شرکت ملی پالایش وپخش فرآورده های نفتی ایران

شرکت پالایش نفت اصفهان (سهامی خاص)

اداره آموزش شرکت پالایش نفت اصفهان

بریرنگ های غلتکی

ROLLING BEARINGS

طبقه بندی کاربردهامونتاژودمونتاژتعمیرونگهداری حمل ونقل وعیب یابی

تولرانس هاوانطبا قات

تهیه وتنظیم:

مهندس مهدی نصرآزادانی

بسمه تعالی

مقدمه

یاتاقان های غلتکی یابطورعام بال برینگ هایکی ازپرمصرف ترین قطعات صنعتی دنیاهستندکه درانواع واقسام ماشین الات صنعتی وغیرصنعتی دراندازه های بسیارکوچک تابسیاربزرگ وبرای انواع واقسام کاربردهابه وفورمورداستفاده قرارمی گیرند وباتوجه به مزایای فراوانی که نسبت به انواع یاتاقان های دیگر دارندتوانسته اندطی دهه های گذشته جایگزین بسیارمناسبی برای انهادراغلب دستگاه هاوماشین الات باشند. هرساله صدهاهزارعددازانواع واقسام این برینگ هاواردکشورما می شودوباعث خروج میلیاردهادلار ارزمی شودو باتوجه به این که دراغلب مواردبصورت اصولی مورداستفاده قرارنمی گیرندبه طول عمرکارکردطراحی شده توسط کارخانه های سازنده نمی رسندوگاهاخیلی زودترازان بایدتعویض شوندکه این نیزعللی داردکه باعنایت اهمیت موضوع اقدام به جمع اوری نکات کلیدی ازداخل کتب متعددمربوط به بال برینگ هامربوط به کارخانجات مختلف برینگ سازی دراین زمینه گرفتم که حاصل ان درمقابل شماقراردارد .دراین مقوله سعی شده است این قطعات ازابعادمختلف موردبحث وبررسی قرار گیرندودررابطه بانکات کلیدی که باعث افزایش طول عمرانهاخواهدشدبحث شود.

باتوجه به این که یکی ازعوامل موثرکاهش دهنده طول عمراین برینگ هارعایت نکردن ابعادواندازه های دقیق محل قرارگیری کنس های برینگ روی محورورداخل هوزینگ برینگ ها(تلرانس ها)می باشددرقسمتی ازاین کتاب بطورمفصل راجع به تلرانس هاوانطباقات بحث می شودکه امیداست درعمل مورداستفاده کلیه مهندسین وتکنسین های تعمیرات واقع گردد.

البته این مقوله خالی ازاشکال نبوده وبی صبرانه منتظردریافت نقطه نظرات کلیه سروران گرامی هستیم تاانشاا...درچاپ های بعدی مدنظرواقع شود.درپایان لازم می دانم ازکلیه عزیزانی که درامرتهیه وتدوین این جزوه بصورت تنگاتنگ همکاری نمودندبخصوص مسئولین محترم اداره اموزش شرکت پالایش نفت اصفهان که درهمه عرصه ها درتهیه کتب وجزوات اموزشی مشوق اینجانب بوده اندصمیمانه تشکروقدردانی نمایم وازدرگاه ایزدمنان برای انان وتمامی کسانی که درجهت اعتلاوابادانی این مرزوبوم قدم برداشته وبرمی دارندارزوی توفیق روزافزون نمایم وامیدوارم توانسته باشم گامی هرچندکوچک درجهت کاهش وابستگی ها وهمچنین تغییرنگرش نفرات ذیربط دررابطه بااستفاده بهینه ازاین قطعات گران قیمت برداشته باشم . اگراین مجموعه اجری داشته باشد ان راتقدیم روح ملکوتی امام راحل وروح شهدا و روح تمامی کسانی که درجهت پیشرفت, ابادانی و اعتلای این اب وخاک قدم برداشته اندوانانی که عزیزترین گوهر هستی خود را درطبق اخلاص تقدیم پروردگار خود نمودندوتلاش کرده اند تا ماامروز بتوانیم مفتخر و سر بلند زندگی کنیم می نمایم .

مهدی نصرآزادانی- ابان ماه ۱۳۸۵

سرفصل های مطالب

	صفحه
مقدمه	۲
یاتاقان های لغزشی Sleeve Bearings	٤
یاتاقان های غلتکیRolling Bearings	۱۳
طبقه بندی یاتاقان های غلطکی	۱٤
بال برینگ هاBall Bearings	۱۷
رولربرینگ هاRoller Bearings	۲۰
مشخصه هاوکاربردبرینگ های غلتکی Bearings Specification&Aplications	٤۸
نحوه انتخاب برینگSelection Of Bearings Type	۵۱
بارگذاری اولیهPreload	۵۵
انتخاب ارایش یاتاقان هاSelection Of Bearing Arrangment	۵۸
طراحی شافت وهوزینگ برینگDesign Of Shaft &Housings	۶۲
شناسائی برینگ های غلتکی ازروی شماره انها	۶۵
موقعیت شعاعی برینگ ها	۷۲
تجهیزات موردنیازبرای مونتاژودمونتاژبرینگ ها	۷۸
حمل ونقل ومراقبت ازبرینگ هاBearing Handling&Care	۹۷
تولرانس هاوانطباقاتTolerance&Fits	۱۰۶
کاربردتولرانس هاوانطباقات درنصب برینگ های غلتکی	۱۲۸
روانکاریLubrication	۱۳۸
تعویض روانکارها	۱۵۲
انالیزروغنOil Analysis	۱۶۰
سیستم های روغن کاریLubricating Systems	۱۶۵
شناسائی عیوب برینگ های غلتکی	۱۷۲
مسائل ارتعاشی برینگ های غلتکیBearings Vibration	۲۰۰
تشخیص عیوب ومسائل بوجودامده روی برینگ های غلتکی	۲۱۲
ضمائم	۲۱۹

وظایف اصلی یاتاقان ها

یکی ازمهمترین اجزاهر ماشین یاتاقان های ان می باشدکه بطورکلی وظایف زیررا انجام می دهند:

۱- کنترل ,جذب وانتقال نیروهای شعاعی.

۲- کنترل ,جذب وانتقال نیروهای محوری.

۳- کاهش اصطکاک درمقابل حرکت محور.

٤- قراردادن محوردریک موقعیت مناسب.

بطور کلی یاتاقانهاازلحاظ ساختمان در دو دسته کلی زیرطبقه 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(بابیت) است .

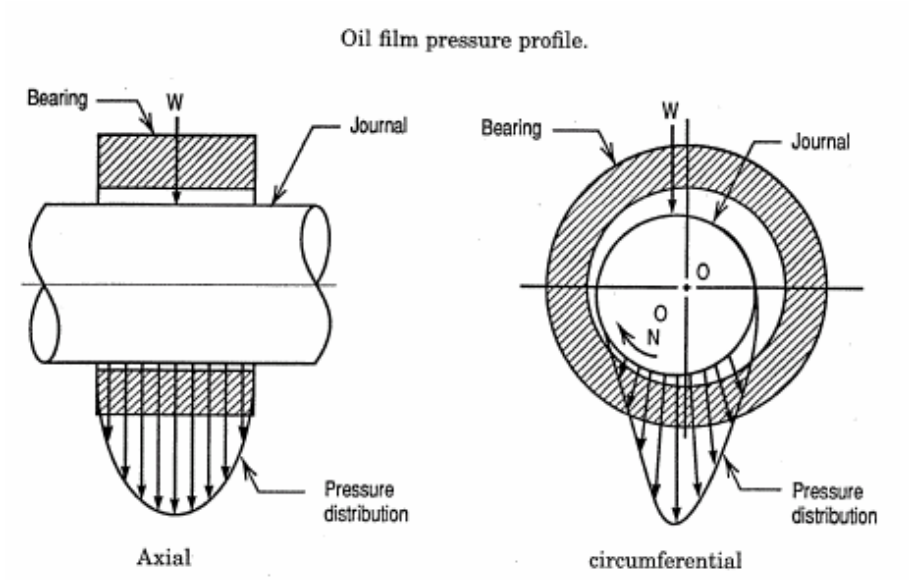
یاتاقانهای لغزشی دردودسته زیرطبقه بندی می شوند:

۱- رادیال بیرینگ ها یا یاتاقان های شعاعی که برای کنترل کردن ومهارنمودن نیروها و حرکت های شعاعی بکارمی روند .

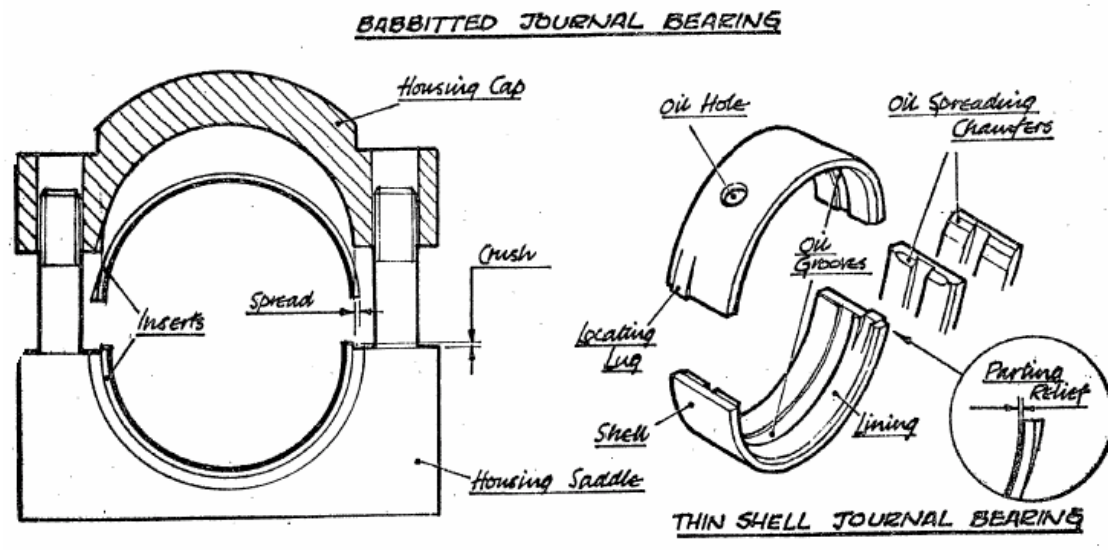
۲- تراست برینگ ها که برای کنترل کردن وخنثی نمودن نیروهای محوری بکارمی روند .

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 ازروغن حرکت می کنندودرصورتی که یاتاقان درست طراحی شده باشد وجنس ان مناسب باشدودرست تنظیم شده باشدواختلالی درسیستم روغنکاری ازلحاظ نوع روغن وفشارروغن وجودنداشته باشدودرست استفاده شوند(مسائل حین راه اندازی وازسرویس خارج کردن دستگاه درست باشد)ازمعدودقطعاتی هستند که می توان ادعانمود طول عمرانها بی نهایت است ولی به دلیل نیازبه مراقبت های بیشترنسبت به بال برینگ ها مورداستفاده انهامحدود است .



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



مواردحائزاهمیت برای یاتاقان های بوشی

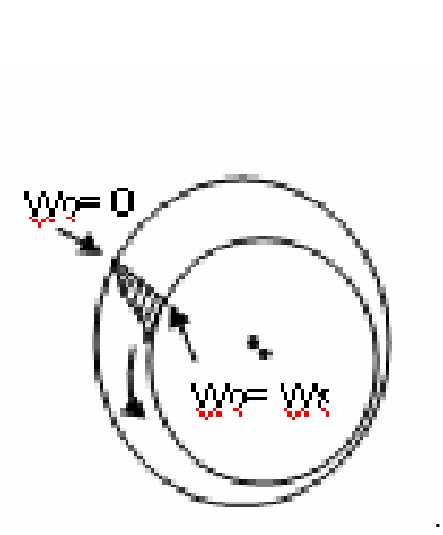
الف-کلرنس یا لقی بین یاتاقان ومحور بایددرحدتوصیه شده توسط طراح یاکارخانه سازنده باشد که بیشتر شدن ان باعث افزایش ارتعاشات وحرکت محور, کاهش فشارفیلم هیدرواستاتیکی روغن زیریاتاقان, سایش و خرابی زودرس یاتاقان و.....می شودوکم بودن لقی باعث عدم وجودفضای کافی برای نفوذ روغن واختلال درسیستم روغنکاری وگرم شدن و.....نهایتا سایش وفرسایش می شود.

ب-روغن مناسب وروغنکاری صحیح

ج-درجه حرارت کاری مناسب وثابت نگه داشتن دمای انهادرحین کار

د-داشتن جنس مناسب که دارای ضریب اصطکاک کم باشدوداشتن مقاومت کافی دربرابرنیروهای اعمال شده ودرعین حال ضعیف تربودن جنس ان نسبت به محوربرای جلوگیری ازخرابی محوروجودخاصیت الاستیسیته مناسب برای Damppingارتعاشات و....

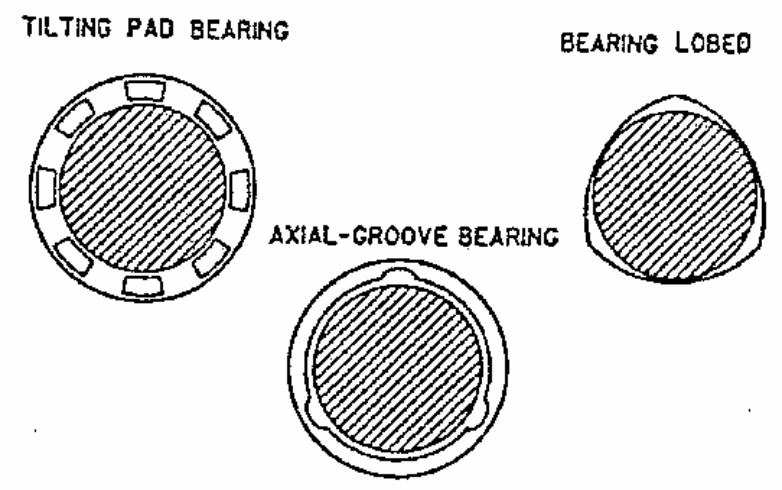
یکی ازمحدودیت های کاری این نوع یاتاقان ها استفاده انهادرماشین الات بادورهای بالااست که باعث ایجادپدیده ای به نام چرخش روغن یاOil Whirlمی شود. که اگر سرعت چرخش محور در داخل ژورنال بر ینگ ها از مقدار مشخص بالاتر رود به دلیل اصطکاکی که بین روغن و یا تا قان ,وجوددارد, روغنی که در اطراف یاتاقان برای روغنکاری خنک کاری و..... تزریق شده است شروع به چرخش می کند وباعث اعمال نیروهایی توربولانسی زیر محور می شودکه باعث شلاق زدن به شافت(بخصوص درماشین الاتی که دارای رتورهای بادورهای بالا ونسبتا سبکی هستند)و ارتعاشات وحرکت های اضافی می گرددکه می تواند خیلی خطرناک باشد .



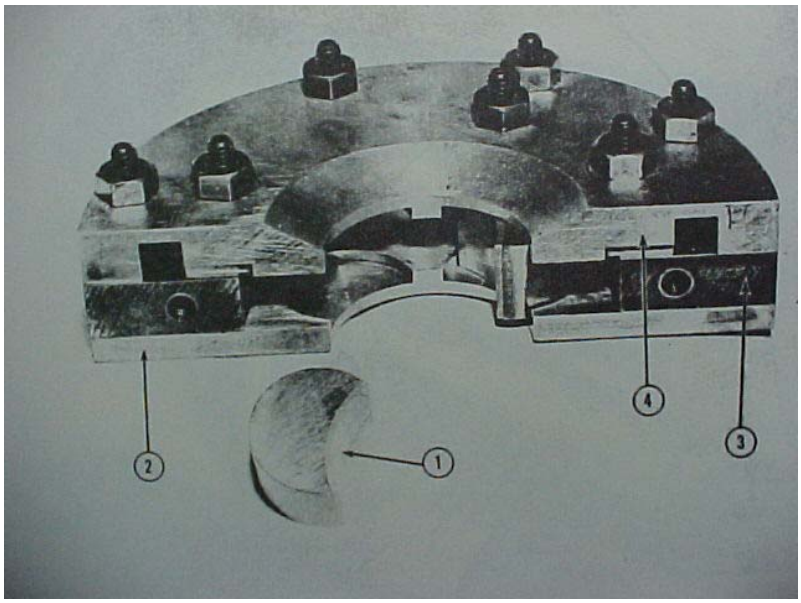
راه های اصلاح مشکل چرخش روغن شامل: تغییر درجه حرارت روغن,تغییردادن نوع روغن, تغییردادن کلرنس یاتاقان, تغییردادن فشار روغن, تغییر نوع یاتاقان است .

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

۱-استفاده ازیاتاقان هائی که در داخل انها شیارهای محوری به فاصله مساوی از یکدیگرتعبیه شده که باعث فرورفتن روغن دراین شیارها شده و جلوی چرخش روغن گرفته می شود.



۲-استفاده ازبرینگ های نوع لقمه ایTitling Pad که حالت Titlingکفشک های ان باعث می شود که کفشک حرکت ثابت را دنبال کند ویاتاقان بتواند بصورت خودمیزان Self Aligningعمل کندودر نتیجه علاوه برخنثی نمودن چرخش روغن و Damping سیستم پایداری کلی محوررافزایش دهد.



یاتاقانهای لغزشی نوع تراست

این یاتاقان ها علاوه بر این که نیروهای شعاعی را کنترل می کنند از حرکت محوری و متعلقات نیزجلوگیری می کنندوبه دوصورت مورداستفاده قرارمی گیرند:

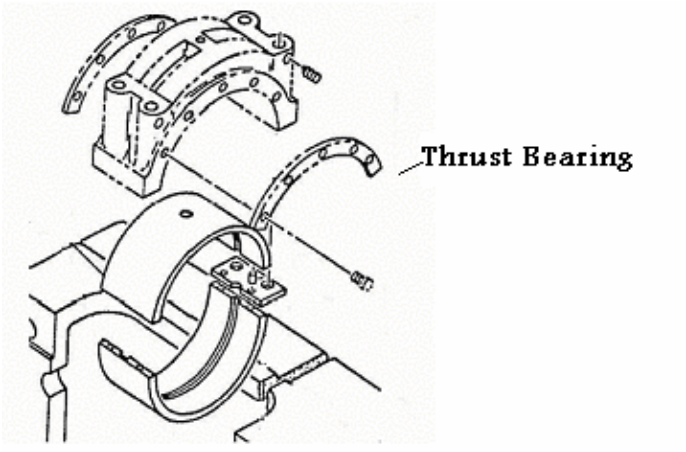
الف بیرینگ های نوع فلنجی

ب- بیرینگ های نوع کینگزبوری

الف-یاتاقان های فلنجی

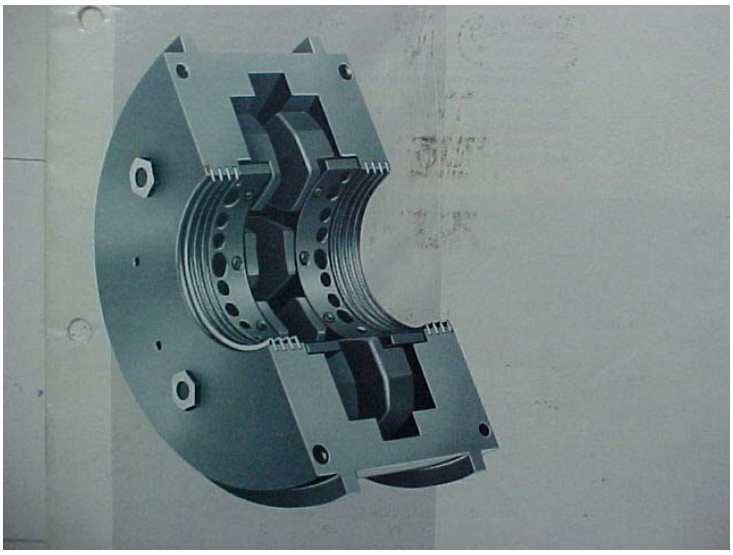
این نوع طراحی به این صورت است که در یک طرف یاتاقان های نوع بوشی شعاعی لبه ای وجود داردکه روی ان با لایه ای از وایت متال (بابیت) پوشانده می شود و بااستفاده ازفیلم روغنی که دراین ناحیه توسط سیستم روغنکاری تزریق می شود از حرکت محوری شافت جلوگیری می کند . این نوع یاتاقان برای نیروهای محوری کم ویاجاهائی که احتمال حرکت محوری وجودداشته باشد مورد استفاده قرارمی گیرد .مثل جعبه های دنده هائی که چرخدنده های انها جناقی بالانس شده است.

دربعضی ازطراحی های دیگرنیز بجای بابیت ریزی روی سطح یاتاقان های شعاعی ازیاتاقان های نعلی شکلی که بصورت نیم دایره ای است وتوسط پیچ روی سطح بدنه نصب می شود استفاده می شود .بطورمثال یاتاقان های تراستی که برای کنترل حرکت محوری میل لنگ ها بکارمی رودیا یاتاقان هائی که برای کنترل حرکت های جانبی دسته شاتون هااستفاده می شود ازاین نوع است.

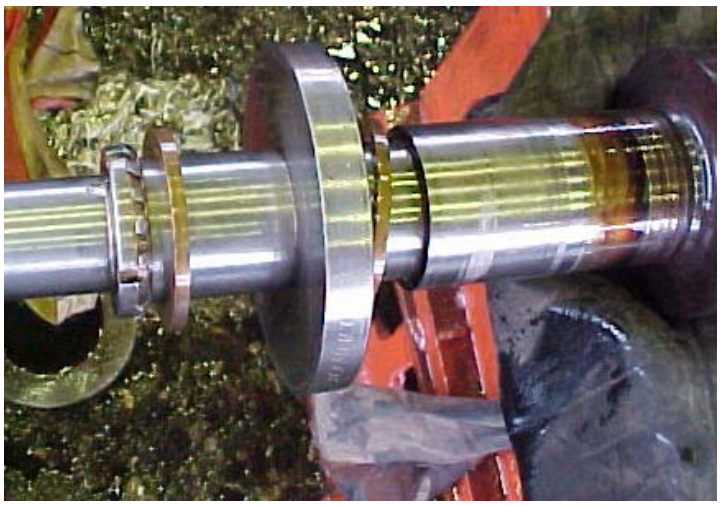


یاتاقان های نوع لقمه ای یاکینگزبوری

نوع دیگر یاتاقان های تراست از نوع کینگزبوری است که بارهای محوری را به توسط لقمه هائی بـا روکـش بابیتی که پد نامیده می شود تحمل می کنند .عملکرد این نوع یاتاقـان هامثـل ترمزهـای دیسـکی اسـت کـه دراتومبیل هااستفاده می شودبدین صورت که باحرکت لقمه ها(لنت هـا)ازچـرخش دیسـک جلـوگیری مـی کنندبااین تفاوت که دریاتاقان های کینگزبوری پدها یا لقمه هـا درجـای خودثابتنـد وحرکـت هـای محـوری شافت توسط دیسکی که روی محورثابت است وبه ان تراست دیسک گفته می شودگرفته می شودوهرکدام ازمجموعه لقمه هائی که روی هرطرف مجموعه هوزینگ برینگ نصب شده اندنیروی محوری دریک جهت راکنترل می کنندکه البته باید یک فاصله محوری کمی بین لقمه ها وتراست دیسک وجودداشته باشدتا فـیلم روغن روانکاری بتواندبین انهاتشکیل شود وعملیات روغن کاری وجذب وانتقال حرارت و.....راانجام دهد.



درشکل زیرشمائی ازیک تراست دیسک که روی محورنصب شده رانشان می دهد.



