	
ارتعاشات (خارج از مرکزی محوری)	نصب غلط	وضعیت عمود بودن بین پله محور وهوزینگ یا قسمت جایی اسپیسر تصحیح شود	
	نفوذ ذرات خارجی	برینگ تمیز یا تعویض شود و اب بند بهبود داده شود	
نشستی تغییر رنگ، روغن	زیاد بودن مقدار روغن واغشته بودن ان به مواد خارجی یا ذرات ساینده	مقدار روغن کم شود واز گریس شل تر استفاده شود برینگ یا گریس تعویض شود وهوزینگ وقطعات تمیز شوند	

مسائل ارتعاشی برینگ های غلتکی

ارتعاشات برینگ های غلتکی معمولا به دلیل عیوبی است که روی سطوح کنس های داخلی و خارجی بال هاو غلتک ها و همچنین قفسه (Cage) های آنها بوجود می آید. یک برینگ خراب می تواند چندین فرکانس ارتعاشی داشته باشد که برخی از این فرکانس ها مرتبط با شکل هندسی برینگ و برخی دیگر بصورت اتفاقی Random و در فرکانس های بالا رخ می دهد.

فرکانسهای ارتعاشی یک برینگ خراب عبارتند از :

۱- فرکانس قفسه (Cage یا Retianer).

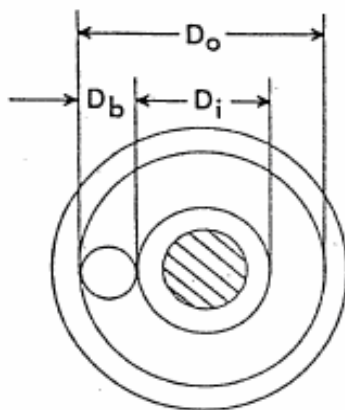
۲- فرکانس گذر دور غلتک ها (Ball و Roller).

۳- فرکانس گذر غلتک ها روی کنس داخلی.

۴- فرکانس گذر غلتک ها روی کنس خارجی.

فرمول ها و روش محاسبه فرکانس های دورانی فوق در جدول زیر آورده شده است

محاسبه فرکانسهای دورانی بیرینگها



Note: Shaft turning, Outer race fixed

Defect of Cage or Ball: $F_{(cage)} = \frac{D_i}{D_i + D_o} \times RPM$

Defect of Ball: $F_{(ball)} = \frac{D_o}{D_o} \times \frac{D_i}{D_i + D_o} \times RPM$

Defect of Inner Race: $F_{(inner)} = \frac{D_o}{D_i + D_o} \times M \times RPM$

Defect of Outer Race: $F_{(outer)} = \frac{D_i}{D_i + D_o} \times M \times RPM$

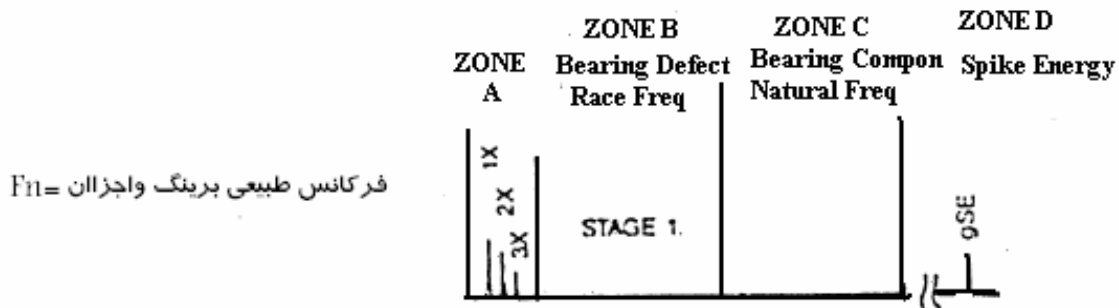
Where D_i = Diameter of inner race
 D_o = Diameter of outer race
 D_b = Diameter of ball
 M = Number of balls in bearing
 RPM = Shaft RPM
 F = Frequency in CPM of the defect

این فرکانس های دورانی با توجه به ابعاد هندسی برینگ قابل محاسبه هستند. البته فرکانس های دورانی محاسبه شده به دلیل سر خوردن ساچمه ها و اختلاف بین مسیر واقعی ساچمه و قطر کنس با فرکانس های واقعی تطابق کامل ندارند.

با استفاده از فرکانس های دورانی المان خراب این نوع برینگ ها را مشخص می کنند که از این مطلب برای مطالعه و علت خرابی برینگ ها استفاده می شود که ذیلا به شرح آنها پرداخته می شود..

در اسپکترام های زیر باندهای متعدد فرکانسی که خراب برینگ در آنها اتفاق می افتد نشان داده شده است.

چهارباند فرکانس خرابی در برینگ های غلتکی



فرکانس های خرابی برینگ ها

$$BPFI = \frac{N_b}{2} \left(1 + \frac{B_d}{P_d} \cos \theta \right) \times RPM$$

$$BPFO = \frac{N_b}{2} \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \theta \right) \times RPM$$

$$BSF = \frac{P_d}{2B_{fl}} \left[1 - \left(\frac{B_{fl}}{P_d} \right)^2 (\cos \theta)^2 \right] \times RPM$$

$$FTF = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{B_d}{P_d} \cos \theta \right) \times RPM$$

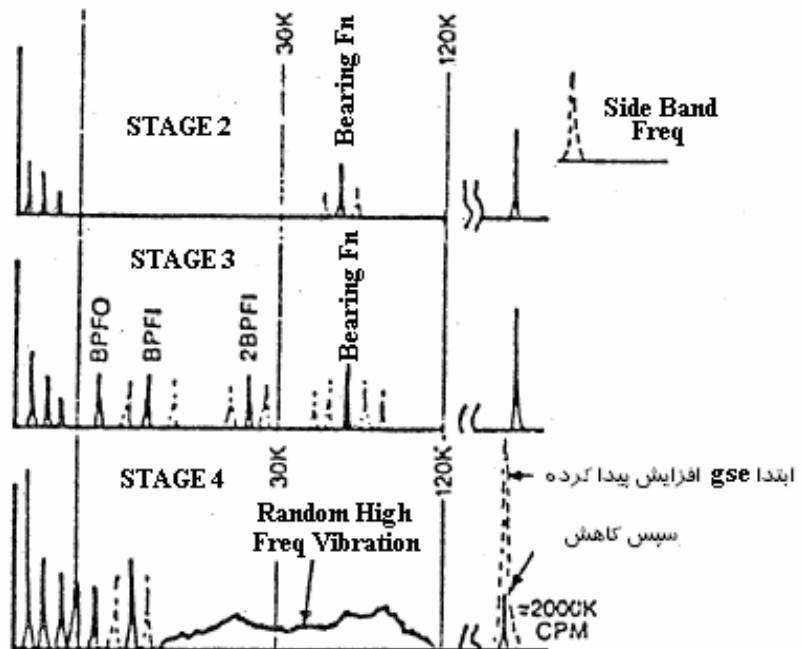
که در آن

N_b = تعداد رولرها یا ساچمه ها

B_d = قطر رولرها بر حسب میلی متر

P_d = قطر گام برینگ بر حسب میلی متر

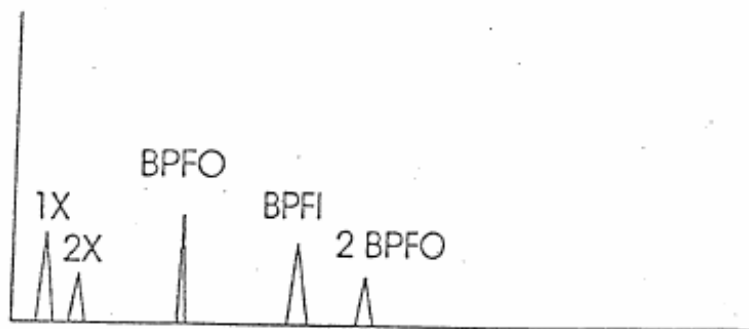
θ = زاویه تماس بر حسب درجه



با توجه به فرکانس های بدست آمده از روابط قبل و بررسی طیف های ارتعاشی می توان پی به علل خرابی این

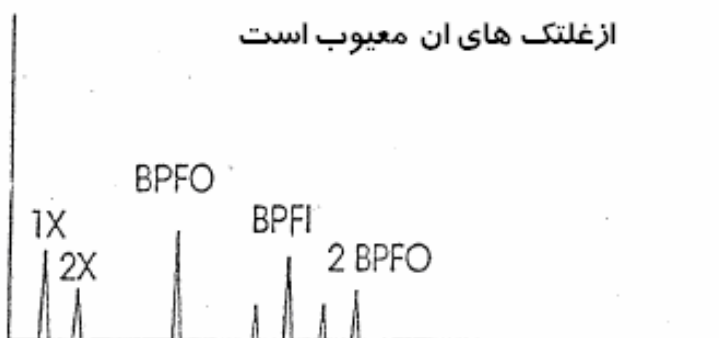
نوع برینگ ها برد که ذیلا به آنها اشاره می شود:

۱- اگر فرکانس غالب ارتعاشی اندازه گیری شده از طیف های ارتعاشی مربوط به کنس داخلی بال برینگ باشد به احتمال زیاد علت خرابی به دلیل نیروهای ارتعاشی داخلی اعمال شده روی رتور نظیر نابالانسی، توربولانس سیال، خمیدگی محور و..... اتفاق افتاده است.

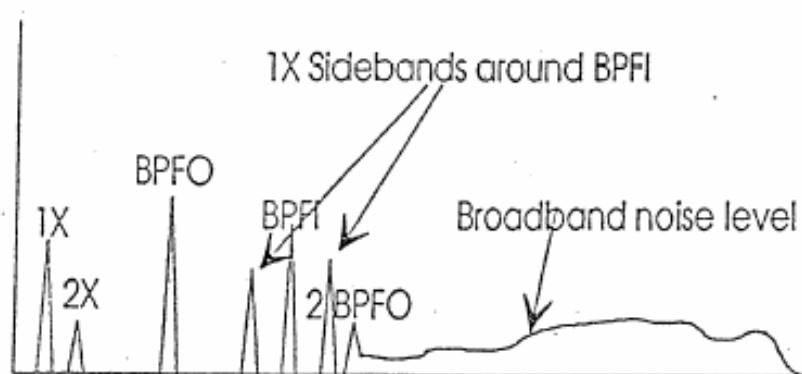


۲- اگر فرکانس غالب ارتعاشی اندازه گیری شده از طیف های ارتعاشی مربوط به غلتک ها باشد احتمالاً خرابی می تواند ناشی از روغنکاری ناقص، داغ کردن و یا وجود جریانات الکتریکی باشد که از برینگ عبور می کند و ...

طیف ارتعاشی برینگی که تعدادی از غلتک های آن معیوب است



۳- اگر فرکانس غالب ارتعاشی اندازه گیری شده روی طیف های ارتعاشی مربوط به کنس خارجی بال برینگ باشد احتمالاً علت خرابی ناشی از لرزش زمینه، هم محور نبودن دستگاه و..... بوده است.



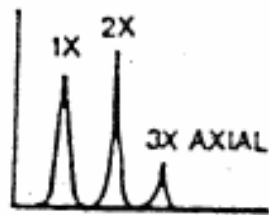
یک مشکل جزئی روی کنس های داخلی و یا خارجی یک برینگ می تواند ارتعاشاتی با فرکانس گذرای غلطک (Ball Pass Frequency) ایجاد کند که با پیشروی عیب مسئله حاد تر شده و عیوب دیگر رانیز باعث شود و متعاقبا باعث افزایش تعداد فرکانس ها و عریض شدن پهنای باند فرکانس ها گردد که این اجزا فرکانسی می توانند توسط نیروهای نابالانسی در دور شافت و یا نیروهای دیگر مدوله شده و تعداد فرکانس های بیشتر مجموع و اختلاف (Sum-and-Difference Ferquency) را به وجود آورند.

برای مثال فرض کنید ماشینی در دور ۲۴۰۰ RPM کار می کند و فرکانس گذر روی کنس داخلی ۲۲۳۰۰ RPM محاسبه شده است در این حالت ماشین ارتعاشات در هر دو فرکانس مذکور را نشان خواهد داد اما تجربه نشان داده که فرکانس های مجموع CPM (2400+22300=24700) و فرکانس اختلاف بین این دو نیز $22300-2400=19900$ CPM وجود خواهد داشت. اثر مدوله شدن تا وقتی که اسپکترام فرکانس به صورت یک سری اجزای فرکانسی که پهنای باند نسبتا وسیعی را ایجاد می کنند در بیاید ادامه پیدا خواهد کرد.

ارتعاشات ناشی از ناهم محوری بال برینگ ها روی محور Misaligned Bearing

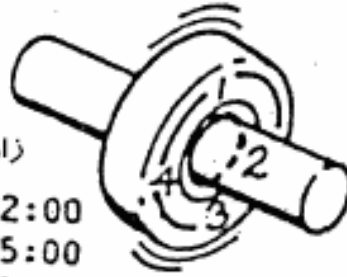
قطعاتی که روی محور نصب می شوند مثل بال برینگ ها کوپلینگ ها و بخصوص هوزینگ برینگ ها و..... نیز حتما باید با محور اصلی هم محور باشند در غیر این صورت حتی با هم محور بودن کوپلینگ ها باز هم نشانه های ارتعاشات ناهم محوری وجود دارد که البته در چنین مواردی ارتعاشاتی که ایجاد می شود ممکن است فقط روی یک طرف ماشین به وجود آید و لرزش طرف دیگر ماشین کم باشد. از شایع ترین نوع Missalignment ناهم محوری بال برینگ ها روی شافت است که معمولا به دلیل رعایت نکردن تolerانس های نصب خمیدگی محور و تراشکاری نادرست محور و سیلیو و یا بیش از اندازه سفت کردن پیچی که برای لاک کردن سیلیو روی محور استفاده شده و یا استفاده کردن از پیچ نامناسب (استفاده از L-Screw بجای Cup-Screw) بوجود می آید و باعث حرکت پیچشی (Twisting) با اختلاف زاویه فاز ۱۸۰ درجه ای در بال و پایین برینگ (یا کناره ها) و همچنین افزایش ارتعاشات محوری همان برینگ و غالباً در فرکانس های دو برابر دور می شود که با هم محوری کوپلینگ ها یا بالانس کردن مشکل حل نخواهد شد و باید اتاقان باز و مجدداً به روش صحیح نصب گردد.

طیف ارتعاشی برینگی که بامحورناهم محوراست



زاویه فاز

1	2:00
2	5:00
3	8:00
4	11:00



تعیین وضعیت یا تاقانهای غلطکی Bearing Condition

برینگ های غلتکی یا تاقان هایی هستند که دارای طول عمر محدود و مشخص می باشند و معمولاً پس از اتمام طول عمر آنها باید تعویض گردند. ولی درحین کارمی توان آنها را چک نمود و بابررسی وضعیت ارتعاشی آنها نسبت به ادامه کاری تعویض آنها تصمیم گیری کرد. عیوب در برینگ های غلتکی (بال برینگ ها) ناشی از جدا شدن موضعی مواد، ترک های ناشی از خستگی روی سطوح تماسی و خرد شدن یا ترک برداشتن اجزا غلتکی (ساچمه ها و رولرها) است که در اثر روغنکاری ناقص و یا اعمال نیروهای اضافی روی آنها می تواند اتفاق بیفتد و در اثر تغییر ساختمان هندسی برینگ، در زمانی که سطوح آسیب دیده با هم درگیر می شوند باعث تولید ارتعاشات و ضربه های لحظه ای (شوک) در فرکانس های بالا شوند.

تاکنون هیچ استاندارد یا راهنمای معتبری در مورد روش اندازه گیری و جدول ارزیابی برای تعیین وضعیت این نوع برینگ ها در سطح بین المللی ارائه نشده ولی در همه روش ها از اندازه گیری فرکانس های بالای شوک پالس ها استفاده می شود. البته هر کمپانی سازنده دستگاه های آنالیز ارتعاشی تحت یک کمیت مخصوص به خود، آن را ارزیابی می کند. میزان ارتعاشات یک برینگ سالم نسبت به سایر قسمت های ماشین آلات بسیار کمتر است. در مراحل اولیه پیدایش عیب در برینگ ارتعاشات هنوز هم ممکن است انقدر کم باشد که در ارتعاشات ناشی از قطعات گم شود اهمیت این بحث در آن است که اندازه گیری میزان کلی سرعت یا شتاب ارتعاشات غالباً عیوب برینگ را تا زمانی که عیب به مرحله بحرانی نرسیده باشد نشان نمی دهند بنابراین اندازه گیری یا مونیتور کردن میزان کلی ارتعاشات ممکن است هشدار کافی و به موقع

از وقوع و پیشرفت مسائل بیرینگ ارائه ندهند. وجود اشکالات روی کنس ها و یا غلتک ها نیز باعث ایجاد ضربه هائی بر قطعات بیرینگ می شود. این ضربه های لحظه ای فرکانس های طبیعی قطعات مختلف را تحریک می کنند و باعث افزایش ارتعاشات می شوند .

وضعیت بیرینگ های غلتکی بر اساس اندازه گیری شوک پالس ها و ارتعاشات ماشین بدست می آید که با استفاده از سنسور ارتعاشی شتاب سنج با فرکانس تشدید بالا (تقریباً ۳۲KHZ) اندازه گیری می شود که برای حذف ارتعاشات فرکانس های بالا و پایین ماشین و هرگونه عامل مزاحم الکترونیکی در محدوده فرکانس های بالا سیگنال حاصله از یک فیلتر میان گذر با محدوده فرکانس عبوری ۶۰-۱۵ KHz عبور داده می شود که بعد از این محل , لزوماً تنها شوک پالس ها در سیگنال اندازه گیری شده باقی می ماند. برای اندازه گیری وضعیت بیرینگ های غلتکی باید تا حد ممکن اندازه گیری به محل بیرینگ نزدیک باشد و ترجیحاً روی حلقه کنس بیرونی بیرینگ باید انجام شود .

کمیتی است که کارخانه IRD برای تعیین موقعیت بیرینگ های غلتکی معرفی می کند GSE یا اسپایک انرژی است که این کمیت پالس های انرژی ارتعاشی است که در فرکانس های بالا در مدت زمانی بسیار کوتاه اندازه گیری می شود .

اسپایک انرژی به دلایل زیر نیز می تواند در ماشین الات حادث شود:

الف - عیوب سطحی در قطعات بیرینگ های غلطکی و چرخ دنده ها .

ب- تماس فلز با فلز (Rub&Impact) .

ج- نشست بخار و یا هوای فشار بالا .

د- کاویتا سیون (Cavitation) .

اگر چه اسپایک انرژی اساساً اندازه گیری شتاب ارتعاشات است ولی سیستم مخصوص الکترونیکی که سیگنال ارتعاشی را پروسه می کند به ارتعاشات فرکانس بالائی که توسط عیوب بیرینگ ها و چرخ دنده ها ایجاد می شود حساسیت خاصی دارد که به این دلیل واحد آن برحسب g-SE که واحد شتاب است بیان می شود (دستگاههای آنالیز ارتعاشات IRD این کمیت را اندازه گیری نشان می دهند) .

اسپایک انرژی عبارت است از انرژی ارتعاشی که از برخوردهای کوتاه مدت (Impact) فلز با فلز به وجود می آید و باعث ایجاد ارتعاشات راندومی (ارتعاشاتی که در یک محدوده تقریباً وسیع فرکانسی رخ می دهد) می شود که از طریق قطعات پیشروی می کند .

تنها منبع ارتعاشی که می تواند فرکانسی طبیعی پیک آپ های مخصوص اندازه گیری اسپایک انرژی را تحریک کند نیروهای ضربه ای یا Spike ها هستند که توسط بیرینگ معیوب (یا چرخ دنده) ایجاد می شود. برای اندازه گیری اسپایک انرژی با تنظیم ارتعاش سنج روی فیلتر بالا گذر (High Pass) باعث می شود که فرکانس های ارتعاشی زیر 5000 Hz (300000 CPM) حذف شود و ارتعاشات ناشی از مسائلی از قبیل نابالانسی و..... درمیزان انرژی اسپایک وارد نشود. به عبارت دیگر سیستم اندازه گیری اسپایک انرژی یک دستگاه لرزش سنج تنها برای کشف عیوب ناشی از ضربه Impact است که از مشخصه های بیرینگ ها و چرخ دنده ها و ارتعاشات راندوم طراحی شده است.