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

جنس یاتاقان های بابیتی

اصولاً یاتاقانها بابیتی بایداز جنسی انتخاب شوند که :

۱- در مقابل تنشهای فشاری مقاوم باشد .

۲- مدول الاستیسیته انهاپائین باشد (نرم باشند).

۳- خاصیت جوش خورندگی نداشته باشند(ذوب نشوند).

٤-دربرابر 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 انها پائین باشد، یعنی به آسانی تغییرشکل دهند(مسطح و صاف شوند) .

۷- در مقابل زنگ زدگی مقاوم باشند.

۸- خاصیت هدایت حرارتی آن خوب باشد .

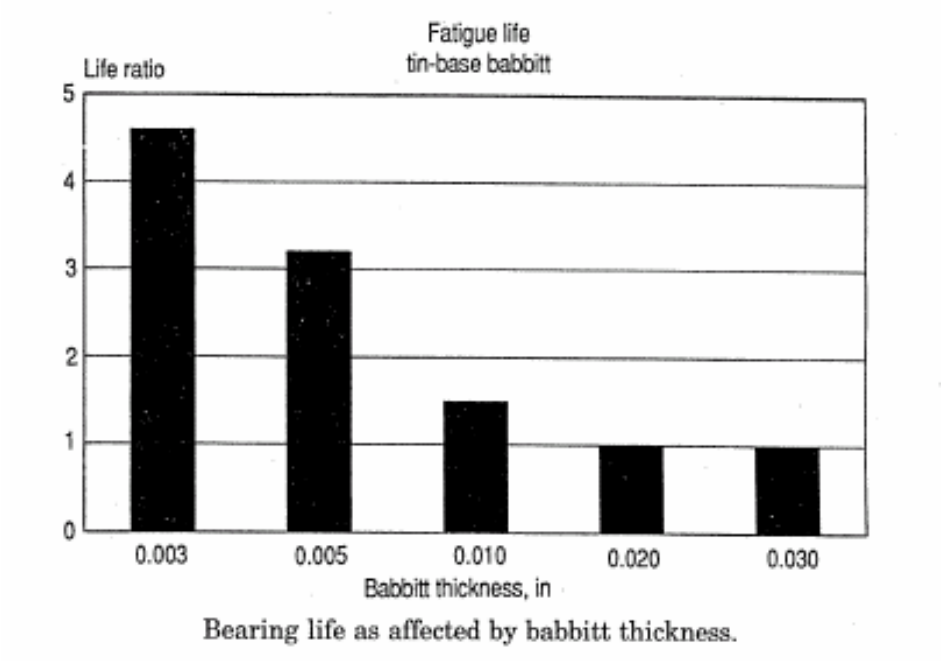
آلیاژهای مسی و بابیتی (Babbit از آلیاژ قلع و سرب است) بیشتر از انوع دیگر الیاژها دراین نوع یاتاقان ها مورد استفاده قرار می گیرند. در جدول زیر فلز و در صد آلیاژ های مصرفی در ساخت آنهااورده شده است . یکی از محاسن بابیت این است که می توان آنرا براحتی جاسازی نمود یا بعبارت دیگر پس از ریخته گری یاتاقان و نصب آن محور را مدتی در آن چرخاند تا کاملاً جا بیفتد یاآب بندی شود.

بابیت 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 وهمچنین از آلیاژهای چدنی یا محور چدنی یا فولادی در صورتی که سطح چدن خوب صیقل شده باشدمی توان برای مواردی که امکان فرسودگی زیاد باشداستفاده کرد.

آلیاژ	بابیت		آلیاژ مس		آلیاژ ،مس،سرب
	SAE 11	SAE 13	4SAE 791	SAE 79	SAE 48
مس CU	5.75	-	88	73.5	70
قلع SN	37.5	6	4	3.5	-
سرب Pb	-	84	4	23	30
نئیموان Sb	6.75	10	-	-	-
روی Zn	-	-	4	-	-

.

ضخامت بابیت پارامتربسیارمهمی است کـه تاثیربسـزائی درطـول عمـر ایـن نـوع یاتاقـان مـی تواندداشـته باشد.هرچه ضخامت بابیت کمترباشدطول عمران بیشترمی شود.البتـه بـه ایـن نکتـه نیزبایدتوجـه نمودکـه ضخامت بابیت بایدبه اندازه ای نیزباشد تااگرذرات جامد یابراده ای هم زیریاتاقان قرارگرفـت بتوانـدبطور کامل دران فرورود.



Bearing life as affected by babbitt thickness.

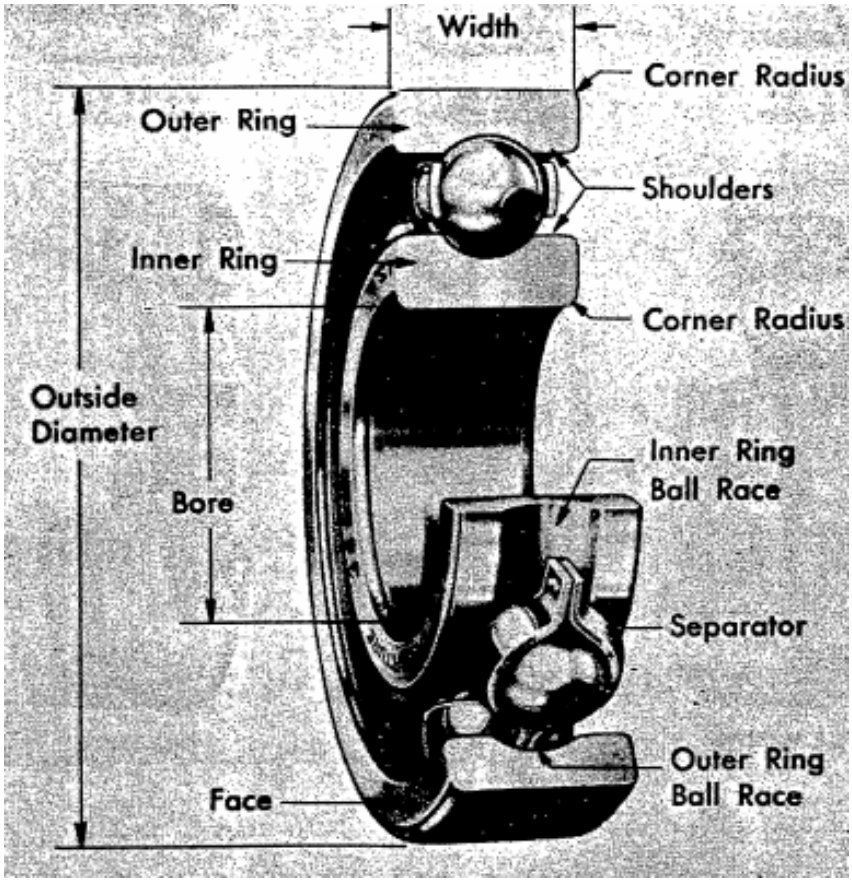
از آلیاژهای مس – آلومینیوم نیزدریاتاقان های موتورهای احتراق داخلی به وفور اسـتفاده مـی شـود گاهـا برای ساختن یاتاقان از موادی نظیر لاستیک,نایلون ,تفلون,سرامیک ذغـالی و ..... نیزمـی تـوان اسـتفاده کـرد برای مثال ازاین نوع یاتاقان ها برای ساختن بوش های پمپ هـای عمـودی کـه توسـط مـایع پمـپ شـونده روانکاری می شوند استفاده زیادی می شود.

در طراحی یاتاقانهای نوع بوشی نسبت $\frac{L}{D}$ اهمیت زیادی دارد(Lطول یاتاقان) چون هر چقدر مقدار D (قطر یاتاقان) برای مقدار مشخص بیشتر باشد فشار هیدرواستاتیکی متوسط زیریاتاقان کمترمی 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 غلتکیRolling Bearings

یاتاقان های نوع غلتکی درطـی سـالهای اخیـر مورداسـتفاده زیـادی پیـداکرده انـدو بـرای اکثرکاربردهـای صنعتی(بارهای سبک وسنگین)وشرایط مختلف کاری ودرجه حرارت های بالا وپایین ودراندازه هـای مختلـف وقیمت های پایین ازجنس های سخت باطول عمـر بالادرتعـدادزیاد بـه وفوردربازاریافـت مـی شـودو تنهـا محدودیت انها که باعث شده نتوانند بطورکامل جایگزین برینگ های نوع لغزشی شـودمحدودبودن زمـان کارکرد انهاوعدم توان کاردهی انهادردورهای بالا است.

برینگ های غلتکی ازقطعات قابل تعویضی هستندکه دراکثرماشین الات به وفورمورداستفاده قرار می گیرند وباپیشرفته ترین دستگاه هاوماشین الات وبادقت بسیاربالائی تولیدمی شوند وباید با دقت زیادی نیزمورد استفاده قرارگیرند.



یاتاقان های غلتکی ازچهارجز اصلی زیر تشکیل شده اند:

۱- کنس (رینگ)خارجی Outer Ring که درهوزینگ برینگ یامحفظه یاتاقان قرارمی گیرد.

۲- کنس (رینگ)داخلیInear Ring که روی محورنصب می شود.

۳-عامل چرخنده(ساچمه) که بین کنس ها قرارمی گیرد.

٤-جداکننده Separator(Cage)که بین رینگ داخلی وخارجی قرارمی گیردوفاصله بین ساچمه ها راکنترل می کند.

داخل کنس های داخلی وخارجی شیارهائی برای محل عبوراجزاغلتکی تعبیه شده است که به انها Race Wayگفته می شود. دربعضی ازبرینگ های غلتکی ممکن است قطعات دیگری نظیر حفاظ ویاگردگیر نیزوجودداشته باشد که برای ممانعت ازخارج شدن گریس یاورود گردوخاک به داخل برینگ استفاده می شود.

حفاظ هایاب بندها ازورودذرات خارجی بطرف عوامل غلتنده جلوگیری می کنندوشامل حفاظ های غیرفلزی یااب بندها(کاسه نمدهایاگردگیرها)وحفاظ های فلزی(z ها) هستندکه علاوه بروظیفه فوق ازبیرون امدن موادروان کننده (گریس)ازبین کنس هاوعوامل چرخنده جلوگیری می کنند.

مزایای یاتاقان های غلتکی

برینگ های غلتکی نسبت به برینگ های نوع بوشی دارای مزایائی به شرح زیرمی باشند:

۱-گشتاورراه اندازی اولیه(اصطکاک)درانهابسیارپایین است.

۲-این قطعات استانداردوقابل تعویض وبین المللی هستند.

۳-به دلیل ساده بودن ساختمان انهابازرسی وتعمیرونگهداری انهابسیارساده وراحت است.

٤-اغلب این یاتاقان هاقادربه کنترل وجذب نیروهای شعاعی ومحوری هستند.

۵-این نوع برینگ هادرمحدودهRange وسیعی ازدرجه حرارت قادربه کارمی باشند.

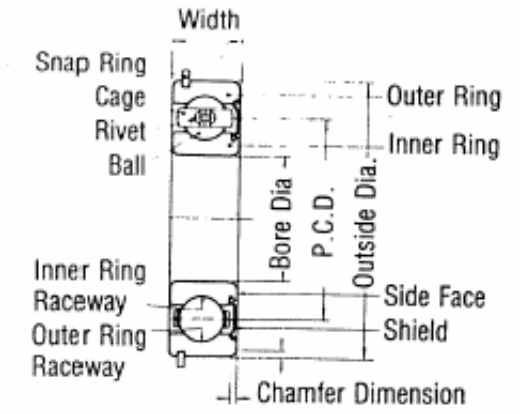
۶-باپیش بار Preloadکه روی این یاتاقان هااعمال می شود,می توان کلرنس منفی روی انهاایجادنمودکه می تواندمنجربه رسیدن به صلبیت یاRigidityبیشترشود.

طبقه بندی یاتاقان های غلتکی

بسته به نوع عامل چرخنده ونحوه تماس ان با کنس های داخلی وخارجی وتعداد ردیف عوامل چرخنده این برینگ ها در دسته بندی های مختلفی طبقه بندی می شوند.

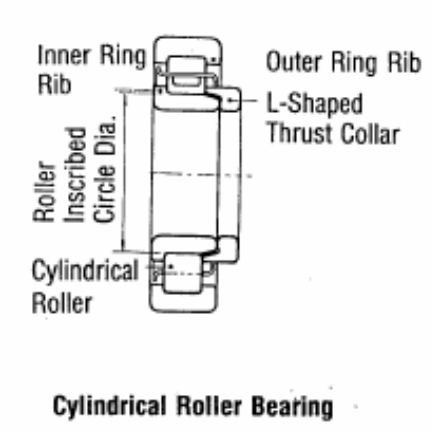
الف-بسته به نوع عامل چرخنده ای که دربرینگ های غلتکی بکاررفته است این برینگ ها در دسته های زیرطبقه بندی می شوند:

۱-اگرقطعه چرخنده به شکل بال Ball یاساچمه باشد به ان بال برینگ Ball Bearingگفته می شود.



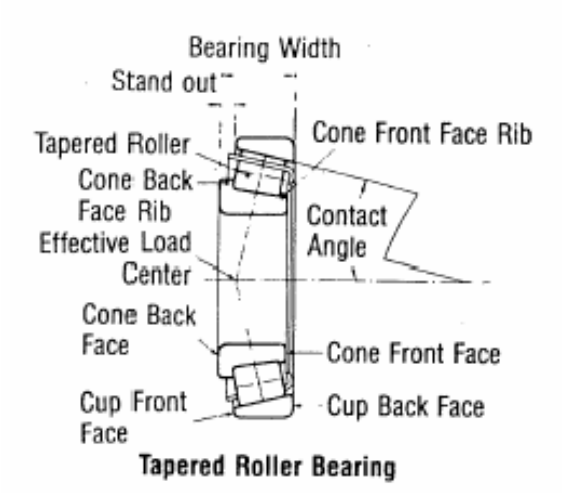
Single-Row Deep Groove Ball Bearing

۲-اگرقطعه چرخنده به شکل رولر استوانه ای باشدبه ان رولربرینگ استوانه ای Cylindrical Roller Bearing گفته می شود.



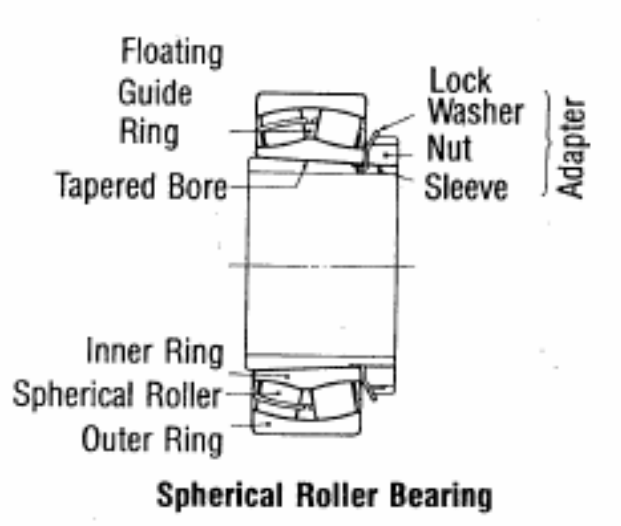
Cylindrical Roller Bearing

۳-اگرقطعه چرخنده به شکل رولر استوانه ای مخروطیTapper Rollerباشدبه ان Tapper Roller Bearingگفته می شود.



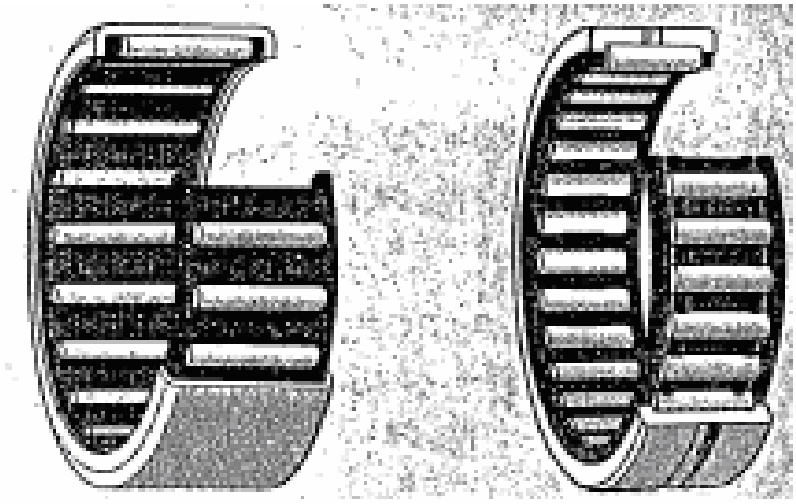
Tapered Roller Bearing

٤-اگرقطعه چرخنده بصورت رولـر اسـتوانه ای بشـگه ای شـکلSpherical Rollerباشـد بـه ان Spherical Roller Bearingیابرینگ نوع بشگه ای گفته می شود.



Spherical Roller Bearing

۵-اکر قطعه چرخنده به شکل سوزنNeedleباشد به انNeedle Bearingبرینگ سوزنی گفته می شود.



علاوه برمواردفوق برینگ های غلتکی براساس شرایط دیگرنیزدردسته بندی های مختلفی طبقـه بنـدی مـی شوندکه شامل:

۱-براساس باری که تحمل می کنندرچهار دسته زیرطبقه بندی می شوند:

الف-یاتاقان های شعاعیRadial Bearings

ب-یاتاقان های محوریThrust Bearings

ج-یاتاقان های مختلطRadial&Thrust Bearings

د-یاتاقان های خودمیزانSelf Aligning Bearings

۲-براساس تعدادردیف عناصرچرخنده درسه دسته:

الف برینگ های یک ردیفهSingle Row Bearings

ب-برینگ های دوردیفه Double Row Bearings

پ-برینگ های چندردیفهMulti Row Bearings

ت-برینگ های مجموعه ایBearings Unit

که دربخش های بعدی راجع به انهابحث خواهدشد.

طبقه بندی برینگ هابراساس نوع عنصرچرخنده

برینگ های غلتکی براساس عناصرچرخنده در دسته های زیرطبقه بندی می شوند:

۱-بال برینگ هاBall Bearings

۲-رولربرینگ هایRoller Bearings

که ذیلا به شرح, ساختمان کاربردوانواع انهاپرداخته می شود.

بال برینگ هاBall Bearings

همانگونه که ذکرشددراین نوع یاتاقان هاعامل چرخنده ساچمه یاBallمی باشدکه وظیفه انتقال نیروهاراازروی یک کنس به کنس دیگرتوسط ساچمه هاانجام می دهد.

انواع واقسام بال برینگ ها عبارتنداز:

الف-بال برینگ های معمولی شیارعمیقDeep Groove Ball Bearings

ب-بال برینگ های مغناطیسی Magneto Bearings

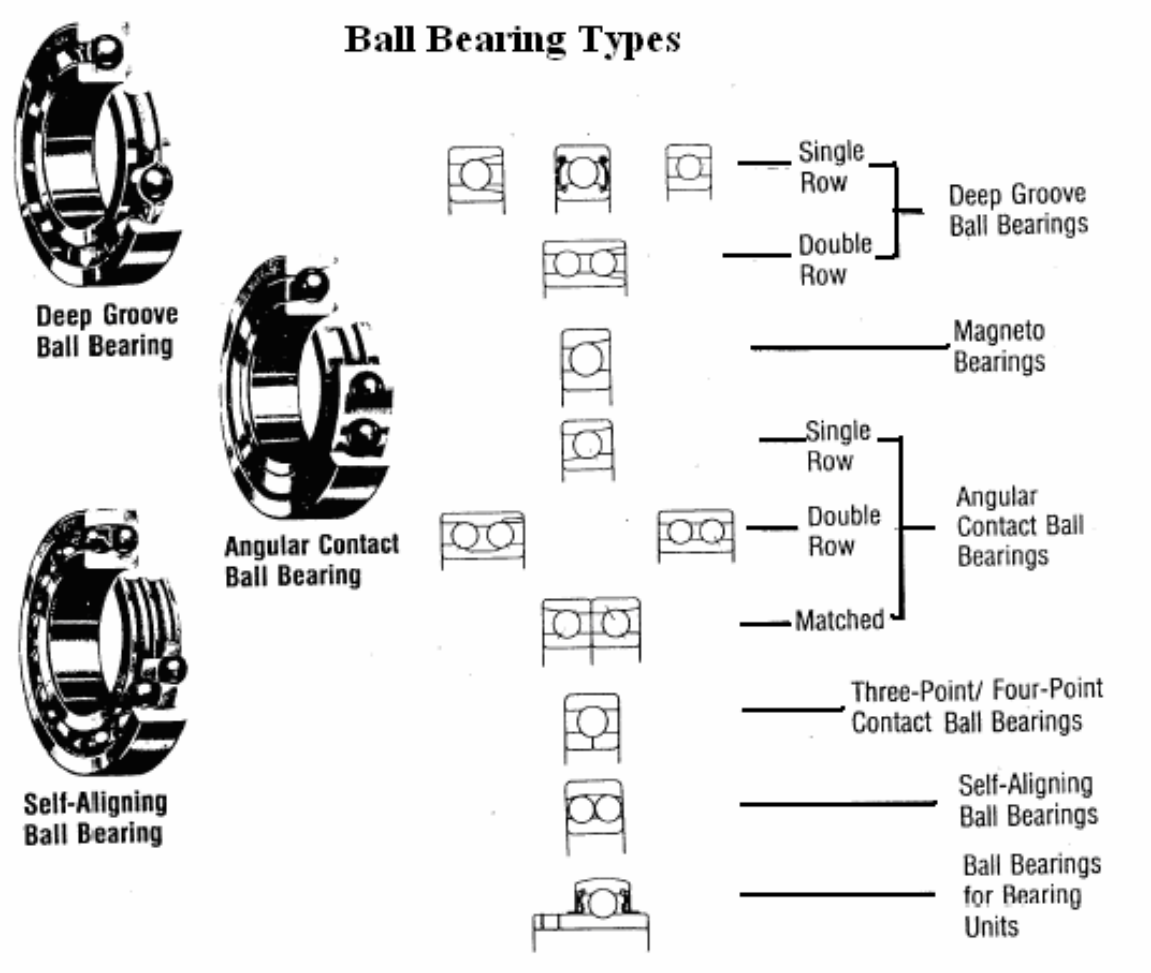
پ-بال برینگ های تماس زاویه ایAngular Contact Ball Bearings

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

ث-بال برینگ های چهارنقطه تماسیFour- Point Contact Ball Bearings

ج-بال برینگ های خودمیزانSelf Aligning Ball Bearings

درشکل زیرانواع طرح های مختلف بال برینگ هانشان داده شده است.



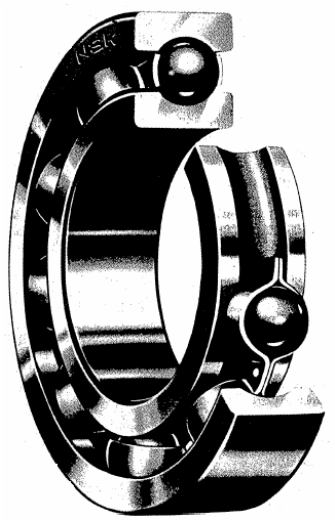
که ذیلا راجع به هرکدام ازانهاوموارد کاربردشان توضیح مختصری داده می شود.

بال برینگ های شیارعمیقDeep Groove Ball Bearings

بال برینگ های شیارعمیقDeep Groove Ball Bearings عمومی ترین نوع یاتاقان هـای غلتکـی هسـتندکه وسیع ترین محدوده مصرف رادرصنعت دارند. تماس بین ساچمه هاوکنس های داخلی وخارجی انهابصـورت نقطه ای ودرجهت شعاعی می باشد همچنین درکنس های داخلی وخارجی انهاشیارهائی Race Wayدایره ای شکل تعبیه شده که قطرآن بیشترازقطرساچمه هااست.ایـن نـوع یاتاقـان هاقادربـه تحمـل بارهـای شـعاعی ومحوری درهرجهت می باشندوبه دلیل تماس نقطه ای که بین اجزاچرخنده انها وجوددارد کمترین اصطکاک در انهاوجوددارد ودارای گشتاورراه اندازی پایینی هستند(به دلیل کـم بـودن اصـطکاک هـای داخلـی)وبـرای مواردی که دوربالاباشدونیازبه تلقـات مکـانیکی پـایین باشدبسیارمناسـب هسـتند. عـلاوه بـران ایـن یاتاقـان هاباحفاظ های فلزی ولاستیکی یک طرفه ودوطرفه طراحی می شوندوازقبل می توانندباگریسی که درداخـل

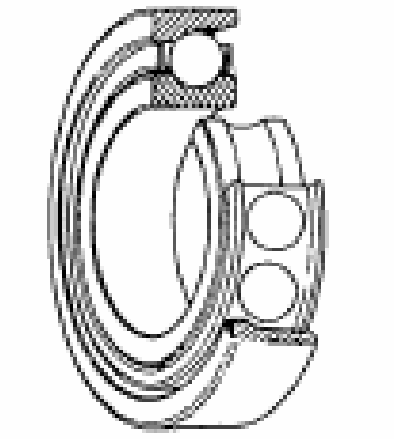
کارخانه سازنده دران ذخیره شده است روانکاری شوند.دربعضی ازمواردنیزبسته به شرایط کاربردی,رینگ های نگه دارندهSnup Ring برای نصب, نیزروی کنس های داخلی یاخارجی انهاتعبیه می گردد.

قفسه های جداکننده Cage بال برینگ هاغالباازفولادهای پرس شدهPressed-Steel Cageاست.



بال برینگ های مغناطیسیMagneto Bearing

عمق شیاردرMagneto Bearingهاکمی کمترازبال برینگ هـای شـیارعمیق مـی باشـدوازانجائی کـه کـنس خارجی انهافقط دریک طرف تکیه گاه داردکنس خارجی انهامی تواندجداشودکه مزیت خوبی برای نصب ایـن نوع برینگ هامی باشد.عموماین نوع یاتاقان هابصورت جفتی مورداستفاده واقع می شوند.

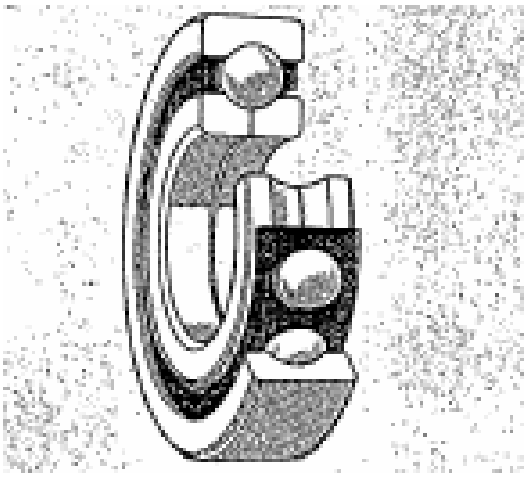


این نوع برینگ هامعمولادرسایزهای کوچک باقطرداخلی٤تا٣٠میلیمترسـاخته مـی شـوندوغالبابرای دسـتگاه های کوچک نظیرMagnetoژیروسکوپ ها وتجهیزات ابزاردقیقی و.....مورداستفاده قرارمی گیرند.

معمولا قفسه ها(Cageها)بصورت براسی پرسPrssed Brass شده است.

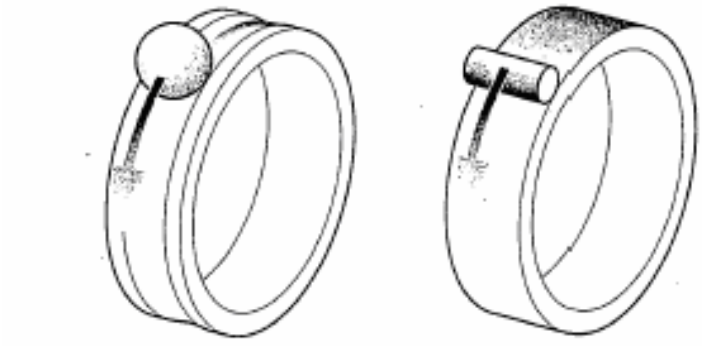
بال برینگ های چهارنقطه تماسیFour Point Contact Ball Bearings

دربال برینگ های چهارنقطه تماسی به دلیل این که کنس داخلی انهابصورت دوتکه ای است Radial Split کنس های داخلی وخارجی انهاقابل جداشدن هستندکه باعث می گرددنصب انهابسیارراحترازانواع برینگ های دیگرباشد.این بال برینگ هاعلاوه برتحمل بیشتر بارهای شعاعی نسبت به بال برینگ های معمولی قادربه کنترل کردن نیروهای محوری درهردوجهت نیزمی باشند.زاویه تماس ساچمه هاباکنس های داخلی وخارجی۳۵درجه است وتنهااستفاده ازیکی ازاین بال برینگ هامی تواندجایگزین نصب دوعددبال برینگ تماس زاویه ای که بصورت رودرروFace To Faceیاپشت به پشتBack To Back قرارمی گیرندشود.



رولربرینگ هاRoller Bearings

دررولربرینگ ها نحوه تماس بین رولرهاوکنس های داخلی وخارجی بصورت خطی است و به دلیل بالاتر بودن سطح تماس رولرهاوکنس های داخلی وخارجی دارای تحمل باربیشتری نسبت به بال برینگ ها هستند ولی به این نکته نیزبایدتوجه نمودکه بابیشترشدن سطح تماس به تناسب اصطکاک وتلفات مکانیکی انهانیز افزایش پیدامی کندوبالتبع دارای تحمل باربیشترنیزمی باشند.



مقایسه بال برینگ هاورولربرینگ هاازنظرتماس غلتک های انها

بسته به شکل رولربرینگ ها, این نوع برینگ هادرچهار دسته زیرطبقه بندی می شوند:

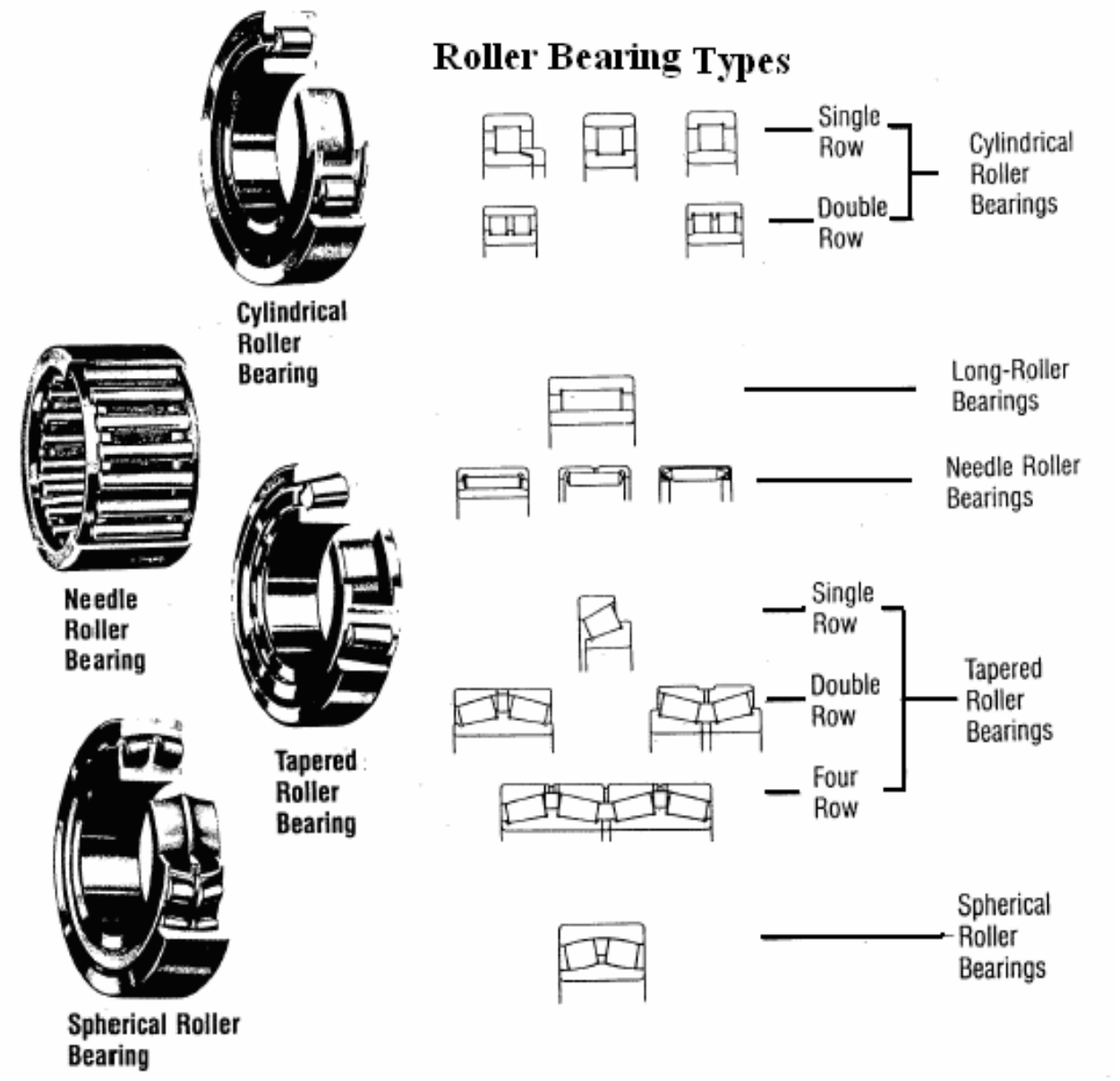
۱-رولربرینگ های استوانه ایCylindrical Roller Bearings

۲-رولربرینگ های مخروطیTapper Roller Bearings

۳-رولربرینگ های بشگه ایSpherical Roller Bearings

٤-رولربرینگ های سوزنیNeedle Roller Bearings

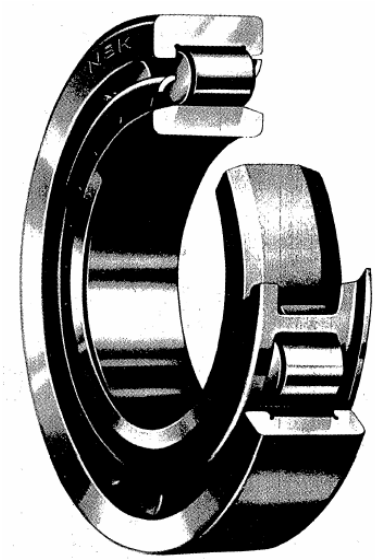
درشکل زیرانواع طراحی های مختلف رولربرینگ هانشان داده شده است.



که ذیلا راجع به کاربردوموارداستفاده هرکدام ازانهاتوضیح مختصری داده می شود.

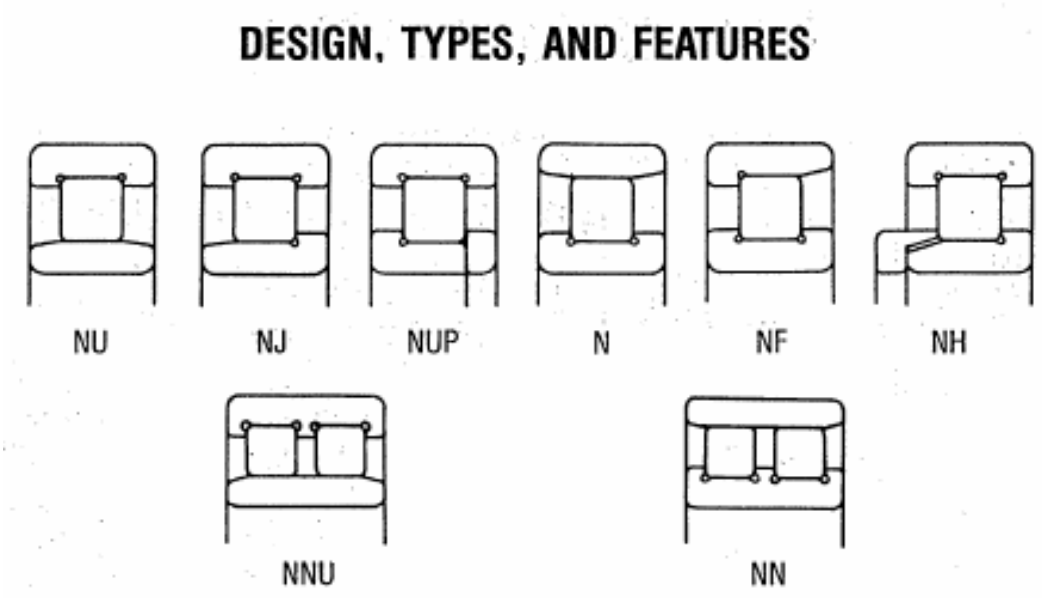
رولربرینگ های استوانه ایCylindrical Roller Bearings

همانگونه که قبلا ذکرگردیدرولرهاباکنس های داخلی وخارجی دارای تماس خطی مـی باشـندودارای تحمـل بارهای شعاعی ومحوری بیشتروحتی قابلیت استفاده دردورهای بالا رانیزدارند.ایـن یاتاقـان هابصـورت یـک ردیفه وچندردیفه طراحی وساخته می شوندومورداستفاده زیادی رادرصنعت دارند.



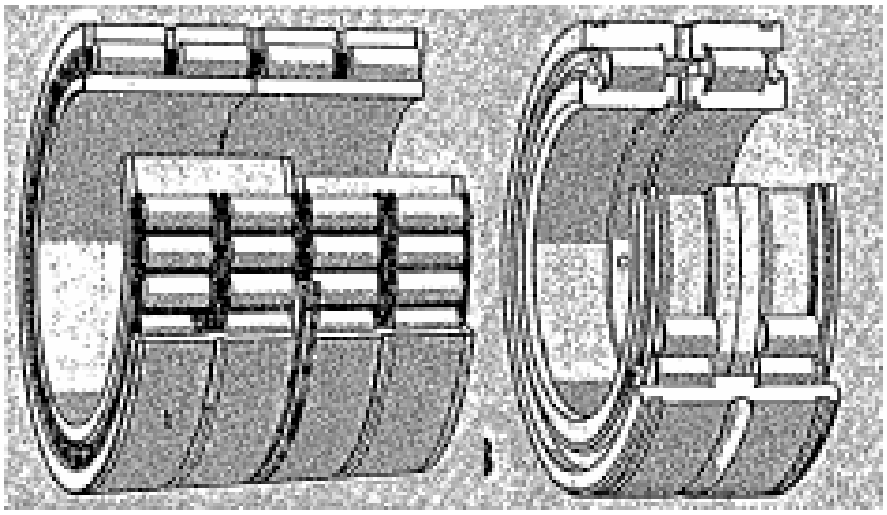
این نوع برینگ هادارای طراحی هـای مختلفـی مثـلNU,NJ,NUP,N,NF(بـرای برینـگ هـای یـک ردیفـه) وNNUوNNبرای انواع دوردیفه انهامی باشند.

بسته به وجوداب بندونحوه قرارگیری کنس هـای داخلـی وخـارجی ,رولربرینـگ هابصـورت هـای مختلفـی طراحی می شوند, وبسته به نوع کاربردمورداستفاده قرارمی گیرند.

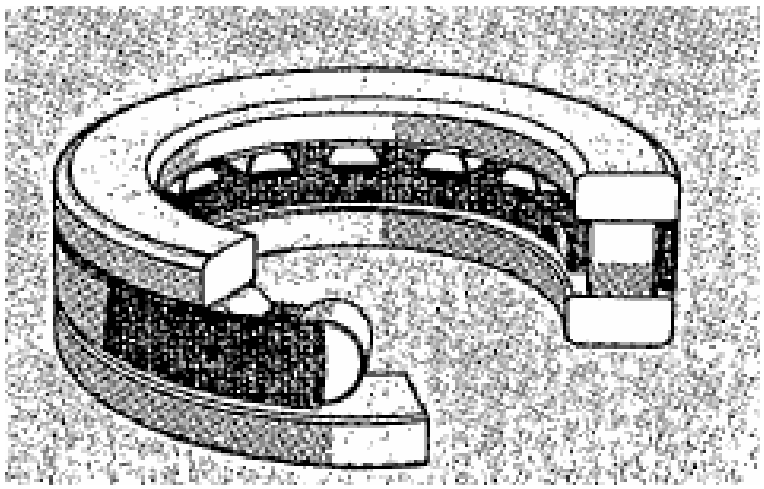


درتمامی انواع انهاکنس های داخلی وخارجی قابل جداشدن هستند.بعضی ازرولربرینگ هاهیچ گونه پشت بندی(پله)روی کنس های داخلی وخارجی خودندارندبنابراین,کنس هاونهایتا محورمی توانندرجهت طولی حرکت محوری داشته باشند(Free End)ودربرخی ازانهاکه کنس های داخلی یاخارجی دارای پشت بند(Rib) یک طرفه یادوطرفه هستندقادربه تحمل بارهای جزئی محوری دریک یادوجهت نیز هستند.

رولربرینگ های استوانه ای دوردیفه دارای تحمل باربیشتری درجهت شعاعی می باشندومعمولا برای ماشین ابزارهای دقیق مورداستفاده قرارمی گیرند. همچنین رولربرینگ های دوردیفه وچهارردیفه نیزموجوداست کیج های این نوع یاتاقان هامعمولا ازنوع استیل پرچ شده,براس ماشین کاری شده وبعضی اوقات نیزازپلیمرهاطراحی وساخته می شود.



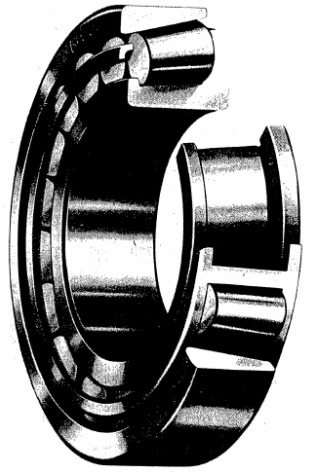
البته لازم به توضیح است که ازبعضی ازانواع این یاتاقان هابرای کنترل نمودن نیروهای محوری خالص نیزاستفاده می شودکه درشکل زیرشمائی ازان نشان داده شده است.



رولربرینگ های مخروطیTapper Roller Bearings

رولربرینگ های مخروطی دارای قابلیت تحمل بارهای شعاعی زیادوهمچنین بارمحوری دریک جهت رادارند.درانواع سریHRانهابااافزایش ابعادرولرهادردوجهت وزیادنمودن تعدادساچمه ها برینگ های باتحمل باربیشترساخته شده است.این نوع یاتاقان هانیزمانندبال برینگ های تماس زاویه ای معمولابصورت دوتائی نصب ومورداستفاده واقع می شوند.دراین شرایط تنظیم کلرنس داخلی بااعمالPreload وتنظیم کردن فاصله محوری که بین کنس های داخلی وخارجی(Cone&Cup) انهاوجوددارد برای دوعدد برینگی که بصورت پشت به پشت یاروبه رونصب می شوند انجام می شود.

به دلیل این که Cone&Cupاین برینگ هاقابل جداشدن هستند می توانند بصورت جداجدا نصب شوند.



بسته به زاویه تماسTapper Roller Bearingsهادرسه دسته طبقه بندی می شوند:

الف-رولربرینگ بازاویه معمولیNormal Angle

ب-رولربرینگ بازاویه متوسطMedium Angle

ج-رولربرینگ بازاویه تندSteep Angle

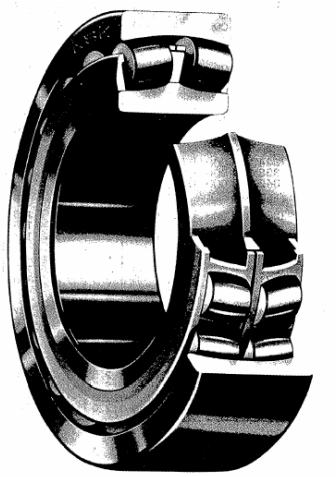
که بسته به نوع ومقداربارهای شعاعی ومحوری و.....هرکدام کاربردمخصوص به خودرادارند.

رولربرینگ های بشگه ایSpherical Roller Bearings

شکل غلتک این نوع برینگ هابصورت استوانه بشگه ای شکل(Barrel Shaped Roller) است و کنس داخلی انهادارای دوردیف شیار(Race Way)وکنس خارجی انهادارای یک شیاردایره ای شکل می باشدکه باتوجه به شکل خاصی که دارندبصورت خودمیزان(Self Align)عمل می کنندودرصورتی که بین اجزا مختلف ماشین

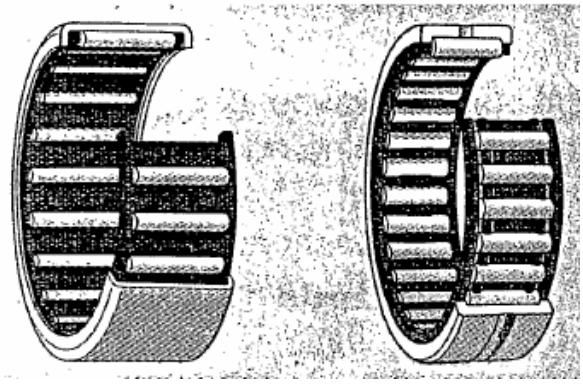
ناهم محوری وجودداشته باشدیامحورتغییرشکل دهداین برینگ مـی توانندبصـورت اتوماتیـک ایـن مسـائل راختنی کنندوازاعمال نیروی محوری زیادروی برینگ ممانعت نمایند.

رولرهای بشگه ایSpherical Roller Bearingsنه تنهاقادربه تحمل بارهای شـعاعی سـنگین مـی باشـندبلکه می تواننـدمقـدارجزئی نیروهـای محـوری رانیزدردوجهـت خنثـی کننـد.انهاقابلیـت تحمـل بارهـای شـعاعی رابصورت عالی دارندودرمواردی که بارهای شعاعی سنگین همراه باضربه وجودداشته باشدکاربردبیشـتری دارند.قطرداخلی کنس داخلی بعضی ازانواع این برینگ هابصورت مخروطی وبعضی ازانهابصورت استوانه ای می باشدهمچنین بعضی ازانهامستقیماروی محورنصـب مـی شوندوبعضـی دیگربـابوشAdapterنصـب مـی شوند.



رولرهای سوزنیNeedle Roller Bearings

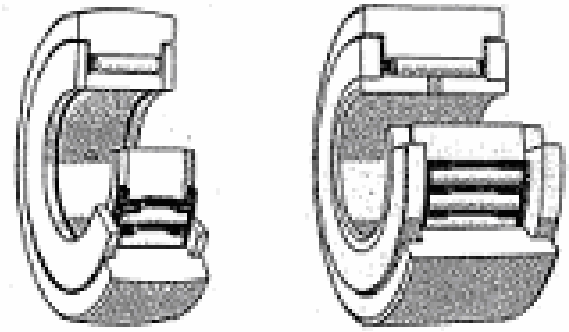
رولربرینگ های سوزنی شامل تعدادزیادی استوانه های باریکی هستندکه طول انهـا۳تـا۱۰برابرقطرانهااسـت بنابراین نسـبت قطرخـارجی ایـن برینـگ هابـه قطرداخلیشـان کـم اسـت وقادربـه تحمـل بارهـای شـعاعی زیادهستند.