نحوه اندازه گیری اسپایک انرژی

روی ماشین الاتی که هیچ رکورد قبلی از اسپایک انرژی در دسترس نیست باید با اندازه گیری مثبت آن و دنبال نمودن روند تغییرات در واحد زمان طبق تجربه عملی نحوه ارتباط دادن این اندازه گیری ها با خراب شدن بیرینگ به دست آید تا از روی اندازه گیری میزان اسپایک انرژی بتوان وضعیت سلامت بیرینگ را مشخص نمود.

مثلاً ممکن است به دلیل مشاهده افزایش ناگهانی اسپایک انرژی تصور شود که خرابی بیرینگ هر آن پیش خواهد آمد ولی اگر اندازه گیری هم زمان شتاب یا سرعت هیچگونه افزایش قابل ملاحظه ای در ارتعاشات نشان نداده باشد باید این طور فکر شود که ممکن است افزایش ناگهانی اسپایک انرژی در نتیجه تغییری در شرایط عملیاتی ماشین پیش آمده باشد نه از خراب شدن ناگهانی بیرینگ.

برای یک ماشین با دور بسیار بالا که سریعتر تحت تاثیر نیروهای ارتعاشی قرار می گیرد اندازه گیری شتاب انتخاب خوبی است ولی برای ماشین الات دور پایین در جاهائی که حرکات نسبی عملکرد ماشین را تحت تاثیر قرار می دهد جابجائی به عنوان پارامتر پشتیبانی کننده انرژی اسپایک مناسب تر خواهد بود.

جدول زیرمیزان ارتعاشات را نسبت به پارامتر اندازه گیری و وضعیت ماشین نمایش میدهد.

Machine Condition	VIBRATION LEVELS			
	Disp	Vel	Accel	SE
Machine OK	OK	OK	OK	OK
Watch Machine Bearing Detects OK To Run	OK	OK	OK	HIGH
Watch Machine Bearing Detects OK To Run	OK	OK	HIGH	HIGH
Machine Problem Analyzer Shut Down	OK	HIGH	HIGH	HIGH
Machine Problem Analyzer Shut Down	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH

همانطور که ملاحظه می شود میزان اسپایک انرژی در ۴ حالت از ۵ حالت زیاد بوده است ولی فقط در دو مورد مشکل برینگی وجود دارد.

حدودمجاز مقدار انرژی اسپایک

اگرچه چندین فاکتور مختلف وجود دارد که می تواند درمیزان اسپایک انرژی تغییراتی را باعث شود. با این حال وبه طور کلی ارتباط خوبی بین مقادیر اندازه گیری شده و میزان شدت عیب وجود دارد. به علت وجودچنین تغییراتی روش توصیه شده برای تعیین وضعیت بیرینگ استفاده از روش های مقایسه (Comparson) و تغییرات با زمان Trend است تا تکیه به مقادیر مطلق در چارت های شدت اسپایک انرژی.

مقادیر مطلق درچارت های شدت ارتعاشات می تواند درتعیین وضعیت بیرینگ سودمند باشد ولی باید تجربه اپراتور روی ماشین آلات خود که به روش مقایسه تغییرات با زمان توسعه یافته است نیز در تصمیم گیری دخالت داده شود. درروش مقایسه ای مقادیر انرژی اسپایک روی بیرینگ های مشابه روی تعداد مختلفی از ماشین الات مشابه اندازه گیری می شود. برای بیرینگ های سالم مقادیر اندازه گیری

شده در یک برد محدودی قرار خواهد گرفت و برینگ هائی که دارای مقادیر اسپایک انرژی بالائی باشند خارج از این محدوده قرار میگیرند .

معیار دیگر برای تعیین معیار قضاوت روش Trending است که در این روش مقادیر اسپایک انرژی یک ماشین مشخص بطور پریودیک اندازه گیری می شود اگر هیچ تغییر قابل ملاحظه ای در طول یک زمان طولانی ایجاد نشود مثلا ۳ تا ۶ ماه این بیانگر آنست که بیرینگ ها در شرایط خوبی هستند بنابراین میزان اسپایک انرژی اندازه گیری شده معیار مناسبی در مورد سالم بودن یا نبودن برینگ های ماشین خواهد بود .

در دستگاه های دیگر آنالیز ارتعاشاتی نیز از کمیتی تحت عنوان Baering Condition استفاده می شود که برای تعیین وضعیت برینگ ازان استفاده می شود. برای تعیین Bearing Condition نیز با فیلتر نمودن امواج ارتعاشی فرکانس پایین امواج فرکانس بالا جدامی شوند و با انجام پروسه هائی روی آنها وضعیت برینگ مشخص می شود. کارخانجات سازنده تجهیزات آنالیز ارتعاشات هر کدام پروسه ای را برای خود تعریف می کنند که با پروسه های تعریف شده در کارخانجات دیگر متفاوت است .

تشخیص عیوب و مسائل بوجود آمده روی برینگ های غلتکی



بطور کلی اگر برینگ های غلتکی به درستی مورد استفاده قرار گیرند به طول عمر پیش بینی شده توسط کارخانه سازنده برینگ می رسند ولی غالباً در اثر اشتباهات اجتناب ناپذیر دچار مشکل می شوند. به غیر از خستگی مسائل دیگری که باعث خرابی برینگ های شونده عبارتند از: نصب غلط، جابجائی و حمل و نقل غلط، نقصان روانکاری، ورود اجسام خارجی، تولید حرارت غیر عادی و..... برای مثال مواردی که باعث خط افتادن روی سطوح حرکتی غلتک های شونده شامل: نقصان روانکاری، استفاده از روانکار نامناسب، سیستم روانکاری معیوب، ورود اجسام خارجی داخل برینگ، خمیدگی بیش از حد شافت یا ترکیبی از موارد فوق است.

اگر تمامی حالات قبل و بعد از خرابی مثل چگونگی کاربرد وضعیت راه اندازی شرایط محیط کاری و..... معلوم باشد پیدایش عیوب احتمالی بهتر تعیین می شوند و با انجام یک اقدام اصلاحی لازم عیوب احتمالی تعیین و با انجام

یک اقدام صحیح خرابی های مشابه کاهش داده می شوند و از خط افتادن مجدد جلوگیری می شود در این بخش به توضیح مشاهدات عینی طیف تقریباً وسیعی از معایب بوجود آمده روی برینگ های غلتکی و همچنین علل بوجود آورنده آنها پرداخته می شود که می تواند کمک بسیار موثری در امر نگهداری این قطعات جهت بالابردن طول عمر آنها داشته باشد زیرا در بسیاری از موارد به دلیل ارتعاشات بالا که غالباً هم در فرکانس های بالا اتفاق می افتد اجباراً باید برینگ تعویض شود و برینگ جدید نیز دارای طول عمری بسیار کمتر از طراحی می شود که علت آن ممکن است مربوط به خود برینگ نباشد و مشکل در جای دیگر نهفته باشد که با بررسی بیشتر و دقیق تر قطعات مختلف برینگ امکان شناسائی مشکل فراهم می شود.

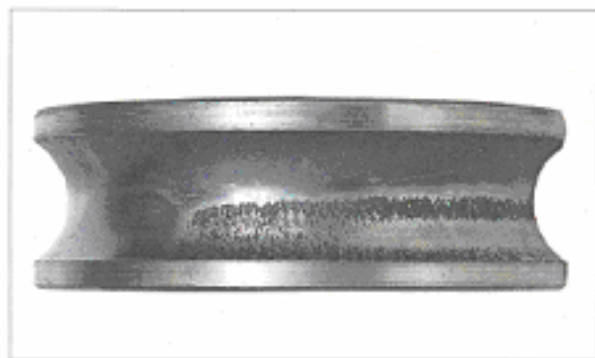
شکل های پیوسته نیز می توانند کمک بسیار موثری برای شناسائی علل خرابی ها باشند.

کچل شدن

وضعیت عیب	علت احتمالی	اقدامات اصلاحی
پوسته شدن وقتی اتفاق می افتد که تکه های ریزی از سطوح بسیار صاف کنس های داخلی یا خارجی باغلتک ها در اثر خستگی سطوح کنده شوند که نتیجه آن ناصافی وزیری در تار و بود برینگ می شود	بار بیش از حد مسائل نصب پارهای گشتاوری ورود ذرات خارجی یا نفوذ آب نامناسب بودن کلرنس داخلی برینگ نامناسب بودن اندازه شافت یا هوزینگ نابیدگی هوزینگ خمیدگی زیاد محور مسائل ناشی از خوردگی زنگ زدگی خوردگی حفره ای	نحوه انتخاب و شرایط بار چک شود نحوه نصب بهبود داده شود مکانیزم آب بندی بهبود داده شود تا ذرات خارجی وارد نشوند از روغن یا گریس با ویسکوزیته مناسب استفاده شود روش روغنکاری بهبود داده شود کلرنس داخلی برینگ چک شود اندازه های شافت و برینگ چک شود



قطعه: کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه: پوسته شدن در قسمت اطراف نیمه محل حرکت
ساجمه ها اتفاق افتاده
علت: روانکاری ناقص ناشی از ورود رسوبات خنک کننده به
طرف هوزینگ



قطعه: کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه: پوسته شدن بصورت مورب در طول رینگ
علت: هم محور نکردن شافت و هوزینگ برینگ هنگام نصب



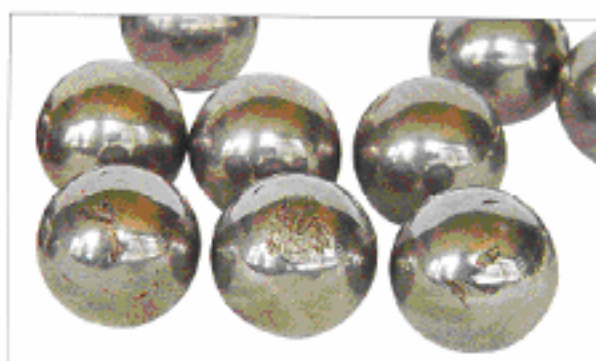
قطعه کنس داخلی یک بال برینگ شیار عمیق
نشانه: پوسته شدن برینگ داخلی روی دایره گام ساجمه
علت: گودی ناشی از بار ضربه ای هنگام نصب



قطعه: کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه: پوسته شدن برینگ داخلی روی دایره گام ساجمه
علت: گودی ناشی از لرزش در هنگامی که دستگاه در سرویس
نیوده



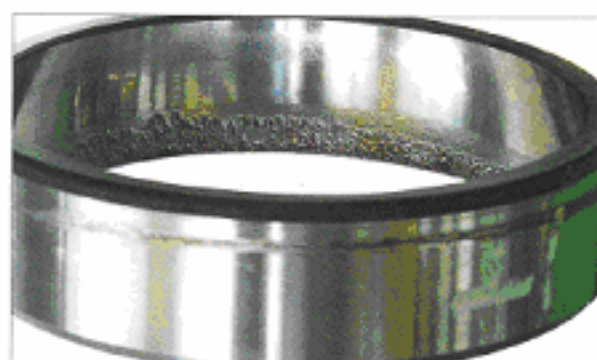
قطعه: کنس خارجی شکل قبلی
نشانه: پوسته شدن در محل شیار دایره گام ساچمه ها
علت: فرورفتگی ناشی از لرزش در حالت استاتیکی



قطعه: ساچمه های شکل قبلی
نشانه: پوسته شدن سطح ساچمه ها
علت: فرورفتگی ناشی از لرزش در حالت استاتیکی



قطعه: کنس داخلی یک رولر بیرنگ بشکه ای
نشانه: پوسته شدن تنهاریوی یکی ردیف از محل های عبور ساچمه ها
علت: زیادبودن بار در جهت محوری



قطعه: کنس خارجی بیرنگ قبلی
نشانه: پوسته شدن تنهاریوی یک ردیف از محل های عبور ساچمه ها
علت: زیادبودن بار در جهت محوری



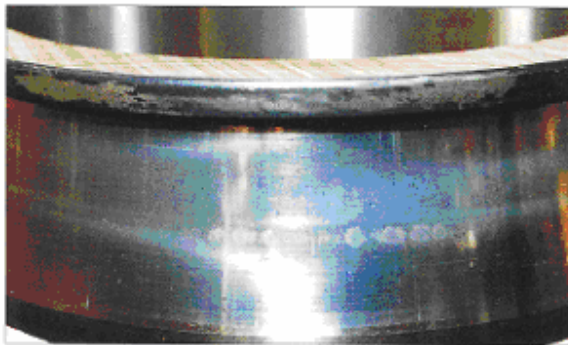
قطعه: کنس داخلی یک رولر بیرنگ بشکه ای
نشانه: پوسته شدن تنهاریوی یکی ردیف از محل های عبور ساچمه ها
علت: روغنکاری ناقص



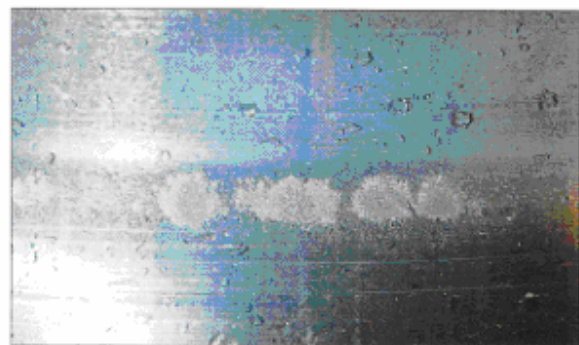
قطعه: رولرهای یک رولر بیرنگ استوانه ای
نشانه: پوسته شدن بصورت محوری روی سطوح رولرها اتفاق افتاده
علت: خراش هادراتر خطاهای نصب اتفاق افتاده

peeling پوست انداختن

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
وقتی لکه های تیره ای (ابری شکل) با حالت سائیدگی درخشان روی سطح ایجاد می شود از این لکه ها ترک های خیلی ریزی به عمق ۱۰ تا ۱۰۰ میکرون ایجاد می شود و ذرات ریز بر روی آن می افتند، و پوسته شدن وسیع ترمی شود	روانکاری نامناسب وارد شدن ذرات خارجی داخل روغن ناصاف شدن سطوح به دلیل روانکاری ناقص ناصاف بودن رولرها	انتخاب روانکاری مناسب بهبود دادن مکانیزم آب بندی بهبود دادن سطوح صیقلی رولرها



قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ بشکه ای
علامت: پوست انداختن ها بصورت دایره مانند در قسمت وسط سطح کنس داخلی ایجاد شده است
علت: روانکاری ناقص



قطعه: بزرگ نمایی شده شکل قبل



قطعه: رولرهای برینگ شکل قبل
نشانه: پوسته شدن دایره ای شکل روی قسمت وسط رولرها ایجاد شده است
علت: روانکاری ناقص



قطعه: کنس خارجی یک رولر برینگ بشکه ای
نشانه: پوسته شدن در نزدیکی لبه کنس داخلی روی محیط کنس ایجاد شده است
علت: روانکاری ناقص

خط افتادن Scoring

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
خط افتادن عبارتست از صدمه خوردن سطح ذرات جمع شدن ذرات ریز که با چرخش نامناسب روغن یا موقعیت عملیاتی بین سطوح قرامی گیرند خسارت را بصورت راه راه روی محیط سطح کنس ها و غلنگ ها ظاهر می شوند روی رولرها خسارت بصورت سیکنوئیدی است و روی سطوح راه راه بصورت پنسکه ای عمل می کند	افزایش بار افزایش پیش بار روغنکاری ناکافی گیر افتادن ذرات بین سطوح کنس های داخلی و خارجی خمیدگی محور عدم دقت در سایندها و هوزینگ	مقدار بار چک شود - پیش بار گذاری تنظیم شود روغن و روش روغنکاری بهبود داده شود شافت و هوزینگ چک شود

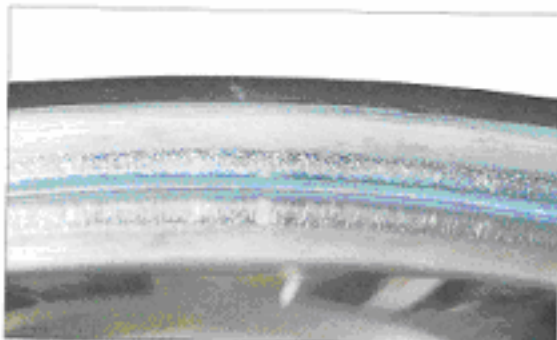


قطعه: کنس داخلی یک رولر پرینگ پنسکه ای
نشانه: خط افتادن روی کنس داخلی بصورت شیاری
علت: تغییرات شتاب ناگهانی



قطعه: رولرهای شکل قبلی
خط افتادن روی انتهای سطوح غلنگ ها
علت: تغییرات شتاب ناگهانی

علت



قطعه: کنس داخلی یک رولر پرینگ مخروطی
نشانه: خط افتادن روی سطح کنس داخلی
علت: ذرات فرسایشی با روغن مخلوط و باعث شکسته شدن فیلم روغن و افزایش بار شده است



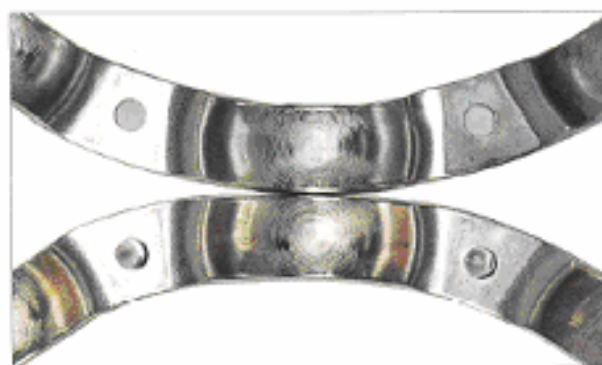
قطعه: رولرهای یک رولر پرینگ دوردیفه استوانه ای
نشانه: خط افتادن روی سطح خارجی رولرها
علت: روغنکاری ناقص و نیروی محوری زیاد



قطعه: کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
 نشانه: خط افتادگی راه راه روی کنس داخلی
 علت: گیرافتادن ذرات خارجی روی سطوح و افزایش بار محوری



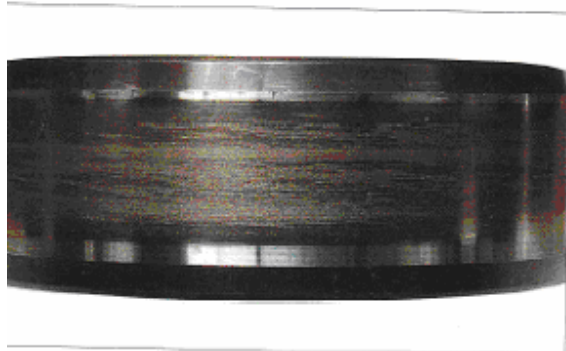
قطعه: رولرهای شکل قبل
 نشانه: خط افتادگی روی سطح رولرها
 علت: محبوس شدن ذرات روی سطوح و افزایش بار محوری



قطعه: قفسه یک بال برینگ شیار عمیق
 نشانه: خط افتادن روی قسمت قفسه یا کج برینگ
 علت: ورود ذرات