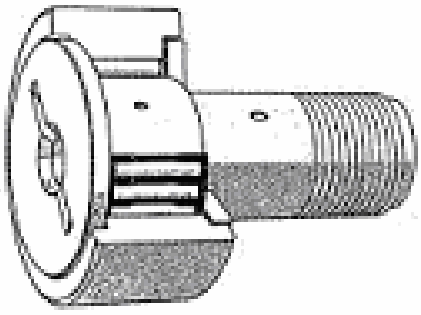
کاربرداین یاتاقان هاغالبا درچهارشاخه گاردان ها,مفصل های سیستم های اهرم بندی انتقال حرکت(انتقال حرکت گاورنربه تروتل ولو)یاتاقان گژن پین و...می باشدوغالبا درمواردی که محدودیت فضائی محوری برای نصب برینگ وجودداشته باشدمورداستفاده قرارمی گیرند.

این نوع یاتاقان ها انواع طراحی های مختلفی دارندوبعضی ازانهافاقدکنس داخلی می باشند.

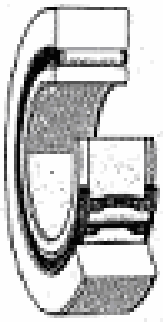
درشکل های زیرچندنمونه ازطراحی های موجودان نشان داده شده است.



برینگ های سوزنی باراهنمای محوری



برینگ سوزنی بادامکی



برینگ سوزنی بدون راهنمای محوری

طبقه بندی یاتاقان هابراساس نوع بار

ب-براساس نحوه زاویه تماس عوامل چرخنده با کنس های داخلی وخارجی نیز این نوع یاتاقان هامی توانندباریانیروهارادرجهت های مختلف کنترل کنندکه براین اساس یاتاقان هادر دسته های زیرطبقه بندی می شوند:

۱-یاتاقان های شعاعیRadial Bearings

۲-یاتاقان های محوریThrust Bearings

۳-یاتاقان های تماس زاویه ای(ترکیبی ازشعاعی ومحوری)

که ذیلا به شرح انهاپرداخته می شود:

یاتاقان های شعاعیRadial Bearings

اگرزاویه تماس عوامل چرخنده وکنس های داخلی وخارجی بصورت شعاعی(عمودبرمحور) باشد به ان برینگ های شعاعی Radial Bearingگفته می شودوموارد کاربردانهابرای کنترل کردن نیروهای شعاعی است که ناشی ازنیروهای گریزازمرکزی است که دراثرحرکت دورانی محوربه ان اعمال می گردد.

دراین نوع برینگ هابین کنس های داخلی و خارجی, تعدادی عنصرچرخنده قرار دارد که ممکن است بر حسب مورد استفاده آنها در صنعت بصورت ساچمهBallاستوانهRollerوسوزن یاNeedleقرارگرفته باشد که به انهابال برینگ Ball BearingرولربرینگRoller Bearingبرینگ سوزنی یاNeedle Bearingگفته می شودکه هرکدام ازانهابرای شرایط ویژه ای مورداستفاده قرارمی گیرندکه دربخش قبلی راجع به ان بحث مختصری گردید..

یاتاقان های محوریThrust Bearings

اگرزاویه تماس عوامل چرخنده باکنس های داخلی وخارجی بصورت محوری(درجهت محور)باشدبه ان تراست برینگ Thrust Bearingیا برینگ کف گردگفته می شودوموارد کاربردانها برای نیروهایی است که یاتاقان بایددرجهت محوری کنترل نماید. منشا نیروهای تراست شامل نیروی ناشی ازوزن رتوروهمچنین نیروهای هیدرولیکی است که درتوربوماشین هادراثراختلاف فشاردوطرف پروانه هابوجودمی ایدیانیروهائی که ناشی ازمولفه محوری چرخ دنده های زاویه دار است که درداخل گیربکس هاومجموعه چرخ دنده های انتقال قدرت بوجودمی اید.

بسته به نوع عنصرچرخنده ای که بین کنس های دوطرف قرارمی گیرداین نوع یاتاقان هادردسته های زیرطبقه بندی می شوند:

۱-بال برینگ های تراستThrust Ball Bearings

۲-رولربرینگ های تراستCylindrical Roller Thrust Bearings

۳-رولربرینگ مخروطی تراستTapper Roller Thrust Bearings

٤-رولربرینگ بشگه ای تراستSpherical Roller Thrust Bearings

همچنین ازنظرباری که تحمل می کنندبیرینگ هادردودسته :

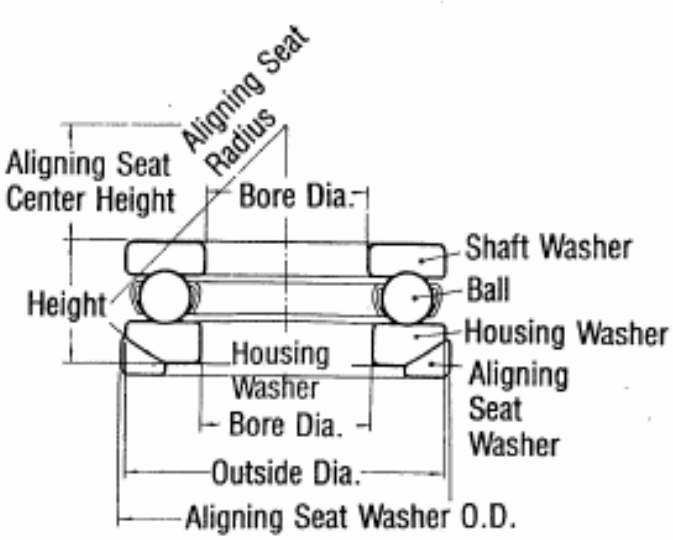
الف-برینگ های یک طرفهSingle Direction Thrust Bearings

ب-برینگ های دوطرفهDouble Direction Thrust Bearings

طبقه بندی می شوند که ذیلا به شرح مختصری ازهرکدام ازبرینگ هاپرداخته می شود.

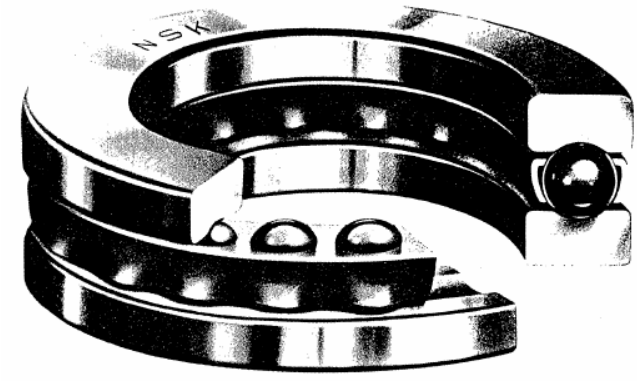
تراست بال برینگ هاThrust Ball Bearings

همانگونه که ملاحظه می شودبال برینگ های نوع محوری ازدوصفحه واشرمانندکه درداخل انهاشیارهائی جهت قرارگرفتن ساچمه هاتعبیه شده است تشکیل شده اندکه دارای قطرخارجی برابرهستندوعناصرغلتنده بین این دوواشرقرارگرفته اندوساچمه هاازبالاوپایین دیده می شوند.



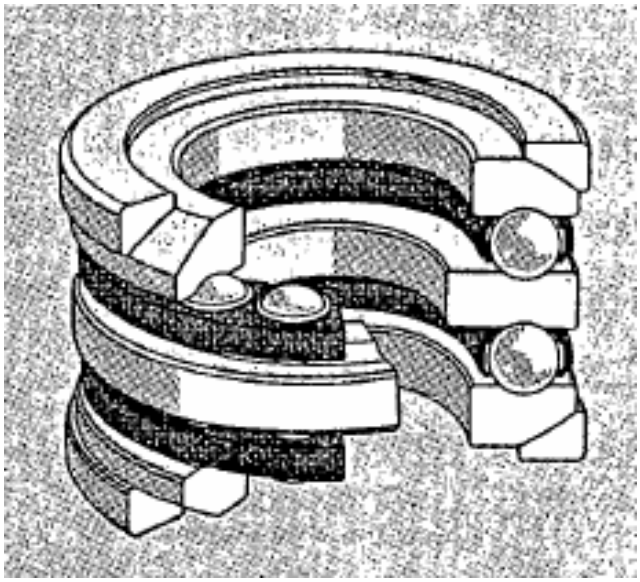
Single-Direction Thrust Ball Bearing

کنس داخلی(پایینی)Shaft Washer ایـن نـوع یاتاقـان روی شـافت نصـب اسـت,وبـاان مـی چرخـدوکنس خارجی(بالائی)Housing Washer ان نیزمتصل به هوزینگ(ثابت)است.



لازم به توضیح است که برینگ های کف گردنیروهای محوری راتنهادریک جهت می توانندکنترل کنندودرمواردی که جهت نیروهای محوری تغییرمی کند(دردوجهت نیروی محوری تولیدمی شود)حتمابایدازتراست برینگ های دوبله استفاده نمود.

بال برینگ های تراست دوطرفه دارای دوردیف ساچمه وسه عددکنس می باشندکه یکی ازانها Center Ring(وسطی)روی محورثابت است وباان می چرخدودوعددکنس دیگر(بالائی وپایینی)داخل هوزینگ برینگ ثابت هستند.

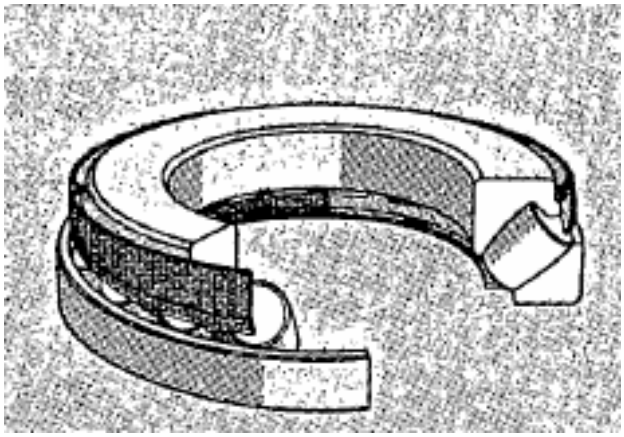


دربعضی ازبال برینگ های تراست گاهانیزیک واشردیگرنیزدرزیرکنس ثابت ان تعبیه می شودتابتواندناهم محوری های شافت ویاخطاهای ناشی ازنصب راجبران نماید.

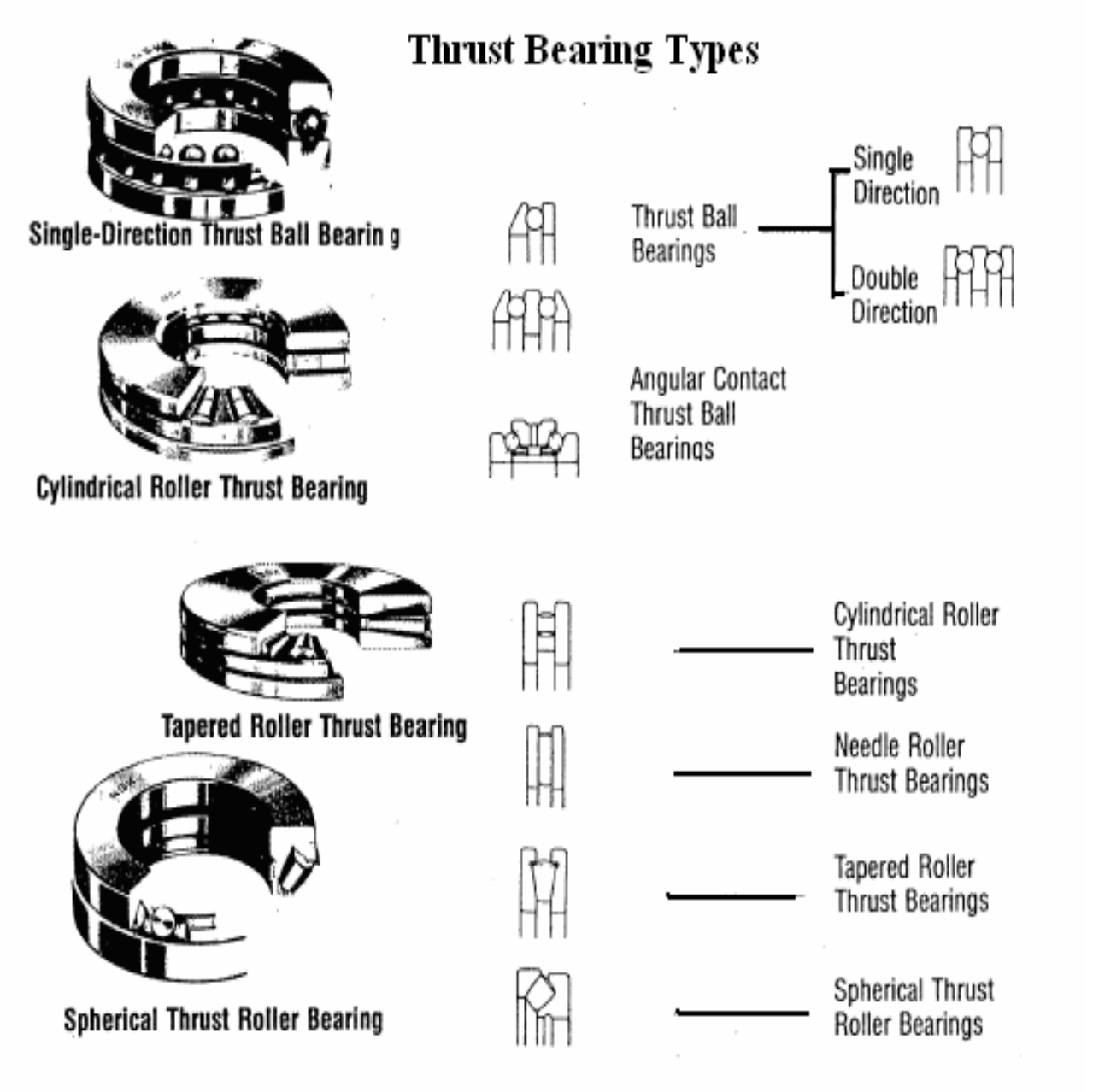
معمولا قفسه های این نوع برینگ هااستیل پرس شده است ولی گاهاازقفسه های ماشین کاری شده نیزاستفاده می شود.

رولربرینگ های بشگه ای تراستSpherical Roller Thrust Bearings

درداخل گنس های این نوع یاتاقان هاشیارهای بشکه ای شکل تعبیه شده است وبه همین دلیل این نوع یاتاقان هامی توانندبصورت خودمیزانSelf Aligning عمل کنندوبه دلیل شکل عناصرچرخنده نیزقادربه تحمل بارهای محوری بسیارزیادی می باشند.



درشکل زیرنیزانواع برینگ های غلطکی تراست نشان داده شده است.



یاتاقان های تماس زاویه ایAngular Contact Bearings

اگرزاویه تماس عوامل چرخنده وکنس های داخلی وخارجی بصورت زاویه ای(مورب) باشد به ان برینگ تماس زاویه ای(Angular Contact)گفته می شود.این نوع یاتاقان ها معمولا نیروهای محوری را فقط دریک جهت می توانند کنترل کنندودربیشتر اوقات بصورت دوبله مورداستفاده قرارمی گیرندوموارداستفاده کاربردانها برای ترکیبی ازنیروهای شعاعی ومحوری است که درتوربوماشین هاودیگرماشین الات سبک ومتوسط بوجودمی اید.

بسته به عنصرچرخنده این نوع برینگ ها دردسته بندی های زیرطبقه 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 ایAngular Contact Ball Bearings

با این نوع طراحی ویژه بال برینگ قادربه کنترل کردن نیروهای شعاعی ومحوری دریک جهت می باشند.این نوع یاتاقان هاباچهارنوع زاویه 15,25,30,40درجه دردسترس می باشند.هرچه مقدارزاویه بال برینگ بیشترشودتحمل بارمحوری ان بیشترخواهدشد.ولی برای کاربردهای بادوربالازاویه تماس کمترترجیح داده می شود.

بال برینگ های تماس زاویه ای دردونوع :

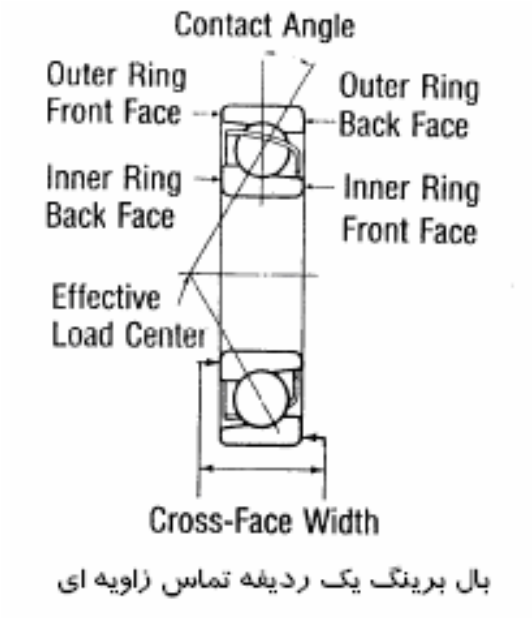
۱-بال برینگ تماس زاویه ای یک ردیفهSingle Row Angular Contact

۱-بال برینگ های تماس زاویه ای دوردیفهDouble Row Angular Contact

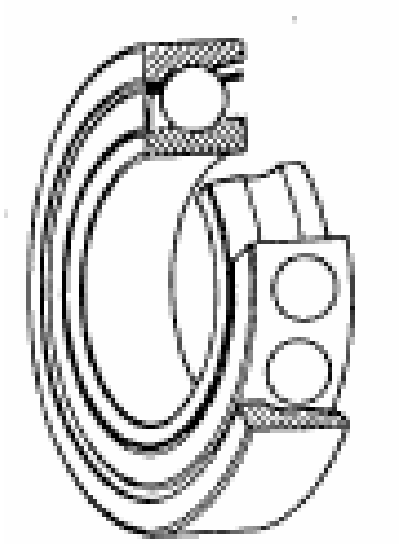
طراحی وموردااستفاده قرارمی گیرند.

بال برینگ تماس زاویه ای یک ردیفهSingle Row Angular Contact

این بال برینگ ها به دلیل زاویه داربودن تماس بال هابا کنس های داخلی وخارجی به این اسم نامیده شده اند وبه دلیل ازادی حرکتی که کنس ها باهم دارند بایدحتما یک نیروی فشاریPreloadروی انها اعمال شودتاتماس ساچمه ها باکنس هابرقرارشوددرغیراین صورت ساچمه هابصورت لق عمل می کنندوباعث لرزش زیادوخرابی زودرس برینگ می شود.



بال برینگ یک ردیفه تماس زاویه ای



این نوع بال برینگ هامعمولادرپمپ ها بصورت دوبله استفاده می شوندتابتوانندنیروهای محوری رادرهردوجهت کنترل کنندولی چون جهت نیروی محوری تغییرنمی کندوهمواره دریک جهت است غالبافقط یکی ازانهابیشتردرمعرض خرابی قرارمی گیرد(ونیازی به تعویض هردوبال برینگ نیست) حتی ازبال برینگ خراب شده می توان پی به جهت نیروی محوری برد وگاهاعلت خرابی هاراشناسائی نمود.

قفسه (کیج)های این نوع یاتاقان معمولا استیل پرس شده است ولی دربعضی ازانواع دیگر ان ازکیج (قفسه)پلیمری نیزاستفاده می شود.

همانگونه که قبلا گفته شدبال برینگ های تماس زاویه ای غالبابصورت جفتی ودرارایش های زیرمورداستفاده قرارمی گیرند:

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

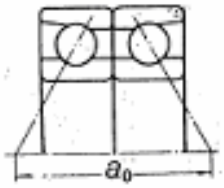
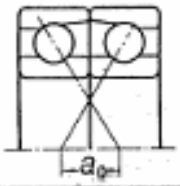
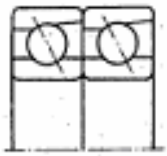
۲-ارایش رودررو(Face To Face Arrangment)

۳-ارایش پشت سرهمی(Tandem Arrangment)

٤-ارایش مختلط(Combined Arrangment)

درصفحه بعدشمائی ازنحوه بعضی از ارایش های انهاوهمچنین مواردکاربردانهانشان داده شده است.

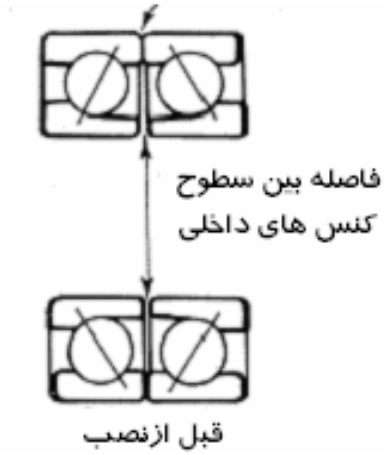
انواع ارایش های نصب بال برینگ های تماس زاویه ای

Figure	Arrangement	Features
	Back-to-back (DB) (Example) 7208 A DB	قابلیت کنترل کردن نیروهای شعاعی ومحوری در هر دوجهت رادارند ازانجاکه فاصله مرکزی موثربار a_0 بین انهازیاد است این ارایش درمواردی که بارگشتاوری وجود داشته باشد مناسب است
	Face-to-face (DF) (Example) 7208 B DF	قابلیت کنترل کردن نیروهای شعاعی ومحوری در هردوجهت رادارند درمقایسه با ارایش DB فاصله بین مرکزموثربار a_0 بین انهاکم است بنابراین ظرفیت کنترل گشتاورانها کم است
	Tandem (DT) (Example) 7208 A DT	دراین نوع ارایش نیروهای شعاعی ومحوری فقط در یک جهت کنترل می شود ازاین ارایش درمواردی که نیرودریک جهت خیلی بالا باشداستفاده می شود

که ذیلا به شرح ومواردااستفاده هرکدام ازانهاپرداخته می شود.

ارایش پشت به پشتBack To Back Combination

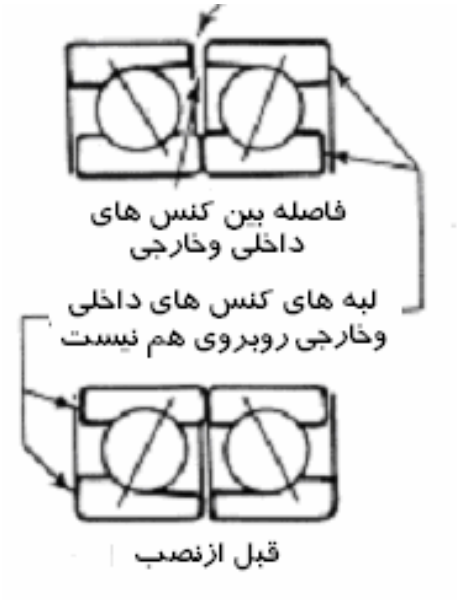
دراین نوع ارایش ازدوعددبال برینگ نوع تماس زاویه ای طبق شکل زیراستفاده می شودهمینطور که ملاحظه می شوددراین حالت قبل ازنصب بین کنس های داخلی بال برینگ ها فاصله ای وجوداردکه پس ازمونتاژوسفت کردن لاک نت پشت بال برینگ این فاصله به صفرمی رسد وتماس کامل بین ساچمه ها وکنس هابرقرارمی شودکه به مقدارنیروی لازم برای این که فاصله بین کنس های داخلی به صفررسانده شودPreloadگفته می شودکه دربخش های بعدراجع به ان بحث خواهدشد.



دراکثر پمپ های گریز از مرکز برای این که عمل تر است دو طرفـه و در دو جهـت محـور کنتـرل شـود ازدوعدد با ل برینگ تماس زاویه ای که پشت به پشت Back-To-Back ودر یک طرف محور (اصولاً Out Board) و یک با ل برینگ شعاعی Radial در طرف دیگرInboardپمپ استفاده می شود.

ارایش صورت به صورتFace To Face Combination

دراین ارایش بال برینگ های تماس زاویه ای بصورت زیرروی محورقرارمی گیرند.که برخلاف ارایـش قبـل قبل ازنصب برینگ هابین کنس های خارجی دوبال برینگ فاصله ای وجوددارد که پس ازنصب واعمال نیروی Preloadفشاری (ناشی ازسفت کردن پیچ های کاور پشت کنس خارجی این فاصله به صـفرمی رسـدتانیروی Preloadمطلوب روی قطعات بال هااعمال گردد.

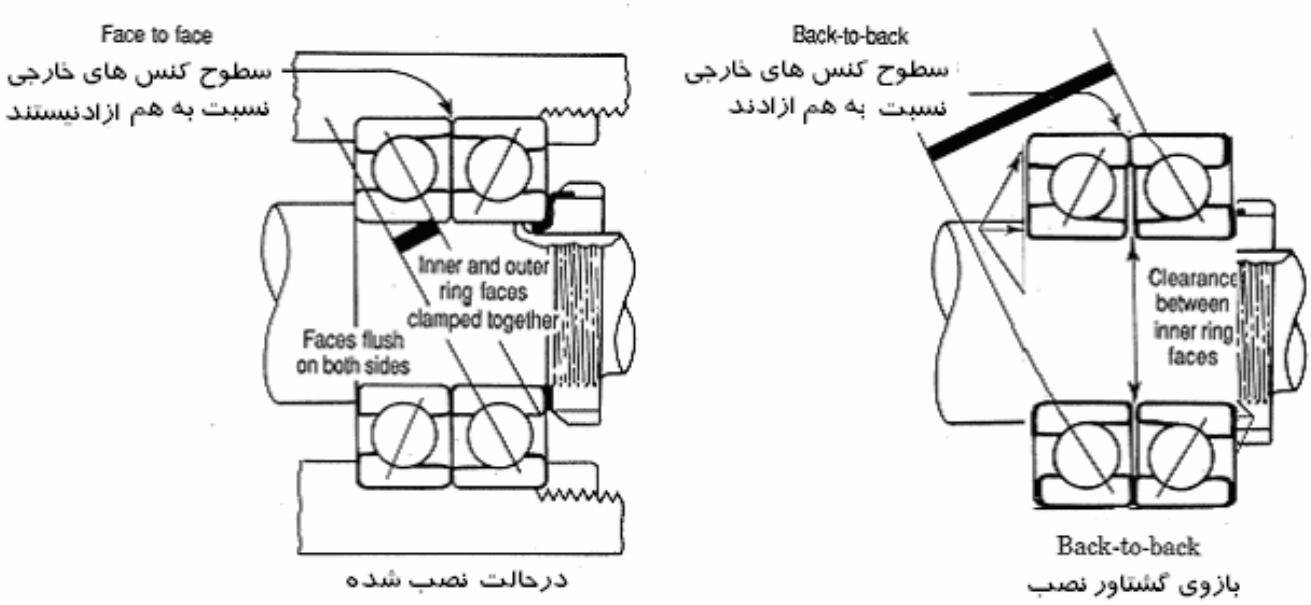


لازم به توضیح است که نیروی Preloadبایددرحدمطلوب باشدزیرااگرازحدمطلوب بیشترشودباعث تمـاس شدیدساچمه هاوکنس هاوافزایش اصطکاک وگـرم کـردن برینـگ مـی شودودرصـورتی کـه ازحـدمطلوب کمترباشدنیزباعث حرکت اضافی ساچمه ها وایجادارتعاشات زیادمی شودکه درهردوحالت منجربـه خرابـی زودرس بال برینگ خواهدشد.برای تغییردادن مقدارPreloadمی توان باقراردادن شیمز های دایـره ای بـه اندازه قطرکنس داخلی یاخارجی وباضخامت مناسب مقـداران راتغییـرداد.بطورمثـال بـاقراردادن شـیمزبین کنس های خارجی ارایش نوع پشت به پشت می توان مقدارPreloadرازیادکردوباقراردادن شیمزبین کـنس های داخلی درارایش نوع پشت به پشت می توان مقدارPreloadراکاهش داد.

ارایش نصب بال برینگ های نوع تماس زاویه ای ازلحاظ کنترل کردن نیروهای محوری چه بصورت پشت به پشت وچه بصورت رودررو فرقی نمی کند ولی ازبعضی جهات روش پشت به پشتBack To Backنسبت به روش دیگرارجح است که ذیلا به شرح ان می پردازیم:

۱-به دلیل بیشتربودن فاصله بین خط تماس بال هاوکنس های داخلی وخارجی درارایش پشت به پشت Felexibilityمجموعه برینگ هابالامی رود وامکان ایجادحرکت مفصلی(گشتاوری) زیادمی شودبه عبارت دیگربرینگ ها بصورت Self Alignعمل کنندوقادربه جذب Missalignment ناخواسته بوده ومیزان لرزش ناشی ازناهم محوری درانهاکاهش پیدامی کندونیازبه الاین بسیاردقیق روی دستگاه نمی باشد درصورتی که درارایش رودررو دودستگاه باید خیلی دقیق نسبت به هم, هم محور(Alignment)شوندوناهم محوری های جزئی وناخواسته نیزباعث ایجادارتعاشات ونهایتاکاهش طول عمرقطعات ودستگاه می شود.

درشکل زیراین دوارایش ازنظربازوی گشتاوری نصب باهم مقایسه شده اند.



۲-عملیات روغنکاری درارایش پشت به پشت با استفاده اریک عددOil Ring امکان پذیراست ولی برای ارایش صورت به صورت نیازبه دوعددOil Ring دردوطرف برینگ هااست.

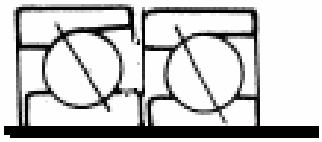
۳- اعمال نیروی Preloadباسفت کردن لاک نت پشت بال برینگ روی کنس های داخلی نسبت به کنس های خارجی بهترانجام می شود(باتوجه به جنس سخت محور) .

بـال برینـگ هـای دوردیفـه نـوع تمـاس زاویـه ای بصـورت پشـت بـه پشـت سـاخته مـی شـوند ونیروهایPreloadدرحین ساخت برینگ درنظرگرفته می شودوروی برینگ اعمال مـی شـودوکلیه مسـائل نصب به کلی مرتفع می شود.

ارایش پشت سرهمی Tandem Back To Face

این نوع ارایش مواقعی کاربرددارد‌که نیازبه کنترل کردن نیروی محوری زیادی دریـک جهـت وجودداشـته باشد .این نوع ارایش برای کنترل کردن نیروهای محوری درتوربین های بخارکوچک ومتوسط ضربه ای که تقریباهمـه نیروهـای محـوری دریـک جهـت بوجـودمی ایندبـه وفورمورداسـتفاده قرارمـی گیـرد.البتـه دربیشترمواقع نیروهای جهت مقابل که مقداران خیلی کم اسـت توسـط کـنس خـارجی بـال برینـگ جلـوئی وسطح پیشانی سیلیوبرینگ بابیتی (برینگ فلنجی که قبلا راجع به ان بحث شده) کنترل می شود.

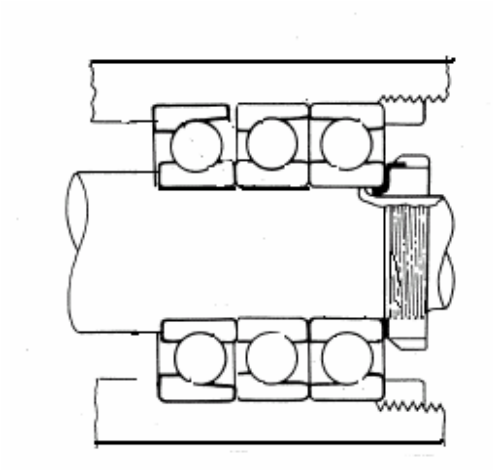
TANDOM



ارایش ترکیبی Combined Arrangment

ازاین نوع ارایش معمولا درماشین الاتی که مقدارنیروی محوری درانهادریک جهت بیشـترازجهت دیگرباشـد استفاده می شود.مثل پمپ های گریزازمرکزیک مکشه بدین صورت که دوعـددبال برینـگ بصـورت پشـت سرهم قرارمی گیرندتانیروی محوری یک جهت راخنثی کننـدویک عـددبال برینـگ دیگرنیزدرجهـت عکـس قرارداده می شودتانیروی محوری جهت مقابل راکه مقداران کمتراست راخنثی کند.

درشکل صفحه بعدشمائی ازاین نوع ارایش نشان داده شده است.



برینگ های دوردیفه تماس زاویه ایDouble Row Angular Contact Bearings

همانگونه که ازاسم این برینگ ها مشخص است این نوع برینگ هادارای دوردیف عنصرچرخنده درکنارهم می باشندوبرخلاف نوع قبلی زاویه تماس عناصرچرخنده وکنس های داخلی وخارجی بصورت تماس زاویه دار می باشد.ومثل این است که ازدوعددبرینگ تماس زاویه ای بصورتBack To Back استفاده شده باشد.البته دراین نوع طراحی مقدارپیش بارPrloadموردنظردرطراحی وساخت خودبرینگ درنظرگرفته شده است ودرهنگام نصب نیازی به اعمال پیش باریا Preloadنمی باشد.

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

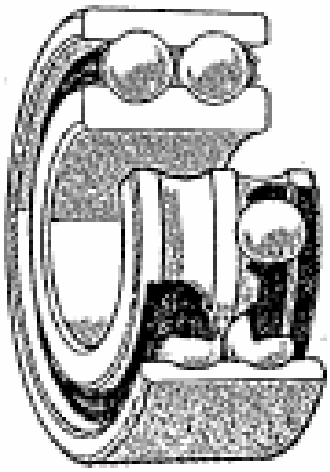
الف- بال برینگ دوردیفه تماس زاویه ایDouble Row Angular Contact Ball Bearing

ب-رولربرینگ مخروطی دوردیفه تماس زاویه ای Double Row Angular Contact Taper Roller Bearingمی باشند.

لازم به توضیح است که شکل ظاهری برینگ های دوردیفه تماس زاویه ای وبرینگ های شعاعی دوردیفه مثل هم می باشدوحتی دربسیاری ازمواردراندازه قطرهای داخلی وخارجی وپهنای انهاهم باهم یکی می باشد(برینگ های سری ۳۳و۵۳ و.....)ولی ازلحاظ باری که تحمل می کنندباهم متفاوت هستندودرهنگام استفاده وجایگزین نمودن یکی به جای دیگربایددقت لازم انجام شوددرغیراین صورت باعث مشکلات بعدی خواهدگردید.

لازم به توضیح است که تماس ساچمه هاباکنس بیرونی برینگ های دوردیفه بصورت شعاعی وبرای برینگ های دوردیفه تماس زاویه ای بصورت مورب است وتفاوت انهادرضخامت لبه های کنس های داخلی

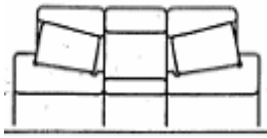
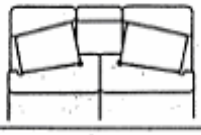
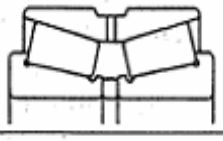
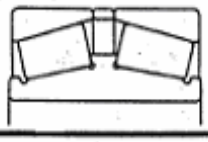
وخارجی انهااست که دربرینگ های شعاعی باهم مساویندولی دربرینگ هـای تمـاس زاویـه ای لبـه کـنس خارجی نسبت به لبه کنس داخلی نازک تراست.



انواع ارایش رولربرینگ های مخروطیCombination Of Tapered Roller Bearings

رولربرینگ های مخروطی نیز تنهاقادربه کنترل کردن نیروی محوری دریک جهت مـی باشندونسـبت بـه بال برینگ های تماس زاویه ای دارای تحمل باربیشتری می باشندودرصورتی کـه جهـت نیـروی محـوری تغییرکندنیازبه استفاده ازدوعددازاین نوع یاتاقان هامی باشد که ارایش های مختلف ان درجدول زیرنشان داده شده است.

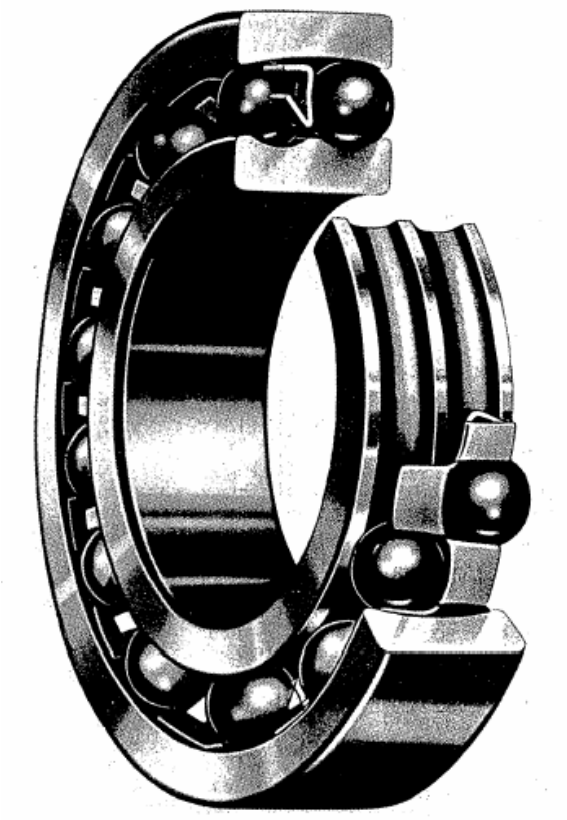
انواع ارایش های نصب رولربرینگ های مخروطی

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	

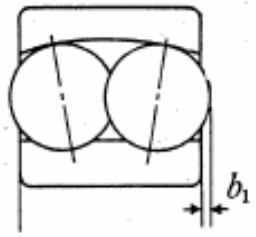
بارینگ های خودمیزانSelf-Aligning Ball Bearing

بال برینگ های خودمیزان بیرینگ های دوردیفه ای هستند که سطح داخلی کنس های داخلی دوشیاروسطح کنس خارجی آنها بصورت یک شیارکروی شکل است و براحتی مجموعه ساچمه ها می تواند روی آن حرکت چرخشی وزاویه ای داشته باشند یعنی محورعلاوه برحرکت دورانی ,حرکت پیچشی (مفصلی)نیزمی تواند داشته باشد.این نوع یاتاقان هاتاحدود۲درجه می توانندناهم محوری زاویه ای شافت راخنثی کنندولی بااین وجود لازم استAlignment دقیق انجام شود این نوع بال برینگ ها بیشتر برای دستگاه های نسبتاً طوبل بکار می روند تا در مقابل تراز نبودن محورهاAlignmentویا تغییرشکل های احتمالی(خمیدگی ها) قابلیت جابجائی و انعطاف داشته باشد .همچنین این گونه برینگ هامی توانندبرای کنترل کردن بارهای شعاعی ومحوری دردوجهت مورداستفاده قرارگیرند.

طراحی اینگونه یاتاقان هابصورتی است که ساچمه هانسبت به لبه های کنس های داخلی وخارجی بیرون ترقرارمی گیرندکه درهنگام طراحی وساخت هوزینگ برینگ وشافت بایدمدنظرقرارگیرند.(البته لازم به توضیح است که این مقداربرای برینگ های مختلف کارخانجات مختلف باهم متفاوت است وبرای پیداکردن ان بایدبه کاتالوگ های همان کارخانه مراجعه شود.



درجدول زیراین مقداربرای برینگ های خودمیزان باسایزمختلف 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 مقدارPreload ومقدارلقی ها, برای بال برینگ های تماس زاویه ای (کارخانجات تولیدکننده مختلف) حتی الامکان بایدسعی شودازبال برینگ های یک کارخانه روی یک دستگاه استفاده شودهمچنین بال برینگی که برای نصب رو در روطراحی شده است را به هیچ وجهی نمی توان Back To Backاستفاده کرد.

لازم به توضیح است که عناصرچرخنده برینگ های خودمیزان شامل ساچمه ورولربشگه ای است.

طبقه بندی برینگ هابراساس تعدادردیف عناصرچرخنده

ج-براساس تعداد ردیف های عوامل چرخنده برینگ های غلتکی را می توان دردسته های زیرطبقه بندی نمود:

الف-برینگ های یک ردیفهSingle Row Bearings

ب-برینگ های دوردیفهDouble Row Bearings

پ-برینگ های چندردیفهMulti Row Bearings

برینگ های یک ردیفهSingle Row Bearings

همانگونه که ازاسم این یاتاقان هاپیداست این نوع یاتاقان هاتنهادارای یک ردیف عناصرچرخنده می باشندکه به انها برینگ یک ردیفهSingle Rowگفته می شودکه بیشترین کاربرد را دارامی باشند .

به برینگ هائی که دارای دوردیف عامل چرخنده باشند برینگ دوردیفهDouble Rowگفته می شود.برینگ های دوردیفهDouble Row Bearingsبسته به نوع تماس ساچمه هادرداخل کنس هادردسته های زیرطبقه بندی می شوند:

۱-برینگ های دوردیفه شعاعیDouble Row Radial Bearings

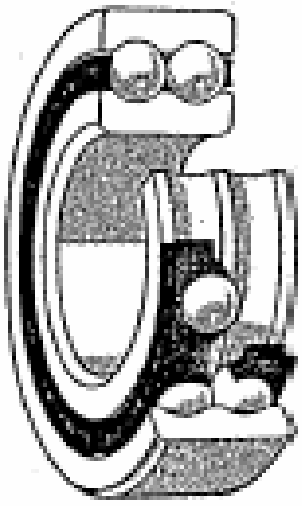
۳-برینگ های دوردیفه خودمیزانSelf Align

بسته به مقداربارودوردستگاه اینگونه یاتاقان هاباعناصرغلتکی گوناگونی طراحی وموردااستفاده قرارمی گیرندکه ذیلا توضیح مختصری راجع به هرکدام ازانهاارائه می گردد.

برینگ های دوردیفه شعاعیDouble Row Radial Bearings

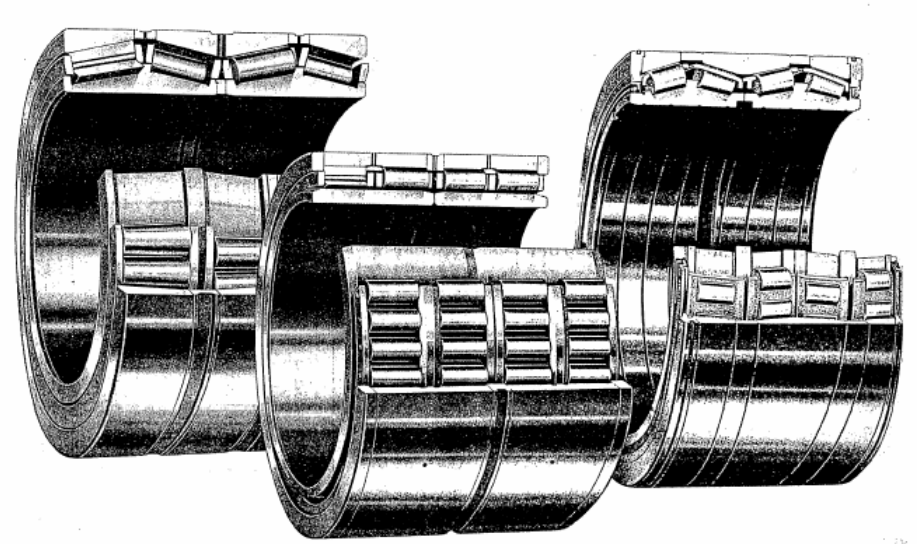
یاتاقان های فوق درمواردی استفاده می شوندکه نیروهای شعاعی موجودازحدتوان یک برینگ یک ردیفه بیشترباشدوامکان استفاده ازیک برینگ تکی به دلیل محدودیت هائی نظیرافزایش قطرشافت یاهوزینگ برینگ میسرنباشد.این نوع طراحی دقیقا مثل این است که ازدوعددبرینگ یک ردیفه درکنارهم استفاده شده باشد.وبرخلاف برینگ های خودمیزان (دوردیف)که سطح کنس خارجی انها بصورت کروی است کنس های داخلی وخارجی انهاهردودارای دوشیارRace Wayبرای حرکت ساچمه هااست.

درشکل زیرشمائی ازان نشان داده شده است.



برینگ های غلطکی دارای انواع طراحی های مختلف بصورت چندردیفه هستندوکارخانجات مختلف انواع ان راتولیدمی کنند البته بسته به عنصرچرخنده یاتاقان های دو ردیفه شعاعی بصورت ساچمه

ایBallاستوانهRollerنیزطراحی ومورداستفاده قرارمی گیرندکه درشکل زیر شمائی ازانهانشان داده شـده است.



بریتگ های مجموعه ایBearings Unit

بسیاری ازکارخانجات سازنده برینگ های غلطکی رابصورت مجموعه ای که شامل برینگ,هوزینگ وسیلیو است طراحی ودراختیارمصرف کنندگان قرارمی دهند.

این برینگ هادرانواع مختلف زیروجوددارند:

۱-برینگ های بالشتکی(Pillow Bearings)

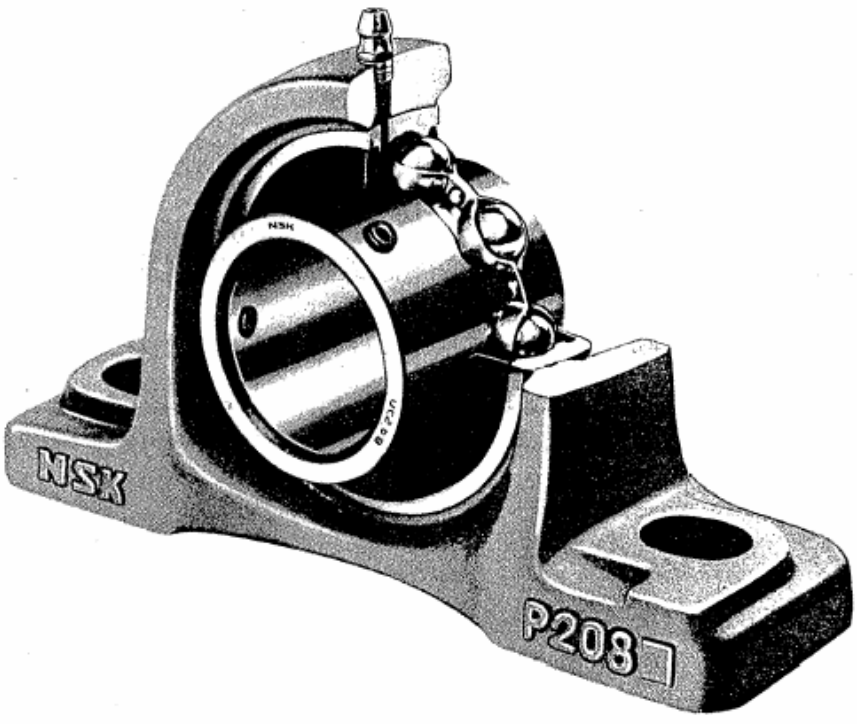
۲-برینگ های فلنجی(Flange Bearings)

۳-برینگ های قابل جابجائی(Takeup Bearings)

٤- برینگ های فانسخه ای(Cartridge Bearings)

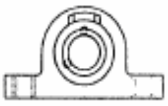
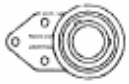
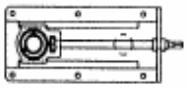
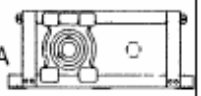
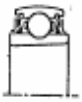
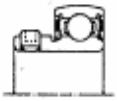
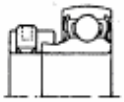
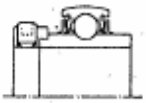
۵-بال برینگ مخصوص مجموعه ای

درشکل زیریک عددPillow Bearingکه مجموعه یاتاقان هوزینگ برینگ, همراه باسیستم تزریق گریس نشان داده شده است.