Smearing · زبرشدن سطوح

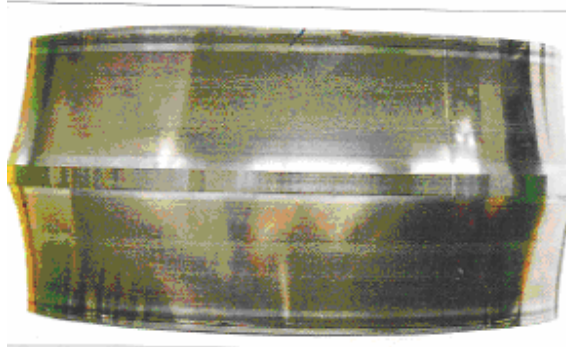
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
زبرشدن سطوح به دلیل تجمع ذرات ریزبین قطعات برینگ ایجاد می شود و در اثر شکسته شدن فیلم روغن و لغزش بوجود می آید. همچنین زبرشدن سطوح ناشی از ذوب شدن اجسام هم ایجاد می شود	بارسیک و دوریلا تغییر ناگهانی شتاب نامناسب بودن روغن ورود آب	پیش بار گذاری تصحیح شود کلرنس برینگ بهبود یابد از روغن مناسب استفاده شود روغن روغنکاری بهبود داده شود سیستم آب بندی بهبود داده شود



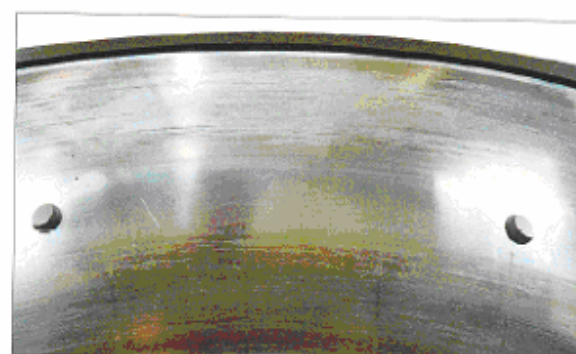
قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ استوانه ای
نشانه: زبرشدن محیط وسطوح داخلی اتفاق افتاده
علت: به دلیل زیاد بودن مقدار گریس داخل هوزینگ برینگ



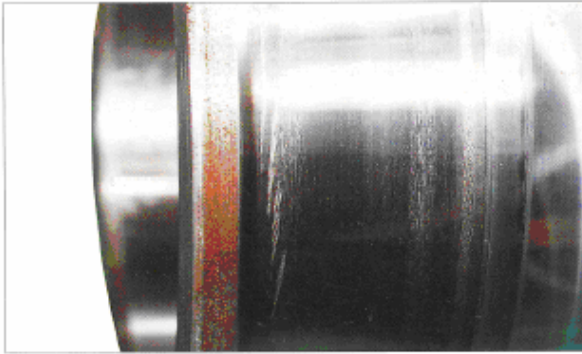
قطعه: کنس خارجی برینگ قبلی
نشانه: زبرشدگی روی محیط وسطوح داخلی اتفاق افتاده
علت: به دلیل زیاد بودن مقدار گریس داخل هوزینگ برینگ



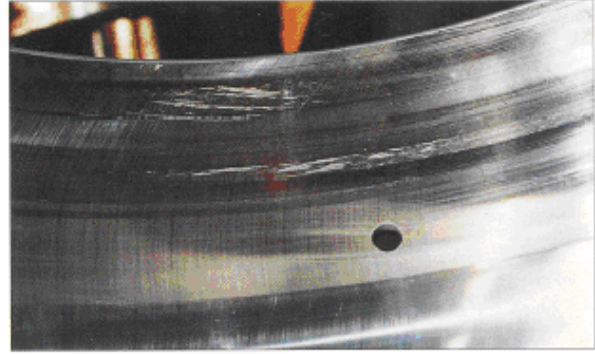
قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ بشکه ای
نشانه: زبرشدگی روی محیط وسطوح خارجی
علت: روانکاری ناقص



قطعه: کنس خارجی برینگ قبلی
نشانه: زبرشدگی روی محیط وسطوح خارجی
علت: روانکاری ناقص



قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ بشکه ای
 نشانه: زبرشدگی مختصر روی سطح کنس داخلی
 بصورت محیطی
 علت: روغنکاری ناقص



قطعه: کنس خارجی برینگ قبلی
 نشانه: زبرشدگی محیطی روی سطح کنس خارجی
 علت: روغنکاری ناقص



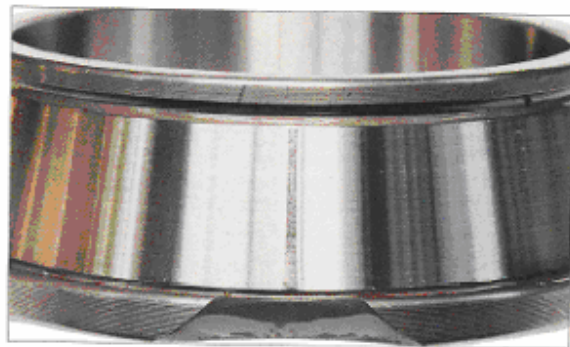
قطعه: رولرهای شکل قبلی
 نشانه: زبرشدگی روی مرکز سطح رولرها اتفاق افتاده است
 علت: روغنکاری ناقص

Fracture شکستگی

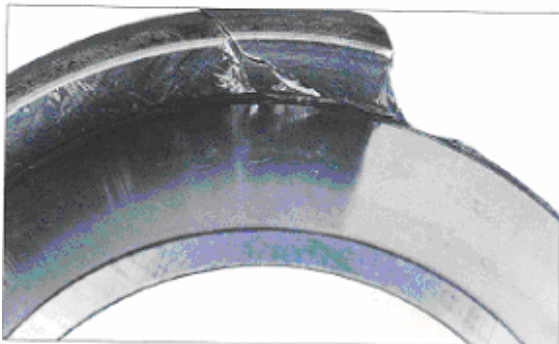
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
شکستگی ناشی از خورد شدن ذرات کوچک است که در اثر افزایش بار یا بارهای ضربه ای بر اجزا برینگ وارد می شود	ضربات ناشی از نصب بار اضافی اشکالات حمل و نقلی	نحوه نصب بهبود داده شود (استفاده از تجهیزات نصب) نحوه اعمال بار بهبود یابد هنگام نصب به نحوه مهار کردن یا تاقان توجه شود



قطعه: کنس داخلی یک رولربرینگ دوردیفه استوانه ای
نشانه: شکستگی در وسط اتفاق افتاده
علت: اعمال نیروی اضافی هنگام نصب



قطعه: کنس داخلی یک رولربرینگ مخروطی
نشانه: شکستگی روی صورت پشت مخروطی بوجود آمده
علت: شوک زیاد هنگام نصب



قطعه: کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای تراست
نشانه: شکستگی روی لبه بزرگ اتفاق افتاده
علت: تغییر دادن بار



قطعه: کنس خارجی یک رولربرینگ سوزنی
نشانه: شکستگی در لبه کنس خارجی اتفاق افتاده است
علت: رولرها تحت بار زیاد قرار گرفته اند زیاد بودن بار یا غیریکنواخت اعمال شدن آن روی رولرها باعث شکسته شدن لبه هامی شود

Cracks ترک ها

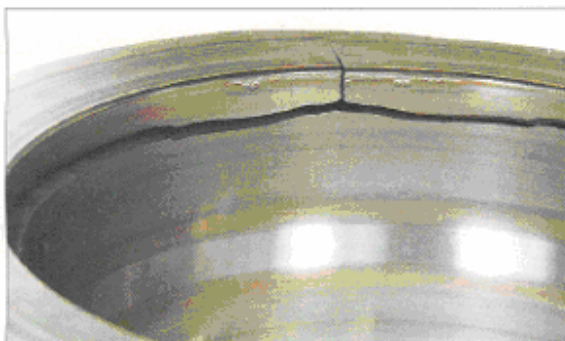
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
ترک هایی که در کنس ها و رولرها ایجاد می شود در اثر استفاده مداوم تحت این شرایط منتهی به ترک های بزرگتر و شکستگی خواهد انجامید	زیادبودن interference زیادبودن بار و بارهای ضربه ای توسعه یافتن پوسته شدن تولید حرارت و ساییش ناشی از تماس بین اجزا و کنس ها تولید حرارت ناشی از خزش کاملا استوانه ای نبودن شافت دقیق نبودن زاویه مخروطی شافت عدم تطابق شافت و محور ناشی از زیادبودن شعاع پله شافت	تصحیح انطباقات هنگام نصب چک کردن وضعیت بار بهبود دادن روش نصب از شافت بازایه مخروط مناسب استفاده شود



قطعه: کنس خارجی یک رولبرینگ استوانه ای دوردیفه
نشانه: ترک های حرارتی روی سطح بیرونی رولرها اتفاق افتاده
علت: تولید گرمای غیرعادی ناشی از لغزش تماسی بین رولرها
و سطح کنس خارجی



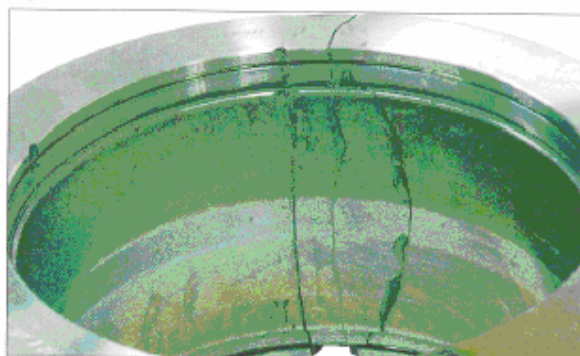
قطعه: رولرهای یک رولبرینگ مخروطی تراست
نشانه: ترک های حرارتی روی سطح بزرگتر رولرها اتفاق افتاده
علت: حرارت ایجاد شده ناشی از لغزیدن رولرها روی کنس داخلی
همراه بار و غنکاری ناقص



قطعه: کنس خارجی یک رولبرینگ استوانه ای دوردیفه
نشانه: ترک ها در اثر پوسته شدن اولیه روی سطوح تماسی
در جهت محیطی و محوری توسعه پیدا نموده است
علت: توسعه پوسته شدن ناشی از شوک



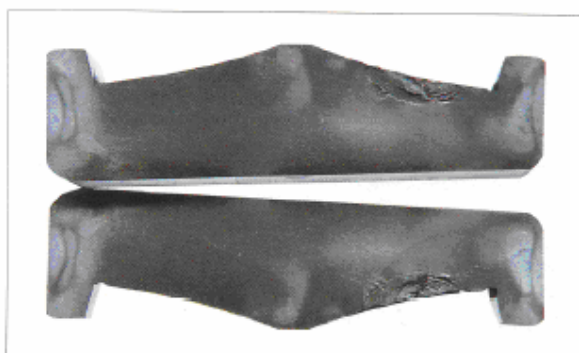
قطعه: سطح کنس خارجی برینگ قبلی
 نشانه: ترک هاروی سطح خارجی ایجاد شده
 علت: سایش سطحی و تولید حرارت ناشی از ثابت ماندن
 کنس خارجی



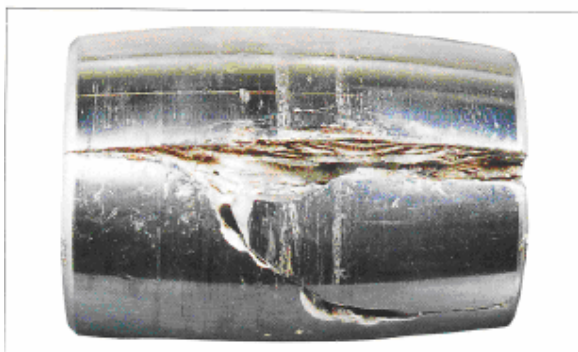
قطعه: کنس خارجی یک رولر برینگ استوانه ای که کنس
 خارجی آن می چرخیده است
 نشانه: ترک خوردگی سطح کنس خارجی به طرف داخل کنس
 پیشرفت کرده است



قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ بشکه ای
 نشانه: ترک هادریجت محوری روی سطح کنس
 علت: اعمال تنش های بیش از حد ناشی از اختلاف دمای زیاد
 بین شافت و کنس داخلی



قطعه: برشی دیگر از کنس داخلی شکل قبلی
 نشانه: منشأ مستقیم ناشی از سطح عبور رولرهاست



قطعه: رولرهای یک رولر برینگ بشکه ای
 نشانه: ترک خوردگی درجهت محوری روی سطوح رولرها

Damage مسائل قفسه

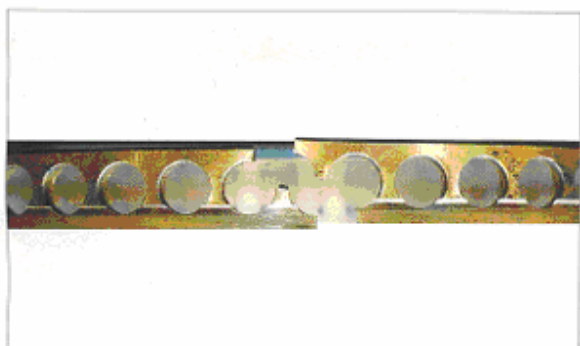
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
خسارت های ایجاد شده روی قفسه ها شامل تغییر شکل دادن، شکستگی سایش، تغییر شکل کناره های سطوح راهنمای سطوح وسایش در محل قرارگیری رولرهاست	مسائل نصب (ناهم محوری برینگ) نقل وانتقال غلط بارهای لحظه ای سنگین شوک ولرزش زیاد افزایش دور و تغییر ناگهانی شتاب روغنکاری ناقص بالارفتن درجه حرارت	روشن مونتاژ چک شود درجه حرارت جهت چرخش و وضعیت بار چک شود لرزش کاهش داده شود یک نمونه کیج انتخاب شود روشن روغنکاری و نوع روغن چک شود



قطعه: قفسه یک بال برینگ شیار عمیق
نشانه: شکسته شدن کیج استیل پرچ شده



قطعه: قفسه یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه: شکسته شدن پایه های بین غلتک های یک
کیج چدنی ماشین کاری شده
علت: اعمال بار غیرعادی روی کیج ناشی از ناهم محوری
بین کنس های داخلی و خارجی در زمان نصب



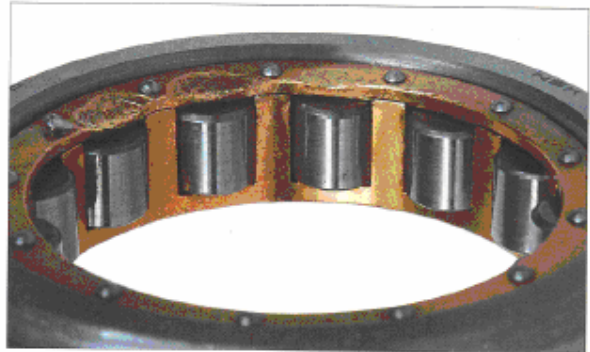
قطعه: قفسه یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه: شکستگی کیج برنجی ماشینکاری شده با مقاومت بالا



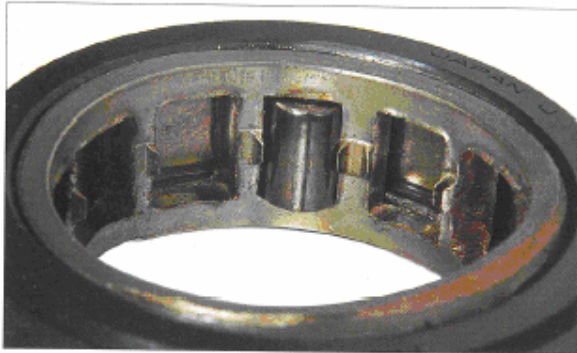
قطعه: قفسه یک رولر برینگ مخروطی
نشانه: شکستگی ستون کیج



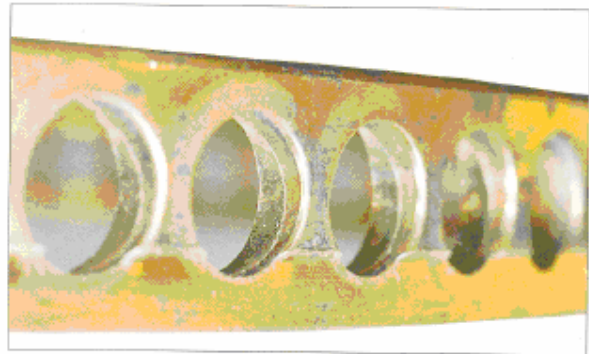
قطعه: قفسه یک بال برینگ تماس زاویه ای
 نشانه: تغییر شکل دادن کیج پریس شده فولادی
 علت: بار ضربه ای ناشی از حمل و نقل غلط



قطعه: قفسه یک رولر برینگ استوانه ای
 نشانه: تغییر شکل دادن قسمت سطح کناری یک کیج براسی
 ماشین شده مقاوم
 علت: شوک زیاد هنگام نصب



قطعه: قفسه یک رولر برینگ استوانه ای
 نشانه: تغییر شکل سایش یک کیج برنجی ماشین شده مقاوم



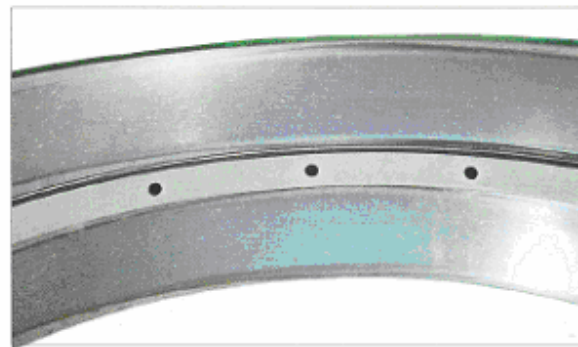
قطعه: قفسه یک بال برینگ تماس زاویه ای
 نشانه: سایش در قسمت پله سطح بیرونی و محل حفره های
 یک کیج برنجی ماشین کاری شده مقاوم

Denting گودشدگی

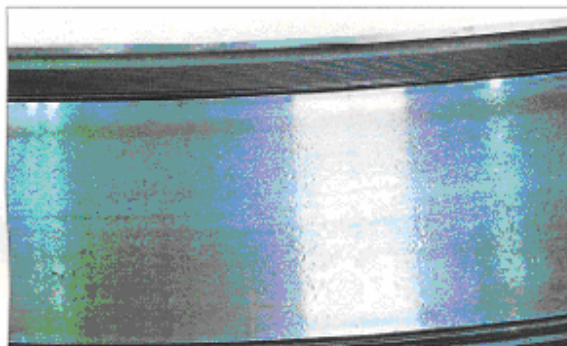
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
وقتی ذرات ریز فلزی بین غلتک ها گیر می افتند پدیده گودشدن روی سطوح کنس ها یا غلتک ها اتفاق می افتد. همچنین در حالت سکون ماشین در اثر شوک های ناشی از نصب نیز در نقاط مختلف می تواند اتفاق بیفتد	ذرات فلزی که بین سطوح و غلتک ها گیر می کنند افزایش بار روی برینگ شوک های ناشی از نصب غلط و حمل و نقل	شستشوی هوزینگ برینگ بهبود دادن مکانیزم آب بندهوزینگ فیلتر کردن روغن بهبود نحوه نصب و روش های نگهداری و حمل و نقل



قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ مخروطی دوردیفه
نشانه: ناصاف شدن سطح
علت: گیر افتادن ذرات بین سطوح



قطعه: کنس خارجی یک رولر برینگ مخروطی دوردیفه
نشانه: تورفتگی روی سطح
علت: گیر افتادن ذرات بین سطوح



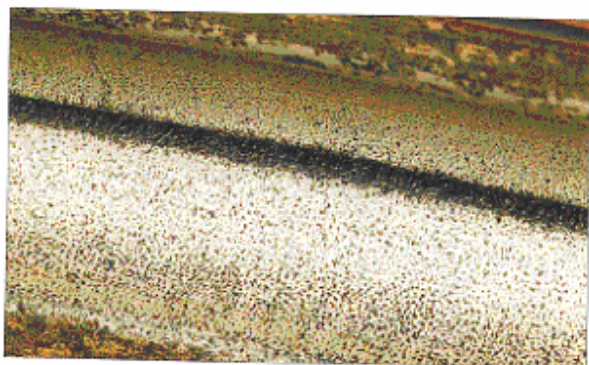
قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ مخروطی
نشانه: تورفتگی ریز و درشت روی تمامی سطوح داخلی
علت: گیر افتادن ذرات بین سطوح