درجدول زیرنیزشمائی ازانواع برینگ های مجموعه ای نشان داده شده است.

انواع یاتاقان های مجموعه ای

Pillow Types	Cast Steel Cast Iron Rubber	UCP UCIP UKP UKIP UBP UBLP EWP ENLP UCPK UKPK UCPH
		UCPA UCEP UCRP 
	Pressed Steel	UBPF ENPP UBPPR
Flanged Types	Square Flange Type	UCF UKF UBF 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 هایاجداکننده هایکی ازمهمترین قطعات برینگ های غلتکی هستندکه برای منظورهای زیراستفاده می شوند:

۱-به عنوان راهنمایی برای غلتک هاتابتوانندران ازادانه حرکت جزئی داشته باشند.

۱-ایجادفاصله مساوی بین غلتک هاوجداکردن غلتک هاازیکدیگربرای جلوگیری ازبرخوردانهاباهمدیگر.

۳-نگه داشتن غلتک هادربین کنس های داخلی وخارجی.

٤-دربرینگ هائی که کنس های انهاقابل جداشدن است قفسه هاباعث راحتی مونتاژ برینگ هامی شوند.

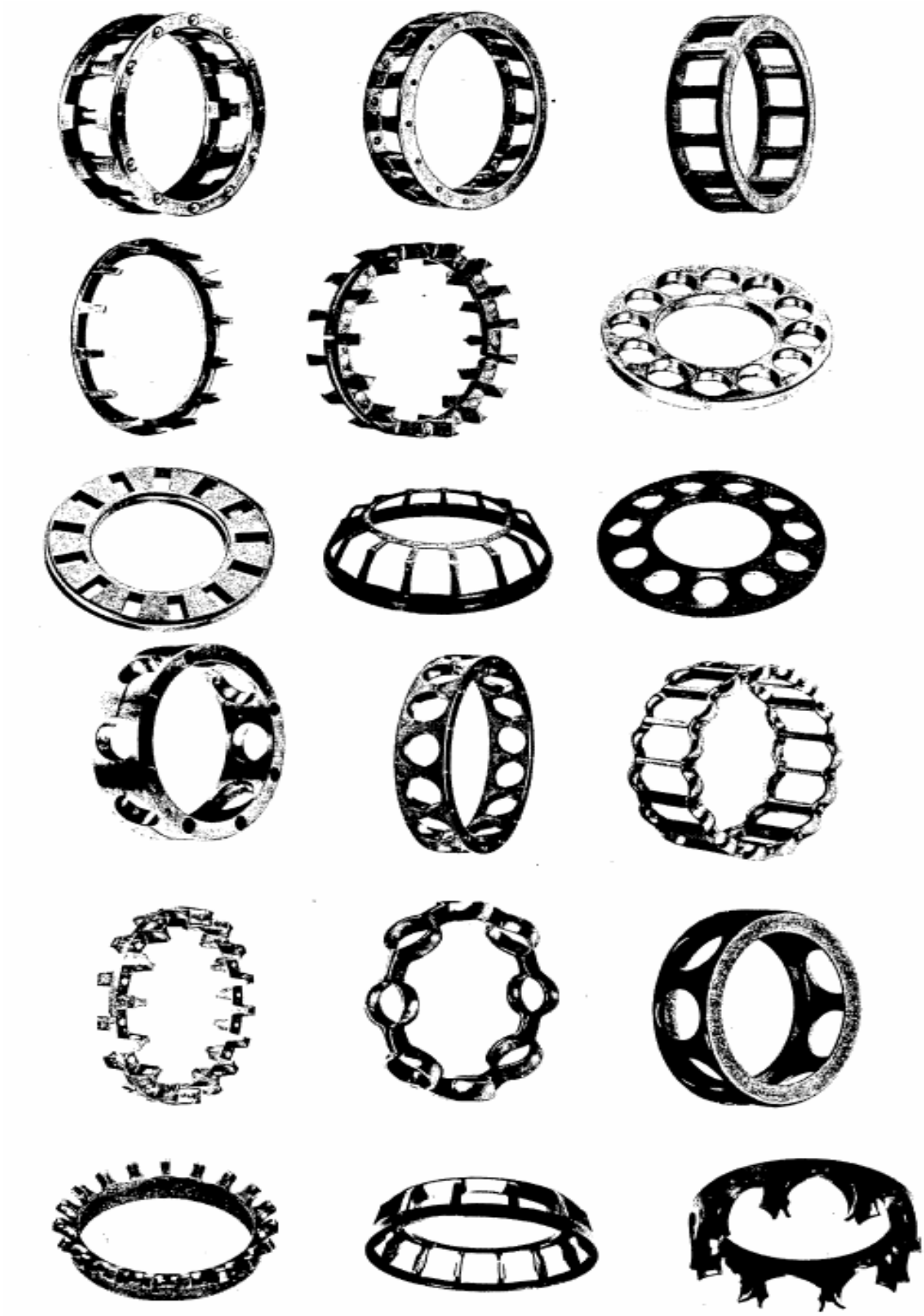
ازلحاظ ساختمانی قفسه هادردودسته زیرطبقه بندی می شوند:

الف-قفسه های پرسیPressed Cages

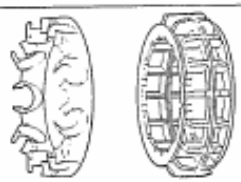
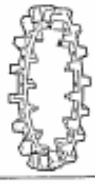
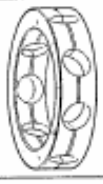
ب-قفسه های ماشین کاری شدهMachined Cages

قفسه های پرسی معمولا ازاستیل ساخته می شوندولی بعضی ازمواقع نیزازورقه های برنجی نیزساخته می شوندکه باعث سبک شدن وارزان تمام شدن انهانیزمی شودواگربه تعدادزیادی بایدساخته شودازلحاظ اقتصادی نیازبه تجهیزات گران قیمت دارند.

قفسه های ماشین کاری شده ازبرنج, استیل, فلزات سبک یامواد‌پلاستیکی مصنوعی (تزریقی) یافلزات معدنی (همجوشی)ساخته می شوند.واخیرانیزقفسه هاازموادغیرفلزی تصنعی فایبرگلاس یاپلی امیدهادرساخت قفسه برینگ هااستفاده 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.



درجدول زیرنیزانواع مختلف قفسه های پرس شده وماشینکاری شده ازلحاظ محدوده سرعت, درجه حرارت, روانکاری, مقاومت دربرابرارتعاشات ,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 هاوموارد کاربرد برینگ های غلتکی

برینگ های غلتکی برای انواع واقسام کاربردهاموردداستفاده قرارمی گیرندولی هرکدام ازانهاازلحاظ نوع نیروئی که کنترل می کنند(نیروی شعاعی,محوری ومختلط)دور, سروصدا,دقت,تحمل,جابجائی محوری کنس های داخلی وخارجی نسبت به همدیگر,قدرت تحمل ناهم محوری,Self Aligning قابلیت جداشدن کنس ها و..... داری قابلیت هائی هستندکه انهاراازهمدیگرمتمایزمی کندولی ممکن است برای یک کاربردمشخص گزینه های انتخابی متعددی وجود داشته باشدکه مسلما بایدبهترین گزینه انتخاب ومورد استفاده قرارگیرد.

درجداول صفحه بعدمشخصه هاوقابلیت های انواع واقسام برینگ های غلتکی نسبت به هم مقایسه ونشان داده شده است که این جدول معیاربسیارمناسبی برای انتخاب برینگ ازلحاظ مواردفوق می باشد.

در قسمت پایین جداول نیزوضعیت تحمل برینگ برای هریک ازگزینه های فوق بصورت عالی, خوب ,قابل قبول, ضعیف وممکن ذکرگردیده است.

باتوجه به مواردفوق ومسائلی که هنگام مونتاژ ودمونتاژ بوجودمی ایدومسائل روانکاری وتعویض روانکار ملاحظه می گردد که انتخاب برینگ کاربسیارمشکلی است وتاحدامکان بایددقت فراوانی مبذول نمود.

انواع ومشخصه های برینگ های غلطکی

Bearing Types / Features	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
Load Capacity: بارهای شعاعی	◯	○	◎	◎	◎	○	◯	◎	◎	◎
Load Capacity: بارهای محوری	◯	○	◎	◎	◎	◎	○	×	×	◯
Load Capacity: بارهای ترکیبی	◯	○	◎	◎	◎	◯	○	×	×	◯
دورهای بالا	◎	◎	◎	◯	◎	◎	◎	◎	◎	◎
دقت بالا	◎		◎		◎	◎		◎	◎	
کم سروصدابودن	◎							◎		
صلبیت					◎			◎	◎	◎
ناهم محوری زاویه ای	◎	○	○	○	○	○	◎	◯	○	◯
قابلیت خودمیزانی							☆			
جداشدن کنس ها		☆				☆		☆	☆	☆
ثابت بودن محوری	☆			☆	☆	☆	☆			
ازادبودن 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

◎ عالی ◎ خوب ◯ متوسط ○ ضعیف × غیرممکن ⟵ یک طرفه ⟷ دوطرفه

☆ کاربردی ★ کاربردی امادرصورتی که امکان ان روی محوروجودداشته باشد

Features \ 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
Load Capacity: Radial Loads	◎	◎	◎	◎	◎	×	×	×	×	×	○
Load Capacity: Axial Loads	○ ↔	×	◎ ←	◎ ↔	○ ↔	◎ ←	◎ ←	◎ ↔	◎ ←	◎ ←	◎ ←
Load Capacity: 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 برینگSelection Of Bearing Type

علاوه برمواردی کـه درجـداول فـوق اورده شـده اسـت بـرای انتخـاب نـوع برینـگ پارامترهـای متعـددی بایددرنظرگرفته شودکه ذیلا به شرح بعضی ازانهاپرداخته می شود:

۱-مقدارفضایی که برای نصب یاتاقان موجوداست(قطرشافت, قطرهوزینگ وفضای محوری)

۲-مقداربار(بارشعاعی ومحوری)ونوع بار(ضربه ای یایکنواخت و.....).

۳-محدوده دور مجازکه برای هربرینگی یک محدوده ای دارد. (لازم به توضیح است که محدوده دورمجاز علاوه برنوع برینگ بستگی بهCage,بار ,روش روانکاری و.....نیزدارد).

٤-ناهم محوری کنس های داخلی وخارجی (ناشـی ازتغییرشـکل دادن شـافت دراثربـار,خطاهـای انـدازه ای شافت وهوزینگ وخطاهای نصب است که باعث ایجاد ناهم محوری می شود).

۵-صلبیت ناشی ازاعمال بارروی یاتاقان کـه باعـث تغییرشـکل الاسـتیک درعناصـرچرخنده مـی شـودوهرچه صلبیت برینگ بالاترباشدتغییرشکل دادن ان درحین کارکمترمی شـود(بـه عنـوان مثـال صـلبیتی کـه یاتاقـان محورماشین تراش داردبایدبسیاربالاباشدتادقت کارماشین افـزایش پیداکنـد)بـرای مـواردی کـه نیازاسـت صلبیت برینگ زیادباشدازرولربرینگ هائی که Preloadروی انهااعمال می شوداستفاده می شود.

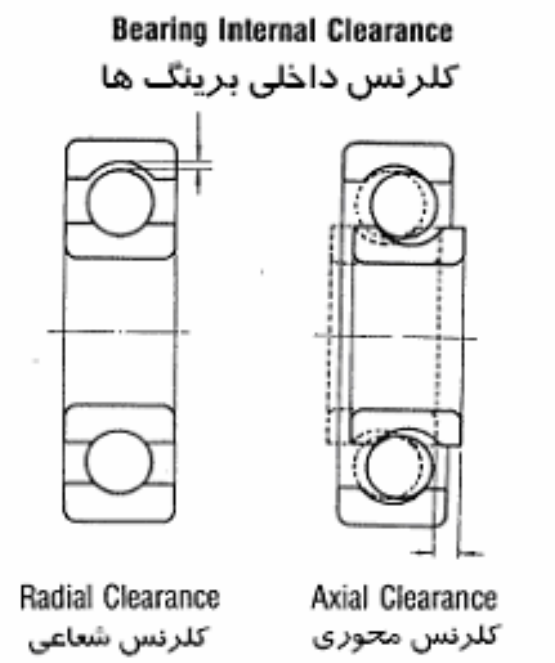
۶- درمواردی که نیازاست گشتاورراه اندازی کم باشدازبال برینگ هااستفاده مـی شـودکه بـه دلیـل سـطح تماسی کمتربین ساچمه هاوکنس هااتفاق می افتدکه نتیجتاسروصدای کمتری هم تولیدمی کنند.

۷- درمواردی که نیازبه دقیق بودن دورمحوراست استفاده ازبال برینگ های شـیارعمیق بـال برینـگ هـای تماس زاویه ای ورولربرینگ های استوانه ای مناسب است.

۸-مسائل مونتاژودمونتاژبرینگ هانیزازاهمیت ویژه ای برخورداراست وبایدبرینگی انتخـاب شـودکه امکـان نصب نمودن وبیرون اوردن مجددان ازروی محورمیسرباشد.برای مثـال متـذکرمی شـودکه ممکـن اسـت دریک شرایط خاص استفاده ازیک برینگ خودمیزانSelf Alignگزینه خیلی خوبی باشدولی به دلیـل مسـائل ومشکلاتی که درهنگام نصب برای این برینگ هااتفاق می افتد(چون کنس هانسبت به هم حرکت دارنـدکنس هـای داخلـی وخـارجی انهابایـدهم زمـان جـازده شـود)ودرحـین نصـب اسـیب ببیننـدازکاربرد ان صـرف نظرشودویک نوع یاتاقان دیگراستفاده شود.

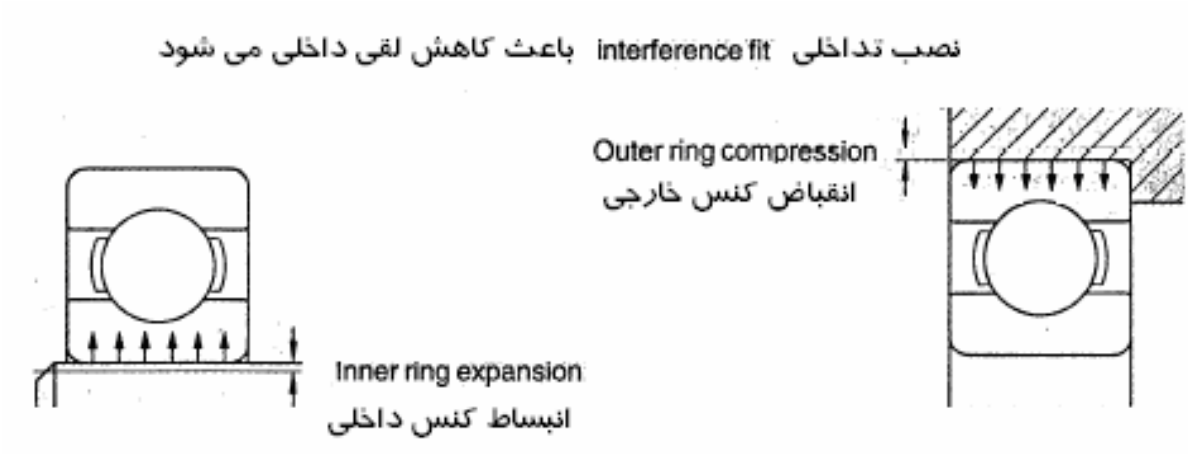
لقی های داخلی برینگ هاInternal Clearances

برای راحت چرخیدن برینگ های غلطکی حتما بایدبین عناصرچرخنده وکنس های داخلی وخارجی انها کمی لقی وجودداشته باشد.البته این مقدارلقی قبل وبعدازنصب باهم متفاوت است ولقی پس ازنصب معمولا کمترازلقی پیش ازنصب ودرسرویس قرارگرفتن ان است.



لقی های داخلی دربرینگ های غلتکی درحین کاربه مقدارزیادی تحت تاثیرمشخصه های یاتاقان اعم ازطول عمر,ارتعاشات, سروصدا,حرارت ایجادشده,کاربرد و.....قرارمی گیرد.بنابراین انتخاب دقیق لقی داخلی برینگ, پس ازانتخاب نوع واندازه ان اهمیت زیادی دارد .بطورکلی کلرنس های شعاعی ومحوری رابه عنوان کلرنس کلی یاتاقان می گویند.به عبارت دیگر کنس های داخلی وخارجی یک برینگ به اندازه کلرنس های شعاعی ومحوری که دارند می توانندنسبت به هم حرکت داشته باشند(درجهت شعاعی یامحوری).

لازم به توضیح است که لقی های داخلیInternal Claerance قبل ازنصب وپس ازنصب ودرسرویس قرارگرفتن برینگ های غلتکی باهم متفاوت می باشند.معمولا لقی های قبل ازنصب بیشترازبرینگ نصب شده درحین کاراست وعلت ان نیزانبساط یاانقباض برینگ ناشی ازتغییرات درجه حرارت یانحوه انطباق کنس های داخلی وخارجی روی محوریاهوزینگ برینگ است(تداخل) ولی بطورکلی, لقی داخلی یاتاقان درحین کار همواره بایدبیشترازصفرباشد.



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

الف لقی های هندسیGeometrical Clearances

ب- لقی های اندازه گیری شوندهMeasured Clearances

درجداول زیرلقی شعاعی بال برینگ های باسایزهای مختلف نشان داده شده است.البته لازم به توضیح است که لقی های داخلی برای تمامی برینگ های مشابه با هم یکسان نیستند وهرکارخانه سازنده برینگ براساس نوع ماتریالی که استفاده می کندوهمچنین براساس نوع انطباقی که برای نصب برینگ های خودپیشنهادمی کندلقی مجازی نیزبرای یاتاقان های خودتعریف وطراحی می کندودرحین چک کردن لقی های داخلی یک برینگ مشخص, بایدبه کاتالوگ های همان کارخانه سازنده مراجعه نمود.

لازم به توضیح است که لقی داخلی بال برینگ ها باحرفCکه ازحرف اول کلمهClearanceگرفته شده نشان داده می شودومقدارلقی نیزباعددنشان داده می شودمثلC2,CN,C3,C4که هرچه عددمربوطه بیشترباشدمبین بالاتربودن لقی داخلی ان برینگ است.البته اگرلقی داخلی دوعدد برینگ متفاوت بطورمثالC3باشدنمی توان نتیجه گرفت که لقی های داخلی این دوبرینگ باهم مساوی است .برای پیداکردن لقی هربرینگ بایدبه کاتالوگ کارخانه سازنده مراجعه نمودولی برای یک بال برینگ می توان گفت لقی داخلی برینگ C4بیشترازبرینگC3است و.....

جدول لقی شعاعی بال برینگ های شیارعمیق

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

درجدول زیرنیزمقدارلقی محوری بال برینگ های تماس زاویه ای مربوط به شرکتNSAژاپن اورده شده است.

جدول لقی محوری بال برینگ های تماس زاویه ای دوبله

Units : μm

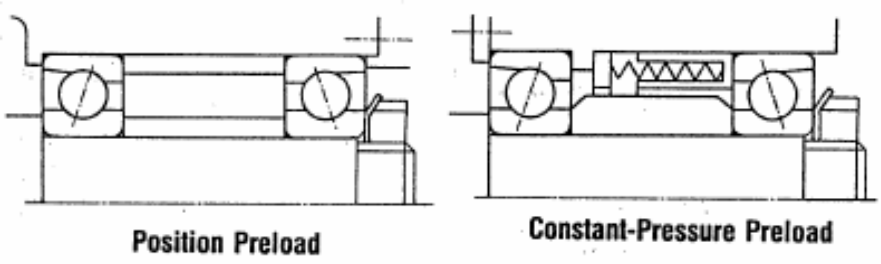
Nominal Bore Diameter d (mm)		Axial Internal Clearance											
		Contact Angle 30°						Contact Angle 40°					
		CN		C3		C4		CN		C3		C4	
over	incl	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
—	10	9	29	29	49	49	69	6	26	26	46	46	66
10	18	10	30	30	50	50	70	7	27	27	47	47	67
18	24	19	39	39	59	59	79	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 بارPreload

معمولا برینگ های غلتکی درحین کاربایدمقداری لقی داخلی داشته باشند.دربعضی ازمواردمطلوب است که یک لقی منفی ایجادشودتاساچمه هاتحت بارقرارگیرندکه به این کلرنس منفیPreloadگفته می شود.

Preloadمعمولا روی برینگ هائی اعمال می شودکه لقی های داخلی انهادرحین نصب قابل تنظیم است(مثل بال برینگ های تماس زاویه ای یارولربرینگ های مخروطی).این برینگ هابصورت دوبله وباارایش های Back To BackیاFace To Faceبابارگذاری اولیه یاپیش بار نصب می شوند.



همانطورکه درشکل فوق ملاحظه می شودPreloadمثل یک نیروی فنری ثابت است که روی کنس برینگ اعمال می شودوباعث تماس ساچمه هاباکنس هامی گردد.

هدف از پیش بارPreload

اهداف اصلی وبعضی ازمواردکاربردپیش بارPreloadعبارتنداز:

۱-برای قراردادن دقیق محورویاتاقان درموقعیت نصب درجهت های شعاعی ومحوری.

۲-برای بالابردن انعطاف پذیری یاتاقان ها.

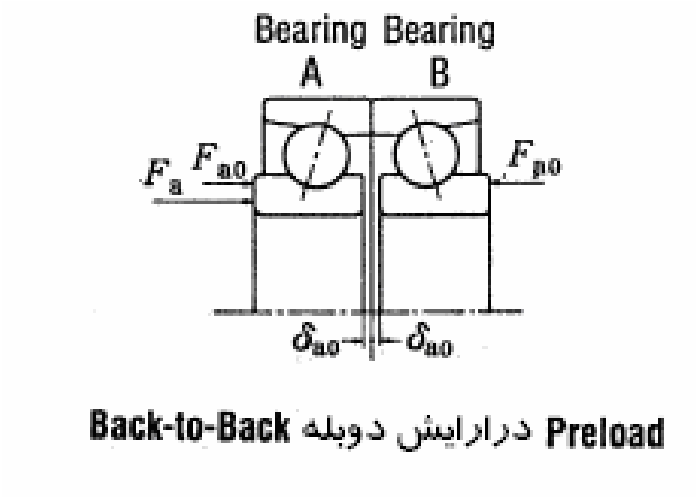
۳-برای کاهش سروصدا (ناشی ازحرکت محوری شافت).

٤-برای ممانعت ازلغزیدن اجزاغلتان دربین کنس های داخلی وخارجی ناشی ازحرکت ژیروسکوپی.

۵-برای قراردادن اجزاغلتنده درموقعیت صحیح خودشان.

راه های اعمال کردنPreloadروی یاتاقان ها

Preload یااعمال نیروی محوری ازدوطرف روی کنس های داخلی برینگ هاباسفت کردن لاک نت پشت برینگ هابدست می اید.البته همانگونه که درشکل زیرملاحظه می شودوقتی برینگ هابصورت Back To Backقرارمی گیرندوقبل ازسفت کردن لاک نت بین کنس های داخلی انهاکمی فاصله وجوددارد که پس ازسفت شدن لاک نت Preloadروی یاتاقان هااعمال می شودواین فاصله محوری δ_{a0} به صفرمی رسد.