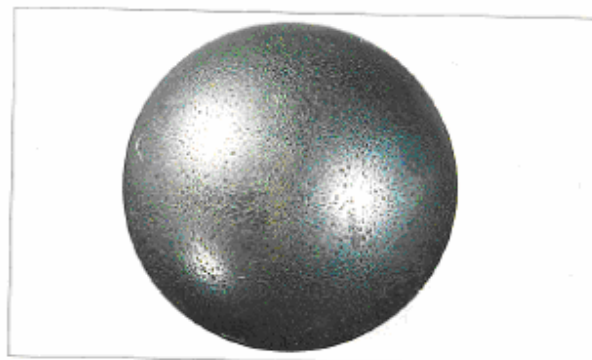
قطعه: رولرهای برینگ شکل قبلی
نشانه: تورفتگی ریز و درشت روی تمامی سطوح داخلی
علت: گیر افتادن ذرات بین سطوح

Pitting کنده شدن

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
کنده شدن سطوح شامل حفره ای شدن سطوح صاف اجزای برینگ و کانس های ان است	ذرات معلق در روغن زنگ زدگی روغنکاری ناقص	پیبودادن مکانیزم آب بندی فیلتر کردن روغن استفاده از روان کننده مناسب



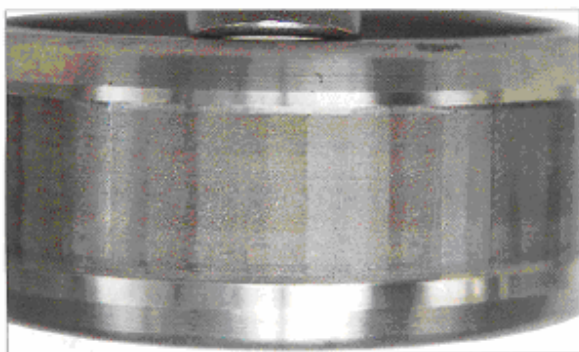
قطعه: کانس بیرونی یک برینگ چرخان
نشانه: حفره ای شدن سطوح داخلی
علت: زنگ زدگی در داخل یک تورفتگی



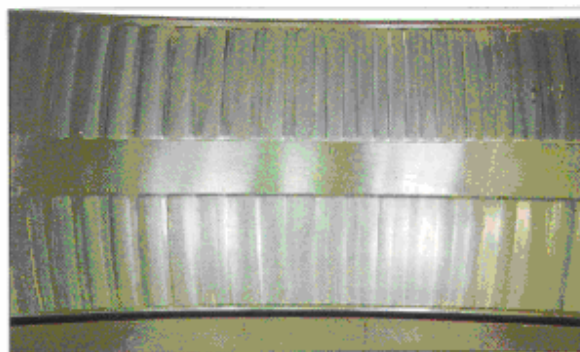
قطعه: ساچمه های شکل قبل
نشانه: وجود حفره روی ساچمه ها

سایش Wear

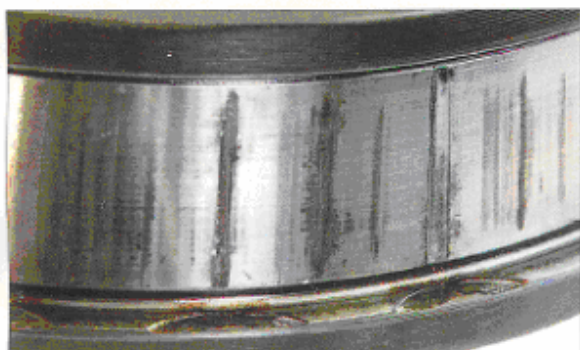
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
سایش پدیده خرابی سطوح ناشی از اصطکاک لغزشی در سطوح کنس ها رولرها قسمت انتهایی سطح رولرها سطوح برجسته سوراخ های کیج و..... است	نفوذ ذرات خارجی گردوغبار و خوردگی الکتریکی روغنکاری ناقص لغزش ناشی از حرکت غیریکسوخت رولرها	بهبود دادن مکانیزم آب بندی تمیزکاری هوزینگ برینگ فیلتر کردن روغن چک کردن نوع روغن و روش روغنکاری چک کردن هم محوری



قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ استوانه ای
نشانه: عامل بوجود آورنده حفره های زیاد در اثر خوردگی الکتریکی بصورت موجی شکل است
علت: خوردگی های الکتریکی



قطعه: کنس خارجی یک رولر برینگ بشکه ای
نشانه: فرسایش موجی شکل بصورت گودی و بلندی در قسمت پارسطوح
علت: ورود ذرات بین قطعات و وجود لرزش در زمانی که دستگاه از سرویس خارج است



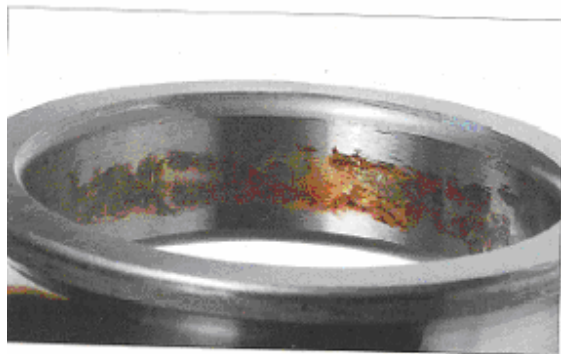
قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ مخروطی دوردیفه
نشانه: فرسایش سطح و فرسایش پله روی لبه سطح کنس
علت: توسعه سایش ناشی از بار زیاد روی برینگ در حالت سکون است



قطعه: رولر مربوط به برینگ شکل قبلی
نشانه: فرسایش پله ای شکل روی سطح بالایی رولر
علت: توسعه سایش ناشی از بار زیاد روی برینگ در حالت سکون است

Fretting سایش

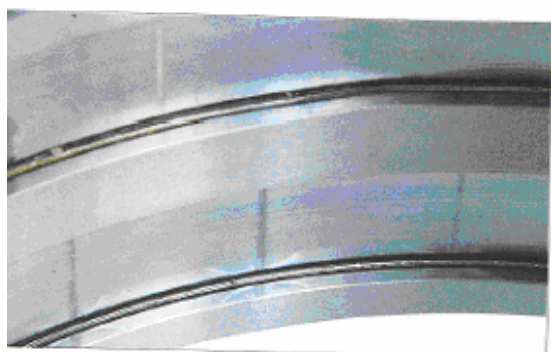
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
سایش وقتی اتفاق می افتد که دو سطح به کرات روی هم لغزیده شوند. سایش در بین سطوح تماسی و قسمت سطح تماس غلتک ها با کانس هانیز اتفاق می افتد خوردگی سایشی نیز نموداری برای توصیف قرمز شدن خرمائی شدن سیاه شدن اجزا است	روغنکاری ناقص ارتعاش بادامه کم ناکافی بودن انطباق interference	استفاده از روغن مناسب اعمال پیش بارگذاری preload چک کردن انطباقات interference fit مالیدن روغن بین سطوح تماسی



قطعه: کانس داخلی یک بال برینگ شیار عمیق
نشانه: سایش، روی قسمت داخلی سطح کانس داخلی
اتفاق افتاده است



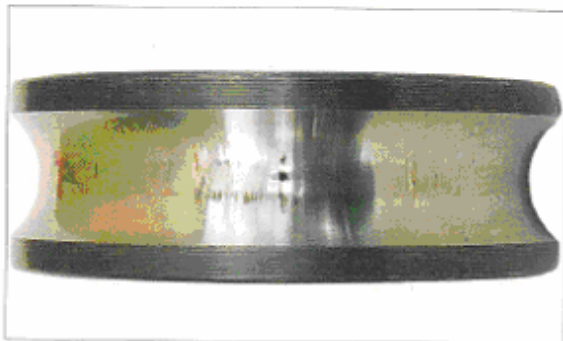
قطعه: کانس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه: توجه شود که سایش در قسمت قطر داخلی
سطح ایجاد شده است
علت: ناکافی بودن انطباق



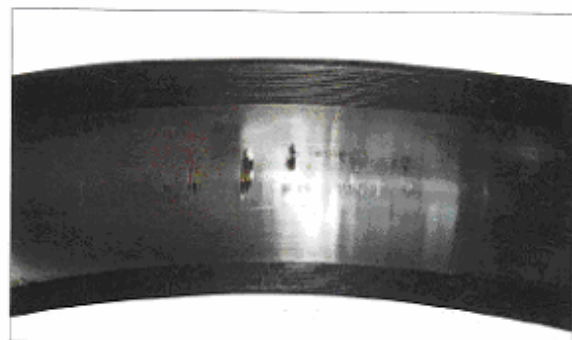
قطعه: کانس خارجی یک رولر برینگ استوانه ای دور دیفه
نشانه: سایش در قسمت سطح تماس رولرها با کانس
اتفاق افتاده است

False Brinelling سختی کاذب

علل احتمالی	وضعیت خرابی	اقدامات عملی
این پدیده از جمله انواع ساییش است که باعث ایجاد نقاط گود بصورت دندانیه ای است می کند که علت آن ناشی از فرسایش ایجاد شده در اثر لرزش ونوسانات در نقاط تماس بین قطعات گردنده و شیار محل حرکت رولرهاست	نوسان ولرزش یاتاقان ساکن در حین حمل ونقل حرکت ونوسان بادامنه کم روانکاری ناقص	در حین کار شافت وهوزینگ برینگ بادقت جابجاشود کنس های داخلی وخارجی جداگانه بسته بندی وجابجاشوند باییش بار گذاشتن لرزش کاهش داده شود از روغن مناسب استفاده شود



قطعه: کنس داخلی یک بال برینگ شیار عمیق
نشانه: سختی کاذب روی سطوح اتفاق می افتد
علت: ارتعاشات ناشی از منابع خارجی زمانی که ماشین در سرویس نیست



قطعه: کنس بیرونی برینگ قبلی
نشانه: سختی کاذب روی سطوح اتفاق می افتد
علت: ارتعاشات ناشی از منابع خارجی زمانی که ماشین در سرویس نیست



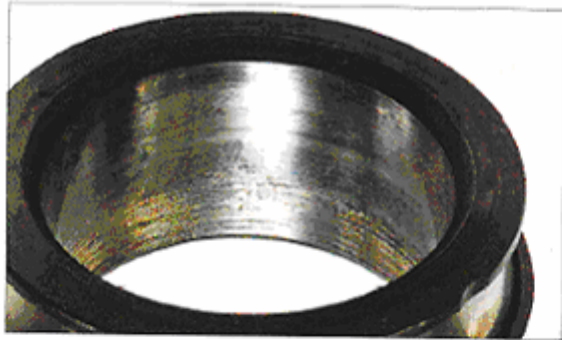
قطعه کنس خارجی یک بال برینگ تراست
نشانه: سختی کاذب روی سطوح اتفاق می افتد
علت: ارتعاشات مکرر بادامنه کم



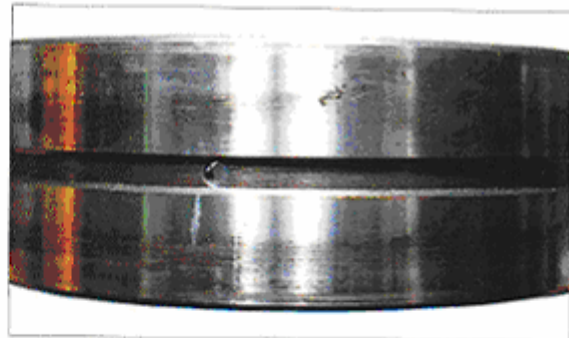
قطعه: رولرهای یک رولر برینگ استوانه ای
نشانه: سختی کاذب روی سطوح اتفاق می افتد
علت: لرزش از منبع خارجی در حالت سکون

خزش Creep

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
خزش در برینگ ها ناشی از لغزش نسبی سطوح نسبت به یکدیگر است که باعث ایجاد لقی در سطوح انطباقی می نماید خزش باعث ایجاد سطحی درخشان و صیقلی می نماید	ناکافی بودن تداخل یا لقی به اندازه کافی سفت نبودن سیلیو	تداخل چک شود و از چرخیدن برینگ ممانعت شود اصلاح میزان سفت بودن سیلیو مسائل مربوط به شافت و هوزینگ بررسی شوند اعمال پیش بار در جهت محوری محکم کردن کنس داخلی روی سطح نشیمن گاه روی سطوحی که روی هم نصب می شوند یک لایه روغن زده شود



قطعه: کنس داخلی یک رولربرینگ پشکه ای
نشانه: خزش همراه با ساینده گی سطح داخلی کنس
علت: تداخل *interferenco* ناکافی



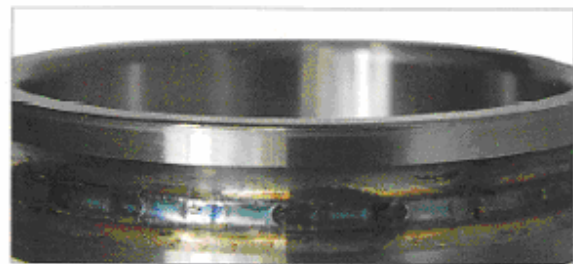
قطعه: کنس خارجی یک رولربرینگ پشکه ای
نشانه: خزش در قسمت سطح خارجی تمام رینگ اتفاق افتاده
علت: آزاد بودن کنس خارجی در تداخل هوزینگ برینگ

Seizure جوش خوردگی

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
<p>هنگامی که درجه حرارت برینگ در حین کار بصورت ناگهانی تغییر می کند برینگ تغییر رنگ می دهد و سپس کنس ها و رولرها نرم ذوب تغییر شکل واسیب می بینند</p>	<p>روغنکاری ناقص بالا بودن بار و زیاد بودن پیش بار بالا بودن دور کم بودن لقی های داخلی ورود اب با ذرات خارجی عدم دقت در ساخت شافت و هوزینگ خمیدگی محوز</p>	<p>بررسی روغن و روش روغنکاری بررسی مناسب بودن نوع برینگ بررسی تداخل لقی برینگ و محکم بودن قطعات پیوید مکانیزم اب بندی چک کردن طراحی شافت و هوزینگ پیوید شرایط نصب</p>



قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ بشکه ای
نشانه: سطح کنس تغییر رنگ داده و ذوب شده است و ذرات فرسایشی قفسه و غلنگ ها به سطوح می چسبند
علت: روغنکاری ناقص



قطعه: کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه: کنس ها در قسمت حرکت ساچمه ها تغییر شکل می دهند و ذوب می شوند
علت: زیاد بودن پیش بار



قطعه: کنس خارجی برینگ شکل قبل
نشانه: کنس ها در قسمت حرکت ساچمه ها تغییر شکل می دهند و ذوب می شوند
علت: زیاد بودن پیش بار



قطعه: رولرهای برینگ شکل قبل
نشانه: تغییر رنگ و ذوب شدن سطح رولرها و چسبیدن ذرات فرسایشی جدا شده از قفسه روی سطح رولرها
علت: روغنکاری ناقص



قطعه: ساچمه ها و قفسه برینگ شکل قبل
نشانه: ذوب شدن قفسه تغییر رنگ و ذوب شدن ساچمه ها
علت: زیاد بودن پیش بار

Electrical Corrosion - خوردگی الکتریکی

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
وقتی جریان الکتریکی از یک برینگ عبور می کند از بین کنس های داخلی و خارجی که روغن نیز از آنها عبور می کند چرخه و سوختگی بوجود می آید و نقاط تماسی بصورت موضعی ذوب می شوند و شیارهای موج ماندی ایجاد می شود که با چشم غیر مسلح نیز قابل رویت است این فرورفتگی نشان دهنده ذوب توسط چرخه است	این خوردگی ناشی از اختلاف پتانسیل بین کنس های داخلی و خارجی بوجود می آید	مدارهای الکتریکی باید به گونه ای طراحی شوند که از جریان پیدا کردن آن از بین کنس ها جلوگیری شود عایق کردن برینگ



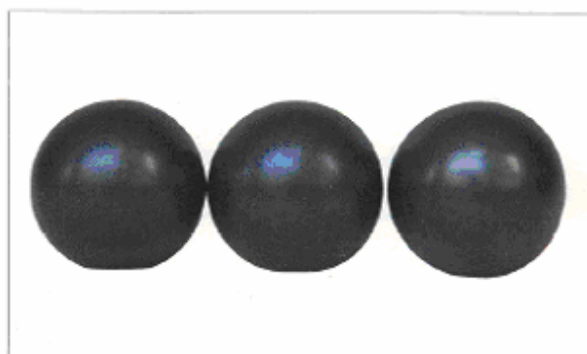
قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ مخروطی
نشانه: خوردگی بصورت خط های موازی روی سطح کنس مشاهده می شود



قطعه: رولرهای شکل قبل
نشانه: خوردگی بصورت شیارهای موازی روی سطح رولرها



قطعه: کنس داخلی یک رولر برینگ استوانه ای
نشانه: خوردگی الکتریکی نواری همراه با حفره هایی روی کنس ایجاد می کند



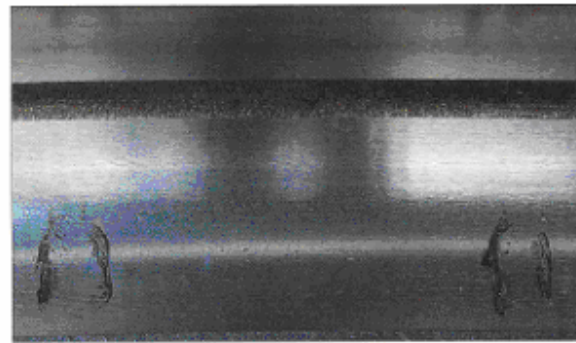
قطعه: ساچمه های یک بال برینگ شیار عمیق
نشانه: خوردگی الکتریکی رنگ کدر دارد که سطح ساچمه ها را پوشش می دهد

Rust and Corrosion زنگ زدگی و خوردگی

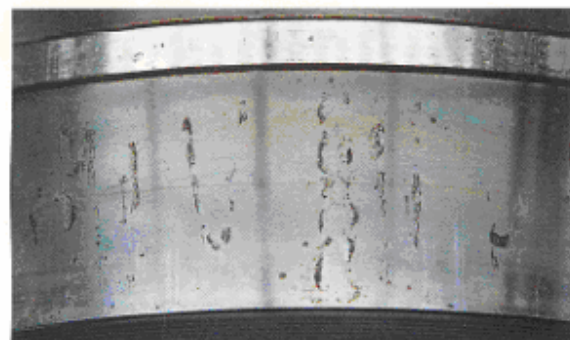
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
زنگ زدگی و خوردگی برینگ حفره هائبروی سطح واجزا گردنده ان ایجاد می کند که ممکن است روی اجزا چرخنده به طرف سطوح دیگر، ماشین پرتاب شود	ورود گازهای خورنده یا آب روغنکاری مناسب تر تشکیل آب ناشی از کندانس شدن بخارات رطوبت ودرجه حرارت بالا درحالت استاتیکی نقصان درسیستم جلوگیری از نفوذ گردوغبار هنگام حمل ونقل بهبودوضعیت انبار بهبودحمل ونقل	بهبود مکانیزم آب بندی بررسی روش روغنکاری استفاده از مواد ضد زنگ در زمانی که برینگ در حال سکون است بهبود سیستم انبار و نگهداری بهبود سیستم حمل ونقل



قطعه: کنس خارجی یک رولربرینگ مخروطی
نشانه: زنگ زدگی روی سطح لبه ها و محل ساچمه ها
علت: نقصان روغنکاری ناشی از ورود آب



قطعه: کنس خارجی یک برینگ
نشانه: زنگ زدگی روی کنس در محل حرکت ساچمه ها
علت: کندانس شدن رطوبت در حالت استاتیکی