Back-to-Back دراریش دوبله Preload

درعمل از راه حل های زیربرای اعمالPreloadروی برینگ هااستفاده می شود:

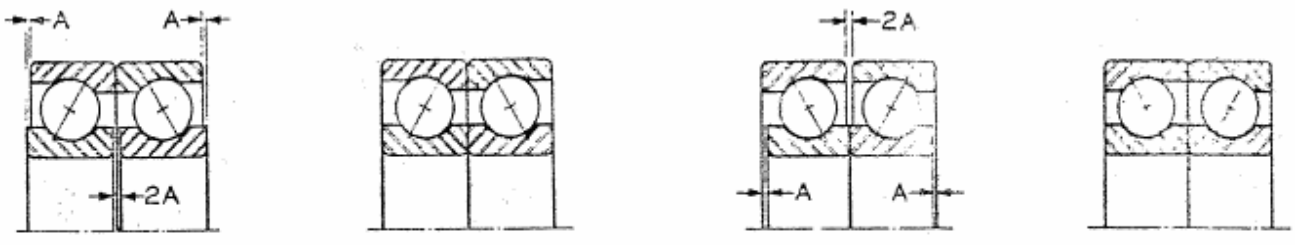
۱-نصب برینگ ها بصورت دوتائی Double Row Bearingsکه ازقبل ابعادولقی هـای محـوری ان بصـورت دقیق طراحی شده است.

۲-استفاده ازیک شیمزباابعادمناسب وقراردادن ان بین کنس های داخلی یاخارجی(بسته به نحـوه قرارگیـری برینگ).

۳-باسفت کردن پیچ ومهره پشت یاتاقان .

لازم به توضیح است درصورتی که مقدارPreloadبیشترازحدمجازتوصیه شده باشدباعث افـزایش اصـطکاک وگرم نمودن یاتاقان می شودودرصورتی کـه مقـداران کمترازحدتوصـیه شـده باشـدباعث حرکـت اضـافی ساچمه ها(حرکت ژیروسکوپی)ایجادارتعاش ودرتمامی حالات باعث کاهش طول عمریاتاقان خواهدگردید.

درشکل های زیرPreload اولیه دربال برینگ های نوع تماس زاویه باارایش هایBack To Backو Face To Faceنشان داده شده است.



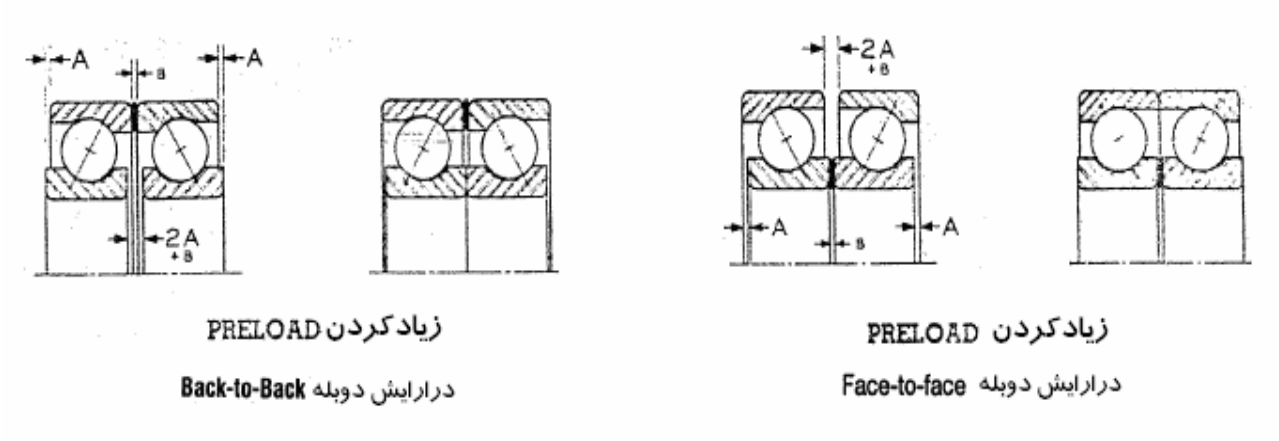
PRELOAD اولیه

PRELOAD اولیه

همانگونه که ملاحظه می شوددرارایش Back To Backبرای اعمال Preloadباتحـت فشـارقراردادن کـنس های داخلی(سفت کردن لاک نت پشت برینگ روی شافت)این کارانجام مـی شـودولی درارایـش Face To

Face(شکل سمت راست)برای اعمالPreloadکنس های خارجی بایدتحت نیـروی اولیـه قرارگیرنـد(بـه هـم نزدیک شوند)که به دلیل این که نزدیک کردن کنس های داخلی برینگ هاباسفت کردن لاک نت نصب شده درپشـت کـنس هـای داخلـی خیلـی راحـت ترمکـان پذیراسـت دراغلـب مـواردارایش نصـب ایـن یاتاقـان هابصورتBack To Backاست.

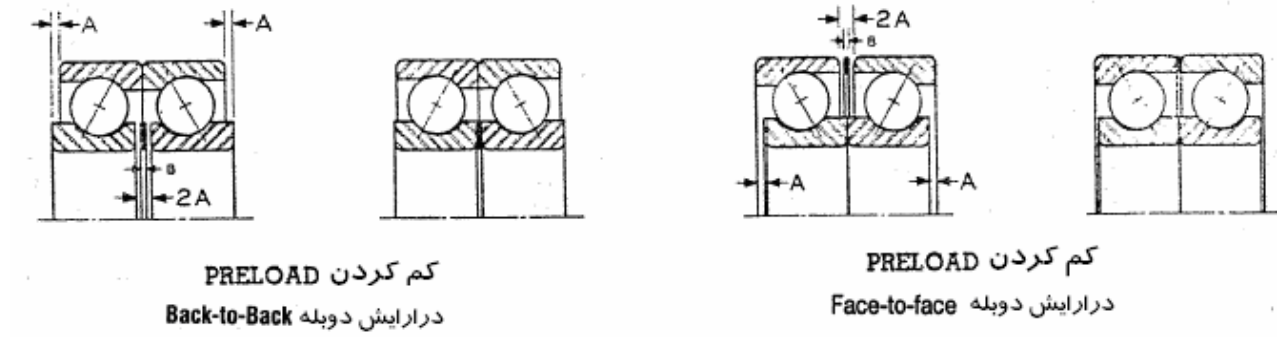
درشکل های زیرنحوه زیـادنمودن مقـدارPreloadدرارایـش هـای مختلـف نشـان داده شـده اسـت کـه بـا قراردادن شیمزبین کنس های داخلی یا خارجی بسته به نوع ارایش قرارگیری انجام می شود.



زیادکردن PRELOAD
درارایش دوبله Back-to-Back

زیادکردن PRELOAD
درارایش دوبله Face-to-face

درشکل های زیرنیزنحوه کم کردنPreloadبرای ارایش های مختلف برینگ ها نشان داده شده است.



کم کردن PRELOAD
درارایش دوبله Back-to-Back

کم کردن PRELOAD
درارایش 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 یارودررو)ولذابرینگی که برای حالت پشت به پشت طراحی شـده اسـت رانمـی تـوان بصـورت جفتـی وباارایش رودررو درکناریکدیگراستفاده کردزیراامکان اعمال پیش بارروی ان وجودنداردوباعث ایجادلرزش وسروصدامی شود(زیرابین کنس های انهافاصله ای تعبیه وطراحی نشده است).

انتخاب نحوه ارایش یاتاقان هاSelection of Bearing Arrangment

همانگونه که قبلا نیزذکرگردیدهرمحوردست کم دردونقطه وتوسط دوعدد(مجموعه)برینگ مهارمی شودکه یک مجموعه برینگ ,وظیفه کنترل کردن نیروهای شعاعی رادراین دونقطه انجام می دهدومجموعه دیگربرای کنترل کردن نیروهای محوری اعمال شده به محوراستفاده می شودولی باتوجه به این که بعضی ازبرینگ های غلتکی براساس ساختمان داخلی خودقادربه کنترل نمودن نیروهای شعاعی ومحوری توامامی باشنددراکثرمواردازیک یاتاقان شعاعی (که دریک طرف محورنصب می شود)ویک مجموعه یاتاقان دیگرکه برای کنترل نمودن نیروی شعاعی ومحوری باشددرطرف دیگرمحور استفاده می شود.

هنگام انتخاب ترتیب ارایش قرارگرفتن برینگ ها بایدبه مواردزیرتوجه نمود:

۱-انبساط وانقباض محوردراثرتغییرات درجه حرارت.

۲-جازدن وبیرون اوردن اسان برینگ.

۳-مسائل ناشی ازناهم محوری کنس های داخلی وخارجی برینگ که دراثرتغییرشکل محوروهمچنین خطاهای نصب بوجودمی اید.

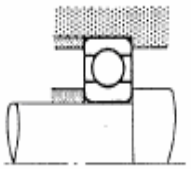
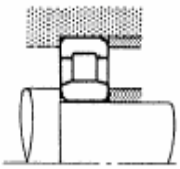
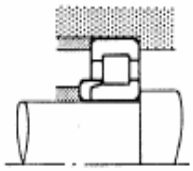
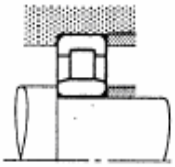
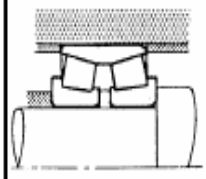
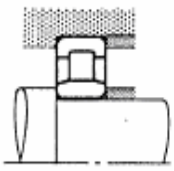
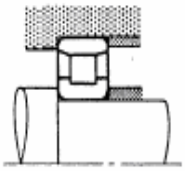
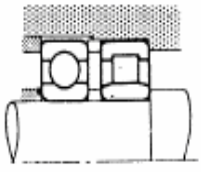
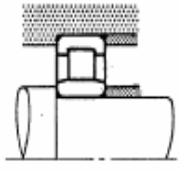
٤-انعطاف پذیری داخلی مجموعه شامل یاتاقان ها ونحوه قراردادنPreload.

۵-مقدارونوع باری که بایدکنترل شود.

۶-نوع وطراحی هوزینگ برینگ ها

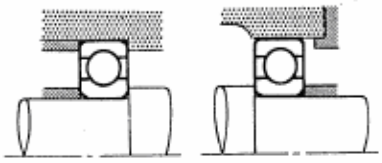
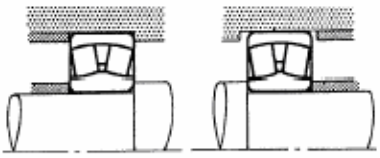
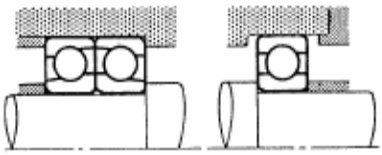
برای انتخاب نحوه قرارگیری یاتاقان هاروی محوروهمچنین داخل هوزینگ برینگ براساس شرایط عملیاتی ومواردذکرشده فوق ارایش های مختلفی وجوددارد‌که درجداول صفحات بعدی همراه باکاربردهای ان ذکرشده است .همانگونه که درشکل های جداول فوق ملاحظه می شوددرتمامی ارایش های ذکرشده کنس های داخلی دوعددبرینگ نصب شده روی محوربصورت ثابت طراحی می شوندولی بسته به شرایط هرکدام ازحالات,کنس خارجی یک یادوعددبرینگ نصب شده روی یک محورممکن است ثابت یامتحرک باشدتابرینگ بتواندازادی موردنیازرارداشته باشد وانبساط های طولی مهارشودوامکان ایجادنیروهای اضافی درجهت محوری ناشی ازاین مواردروی برینگ که باعث فرسایش سریع برینگ وخرابی زودرس ان وهمچنین خمیدگی محورکه باعث افزایش ارتعاشات و.....می شود خنثی گردد .

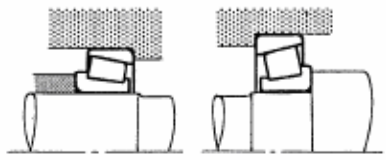
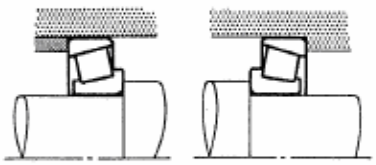
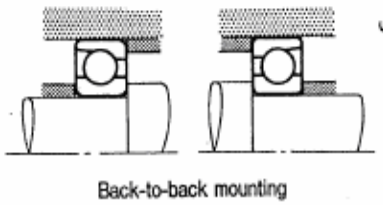
انواع ارایش های نصب برینگ هاومثال های کاربردی ازانها

Application Examples	Remarks	Bearing Arrangements	
		Fixed-end	Free-end
الکتروموتورهای سایزمتوسط بلورها	○ ازاین ارایش درمواردی استفاده می شود که بار غیرنرمال به یاتاقان واردنشود و محورمی تواند انقباض و انبساط داشته باشد ○ درصورتی که خطاهای نصب کم باشد این نوع ارایش برای دورهای بالامناسب است		
Traction motors for rolling stock. موتورهای کششی برای گردونه های ریل دار	○ این ارایش می تواندبارهای سنگین وبارها ضربه ای ومقداری ازنیروهای محوری رانحمل نماید ○ تمامی رولربرینگ های استوانه ای قابل جداشدن هستنداین ارایش برای مواقعی که برای کنس های داخلی وخارجی نیاز به interference باشدمفید می باشد		
Table rollers for steel mills, main spindles of lathes. میزهای گردان برای محوراسیاب	○ ازاین ارایش معمولا برای بارهای سنگین استفاده می شود ○ برای صلبیت بیشتربرینگ ثابت بصورت پشت به پشت نصب می شود ○ شافت وهوزینگ بایددقیق نصب شوند و خطاهای نصب کم باشد		
Calender rolls of paper making machine, axles of diesel locomotives. مهره های ماشین کاغذسازی اکسل لکوموتیوهای دیزلی	○ این ارایش برای مواردی که کنس های داخلی وخارجی نیازبه interference داشته باشند مناسب است بارهای سنگین رانمی تواند کنترل کند		
Reduction gears in diesel locomotives. گیربکس های کاهنده دورلکوموتیوهای دیزلی	○ این ارایش برای دورهای بالا وبارهای شعاعی سنگین مناسب است .بارهای متوسط محوری راهم می تواند کنترل کند ○ برای اطمینان از اعمال بارشعاعی روی بال برینگ نیازبه فراهم نمودن مقداری لقی بین کنس خارجی بال برینگ و هوزینگ برینگ می باشد		

ادامه درصفحه بعد

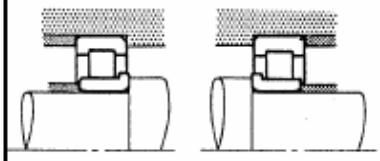
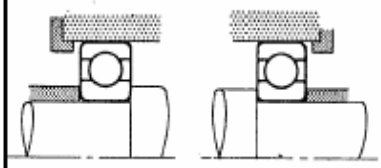
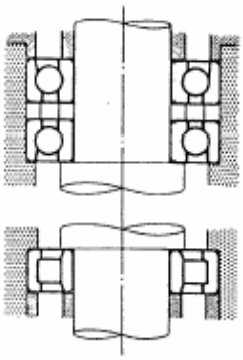
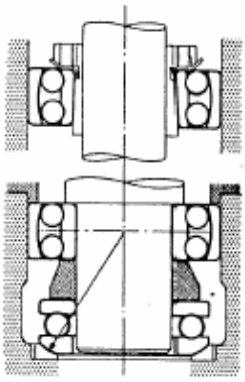
انواع ارایش های نصب برینگ هاومثال های کاربردی انها

Bearing Arrangements Fixed-end / Free-end	Remarks	Application Examples
	○ متداول ترین ارایش ○ ازاین ارایش نه تنهابرای بارهای شعاعی بلکه برای بارهای محوری متوسط نیزاستفاده می شود	Double suction volute pumps, automotive transmissions. پمپ های مکش دوطرفه انتقال قدرت
	○ این ارایش متداول ترین نوع درمواقعی است که خطاهای نصب یاتغییرشکل محوروجوددارد ○ کاربردان عمومی وصنعتی است و درمواقعی کاربرددارد که بارهای سنگین باید کنترل شود	Speed reducers, table rollers of steel mills, wheels for overhead travelling cranes.
	○ این ارایش برای مواردی که بارهای محوری در هردوجهت وجوددارد مورداستفاده قرارمی گیرد ○ دربعضی ازمواقع ازبال برینگ های تماس زاویه ای دوردیفه نیزبجای ترکیب فوق استفاده می شود	Worm gear reducers. کاهنده Worm gear

When there is no distinction between fixed-end and free-end	Remarks	Application Examples
 Back-to-back mounting  Front-to-front mounting	○ این ارایش بطوروسیع درمواردی که نیروهاسنگین وهمراه باضربه باشند مورداستفاده قرارمی گیرد ○ ارایش back-to-back درمواردی که فاصله برینگ هاکم باشدوبارهای گشتاوری وجودداشته ○ درارایش Front-to-front نصب برینگ راحت تر است ودرمواقعی که برای کنس داخلی باید interference وجوداشته باشد کاربرددارد این روش مواقعی کاربرددارد که خطای نصب وجودداشته باشد ○ هنگام نصب باید به مقدار preload وتنظیم کلرنس توجه نمود	Pinion shaft of automotive differential gears, automotive front and rear axles, worm gear reducer. پینیون شافت اتومبیل انواع چرخ دنده ها اکسل ها گیربکس ها
 Back-to-back mounting	○ درمواقعی که سرعت بالا باشدوبارهای شعاعی زیادنباشدوبارمحوری نسبتاسنگین باشدازاین ارایش استفاده می شود ○ این ارایش همراه با preload صلبیت مناسبی رابرای محوربوجودمی اورد ○ برای بارهای گشتاوری نصب back-to-back بهتر ازنصب front-to-front است	Grinding wheel shafts. شافت ماشین سنگ

ادامه درصفحه بعد

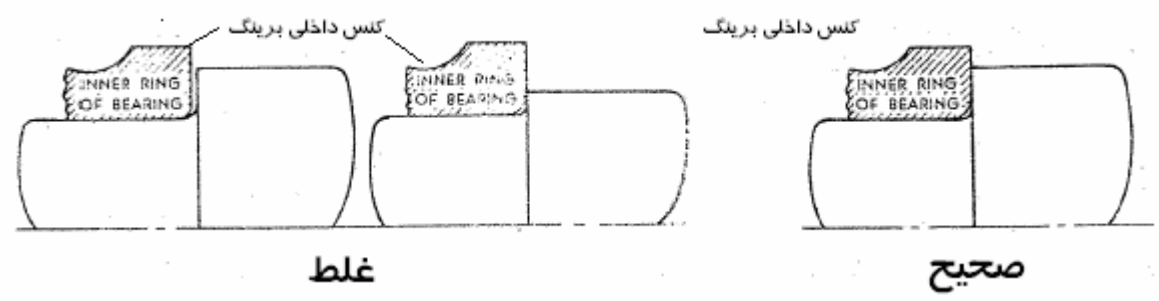
انواع ارایش های نصب برینگ هاومثال های کاربردی انها

Application Examples	Remarks	وقتی تفاوتی بین قسمت ثابت وقسمت ازاد نباشد
Final reduction gears of construction machines. گیربکس نهائی ماشین های ساختمانی	○ این ارایش برای بارهای سنگین وضربه ای مناسب است ○ درمواقعی که برای کنس های داخلی وخارجی نیازبه interference باشد کاربرد دارد ○ بایددقت شودکه کلرنس محوری درحین کارنبایدخیلی کم باشد ○ نصب باروش NF type + NF نیزامکان پذیراست	 NJ + NJ mounting
Small electric motors, small speed reducers, small pumps. الکتروموتورهای کوچک پمپ های کوچک	○ بعضی مواقع یک فنردرپشت کنس خارجی یکی ازبرینگ هاقرارداده می شود	
Application Examples	Remarks	Vertical arrangements
Vertical electric motors. الکتروموتورهای عمودی	○ رولربرینگ استوانه ای درطرف ازاد ○ بال برینگ تماس زاویه ای درقسمت ثابت	
Vertical openers (spinning and weaving machines) .	○ وسط نشیمن گاه بشکه ای شکل برینگ خودمیزان بایدباقسمت کروی شکل بال برینگ خودمیزان باید همدیگرراقطع کنند ○ برینگ بالائی درقسمت ازاداست	

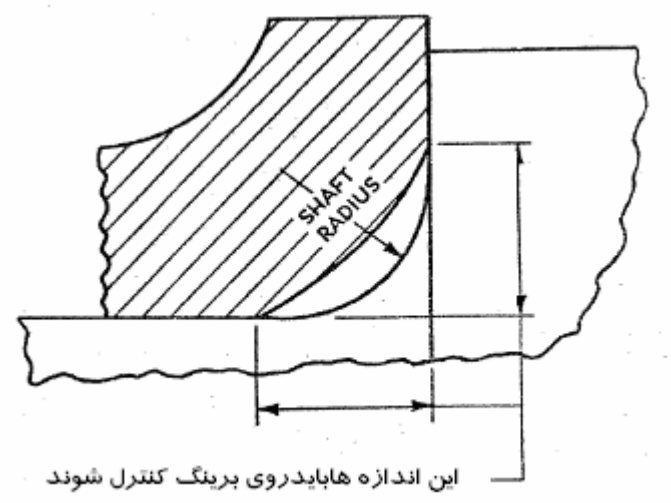
طراحی شافت وهوزینگDesign Of Shafts And Housings

اگر شافت وهوزینگ برینگ بامشخصات یاتاقان هم خـوانی نداشـته باشـندبرینگ نمـی تواندقیقادرشـرایط طراحی شده خودکارکند.بطورمثال عدم گردبودن پله شافت ممکن است باعث ناهم محورشدن کنس های داخلی وخارجی برینگ شودکه می تواندمنجربه کاهش طول عمریاتاقان شود.

درشکل های زیرتکیه گاه های صحیح وناصحیح برای شافت هانشان داده شده است.



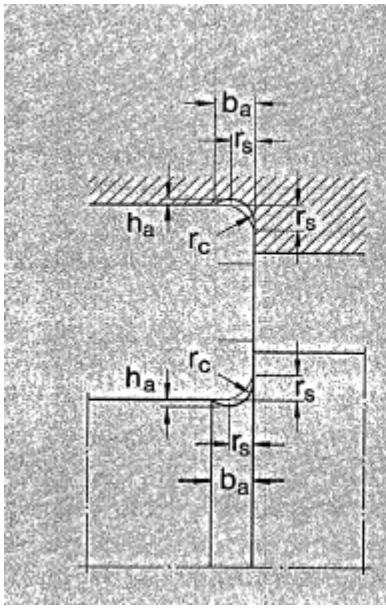
وضعیت پله های شافت وهوزینگ برینگ هاو....بایدطوری طراحی شـوندکه دارای تکیـه گـاه مناسـبی بـرای کنس برینگ باشند.علاوه بران بایدارتفاع انهاطوری باشدکه هیچگونه تماسـی بـین قطعـات ثابـت ومتحـرک یاتاقان بوجودنیاید.تکیه گاه های مناسب براساس نوع وسایزیاتاقان هابصورت زیرطراحی می شوندکه اندازه های مربوطه نیزبراساس نوع یاتاقان وکارخانه سازنده ان تعریـف ودرجـداول مربوطـه کـه یـک نمونـه ان درصفحه بعد اورده شده است.



همچنین ازنظراندازه نیزشـافت وهوزینـگ برینـگ دارای قطرمناسـبی باشـند.درصـورتی کـه قطرشـافت کمترازقطربرینگ باشدباعث کج نصب شدن یاتاقـان روی محـور(نـاهم محـوری),چرخیـدن کـنس داخلـی

وخراب شدن جای یاتاقان و.....می شودوبرعکس بیشتربودن قطرشافت نسبت به قطرداخلی برینگ نیزباعث کم شدن لقی برینگ وایجاداصطکاک بالارفتن دما وخرابی زودرس برینگ می گردد.همچنین ازادبودن برینگ درداخل هوزینگ برینگ وفیت بودن ان نیزباعث ایجادمسائل مشابه روی برینگ می گرددکه راجع به این موضوع دربخش تلرانس هاوانطباقات بطورمفصل بحث خواهدشد.