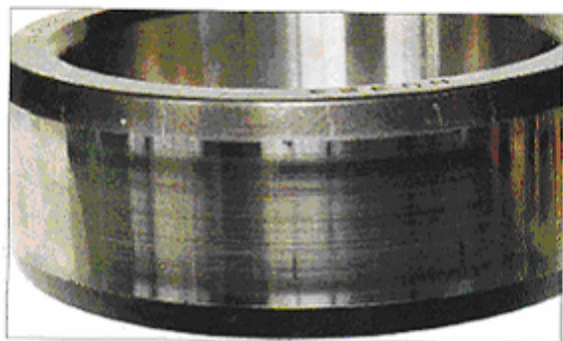
قطعه: کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه: زنگ زدگی روی سطح محل حرکت رولرها
علت: ورود آب به داخل روغن



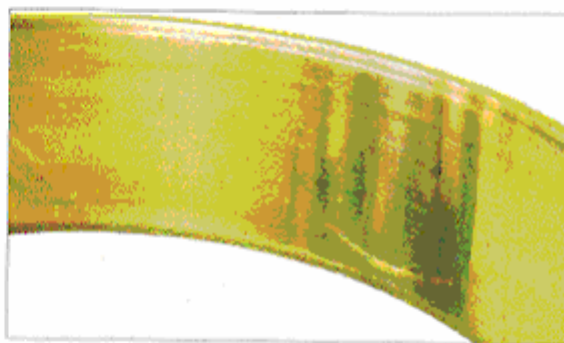
قطعه: رولرهای یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه: زنگ زدگی روی سطح تمامی ساچمه ها
علت: کندانس شدن رطوبت در حین انبارداری

Mounting Flaws معایب نصب

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
خراش هائی بصورت خط صاف روی سطح کنس هایاغلنک ها که درحین جازدن پایپرون آوردن برینگ ایجادشده است	گج قرار گرفتن کنس های داخلی وخارجی درحین جازدن پایپرون آوردن برینگ اعمال ضربه به پاناقان درموقع نصب وبیرون آوردن برینگ	استفاده از ابزار مناسب اجتناب ازضربه زدن استفاده ازماشین پرس درمرکز قرار دادن کنس هاهنگام نصب



قطعه: کنس داخلی یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه: خراش های طولی درداخل کنس
علت: گج جارتن کنس هاهنگام نصب



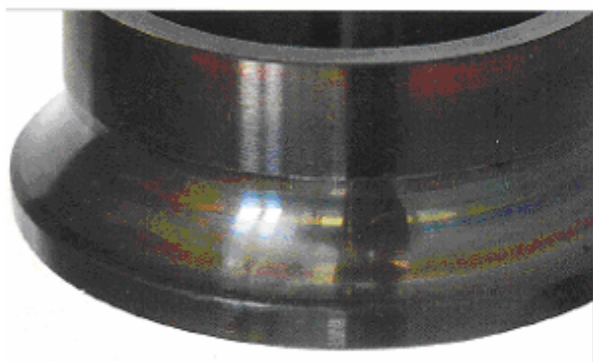
قطعه: کنس خارجی یک رولربرینگ استوانه ای دوردیفه
نشانه: شیارهای محوری درمحل حرکت رول هاروی
سطح کنس
علت: گج جارتن کنس هاهنگام نصب



قطعه: رولرهای یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه: خراش های طولی درداخل کنس
علت: گج جارتن کنس هاهنگام نصب

تغییر رنگ Discoloration

Damage Condition	Possible Cause	Countermeasure
تغییر رنگ قفسه اجزا غلنگی و مسیر حرکت ساچمه ها روی کنس ناشی از عکس العمل روغنکاری و درجه حرارت بالا	روغنکاری ناقص درجه حرارت بالا لکه های روغن ناشی از مسائل روغنکاری	روش روغنکاری بهبود یابد



قطعه: کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه: ابی یا ارغوانی رنگ شدن سطح کنس
علت: حرارت تولید شده ناشی از روغنکاری ناقص



قطعه: کنس داخلی یک بال برینگ چهار نقطه تماسی
نشانه: ابی یا ارغوانی رنگ شدن سطح کنس
علت: حرارت تولید شده ناشی از روغنکاری ناقص

خرابی قفسه ها Cage Damagel

وقتی قفسه ها آسیب می بینند پیدا کردن علت آن به این راحتی نیست زیرا همیشه هم زمان با آن قطعات دیگر برینگ نیز آسیب دیده اند و این باعث مشکل شدن تشخیص علت خرابی می گردد.

علل اصلی خرابی قفسه ها شامل :

۱- ارتعاشات Vibration

۲- دور بالا Excessive Speed

۳- سایش Wear

۴- مسدود شدن Blockage

۶- ناهم محوری Misalignment است.

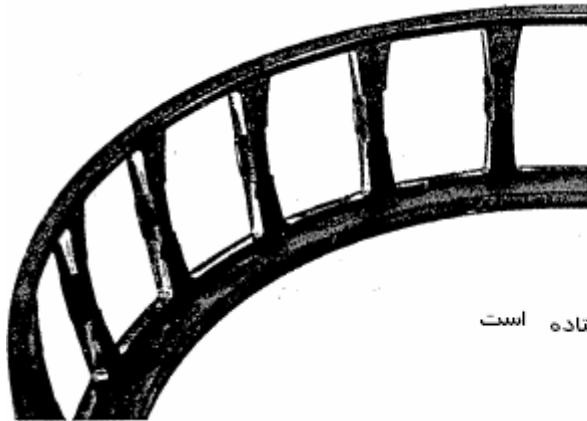
وقتی یک برینگ در معرض ارتعاشات زیاد قرار می گیرد نیروهای داخلی افزایش پیدا می کنند و باعث خستگی و ایجاد ترک در بدنه قفسه می شوند و دیر یا زود این ترک ها باعث آسیب دیدن قفسه می شود در این گونه موارد باید از برینگ های با قفسه مخصوص استفاده شود .

اگر برینگی با دوری بالاتر از حد طراحی قفسه کار کند نیروهای داخلی زیاد منجر به شکسته شدن قفسه می گردند که در این گونه شرایط عملیاتی نیز کارخانجات برینگ سازی برینگ های با دور بالاتر طراحی و در معرض فروش قرار می دهند.

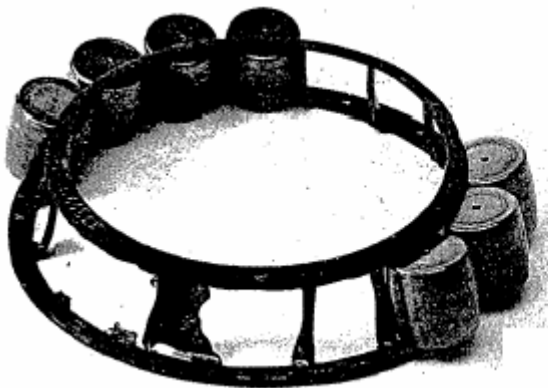
روانکاری ناقص یا ورود ذرات فرسایشی نیز می تواند منجر به ایجاد سایش در قفسه برینگ شوند. در برینگ های غلتکی باید از اصطکاک لغزشی ممانعت شود هر چند جلوگیری از لغزش بین غلتک ها و قفسه اجتناب ناپذیر است بنابراین وقتی روانکاری ناقص باشد قفسه اولین قسمتی است که تحت تاثیر سایش قرار می گیرد و از آنجائی که قفسه ها از فلزات نرم تر ساخته می شوند سایش در آنها زودتر اتفاق می افتد و هر چه اندازه حفره های داخل قفسه بزرگتر می شود نیروهای داخلی افزایش پیدا می کنند و منجر به صدمه دیدن قفسه برینگ می شوند.

در صورت ورود ذرات خارجی ساینده در داخل برینگ نیز نتیجه همین خواهد شد

تجمع ذرات جامدین غلتک هامی تواند منجر به نفوذ انهایی غلتک ها و قفسه و جام شدن آنها و منجر به خراب شدن قفسه گردد. هرچه ذرات درشت تر باشند امکان وارد شدن انهایی قطعات برینگ کمتر می شود و حتی قفسه می تواند تحت بارهای سنگین تری هم کار کند.



سائیدگی این قفسه به دلیل روانکاری ناقص اتفاق افتاده است



علت خرابی قفسه مقابل ناشی از جام شدن (مسدود شدن) غلتک ها است

جدول عیب یابی برینگ های غلتکی

Damage name	Location (Phenomenon)	Cause												Remarks	
		Handling		Bearing surrounding			Lubri-cation	Load			Speed				
		Stock-Shipping	Mounting	Shaft Housing	Sealed device Water-Debris	Temperature	Lubricant	Lubrication method	Excessive load Impact load	Moment	Ultra small load	High speed, High acceleration & deceleration	Shaking-Vibration Stationary		Bearing Selection
1. Flaking	Raceway, Rolling surface		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	
2. Peeling	Raceway, Rolling surface				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bearing outside surface (Rolling contact)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							*Mating rolling part
3. Scoring	Roller end face surface, Rib surface		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
	Cage guide surface, Pocket surface		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
4. Smearing	Raceway, Rolling surface				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
5. Fracture	Raceway collar, Rollers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
6. Cracks	Raceway rings, Rolling elements		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	Rib surface, Roller end face, Cage guide surface (Thermal crack)			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
7. Cage damage	(Deformation), (Fracture)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	(Wear)		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
8. Denting	Raceway, Rolling surface, (Innumerable small dents)				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>								
	Raceway (Debris on the rolling element pitch)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			
9. Pitting	Raceway, Rolling surface				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
10. Wear	Raceway, Rolling surface, Rib surface, Roller end face		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
11. Fretting	Raceway, Rolling surface	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Bearing outside & bore, side surface (Contact with housing and shaft)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>							
12. False brinelling	Raceway, Rolling surface	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>		
13. Creep	Fitting surface		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			*Clearance fit
14. Seizure	Raceway ring, Rolling element, Cage		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
15. Electrical corrosion	Raceway, Rolling surface		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											*Electricity passing through the rolling element
16. Rust and corrosion	Raceway ring, Rolling element, Cage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
17. Mounting flaws	Raceway, Rolling surface		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											
18. Discoloration	Raceway ring, Rolling element, Cage				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								

Remark: This chart is not comprehensive. It lists only the more commonly occurring damages, causes, and locations.

ضمائم تخصصی

The complete designations of SKF rolling bearings, rolling bearing components and accessories consist of the basic designation and may include one or more supplementary designations. Generally, the basic designation consists of an identification of the type of bearing (figure, letter or combination of letters), the series designation and the bore diameter identification, e.g. 23216 or NU 212. The supplementary designations are placed either in front of the basic designation (prefix) or after the basic designation (suffix). Prefixes serve to identify bearing components. Suffixes are used to identify designs (variants) which differ in some way from the original design or which differ from the design which is the current production standard.

More details regarding the structure of the basic designations and the supplementary designations used by SKF can be obtained from Product information 100 or Publication No 105-110 "Product designations for rolling bearings and accessories" which will be supplied on request. The more commonly used supplementary designations are listed in the following and their meaning explained.

پیشوندها

- GS** Housing washer of a cylindrical roller thrust bearing
Example: GS 81107 – Housing washer of cylindrical roller thrust bearing 81107
- K** Roller and cage assembly of a cylindrical roller thrust bearing
- K-** Inner ring with roller and cage assembly (cone) or outer ring (cup) of a taper roller bearing belonging to an AFBMA standard series and generally having inch dimension
Examples: K-09067 – cone of taper roller bearing of series 09000
K-09195 – cup of taper roller bearing of series 09000
K-09067/K-09195 – complete taper roller bearing comprising cone K-09067 and cup K-09195
- L** Removable inner or outer ring of a separable bearing
Examples: LNU 207 – inner ring of cylindrical roller bearing NU 207
L 30207 – outer ring of taper roller bearing 30207

- R** Separable bearing without removable inner or outer ring
Examples: RNU 207 – outer ring with roller and cage assembly of cylindrical roller bearing NU 207
R 30207 – inner ring with roller and cage assembly of taper roller bearing 30207
- WS** Shaft washer of a cylindrical roller thrust bearing

پسوندها

Where several suffixes are included in a product designation they are written in the order dictated by the following groupings (internal design, external design, cage, other bearing features). The suffixes of the fourth group (other bearing features) are always preceded by an oblique stroke which separates them from the basic designation or the preceding suffix.

طراحی داخلی

- A** Deviating or modified internal design
- B** Examples: 7205 BE – single row angular contact ball bearing with a contact angle of 40° and a reinforced ball and cage assembly
- C** 23022 CC – spherical roller bearing with improved roller guidance and thus lower friction
- D** 22218 E – spherical roller bearing with a guide ring positioned towards the outer ring and centered on the cages, one pressed steel cage being used for each row of rollers. The E design bearing incorporates all the advantages of the CC design and includes a greater number and/or larger diameter rollers of increased length for higher load carrying capacity
- E** NU 205 EC – single row cylindrical roller bearing with reinforced roller and cage assembly and increased axial load carrying capacity

توضیحاتی درباره پیشوندها و پسوندهای برینگ های غلتکی

طراحی بیرونی

CA	Single row angular contact ball bearing
CB	for paired mounting in random order
CC	(tandem, back-to-back or face-to-face). When arranged back-to-back or face-to-face, the bearings will have a small (CA), normal (CB) or larger than normal (CC) axial internal clearance before mounting
-2F	Flingers at both sides of the bearing (Y-bearings).
-2FF	Flocked flingers at both sides of the bearing (Y-bearings)
G	Single row angular contact ball bearings for paired mounting in random order (tandem, back-to-back or face-to-face). When arranged back-to-back or face-to-face, the bearings will have a certain axial internal clearance before mounting
GA	Single row angular contact ball bearings
GB	for paired mounting in random order
GC	(tandem, back-to-back or face-to-face). When arranged back-to-back or face-to-face, the bearings will have a light (GA), medium (GB) or heavy preload (GC) before mounting
K	Tapered bore, taper 1:12 on diameter
K30	Tapered bore, taper 1:30 on diameter
-LS	Land riding seal (rubbing seal) at one side of the bearing, inner ring without seal recess
-2LS	LS seals at both sides of bearing
N	Snap ring groove in outside cylindrical surface of outer ring
NR	As N, but with snap ring
N2	Two locating slots (at 180°) in outer ring
PP	Rubbing seals at both sides of bearing (support rollers, cam followers)
RS	Rubbing seal of synthetic rubber or polyurethane at one side of the bearing (needle roller bearings)
-RS1	Rubbing seal of synthetic rubber with sheet steel reinforcement at one side of the bearing
-2RS1	RS1 seals at both sides of bearing.
.2RS	RS seal at both sides of bearing (needle roller bearings)

-RZ	Low-friction seal of synthetic rubber with sheet steel reinforcement at one side of bearing
-2RZ	RZ seals at both sides of bearing
X	1. Boundary dimensions altered to conform to ISO standards 2. Cylindrical runner surface (support rollers, cam followers)
-Z	Shield (non-rubbing seal) at one side of bearing
-2Z	Z shields at both sides of bearing
-ZN	Z shield at one side of bearing and snap ring groove in outer ring of bearing at opposite side
-2ZN	Shields at both sides of bearing and snap ring groove in outer ring
-ZNR	As -ZN, but with snap ring
-2ZNR	As -2ZN, but with snap ring

قفسه

F	Machined cage of steel or special cast iron
J	Pressed cage of sheet steel
L	Machined cage of light alloy
M	Machined cage of brass
MP	Machined cage of brass, window type
P	Moulded cage of glass fiber reinforced polyamide 6.6
TN	Molded cage of plastic
Y	Pressed cage of sheet brass

To indicate how the cage is guided in the bearing, the suffix identifying the cage may be followed by letters A or B. A indicates that the cage is centered in the outer ring, B that it is centered on the inner ring. The absence of an additional letter indicates that the cage is centered on the rolling elements.

Example: MA – machined cage of brass, outer ring centered

The cage suffixes may also be followed by figures indicating different designs or materials.

Example: TN9 – moulded cage of glass fiber reinforced polyamide 6.6

V	Full complement bearing (without cage)
VH	Full complement bearing with non-separable roller complement (cylindrical roller bearings)

توضیحاتی درباره پیشوندها و پسوندهای برینگ های غلتکی

دقت

- CLN** Corresponds to ISO tolerance class 6X for taper roller bearings (metric), (reduced width tolerances)
- CL0** Corresponds to ISO tolerance class 0, (inch-size taper roller bearings)
- CL3** Corresponds to ISO tolerance class 3 (inch-size taper roller bearings)
- CL7A** Standard taper roller bearing quality for pinion bearing arrangements
- CL7C** Special taper roller bearing quality for pinion bearing arrangements
- P4** Dimensional and running accuracy to ISO tolerance class 4 (more accurate than P5)
- P4A** Dimensional accuracy to ISO tolerance class 4 and running accuracy to AFBMA class ABEC 9
- P5** Dimensional and running accuracy to ISO tolerance class 5 (more accurate than P6)
- P6** Dimensional and running accuracy to ISO tolerance class 6
- PA9A** Dimensional and running accuracy to AFBMA class ABEC 9
- PA9B** Dimensional accuracy to AFBMA class ABEC 9, running accuracy better than PA9A
- SP** Dimensional accuracy approximately to P5, running accuracy approximately to P4
- UP** Dimensional accuracy approximately to P4, running accuracy better than P4

کلرنس های داخلی

- C1** Internal clearance smaller than C2
- C2** Internal clearance smaller than Normal
- C3** Internal clearance greater than Normal
- C4** Internal clearance greater than C3
- C5** Internal clearance greater than C4
- When used in connection with suffixes P4, P5 or P6, the letter C is omitted.
Example: P6 + C2 = P62

کلاس ارتعاشات

- QE5** Special electric motor quality, dimensional and running accuracy to P6 for applications where demands for silent running are high
- QE6** Normal electric motor quality, for quiet running applications
- Q05** Vibration peaks extra low
- Q06** Vibration peaks lower than normal
- Q5** Vibration level extra low (supersedes C7)
- Q6** Vibration level lower than normal (supercedes C6)
- Q55** Q5 + Q05
- Q66** Q6 + Q06

مقاومت در برابر درجه حرارت

Bearing rings are dimensionally stabilized for operating temperatures as follows:

- S0** Up to + 150 °C (300 °F)
- S1** Up to + 200 °C (390 °F)
- S2** Up to + 250 °C (480 °F)
- S3** Up to + 300 °C (570 °F)
- S4** Up to + 350 °C (660 °F)

تعویض روانکار

- W20** Three lubrication holes in bearing outer ring
- W26** Six lubrication holes in bearing inner ring
- W33** Lubrication groove and three holes in bearing outer ring
- W33X** Lubrication groove and six holes in bearing outer ring
- W513** W26 + W33
- W518** W20 + W26

SKF

روانکار

The suffixes used to identify the grease with which a bearing is filled comprise a letter combination signifying the temperature range followed by a two-figure number which identifies the actual grease. The following letter combinations are used:

- HT** Grease for high temperatures
(-20 to +130 °C)
- LHT** Grease for low and high temperatures
(-40 to +140 °C)
- LT** Grease for low temperatures
(-50 to +80 °C)
- MT** Grease for medium temperatures
(-30 to +110 °C)

An MT suffix is used only if the grease is not the standard grease for a particular bearing. Grease quantities which differ from the standard fill (25 to 35 % of the free space in the bearing) are identified by an additional letter:

- A grease quantity less than standard
- B grease quantity greater than standard
- C grease quantity greater than B

Example: 6210-2Z/HT51B – deep groove ball bearing 6210 with two shields having a larger quantity than standard fill of a grease suitable for high temperatures

شرایط دیگر

Combinations of the letter V with another letter (e.g. VA) and a three-figure combination identify differences from the standard design which are not covered by other established suffixes.

- VA201** Bearings for kiln trucks
- VA301** Cylindrical roller bearings for traction motors

SKF

Appendix Table 8 Physical and Mechanical Properties of Materials

Materials	Specific Gravity	Coefficient of Linear Expansion (0~100°C)	Hardness (Brinell)	Modulus of Linear Elasticity (MPa) (kgf/mm ²)	Tensile Strength (MPa) (kgf/mm ²)	Yield Point (MPa) (kgf/mm ²)	Elongation (%)
Bearing Steel (hardened)	7.83	12.5×10^{-6}	650~740	208 000 (21 200)	1 570~1 960 (160~200)	—	—
Martensitic Stainless Steel SUS 440C	7.68	10.1×10^{-6}	580	200 000 (20 400)	1 960 (200)	1 860 (190)	—
Mild Steel (C=0.12~0.20%)	7.86	11.6×10^{-6}	100~130	206 000 (21 000)	373~471 (38~48)	216~294 (22~30)	24~36
Hard Steel (C=0.3~0.5%)	7.84	11.3×10^{-6}	160~200	206 000 (21 000)	539~686 (55~70)	333~451 (34~46)	14~26
Austenitic Stainless Steel SUS 304	8.03	16.3×10^{-6}	150	193 000 (19 700)	588 (60)	245 (25)	60
Gray Iron FC200	7.3	10.4×10^{-6}	223	98 100 (10 000)	More than 200 (20)	—	—
Cast Iron Spheroidal graphite Iron FCD400	7.0	11.7×10^{-6}	Less than 201		More than 400 (41)	—	More than 12
Aluminum	2.69	23.7×10^{-6}	15~26	70 600 (7 200)	78 (8)	34 (3.5)	35
Zinc	7.14	31×10^{-6}	30~60	92 200 (9 400)	147 (15)	—	30~40
Copper	8.93	16.2×10^{-6}	50	123 000 (12 500)	196 (20)	69 (7)	15~20
Brass (Annealed)	8.5	19.1×10^{-6}	45	103 000 (10 500)	294~343 (30~35)	—	65~75
Brass (Machined)			85~130		363~539 (37~55)		15~50

Remarks The hardness of hardened bearing steel and martensitic stainless steel is usually expressed using the Rockwell C Scale, but for comparison, it is converted into Brinell hardness.

5 SNR Automatic Lubricator

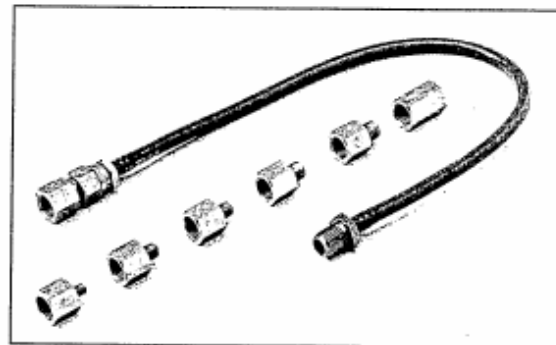
5.1 Advantages

- It provides a steady flow rate.
- It minimizes the presence of maintenance personnel in hazardous areas.
- It is environment-friendly. The gas (Nitrogen) generated in the sealed chamber of the SNR lubricator is non-explosive and non-flammable (INERIS and CERCHAR certifications).
- It may be reprogrammed during service use.
- It can operate at temperatures up to 55°C (130°F), at high elevation, in water and in every position.
- It can be stopped and then restarted.



5.2 Fitting Accessories

- Hoses
RGF 1000 N 01
- RDF couplings - female-female
1/4 inch thread, cylindrical
- RDM couplings - male-female
6x100 tapered 10x100 tapered
8x100 tapered 10x150 tapered
8x125 tapered



5.3 Flow rate Adjustment Parameters

Shaft diameter	Manual lubrication frequency (remark : 1 pump stroke = 1 cm ³ or .03 ozfl)	Daily quantity	SNR automatic lubricator replacement frequency (125 cm ³ or 4.2 ozfl)
100 to 120 mm	4 pump strokes per day	3 to 4 cm ³ (.10 to .14 ozfl)	1 month
80 to 100 mm	2 pump strokes per day	2 cm ³ (.07 ozfl)	2 months
65 to 80 mm	8 to 10 pump strokes per week	1,5 cm ³ (.05 ozfl)	3 months
50 to 65 mm	8 to 10 pump strokes every other week	0,7 cm ³ (.025 ozfl)	6 months
Below 50 mm	8 to 10 pump strokes per month	0,3 cm ³ (.010 ozfl)	12 months

Values correspond to normal operating conditions (refer to the technical document).

Recommended fits

Shaft fits



Shaft Diameter d	Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}	Deviations of shaft diameter, resultant fits Tolerances															
		f6	g6		g5		h8		h6		h5		j5				
Nominal		Deviations (shaft diameter)															
over	incl.	low	high	Theoretical interference/clearance													
mm	μm	μm															
1	3	-8	0	-6	-12	-2	-8	-2	-6	0	-14	0	-6	0	-4	+2	-2
				+2	-12	+6	-8	+6	-6	+8	-14	+8	-6	+8	-4	+10	-2
				0	-10	+4	-6	+5	-5	+6	-12	+6	-4	+7	-3	+9	-1
3	6	-8	0	-10	-18	-4	-12	-4	-9	0	-18	0	-8	0	-5	+3	-2
				-2	-18	+4	-12	+4	-9	+8	-18	+8	-8	+8	-5	+11	-2
				-4	-16	+2	-10	+3	-8	+5	-15	+6	-6	+7	-4	+10	-1
6	10	-8	0	-13	-22	-5	-14	-5	-11	0	-22	0	-9	0	-6	+4	-2
				-5	-22	+3	-14	+3	-11	+8	-22	+8	-9	+8	-6	+12	-2
				-7	-20	+1	-12	+1	-9	+5	-19	+6	-7	+6	-4	+10	0
10	18	-8	0	-16	-27	-6	-17	-6	-14	0	-27	0	-11	0	-8	+5	-3
				-8	-27	+2	-17	+2	-14	+8	-27	+8	-11	+8	-8	+13	-3
				-10	-25	0	-15	0	-12	+5	-24	+6	-9	+6	-6	+11	-1
18	30	-10	0	-20	-33	-7	-20	-7	-16	0	-33	0	-13	0	-9	+5	-4
				-10	-33	+3	-20	+3	-16	+10	-33	+10	-13	+10	-9	+15	-4
				-13	-30	0	-17	+1	-14	+6	-29	+7	-10	+8	-7	+13	-2
30	50	-12	0	-25	-41	-9	-25	-9	-20	0	-39	0	-16	0	-11	+6	-5
				-13	-41	+3	-25	+3	-20	+12	-39	+12	-16	+12	-11	+18	-5
				-17	-37	-1	-21	0	-17	+7	-34	+8	-12	+9	-8	+15	-2
50	80	-15	0	-30	-49	-10	-29	-10	-23	0	-46	0	-19	0	-13	+6	-7
				-15	-49	+5	-29	+5	-23	+15	-46	+15	-19	+15	-13	+21	-7
				-19	-45	+1	-25	+1	-19	+9	-40	+11	-15	+11	-9	+17	-3
80	120	-20	0	-36	-58	-12	-34	-12	-27	0	-54	0	-22	0	-15	+6	-9
				-16	-58	+8	-34	+8	-27	+20	-54	+20	-22	+20	-15	+26	-9
				-22	-52	+2	-28	+3	-22	+12	-46	+14	-16	+15	-10	+21	-4
120	180	-25	0	-43	-68	-14	-39	-14	-32	0	-63	0	-25	0	-18	+7	-11
				-18	-68	+11	-39	+11	-32	+25	-63	+25	-25	+25	-18	+32	-11
				-25	-61	+4	-32	+5	-26	+15	-53	+18	-18	+19	-12	+26	-5
180	250	-30	0	-50	-79	-15	-44	-15	-35	0	-72	0	-29	0	-20	+7	-13
				-20	-79	+15	-44	+15	-35	+30	-72	+30	-29	+30	-20	+37	-13
				-28	-71	+7	-36	+9	-29	+18	-60	+22	-21	+24	-14	+31	-7
250	315	-35	0	-56	-88	-17	-49	-17	-40	0	-81	0	-32	0	-23	+7	-16
				-21	-88	+18	-49	+18	-40	+35	-81	+35	-32	+35	-23	+42	-16
				-30	-79	+9	-40	+10	-32	+22	-68	+26	-23	+27	-15	+34	-8
315	400	-40	0	-62	-98	-18	-54	-18	-43	0	-89	0	-36	0	-25	+7	-18
				-22	-98	+22	-54	+22	-43	+40	-89	+40	-36	+40	-25	+47	-18
				-33	-87	+11	-43	+14	-35	+25	-74	+29	-25	+32	-17	+39	-10
400	500	-45	0	-68	-108	-20	-60	-20	-47	0	-97	0	-40	0	-27	+7	-20
				-23	-108	+25	-60	+25	-47	+45	-97	+45	-40	+45	-27	+52	-20
				-35	-96	+13	-48	+16	-38	+28	-80	+33	-28	+36	-18	+43	-11

The values given for the diameter range up to and including $d = 30$ mm do not apply to taper roller bearings

Shaft fits (continued)



Shaft Diameter		Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}		Deviations of shaft diameter, resultant fits Tolerances											
d				f6	g6		g5		h8		h6		h5		
Nominal				Deviations (shaft diameter)											
over	incl.	low	high	Theoretical interference/clearance											
				Probable interference/clearance											
mm		μm		μm											
500	630	-50	0	-76	-120	-22	-66	-22	-50	0	-110	0	-44	0	-28
				-26	-120	+28	-66	+28	-50	+50	-110	+50	-44	+50	-28
				-39	-107	+15	-53	+18	-40	+31	-91	+37	-31	+40	-18
630	800	-75	0	-80	-130	-24	-74	-24	-56	0	-125	0	-50	0	-32
				-5	-130	+51	-74	+51	-56	+75	-125	+75	-50	+75	-32
				-22	-113	+34	-57	+39	-44	+48	-98	+58	-33	+63	-20
800	1 000	-100	0	-86	-142	-26	-82	-26	-62	0	-140	0	-56	0	-36
				+14	-142	+74	-82	+74	-62	+100	-140	+100	-56	+100	-36
				-6	-122	+54	-62	+60	-48	+67	-107	+80	-36	+86	-22
1 000	1 250	-125	0	-98	-164	-28	-94	-28	-70	0	-165	0	-66	0	-42
				+27	-164	+97	-94	+97	-70	+125	-165	+125	-66	+125	-42
				+3	-140	+73	-70	+80	-53	+84	-124	+101	-42	+108	-25
1 250	1 600	-160	0	-110	-188	-30	-108	-30	-80	0	-195	0	-78	0	-50
				+50	-188	+130	-108	+130	-80	+160	-195	+160	-78	+160	-50
				+20	-158	+100	-78	+109	-59	+109	-144	+130	-48	+139	-29
1 600	2 000	-200	0	-120	-212	-32	-124	-32	-92	0	-230	0	-92	0	-60
				+80	-212	+168	-124	+168	-92	+200	-230	+200	-92	+200	-60
				+45	-177	+133	-89	+143	-67	+138	-168	+165	-57	+175	-35

Recommended fits

Shaft fits (continued)



Shaft Diameter d	Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}	Deviations of shaft diameter, resultant fits Tolerances																																										
				js5		j6		js6		k5		k6		m5		m6																												
Nominal	low	high	Deviations (shaft diameter)																																									
over	incl.		Theoretical interference/clearance																																									
mm	μm	μm	Probable interference/clearance																																									
1	3	-8 0	+2	-2	+4	-2	+3	-3	+4	0	+6	0	+6	+2	+8	+2	+10	-2	+12	-2	+11	-3	+12	0	+14	0	+14	+2	+16	+2	+9	-1	+10	0	+9	-1	+11	+1	+12	+2	+13	+3	+14	+4
3	6	-8 0	+2,5	-2,5	+6	-2	+4	-4	+6	+1	+9	+1	+9	+4	+12	+4	+10,5	-2,5	+14	-2	+12	-4	+14	+1	+17	+1	+17	+4	+20	+4	+9	-1	+12	0	+10	-2	+13	+2	+15	+3	+16	+5	+18	+6
6	10	-8 0	+3	-3	+7	-2	+4,5	-4,5	+7	+1	+10	+1	+12	+6	+15	+6	+11	-3	+15	-2	+12,5	-4,5	+15	+1	+18	+1	+20	+6	+23	+6	+9	-1	+13	0	+11	-3	+13	+3	+16	+3	+18	+8	+21	+8
10	18	-8 0	+4	-4	+8	-3	+5,5	-5,5	+9	+1	+12	+1	+15	+7	+18	+7	+12	-4	+16	-3	+13,5	-5,5	+17	+1	+20	+1	+23	+7	+26	+7	+10	-2	+14	-1	+11	-3	+15	+3	+18	+3	+21	+9	+24	+9
18	30	-10 0	+4,5	-4,5	+9	-4	+6,5	-6,5	+11	+2	+15	+2	+17	+8	+21	+8	+14,5	-4,5	+19	-4	+16,5	-6,5	+21	+2	+25	+2	+27	+8	+31	+8	+12	-2	+16	-1	+14	-4	+19	+4	+22	+5	+25	+10	+28	+11
30	50	-12 0	+5,5	-5,5	+11	-5	+8	-8	+13	+2	+18	+2	+20	+9	+25	+9	+17,5	-5,5	+23	-5	+20	-8	+25	+2	+30	+2	+32	+9	+37	+9	+15	-3	+19	-1	+16	-4	+22	+5	+26	+6	+29	+12	+33	+13
50	80	-15 0	+6,5	-6,5	+12	-7	+9,5	-9,5	+15	+2	+21	+2	+24	+11	+30	+11	+21,5	-6,5	+27	-7	+24,5	-9,5	+30	+2	+36	+2	+39	+11	+45	+11	+18	-3	+23	-3	+20	-5	+26	+6	+32	+6	+35	+15	+41	+15
80	120	-20 0	+7,5	-7,5	+13	-9	+11	-11	+18	+3	+25	+3	+28	+13	+35	+13	+27,5	-7,5	+33	-9	+31	-11	+38	+3	+45	+3	+48	+13	+55	+13	+23	-3	+27	-3	+25	-5	+33	+8	+39	+9	+43	+18	+49	+19
120	180	-25 0	+9	-9	+14	-11	+12,5	-12,5	+21	+3	+28	+3	+33	+15	+40	+15	+34	-9	+39	-11	+37,5	-12,5	+46	+3	+53	+3	+58	+15	+65	+15	+28	-3	+32	-4	+31	-6	+40	+9	+46	+10	+52	+21	+58	+22
180	250	-30 0	+10	-10	+16	-13	+14,5	-14,5	+24	+4	+33	+4	+37	+17	+46	+17	+40	-10	+46	-13	+44,5	-14,5	+54	+4	+63	+4	+67	+17	+76	+17	+34	-4	+38	-5	+36	-6	+48	+10	+55	+12	+61	+23	+68	+25
250	315	-35 0	+11,5	-11,5	+16	-16	+16	-16	+27	+4	+36	+4	+43	+20	+52	+20	+46,5	-11,5	+51	-16	+51	-16	+62	+4	+71	+4	+78	+20	+87	+20	+39	-4	+42	-7	+42	-7	+54	+12	+62	+13	+70	+28	+78	+29
315	400	-40 0	+12,5	-12,5	+18	-18	+18	-18	+29	+4	+40	+4	+46	+21	+57	+21	+52,5	-12,5	+58	-18	+58	-18	+69	+4	+80	+4	+86	+21	+97	+21	+44	-4	+47	-7	+47	-7	+61	+12	+69	+15	+78	+29	+86	+32
400	500	-45 0	+13,5	-13,5	+20	-20	+20	-20	+32	+5	+45	+5	+50	+23	+63	+23	+58,5	-13,5	+65	-20	+65	-20	+77	+5	+90	+5	+95	+23	+108	+23	+49	-4	+53	-8	+53	-8	+68	+14	+78	+17	+86	+32	+96	+35

The values given for the diameter range up to and including $d = 30$ mm do not apply to taper roller bearings

Shaft fits (continued)



Shaft Diameter		Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}		Deviations of shaft diameter, resultant fits Tolerances													
d		low	high	js5	j6	js6	k5	k6	m5	m6							
Nominal				Deviations (shaft diameter)													
over	incl.			Theoretical interference/clearance							Probable interference/clearance						
mm		μm		μm													
500	630	-50	0	+14	-14	+22	-22	+22	-22	+29	0	+44	0	+55	+26	+70	+26
				+64	-14	+72	-22	+72	-22	+78	0	+94	0	+104	+26	+120	+26
				+54	-4	+59	-9	+59	-9	+68	+10	+81	+13	+94	+36	+107	+39
630	800	-75	0	+16	-16	+25	-25	+25	-25	+32	0	+50	0	+62	+30	+80	+30
				+91	-16	+100	-25	+100	-25	+107	0	+125	0	+137	+30	+155	+30
				+79	-4	+83	-8	+83	-8	+95	+12	+108	+17	+125	+42	+138	+47
800	1 000	-100	0	+18	-18	+28	-28	+28	-28	+36	0	+56	0	+70	+34	+90	+34
				+118	-18	+128	-28	+128	-28	+136	0	+156	0	+170	+34	+190	+34
				+104	-4	+108	-8	+108	-8	+122	+14	+136	+20	+156	+48	+170	+54
1 000	1 250	-125	0	+21	-21	+33	-33	+33	-33	+42	0	+66	0	+82	+40	+106	+40
				+146	-21	+158	-33	+158	-33	+167	0	+191	0	+207	+40	+231	+40
				+129	-4	+134	-9	+134	-9	+150	+17	+167	+24	+190	+57	+207	+64
1 250	1 600	-160	0	+25	-25	+39	-39	+39	-39	+50	0	+78	0	+98	+48	+126	+48
				+185	-25	+199	-39	+199	-39	+210	0	+238	0	+258	+48	+286	+48
				+164	-4	+169	-9	+169	-9	+189	+21	+208	+30	+237	+69	+256	+78
1 600	2 000	-200	0	+30	-30	+46	-46	+46	-46	+60	0	+92	0	+118	+58	+150	+58
				+230	-30	+246	-46	+246	-46	+260	0	+292	0	+318	+58	+350	+58
				+205	-5	+211	-11	+211	-11	+235	+25	+257	+35	+293	+83	+315	+93

Recommended fits

Shaft fits (continued)

Shaft Diameter		Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}		Deviations of shaft diameter, resultant fits											
				Tolerances											
d				n5	n6		p6		p7		r6		r7		
Nominal		low	high	Deviations (shaft diameter)											
over	incl.			Theoretical interference/clearance											
				Probable interference/clearance											
mm		μm		μm											
1	3	-8	0	+8	+4	+10	+4	+12	+6	+16	+6	+16	+10	+20	+10
				+16	+4	+18	+4	+20	+6	+24	+6	+24	+10	+28	+10
				+15	+5	+16	+6	+18	+8	+22	+8	+22	+12	+26	+12
3	6	-8	0	+13	+8	+16	+8	+20	+12	+24	+12	+23	+15	+27	+15
				+21	+8	+24	+8	+28	+12	+32	+12	+31	+15	+35	+15
				+20	+9	+22	+10	+26	+14	+30	+14	+29	+17	+33	+17
6	10	-8	0	+16	+10	+19	+10	+24	+15	+30	+15	+28	+19	+34	+19
				+24	+10	+27	+10	+32	+15	+38	+15	+36	+19	+42	+19
				+22	+12	+25	+12	+30	+17	+35	+18	+34	+21	+39	+22
10	18	-8	0	+20	+12	+23	+12	+29	+18	+36	+18	+34	+23	+41	+23
				+28	+12	+31	+12	+37	+18	+44	+18	+42	+23	+49	+23
				+26	+14	+29	+14	+35	+20	+41	+21	+40	+25	+46	+26
18	30	-10	0	+24	+15	+28	+15	+35	+22	+43	+22	+41	+28	+49	+28
				+34	+15	+38	+15	+45	+22	+53	+22	+51	+28	+59	+28
				+32	+17	+35	+18	+42	+25	+50	+25	+48	+31	+56	+31
30	50	-12	0	+28	+17	+33	+17	+42	+26	+51	+26	+50	+34	+59	+34
				+40	+17	+45	+17	+54	+26	+63	+26	+62	+34	+71	+34
				+37	+20	+41	+21	+50	+30	+59	+30	+58	+38	+67	+38
50	65	-15	0	+33	+20	+39	+20	+51	+32	+62	+32	+60	+41	+71	+41
				+48	+20	+54	+20	+66	+32	+77	+32	+75	+41	+86	+41
				+44	+24	+50	+24	+62	+36	+72	+37	+71	+45	+81	+46
65	80	-15	0	+33	+20	+39	+20	+51	+32	+62	+32	+62	+43	+73	+43
				+48	+20	+54	+20	+66	+32	+77	+32	+77	+43	+88	+43
				+44	+24	+50	+24	+62	+36	+72	+37	+73	+47	+83	+48
80	100	-20	0	+38	+23	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+73	+51	+86	+51
				+58	+23	+65	+23	+79	+37	+92	+37	+93	+51	+106	+51
				+53	+28	+59	+29	+73	+43	+85	+44	+87	+57	+99	+58
100	120	-20	0	+38	+23	+45	+23	+59	+37	+72	+37	+76	+54	+89	+54
				+58	+23	+65	+23	+79	+37	+92	+37	+96	+54	+109	+54
				+53	+28	+59	+29	+73	+43	+85	+44	+90	+60	+102	+61
120	140	-25	0	+45	+27	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+88	+63	+103	+63
				+70	+27	+77	+27	+93	+43	+108	+43	+113	+63	+128	+63
				+64	+33	+70	+34	+86	+50	+100	+51	+106	+70	+120	+71
140	160	-25	0	+45	+27	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+90	+65	+105	+65
				+70	+27	+77	+27	+93	+43	+108	+43	+115	+65	+130	+65
				+64	+33	+70	+34	+86	+50	+100	+51	+108	+72	+122	+73
160	180	-25	0	+45	+27	+52	+27	+68	+43	+83	+43	+93	+68	+108	+68
				+70	+27	+77	+27	+93	+43	+108	+43	+118	+68	+133	+68
				+64	+33	+70	+34	+86	+50	+100	+51	+111	+75	+125	+76

The values given for the diameter range up to and including $d = 30$ mm do not apply to taper roller bearings

Shaft fits (continued)

+
0
-

Shaft Diameter d	Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}		Deviations of shaft diameter, resultant fits												
	low	high	n5		n6		p6		p7		r6		r7		
Nominal			Deviations (shaft diameter)												
over			Theoretical interference/clearance												
incl.			Probable interference/clearance												
mm	μm		μm												
180	200	-30	0	+51	+31	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+106	+77	+123	+77
				+81	+31	+90	+31	+109	+50	+126	+50	+136	+77	+153	+77
				+75	+37	+82	+39	+101	+58	+116	+60	+128	+85	+143	+87
200	225	-30	0	+51	+31	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+109	+80	+126	+80
				+81	+31	+90	+31	+109	+50	+126	+50	+139	+80	+156	+80
				+75	+37	+82	+39	+101	+58	+116	+60	+131	+88	+146	+90
225	250	-30	0	+51	+31	+60	+31	+79	+50	+96	+50	+113	+84	+130	+84
				+81	+31	+90	+31	+109	+50	+126	+50	+143	+84	+160	+84
				+75	+37	+82	+39	+101	+58	+116	+60	+135	+92	+150	+94
250	280	-35	0	+57	+34	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+126	+94	+146	+94
				+92	+34	+101	+34	+123	+56	+143	+56	+161	+94	+181	+94
				+84	+42	+92	+43	+114	+65	+131	+68	+152	+103	+169	+106
280	315	-35	0	+57	+34	+66	+34	+88	+56	+108	+56	+130	+98	+150	+98
				+92	+34	+101	+34	+123	+56	+143	+56	+165	+98	+185	+98
				+84	+42	+92	+43	+114	+65	+131	+68	+156	+107	+173	+110
315	355	-40	0	+62	+37	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+144	+108	+165	+108
				+102	+37	+113	+37	+138	+62	+159	+62	+184	+108	+205	+108
				+94	+45	+102	+48	+127	+73	+146	+75	+173	+119	+192	+121
355	400	-40	0	+62	+37	+73	+37	+98	+62	+119	+62	+150	+114	+171	+114
				+102	+37	+113	+37	+138	+62	+159	+62	+190	+114	+211	+114
				+94	+45	+102	+48	+127	+73	+146	+75	+179	+125	+196	+127
400	450	-45	0	+67	+40	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+166	+126	+189	+126
				+112	+40	+125	+40	+153	+68	+176	+68	+211	+126	+234	+126
				+103	+49	+113	+52	+141	+80	+161	+83	+199	+138	+219	+141
450	500	-45	0	+67	+40	+80	+40	+108	+68	+131	+68	+172	+132	+195	+132
				+112	+40	+125	+40	+153	+68	+176	+68	+217	+132	+240	+132
				+103	+49	+113	+52	+141	+80	+161	+83	+205	+144	+225	+147
500	560	-50	0	+73	+44	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+194	+150	+220	+150
				+122	+44	+138	+44	+172	+78	+198	+78	+244	+150	+270	+150
				+112	+54	+125	+57	+159	+91	+182	+94	+231	+163	+254	+166
560	630	-50	0	+73	+44	+88	+44	+122	+78	+148	+78	+199	+155	+225	+155
				+122	+44	+138	+44	+172	+78	+198	+78	+249	+155	+275	+155
				+112	+54	+125	+57	+159	+91	+182	+94	+236	+168	+259	+171
630	710	-75	0	+82	+50	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+225	+175	+255	+175
				+157	+50	+175	+50	+213	+88	+243	+88	+300	+175	+330	+175
				+145	+62	+158	+67	+196	+105	+221	+110	+283	+192	+308	+197
710	800	-75	0	+82	+50	+100	+50	+138	+88	+168	+88	+235	+185	+265	+185
				+157	+50	+175	+50	+213	+88	+243	+88	+310	+185	+340	+185
				+145	+62	+158	+67	+196	+105	+221	+110	+293	+202	+318	+207

Recommended fits

Shaft fits (continued)



Shaft Diameter		Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}		Deviations of shaft diameter, resultant fits Tolerances											
d		low	high	n5	n6	p6		p7		r6		r7			
Nominal				Deviations (shaft diameter)											
over	incl.			Theoretical interference/clearance						Probable interference/clearance					
mm		μm		μm											
800	900	-100	0	+92	+56	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+266	+210	+300	+210
				+192	+56	+212	+56	+256	+100	+290	+100	+366	+210	+400	+210
				+178	+70	+192	+76	+236	+120	+263	+127	+346	+230	+373	+237
900	1 000	-100	0	+92	+56	+112	+56	+156	+100	+190	+100	+276	+220	+310	+220
				+192	+56	+212	+56	+256	+100	+290	+100	+376	+220	+410	+220
				+178	+70	+192	+76	+236	+120	+263	+127	+356	+240	+383	+247
1 000	1 120	-125	0	+108	+66	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+316	+250	+355	+250
				+233	+66	+257	+66	+311	+120	+350	+120	+441	+250	+480	+250
				+216	+83	+233	+90	+287	+144	+317	+153	+417	+274	+447	+283
1 120	1 250	-125	0	+108	+66	+132	+66	+186	+120	+225	+120	+326	+260	+365	+260
				+233	+66	+257	+66	+311	+120	+350	+120	+451	+260	+490	+260
				+216	+83	+233	+90	+287	+144	+317	+153	+427	+284	+457	+293
1 250	1 400	-160	0	+128	+78	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+378	+300	+425	+300
				+288	+78	+316	+78	+378	+140	+425	+140	+538	+300	+585	+300
				+267	+99	+286	+108	+348	+170	+385	+180	+508	+330	+545	+340
1 400	1 600	-160	0	+128	+78	+156	+78	+218	+140	+265	+140	+408	+330	+455	+330
				+288	+78	+316	+78	+378	+140	+425	+140	+568	+330	+615	+330
				+267	+99	+286	+108	+348	+170	+385	+180	+538	+360	+575	+370
1 600	1 800	-200	0	+152	+92	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+462	+370	+520	+370
				+352	+92	+384	+92	+462	+170	+520	+170	+662	+370	+720	+370
				+327	+117	+349	+127	+427	+205	+470	+220	+627	+405	+670	+420
1 800	2 000	-200	0	+152	+92	+184	+92	+262	+170	+320	+170	+492	+400	+550	+400
				+352	+92	+384	+92	+462	+170	+520	+170	+692	+400	+750	+400
				+327	+117	+349	+127	+427	+205	+470	+220	+657	+435	+700	+450

Nominal diameter Shaft seating Bearings bore		Modified shaft diameter deviations for use with Inch-size bearings to give same degree of clearance/interference as tolerances											
over	incl.	g6		h6		j5		j6		js6		k5	
		high	low	high	low	high	low	high	low	high	low	high	low
mm		μm											
10	18	+2	-4	+8	+2	+13	+10	+16	+10	+13,5	+7,5	+17	+14
18	30	+3	-7	+10	0	+15	+9	+19	+9	+16,5	+6,5	+21	+15
30	50	+3	-12	+12	-3	+18	+8	+23	+8	+20	+5	+25	+15
50	76,2	+5	-16	+15	-6	+21	+6	+27	+6	+24,5	+3,5	+30	+15
76,2	80	+5	-4	+15	+6	+21	+18	+27	+18	+24,5	+15,5	+30	+27
80	120	+8	-9	+20	+3	+26	+16	+33	+16	+31	+14	+38	+28
120	180	+11	-14	+25	0	+32	+14	+39	+14	+37,5	+12,5	+46	+28
180	250	+15	-19	+30	-4	+37	+12	+46	+12	+44,5	+10,5	+54	+29
250	304,8	+18	-24	+35	-7	+42	+9	+51	+9	+51	+9	+62	+29
304,8	315	+18	+2	+35	+19	+42	+35	+51	+35	+51	+35	+62	+55
315	400	+22	-3	+40	+15	+47	+33	+58	+33	+58	+33	+69	+55
400	500	+25	-9	+45	+11	+52	+31	+65	+31	+65	+31	+77	+56
500	609,6	+28	-15	+50	+7	-	-	+72	+29	+72	+29	+78	+51
609,6	630	+28	+10	+50	+32	-	-	+72	+54	+72	+54	+78	+76
630	800	+51	+2	+75	+26	-	-	+100	+51	+100	+51	+107	+76
800	914,4	+74	-6	+100	+20	-	-	+128	+48	+128	+48	+136	+76
914,4	1 000	+74	+20	+100	+46	-	-	+128	+74	+128	+74	+136	+102
1 000	1 219,2	+97	+8	+125	+36	-	-	+158	+69	+158	+69	+167	+102

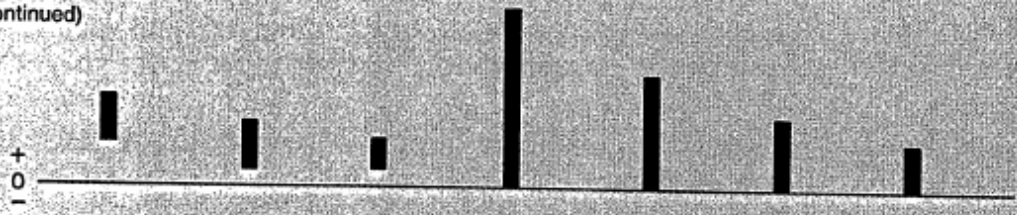
Nominal diameter Shaft seating Bearing bore		Modified shaft diameter deviations for use with inch-size bearings to give same degree of clearance/interference as tolerances									
over	incl.	k6		m5		m6		n6		p6	
		high	low	high	low	high	low	high	low	high	low
mm		μm									
10	18	+20	+14	+23	+20	+26	+20	+31	+25	+37	+31
18	30	+25	+15	+27	+21	+31	+21	+38	+28	+45	+35
30	50	+30	+15	+32	+22	+37	+22	+45	+30	+54	+39
50	76,2	+36	+15	+39	+24	+45	+24	+54	+33	+66	+45
76,2	80	+36	+27	+39	+36	+45	+36	+54	+45	+66	+57
80	120	+45	+28	+48	+38	+55	+38	+65	+48	+79	+62
120	180	+53	+28	+58	+40	+65	+40	+77	+52	+93	+68
180	250	+63	+29	+67	+42	+76	+42	+90	+56	+109	+75
250	304,8	+71	+29	+78	+45	+87	+45	+101	+59	+123	+81
304,8	315	+71	+55	+78	+71	+87	+71	+101	+85	+123	+107
315	400	+80	+55	+86	+72	+97	+72	+113	+88	+138	+113
400	500	+90	+56	+95	+74	+108	+74	+125	+91	+153	+119
500	609,6	+94	+51	+104	+77	+120	+77	+138	+95	+172	+129
609,6	630	+94	+76	+104	+102	+120	+102	+138	+120	+172	+154
630	800	+125	+76	+137	+106	+155	+106	+175	+126	+213	+164
800	914,4	+156	+76	+170	+110	+190	+110	+212	+132	+256	+176
914,4	1 000	+156	+102	+170	+136	+190	+136	+212	+158	+256	+202
1 000	1 219,2	+191	+102	+207	+142	+231	+142	+257	+168	+311	+222

Recommended fits

Housing fits		Deviations of housing bore diameter, resultant fits															
Housing Bore diameter D	Bearing Outside diameter tolerance Δ_{Dmp}	Tolerances															
		F7	G7	G6	H10	H9	H8	H7									
Nominal	over incl.	Deviations (housing bore diameter)															
	high low	Theoretical interference/clearance							Probable interference/clearance								
mm	μm	μm															
6	10	0	-8	+13	+28	+5	+20	+5	+14	0	+58	0	+36	0	+22	0	+15
				-13	-36	-5	-28	-5	-22	0	-66	0	-44	0	-30	0	-23
				-16	-33	-8	-25	-7	-20	-3	-63	-3	-41	-3	-27	-3	-20
10	18	0	-8	+16	+34	+6	+24	+6	+17	0	+70	0	+43	0	+27	0	+18
				-16	-42	-6	-32	-6	-25	0	-78	0	-51	0	-35	0	-26
				-19	-39	-9	-29	-8	-23	-3	-75	-3	-48	-3	-32	-3	-23
18	30	0	-9	+20	+41	+7	+28	+7	+20	0	+84	0	+52	0	+33	0	+21
				-20	-50	-7	-37	-7	-29	0	-93	0	-61	0	-42	0	-30
				-23	-47	-10	-34	-10	-26	-4	-89	-4	-57	-3	-39	-3	-27
30	50	0	-11	+25	+50	+9	+34	+9	+25	0	+100	0	+62	0	+39	0	+25
				-25	-61	-9	-45	-9	-36	0	-111	0	-73	0	-50	0	-36
				-29	-57	-13	-41	-12	-33	-5	-106	-5	-68	-4	-46	-4	-32
50	80	0	-13	+30	+60	+10	+40	+10	+29	0	+120	0	+74	0	+46	0	+30
				-30	-73	-10	-53	-10	-42	0	-133	0	-87	0	-59	0	-43
				-35	-68	-15	-48	-14	-38	-6	-127	-5	-82	-5	-54	-5	-38
80	120	0	-15	+38	+71	+12	+47	+12	+34	0	+140	0	+87	0	+54	0	+35
				-38	-86	-12	-62	-12	-49	0	-155	0	-102	0	-69	0	-50
				-41	-81	-17	-57	-17	-44	-7	-148	-6	-96	-6	-63	-5	-45
120	150	0	-18	+43	+83	+14	+54	+14	+39	0	+160	0	+100	0	+63	0	+40
				-43	-101	-14	-72	-14	-57	0	-178	0	-118	0	-81	0	-58
				-50	-94	-21	-65	-20	-51	-8	-170	-8	-110	-7	-74	-7	-51
150	180	0	-25	+43	+83	+14	+54	+14	+39	0	+160	0	+100	0	+63	0	+40
				-43	-108	-14	-79	-14	-64	0	-185	0	-125	0	-88	0	-65
				-51	-100	-22	-71	-21	-57	-11	-174	-10	-115	-10	-78	-8	-57
180	250	0	-30	+50	+96	+15	+61	+15	+44	0	+185	0	+115	0	+72	0	+46
				-50	-126	-15	-91	-15	-74	0	-215	0	-145	0	-102	0	-76
				-60	-116	-25	-81	-23	-66	-13	-202	-13	-132	-12	-90	-10	-66
250	315	0	-35	+56	+108	+17	+69	+17	+49	0	+210	0	+130	0	+81	0	+52
				-56	-143	-17	-104	-17	-84	0	-245	0	-165	0	-116	0	-87
				-68	-131	-29	-92	-26	-75	-16	-229	-15	-150	-13	-103	-12	-75
315	400	0	-40	+62	+119	+18	+75	+18	+54	0	+230	0	+140	0	+89	0	+57
				-62	-159	-18	-115	-18	-94	0	-270	0	-180	0	-129	0	-97
				-75	-146	-31	-102	-29	-83	-18	-252	-17	-163	-15	-114	-13	-84
400	500	0	-45	+68	+131	+20	+83	+20	+60	0	+250	0	+155	0	+97	0	+63
				-68	-176	-20	-128	-20	-105	0	-295	0	-200	0	-142	0	-108
				-83	-161	-35	-113	-32	-93	-20	-275	-19	-181	-17	-125	-15	-93
500	630	0	-50	+76	+146	+22	+92	+22	+66	0	+280	0	+175	0	+110	0	+70
				-76	-196	-22	-142	-22	-116	0	-330	0	-225	0	-160	0	-120
				-92	-180	-38	-126	-35	-103	-22	-308	-21	-204	-19	-141	-16	-104

The values given for the diameter range up to and including $D = 150$ mm do not apply to taper roller bearings and thrust bearings

Housing fits (continued)



Housing Bore diameter D	Bearing Outside diameter tolerance Δ_{Dmp}	Deviations of housing bore diameter, resultant fits Tolerances																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		Nominal		F7		G7		G6		H10		H9		H8		H7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
over	incl.	high	low	Deviations (housing bore diameter)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				Theoretical interference/clearance																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
				Probable interference/clearance																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
mm		μm		μm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
630	800	0	-75	+80	+160	+24	+104	+24	+74	0	+320	0	+200	0	+125	0	+80					-80	-235	-24	-179	-24	-149	0	-395	0	-275	0	-200	0	-155					-102	-213	-46	-157	-41	-132	-33	-362	-30	-245	-27	-173	-22	-133	800	1 000	0	-100	+86	+176	+26	+116	+26	+82	0	+360	0	+230	0	+140	0	+90					-86	-276	-26	-216	-26	-182	0	-460	0	-330	0	-240	0	-190					-113	-249	-53	-189	-46	-162	-43	-417	-39	-291	-33	-207	-27	-163	1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+133	+28	+94	0	+420	0	+260	0	+165	0	+105					-98	-328	-28	-258	-28	-219	0	-545	0	-385	0	-290	0	-230					-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197	1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366
				-80	-235	-24	-179	-24	-149	0	-395	0	-275	0	-200	0	-155					-102	-213	-46	-157	-41	-132	-33	-362	-30	-245	-27	-173	-22	-133	800	1 000	0	-100	+86	+176	+26	+116	+26	+82	0	+360	0	+230	0	+140	0	+90					-86	-276	-26	-216	-26	-182	0	-460	0	-330	0	-240	0	-190					-113	-249	-53	-189	-46	-162	-43	-417	-39	-291	-33	-207	-27	-163	1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+133	+28	+94	0	+420	0	+260	0	+165	0	+105					-98	-328	-28	-258	-28	-219	0	-545	0	-385	0	-290	0	-230					-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197	1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																		
				-102	-213	-46	-157	-41	-132	-33	-362	-30	-245	-27	-173	-22	-133	800	1 000	0	-100	+86	+176	+26	+116	+26	+82	0	+360	0	+230	0	+140	0	+90					-86	-276	-26	-216	-26	-182	0	-460	0	-330	0	-240	0	-190					-113	-249	-53	-189	-46	-162	-43	-417	-39	-291	-33	-207	-27	-163	1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+133	+28	+94	0	+420	0	+260	0	+165	0	+105					-98	-328	-28	-258	-28	-219	0	-545	0	-385	0	-290	0	-230					-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197	1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																				
800	1 000	0	-100	+86	+176	+26	+116	+26	+82	0	+360	0	+230	0	+140	0	+90					-86	-276	-26	-216	-26	-182	0	-460	0	-330	0	-240	0	-190					-113	-249	-53	-189	-46	-162	-43	-417	-39	-291	-33	-207	-27	-163	1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+133	+28	+94	0	+420	0	+260	0	+165	0	+105					-98	-328	-28	-258	-28	-219	0	-545	0	-385	0	-290	0	-230					-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197	1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																						
				-86	-276	-26	-216	-26	-182	0	-460	0	-330	0	-240	0	-190					-113	-249	-53	-189	-46	-162	-43	-417	-39	-291	-33	-207	-27	-163	1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+133	+28	+94	0	+420	0	+260	0	+165	0	+105					-98	-328	-28	-258	-28	-219	0	-545	0	-385	0	-290	0	-230					-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197	1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																								
				-113	-249	-53	-189	-46	-162	-43	-417	-39	-291	-33	-207	-27	-163	1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+133	+28	+94	0	+420	0	+260	0	+165	0	+105					-98	-328	-28	-258	-28	-219	0	-545	0	-385	0	-290	0	-230					-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197	1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																										
1 000	1 250	0	-125	+98	+203	+28	+133	+28	+94	0	+420	0	+260	0	+165	0	+105					-98	-328	-28	-258	-28	-219	0	-545	0	-385	0	-290	0	-230					-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197	1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																												
				-98	-328	-28	-258	-28	-219	0	-545	0	-385	0	-290	0	-230					-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197	1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																														
				-131	-295	-61	-225	-52	-195	-53	-492	-48	-337	-41	-249	-33	-197	1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																
1 250	1 600	0	-160	+110	+235	+30	+155	+30	+108	0	+500	0	+310	0	+195	0	+125					-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																																		
				-110	-395	-30	-315	-30	-268	0	-660	0	-470	0	-355	0	-285					-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																																																				
				-150	-355	-70	-275	-60	-238	-67	-593	-60	-410	-51	-304	-40	-245	1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																																																																						
1 600	2 000	0	-200	+120	+270	+32	+182	+32	+124	0	+600	0	+370	0	+230	0	+150					-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																																																																																								
				-120	-470	-32	-382	-32	-324	0	-800	0	-570	0	-430	0	-350					-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																																																																																																										
				-170	-420	-82	-332	-67	-289	-83	-717	-74	-496	-62	-368	-50	-300	2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																																																																																																																												
2 000	2 500	0	-250	+130	+305	+34	+209	+34	+144	0	+700	0	+440	0	+280	0	+175					-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																																																																																																																																														
				-130	-555	-34	-459	-34	-394	0	-950	0	-690	0	-530	0	-425					-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																																																																																																																																																																
				-189	-496	-93	-400	-77	-351	-103	-847	-91	-599	-77	-453	-59	-366																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Housing fits (continued)



Housing Bore diameter D	Bearing Outside diameter Δ_{Dmp}	Deviations of housing bore diameter, resultant fits																																											
		Tolerances		Deviations (housing bore diameter)																																									
Nominal		H6	J7	JS7	J6	JS6	K6	K7	Theoretical interference/clearance							Probable interference/clearance																													
over	incl.	high	low																																										
mm		μm	μm	μm																																									
6	10	0	-8	0	+9	-7	+8	-7,5	+7,5	-4	+5	-4,5	+4,5	-7	+2	-10	+5	0	-17	+7	-16	+7,5	-15,5	+4	-13	+4,5	-12,5	+7	-10	+10	-13	-2	-15	+4	-13	+5	-13	+2	-11	+3	-11	+5	-8	+7	-10
				0	+11	-8	+10	-9	+9	-5	+6	-5,5	+5,5	-9	+2	-12	+6	0	-19	+8	-18	+9	-17	+5	-14	+5,5	-13,5	+9	-10	+12	-14	-2	-17	+5	-15	+6	-14	+3	-12	+3	-11	+7	-8	+9	-11
				0	+13	-9	+12	-10,5	+10,5	-5	+8	-6,5	+6,5	-11	+2	-15	+6	0	-22	+9	-21	+10,5	-19,5	+5	-17	+6,5	-15,5	+11	-11	+15	-15	-3	-19	+6	-18	+7	-16	+2	-14	+4	-13	+8	-8	+12	-12
10	18	0	-8	0	+16	-11	+14	-12,5	+12,5	-6	+10	-8	+8	-13	+3	-18	+7	0	-27	+11	-25	+12,5	-23,5	+6	-21	+8	-19	+13	-14	+18	-18	-3	-24	+7	-21	+9	-20	+3	-18	+5	-16	+10	-11	+14	-14
				0	+19	-12	+18	-15	+15	-6	+13	-9,5	+9,5	-15	+4	-21	+9	0	-32	+12	-31	+15	-28	+6	-26	+9,5	-22,5	+15	-17	+21	-22	-4	-28	+7	-26	+10	-23	+2	-22	+6	-19	+11	-13	+16	-17
				0	+22	-13	+22	-17,5	+17,5	-6	+16	-11	+11	-18	+4	-25	+10	0	-37	+13	-37	+17,5	-32,5	+6	-31	+11	-26	+18	-19	+25	-25	-5	-32	+8	-32	+12	-27	+1	-26	+6	-21	+13	-14	+20	-20
120	150	0	-18	0	+25	-14	+26	-20	+20	-7	+18	-12,5	+12,5	-21	+4	-28	+12	0	-43	+14	-44	+20	-38	+7	-36	+12,5	-30,5	+21	-22	+28	-30	-6	-37	+7	-37	+13	-31	+1	-30	+7	-25	+15	-16	+21	-23
				0	+25	-14	+26	-20	+20	-7	+18	-12,5	+12,5	-21	+4	-28	+12	0	-50	+14	-51	+20	-45	+7	-43	+12,5	-37,5	+21	-29	+28	-37	-7	-43	+6	-43	+12	-37	0	-36	+6	-31	+14	-22	+20	-29
				0	+29	-16	+30	-23	+23	-7	+22	-14,5	+14,5	-24	+5	-33	+13	0	-59	+16	-60	+23	-53	+7	-52	+14,5	-44,5	+24	-35	+33	-43	-8	-51	+6	-50	+13	-43	-1	-44	+6	-36	+16	-27	+23	-33
250	315	0	-35	0	+32	-16	+36	-26	+26	-7	+25	-16	+16	-27	+5	-36	+16	0	-67	+16	-71	+26	-61	+7	-60	+16	+51	+27	-40	+36	-51	-9	-58	+4	-59	+14	-49	-2	-51	+7	-42	+18	-31	+24	-39
				0	+36	-18	+39	-28,5	+28,5	-7	+29	-18	+18	-29	+7	-40	+17	0	-76	+18	-79	+28,5	-68,5	+7	-69	+18	-58	+29	-47	+40	-57	-11	-65	+5	-66	+15	-55	-4	-58	+7	-47	+18	-36	+27	-44
				0	+40	-20	+43	-31,5	+31,5	-7	+33	-20	+20	-32	+8	-45	+18	0	-85	+20	-88	+31,5	-76,5	+7	-78	+20	-65	+32	-53	+45	-63	-12	-73	+5	-73	+17	-62	-5	-66	+8	-53	+20	-41	+30	-48
500	630	0	-50	0	+44	-	-	-35	+35	-	-	-22	+22	-44	0	-70	0	0	-94	-	-	+35	-85	-	-	+22	-72	+44	-50	+70	-50	-13	-81	-	-	+19	-69	-	-	+9	-59	+31	-37	+54	-34
				0	+44	-	-	-35	+35	-	-	-22	+22	-44	0	-70	0	0	-94	-	-	+35	-85	-	-	+22	-72	+44	-50	+70	-50	-13	-81	-	-	+19	-69	-	-	+9	-59	+31	-37	+54	-34
				0	+44	-	-	-35	+35	-	-	-22	+22	-44	0	-70	0	0	-94	-	-	+35	-85	-	-	+22	-72	+44	-50	+70	-50	-13	-81	-	-	+19	-69	-	-	+9	-59	+31	-37	+54	-34

The values given for the diameter range up to and including D = 150 mm do not apply to taper roller bearings and thrust bearings

Housing fits (continued)



Housing Bore diameter D		Bearing Outside diameter tolerance Δ_{Dmp}		Deviations of housing bore diameter, resultant fits Tolerances									
Nominal		high	low	H6	JS7		JS6		K6		K7		
over	incl.			Deviations (housing bore diameter)									
				Theoretical interference/clearance									
				Probable interference/clearance									
mm		μm		μm									
630	800	0	-75	0	+50	-40	+40	-25	+25	-50	0	-80	0
				0	-125	+40	-115	+25	-100	+50	-75	+80	-75
				-17	-108	+18	-93	+8	-83	+33	-58	+58	-53
800	1 000	0	-100	0	+56	-45	+45	-28	+28	-56	0	-90	0
				0	-156	+45	-145	+28	-128	+56	-100	+90	-100
				-20	-136	+18	-118	+8	-108	+36	-80	+63	-73
1 000	1 250	0	-125	0	+66	-52	+52	-33	+33	-66	0	-105	0
				0	-191	+52	-177	+33	-158	+66	-125	+105	-125
				-24	-167	+20	-145	+9	-134	+42	-101	+72	-92
1 250	1 600	0	-160	0	+78	-62	+62	-39	+39	-78	0	-125	0
				0	-238	+62	-222	+39	-199	+78	-160	+125	-160
				-30	-208	+22	-182	+9	-169	+48	-130	+85	-120
1 600	2 000	0	-200	0	+92	-75	+75	-46	+46	-92	0	-150	0
				0	-292	+75	-275	+46	-246	+92	-200	+150	-200
				-35	-257	+25	-225	+11	-211	+57	-165	+100	-150
2 000	2 500	0	-250	0	+110	-87	+87	-55	+55	-110	0	-175	0
				0	-360	+87	-337	+55	-305	+110	-250	+175	-250
				-43	-317	+28	-278	+12	-262	+67	-207	+116	-191

Housing fits (continued)

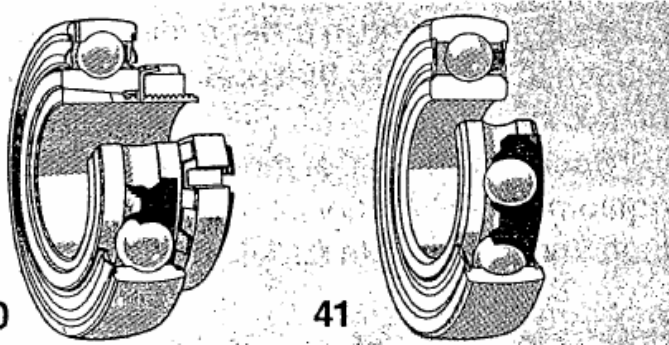
Housing Bore diameter D	Bearing Outside diameter tolerance Δ_{Dmp}		Deviations of housing bore diameter, resultant fits											
	Nominal	over incl. high low	M6		M7		N6		N7		P6		P7	
mm	μm	μm	Deviations (housing bore diameter) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance											
6	10	0 -8	-12	-3	-15	0	-16	-7	-19	-4	-21	-12	-24	-9
			+12	-5	+15	-8	+16	-1	+19	-4	+21	+4	+24	+1
			+10	-3	+12	-5	+14	+1	+16	-1	+19	+6	+21	+4
10	18	0 -8	-15	-4	-18	0	-20	-9	-23	-5	-26	-15	-29	-11
			+15	-4	+18	-8	+20	+1	+23	-3	+26	+7	+29	+3
			+13	-2	+15	-5	+18	+3	+20	0	+24	+9	+26	+6
18	30	0 -9	-17	-4	-21	0	-24	-11	-28	-7	-31	-18	-35	-14
			+17	-5	+21	-9	+24	+2	+28	-2	+31	+9	+35	+5
			+14	-2	+18	-6	+21	+5	+25	+1	+28	+12	+32	+8
30	50	0 -11	-20	-4	-25	0	-28	-12	-33	-8	-37	-21	-42	-17
			+20	-7	+25	-11	+28	+1	+33	-3	+37	+10	+42	+6
			+17	-4	+21	-7	+25	+4	+29	+1	+34	+13	+38	+10
50	80	0 -13	-24	-5	-30	0	-33	-14	-39	-9	-45	-26	-51	-21
			+24	-8	+30	-13	+33	+1	+39	-4	+45	+13	+51	+8
			+20	-4	+25	-8	+29	+5	+34	+1	+41	+17	+46	+13
80	120	0 -15	-28	-6	-35	0	-38	-16	-45	-10	-52	-30	-59	-24
			+28	-9	+35	-15	+38	+1	+45	-5	+52	+15	+59	+9
			+23	-4	+30	-10	+33	+6	+40	0	+47	+20	+54	+14
120	150	0 -18	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28
			+33	-10	+40	-18	+45	+2	+52	-6	+61	+18	+68	+10
			+27	-4	+33	-11	+39	+8	+45	+1	+55	+24	+61	+17
150	180	0 -25	-33	-8	-40	0	-45	-20	-52	-12	-61	-36	-68	-28
			+33	-17	+40	-25	+45	-5	+52	-13	+61	+11	+68	+3
			+26	-10	+32	-17	+38	+2	+44	-5	+54	+18	+60	+11
180	250	0 -30	-37	-8	-46	0	-51	-22	-60	-14	-70	-41	-79	-33
			+37	-22	+46	-30	+51	-8	+60	-16	+70	+11	+79	+3
			+29	-14	+36	-20	+43	0	+50	-6	+62	+19	+69	+13
250	315	0 -35	-41	-9	-52	0	-57	-25	-66	-14	-79	-47	-88	-36
			+41	-26	+52	-35	+57	-10	+66	-21	+79	+12	+88	+1
			+32	-17	+40	-23	+48	-1	+54	-9	+70	+21	+76	+13
315	400	0 -40	-46	-10	-57	0	-62	-26	-73	-16	-87	-51	-98	-41
			+46	-30	+57	-40	+62	-14	+73	-24	+87	+11	+98	+1
			+35	-19	+44	-27	+51	-3	+60	-11	+76	+22	+85	+14
400	500	0 -45	-50	-10	-63	0	-67	-27	-80	-17	-95	-55	-108	-45
			+50	-35	+63	-45	+67	-18	+80	-28	+95	+10	+108	0
			+38	-23	+48	-30	+55	-6	+65	-13	+83	+22	+93	+15
500	630	0 -50	-70	-26	-96	-26	-88	-44	-114	-44	-122	-78	-148	-78
			+70	-24	+96	-24	+88	-6	+114	-6	+122	+28	+148	+28
			+57	-11	+80	-8	+75	+7	+98	+10	+109	+41	+132	+44

The values given for the diameter range up to and including D = 150 mm do not apply to taper roller bearings and thrust bearings

Housing fits (continued)



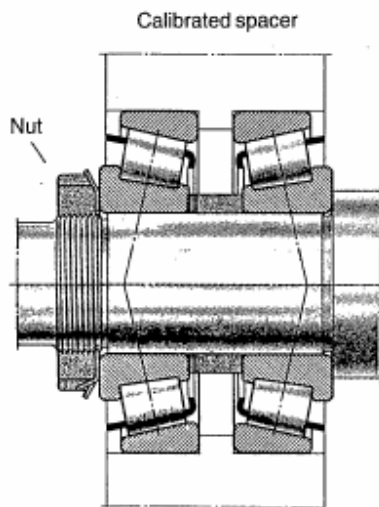
Housing Bore diameter D	Bearing Outside diameter tolerance Δ_{Dmp}	Deviations of housing bore diameter, resultant fits Tolerances													
		M6	M7	N6	N7	P6	P7								
Nominal		Deviations (housing bore diameter)													
over	incl.	high	low	Theoretical interference/clearance											
				Probable interference/clearance											
mm		μm	μm	μm											
630	800	0	-75	-80	-30	-110	-30	-100	-50	-130	-50	-138	-88	-168	-88
				+80	-45	+110	-45	+100	-25	+130	-25	+138	+13	+168	+13
				+63	-28	+88	-23	+83	-8	+108	-3	+121	+30	+146	+35
800	1 000	0	-100	-90	-34	-124	-34	-112	-56	-146	-56	-156	-100	-190	-100
				+90	-66	+124	-66	+112	-44	+146	-44	+156	0	+190	0
				+70	-46	+97	-39	+92	-24	+119	-17	+136	+20	+163	+27
1 000	1 250	0	-125	-106	-40	-145	-40	-132	-66	-171	-66	-186	-120	-225	-120
				+106	-85	+145	-85	+132	-59	+171	-59	+186	-5	+225	-5
				+82	-61	+112	-52	+108	-35	+138	-26	+162	+19	+192	+28
1 250	1 600	0	-160	-126	-48	-173	-48	-156	-78	-203	-78	-218	-140	-265	-140
				+126	-112	+173	-112	+156	-82	+203	-82	+218	-20	+265	-20
				+96	-82	+133	-72	+126	-52	+163	-42	+188	+10	+225	+20
1 600	2 000	0	-200	-150	-58	-208	-58	-184	-92	-242	-92	-262	-170	-320	-170
				+150	-142	+208	-142	+184	-108	+242	-108	+262	-30	+320	-30
				+115	-107	+158	-92	+149	-73	+192	-58	+227	+5	+270	+20
2 000	2 500	0	-250	-178	-68	-243	-68	-220	-110	-285	-110	-305	-195	-370	-195
				+178	-182	+243	-182	+220	-140	+285	-140	+305	-55	+370	-55
				+135	-139	+184	-123	+177	-97	+226	-81	+262	-12	+311	+4



40

41

with adapter sleeve (40)
with normal inner ring (41)



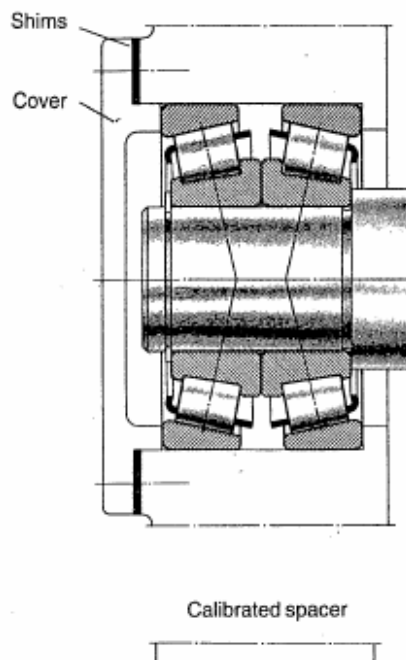
adjustment. If clearance is too small, the inner ring has to be withdrawn and adjusted again.

Adjustment by nut and distance telescope sleeve

Back-to-back mounted bearings positioned relative to each other by a distance sleeve and having an interference fit on the shaft should preferably be test-mounted via a telescope sleeve and a dummy shaft.

The shaft should give a clearance fit to the inner rings. The outer rings should be fixed in the housing.

When the bearing is adjusted to the set value, dismount and then measure the length of the telescope sleeve. Adjust the distance sleeve so that it is larger by 0,02 to 0,03 mm (0,00079 to 0,0012 inches). Check by test-running, and adjust the clearance if necessary.



Adjustment by cover and shim

This method is valid for face-to-face arrangements with loose fit in the housing. First the bearings are intentionally mounted with a too thick shim, so the clearance is somewhat greater than the set value. The difference between the two values is an indication of how much the set value should be adjusted. Use oil injection when mounting, if possible.

Adjustment by nut, press or oil injection

Small bearings can be adjusted by a nut and hook spanner. With large bearings, it might be necessary to use oil injection or a press.

If the shaft is equipped for mounting with oil injection adjust to zero, and tighten or loosen the nut depending on positive or negative adjustment. If clearance is too small, the inner ring has to be withdrawn and adjusted again.