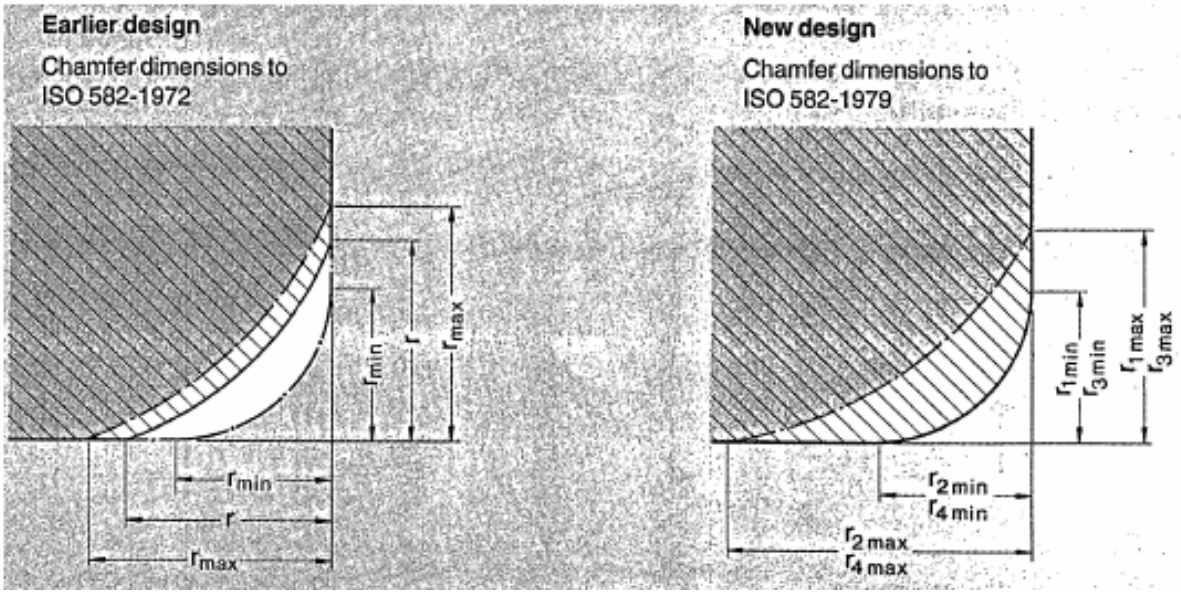
درجداول زیرابعادمناسب برای پله های روی شافت وهوزینگ برینگ ها اورده شده است.



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	5,9	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

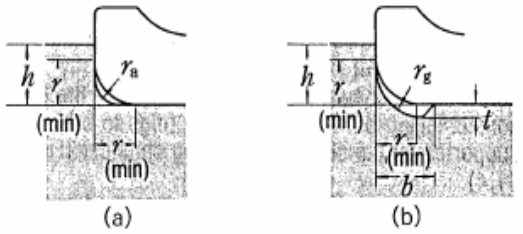
درشکل های زیرنیزطراحی های قدیمی وجدیدبرای تکیه گاه های برینگ هاباهم مقایسه شده اند.



کمترین قطرپله موردنیازبرای تکیه گاه برینگ روی محور

Units : mm

Nominal Chamfer Dimensions	Shaft or Housing		
	Fillet Radius	Minimum Shoulder Heights h (min)	
r (min) or r_1 (min)	r_a (max)	Deep Groove Ball Bearings, Self-Aligning Ball Bearings, Cylindrical Roller Bearings, Needle Roller Bearings	Angular Contact Ball Bearings, Tapered Roller Bearings, Spherical Roller Bearings
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

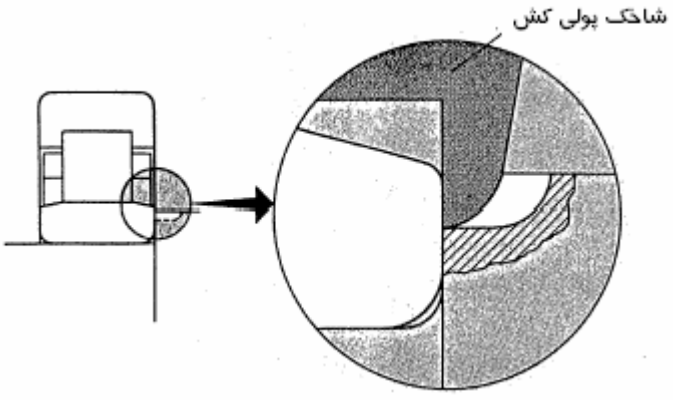
Shaft Undercut

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 زیادوجودداشته باشد shoulder height بایدبیشتراز مقدارتوصیه شده درجدول درنظرگرفته شود

لازم به توضیح است که پله روی محورورداخل هوزینگ برینگ بایدبه گونه ای طراحی شوندکه درموقع بیرون اوردن برینگ امکان قراردادن شاخک پولی کش درپشت ان فراهم باشد.



شناسائی برینگ های غلتکی

برخلاف برینگ های نوع لغزشی کلیه برینگ های غلتکی دارای کد(عددمشخصه) هائی هستندکه روی انها حک می شودو با این کدها شناسائی می شوند.این کدها شامل تعدادی حروف لاتین و عدد است که بعضی ازحروف قبل ازاعداد واقع می شوند(پیشوند)وبعضی دیگرازحروف بعد ازعددمشخصه(پسوند) هرکدام ازاینها مبین مشخصه ای ازبرینگ می باشند.

اعدادحک شده روی کلیه برینگ هااستانداردداست وتمامی کارخانجاتی که برینگ های عمومی می سازندموظفند ان رارعایت کنندولی برینگ های مخصوص که برای کاربردهای خاص ساخته می شوندممکن است بعضی اوقات ازاین استانداردهاتبعیت نکنند.همچنین حروف پیشوندیاپسوند نیز بطورکامل عمومی نبوده وکارخانجات مختلف برینگ سازی ممکن است حروفی راروی برینگ های خودحک کنندکه مبین مشخصه ای دیگرازبرینگ کارخانه دیگرباشد.

درسیسنم متریک اعدادی که روی برینگ ها حک می شوند به ترتیب ازسمت راست به چپ مبین:

۱-پسوندهای مربوط به مشخصه های فیزیکی برینگ که بعداراجع به انهاصحبت می شود.

۲-دورقم سمت راست مبین قطرداخلی(سری قطری) برینگ است اگر عددقرائت شده درپنج ضرب شودقطرداخلی کنس داخلی را برحسب میلیمترمشخص می کند.

البته استثنائاتی هم دراین زمینه وجوددارد که ذیلابه شرح ان می پردازیم:

الف-اگردوعدد سمت راست 00باشدقطرداخلی برینگ ده میلیمتراست

ب -اگردوعددسمت راست01باشد قطرداخلی برینگ دوازده میلیمتراست.

ج-اگردوعددسمت راست02باشد قطرداخلی برینگ پانزده میلیمتراست.

چ-اگردوعددسمت راست03باشد قطرداخلی برینگ هفده میلیمتراست.

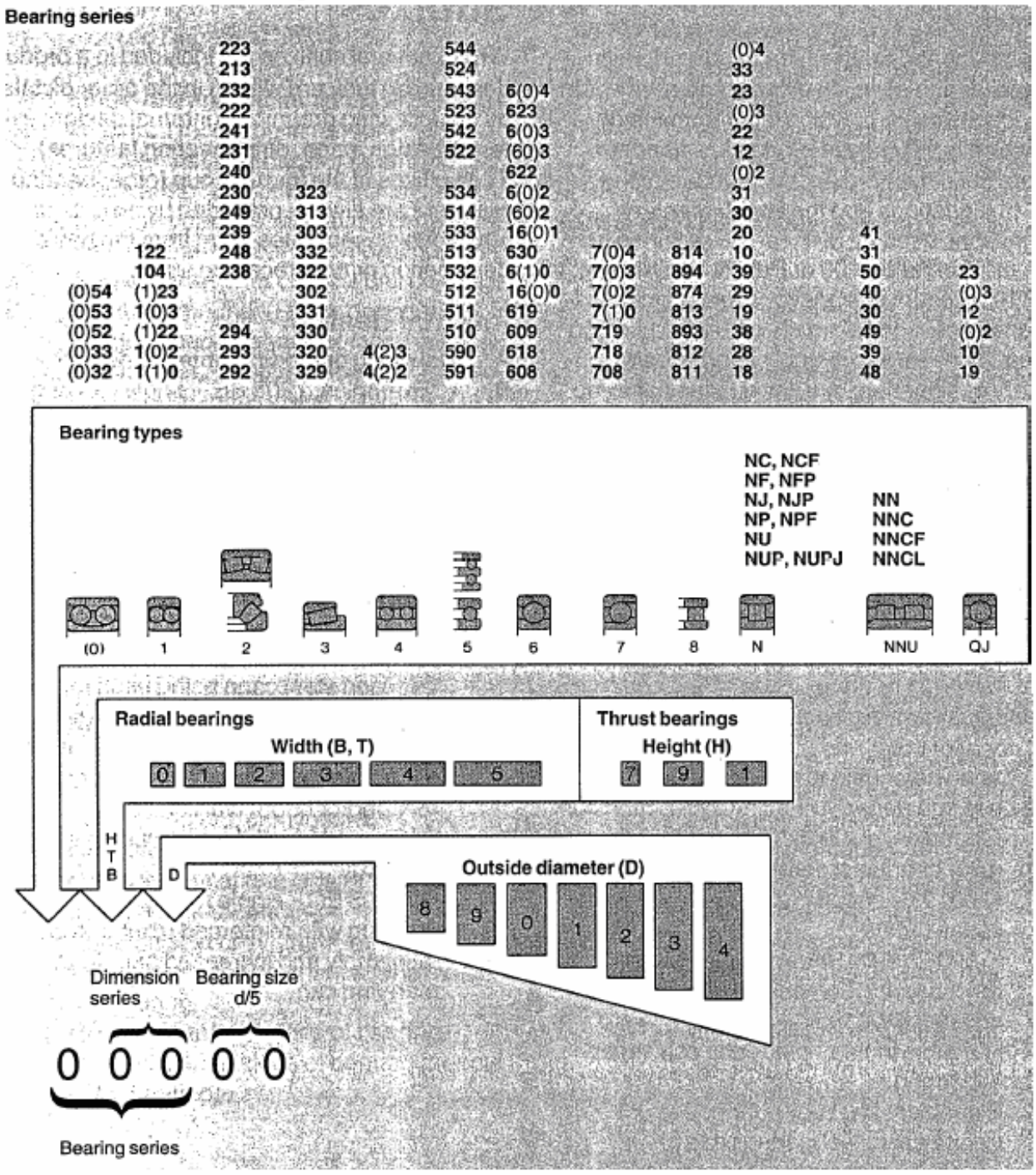
ح-اگردوعددسمت راست04باشد قطرداخلی برینگ بیست میلیمتراست.

ولی برای اعدادیگرقانون ذکرشده بطورکامل برقراراست.

۳-عددسوم ازسمت راست مبین کلاس (سری پهنای)برینگ می باشد که مشخص کننده مقدارتحمل باربرینگ است ویکی ازپنج عدد 0,1,2,3,,4 است هرچه کلاس برینگ بالاترباشد باربیشتری رامی تواند تحمل کندبطورمثال برینگی که سه عددسمت راست ان315باشد قطرداخلی ان ۷۵ میلیمتراست ونسبت به

بال برینگی که سه عددسمت راست ان215 است وقطرداخلی ان هم ۷۵ میلیمتراست باربیشتری رامی تواندتحمل کند.با بالارفتن کلاس برینگ(باتوجه به این که قطرداخلی ثابت است) قطرخارجی, پهنا وقطرساچمه ها بالاترمی رود.

جدول شناسائی برینگ های غلطکی براساس شماره انها



٤-اعدادباقی مانده که دورقم یاسه رقم خواهدبودمبین نوع(Type)برینگ است مثلاگر:

اگرعدد6باشد برینگ ازنوع بال بوده وبال برینگ نوع ساده است.

اگرعدد7 باشدبرینگ ازنوع ساچمه ای تماس زاویه ای است.

اگرعدد53باشد بال برینگ ازنوع ساچمه ای دوردیفه است

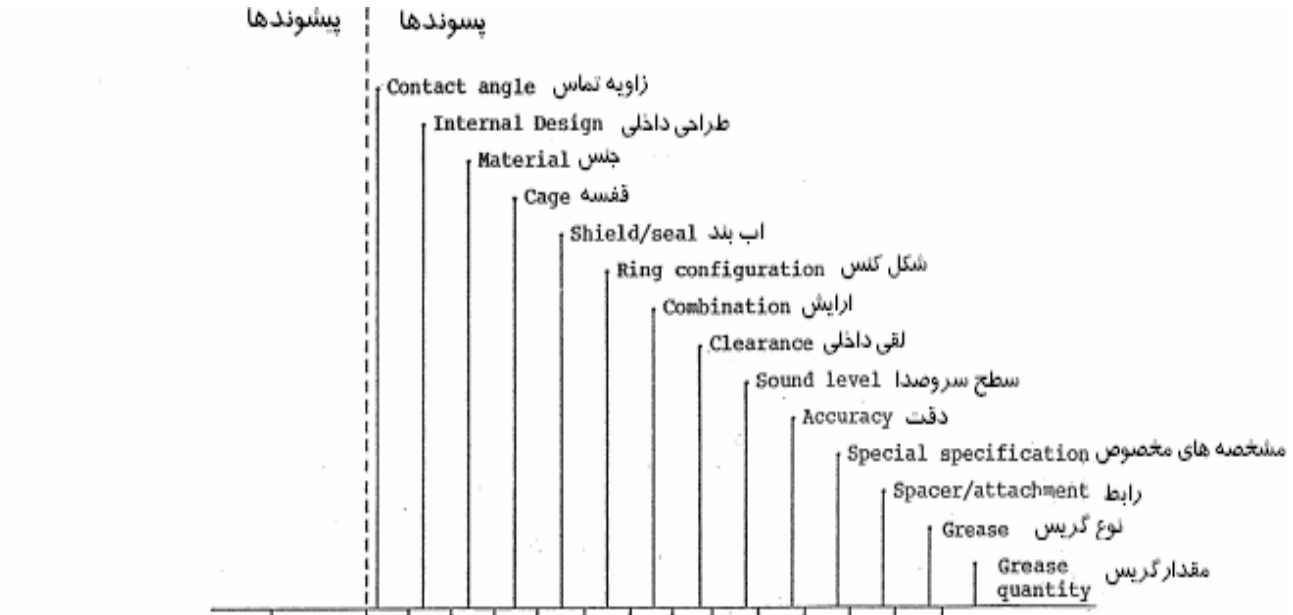
اگرعدد232باشدمبین برینگ نوع ساچمه ای خودمیزان است.

اگرعدد 51باشدبرینگ ازنوع بال برینگ کف گرداست.

اگرعدد322,302,303,313باشدبرینگ ازنوع رولربرینگ مخروطی است .

۵-حروف سمت چپ یاپیشوندهامربوط به مشخصه هـای فیزیکـی برینـگ هسـتندکه برخـی ازانهادرجـدول زیرتوضیح داده شده است.

بعضی ازپیشوندها وپسوندهای استفاده شده نیزدرجدول زیر درج شده است.



	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
رولربرینگ استوانه ای	NU310	C	C	s	Y	DU	E	DT	CM	EF	P4	U□	+KL	B32	L
رولربرینگ مخروطی	30206	D	M		F	DDU	E4	DR	CT	N	PB4			SRI	H
	HR30204		X		T	V	N		CG8	NF	PA5			NS7	M
رولربرینگ بشکه ای	22220		a		W	VV	NR		CA9		P4A				
	Basic Number		Supplementary Symbols												

درجدول زیرنیزانواع برینگ ها براساس شماره مشخصه انهااورده شده است.

اعداد مشخصه برینگ ها

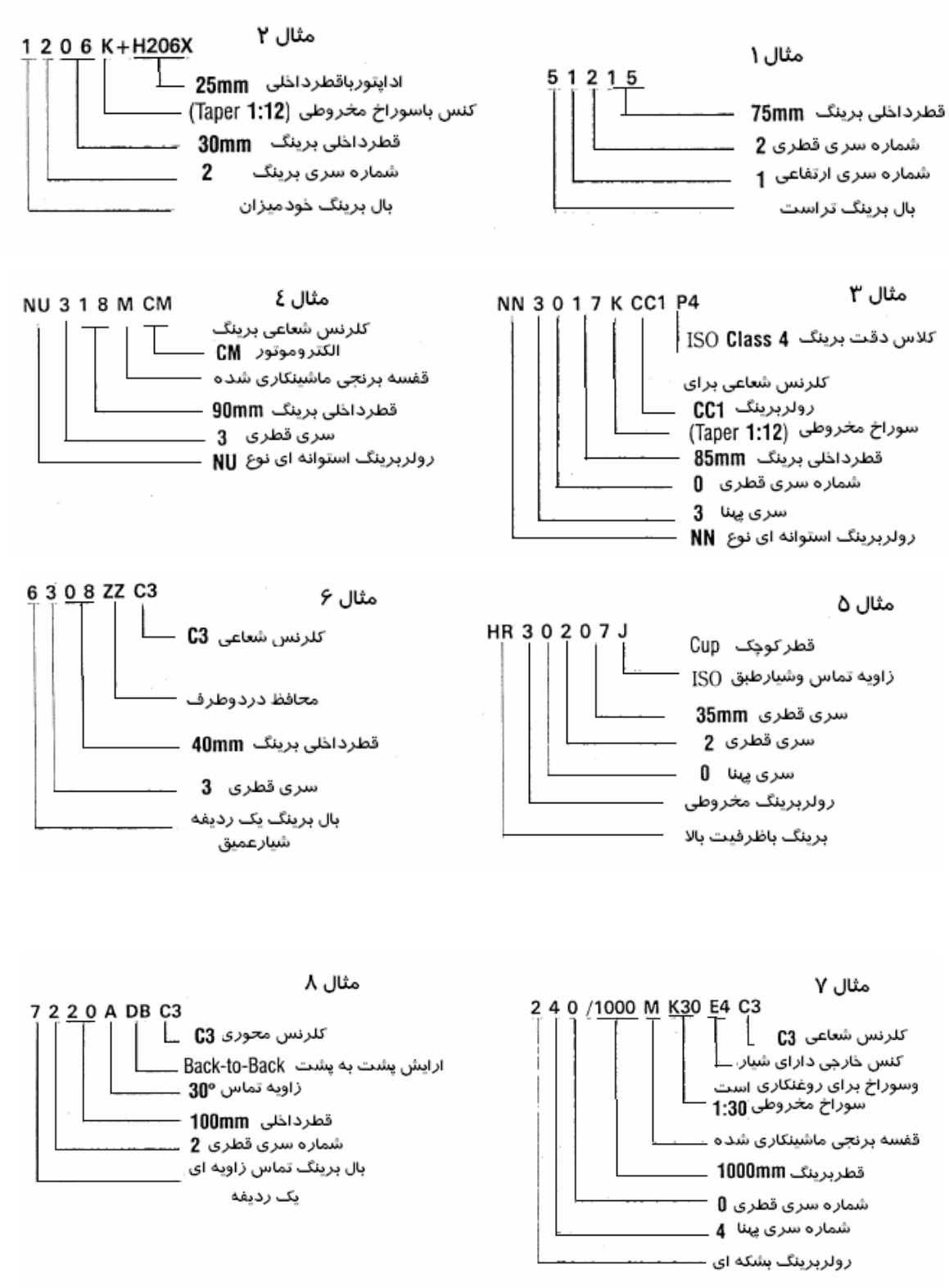
Bearing Type	Bearing Series Symbols	Type Symbols	Dimension Symbols: Width Symbols	Dimension Symbols: Diameter Symbols
Single-Row Deep Groove Ball Bearings	**68**	6	(1)	8
	69	6	(1)	9
	60	6	(1)	0
	62	6	(0)	2
	63	6	(0)	3
Single-Row Angular Contact Ball Bearings	**79**	7	(1)	9
	70	7	(1)	0
	72	7	(0)	2
	73	7	(0)	3
Self-Aligning Ball Bearings	**12**	1	(0)	2
	13	1	(0)	3
	22	2	(2)	2
	23	2	(2)	3
Single-Row Cylindrical Roller Bearings	**NU10**	NU	1	0
	NU2	NU	(0)	2
	NU22	NU	2	2
	NU3	NU	(0)	3
	NU23	NU	2	3
	NU4	NU	(0)	4
	NJ2	NJ	(0)	2
	NJ22	NJ	2	2
	NJ3	NJ	(0)	3
	NJ23	NJ	2	3
	NJ4	NJ	(0)	4
	NUP2	NUP	(0)	2
	NUP22	NUP	2	2
	NUP3	NUP	(0)	3
	NUP23	NUP	2	3
	NUP4	NUP	(0)	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

Bearing Type	Bearing Series Symbols	Type Symbols	Dimension Symbols: Width Symbols or Height Symbols	Dimension Symbols: Diameter Symbols
Double-Row Cylindrical Roller Bearings	**NNU49**	NNU	4	9
	NN30	NN	3	0
Needle Roller Bearings	**NA48**	NA	4	8
	NA49	NA	4	9
	NA59	NA	5	9
	NA69	NA	6	9
Tapered Roller Bearings	**329**	3	2	9
	320	3	2	0
	330	3	3	0
	331	3	3	1
	302	3	0	2
	322	3	2	2
	332	3	3	2
	303	3	0	3
	323	3	2	3
Spherical Roller Bearings	**230**	2	3	0
	231	2	3	1
	222	2	2	2
	232	2	3	2
	213(1)	2	0	3
	223	2	2	3
Thrust Ball Bearings with Flat Seats	**511**	5	1	1
	512	5	1	2
	513	5	1	3
	514	5	1	4
	522	5	2	2
	523	5	2	3
	524	5	2	4
Spherical Thrust Roller Bearings	**292**	2	9	2
	293	2	9	3
	294	2	9	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.

چندمثال:

درزیرمثـال هـائی ازانـواع برینـگ هاباشـماره مشخصـه هـای مربوطـه همـراه باپیشوندهاوپسـوندهای متعددذکرشده است.



درجداول صفحات بعدنیزتعدادی ازپیشوندهاوپسوندهاهمراه باتوضیحات ان اورده شده است.

پیشوندهاوپسوندهای همراه شماره های یاتاقان ها

Basic Numbers				Auxiliary Symbols					
Bearing Series Symbols (1) نوع برینگ		Bore Number قطرداخلی		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 69 60 :	Single-Row Deep Groove Ball Bearings	1 2 3 ⋮ 9 00 01 02 03	Bearing Bore 1 mm 2 3 ⋮ 9 10 12 15 17	(Angular Contact Ball Bearings) A Standard Contact Angle of 30° A5 Standard Contact Angle of 25° B Standard Contact Angle of 40° C Standard Contact Angle of 15°		A Internal Design Differs from Standard One J Smaller Diameter of Outer Ring Raceway, Contact Angle, and Outer Ring Width of Tapered Roller Bearings Conform to ISO		g Case-Hardened Steel Used in Rings, Rolling Elements h Stainless Steel Used in Rings, Rolling Elements		M Machined Brass Cage W Pressed Steel Cage T Synthetic Resin Cage V Without Cage		Z, ZS Shield on One Side Only ZZ, ZZS Shields on Both Sides DU Contact Rubber Seal on One Side Only DDU Contact Rubber Seals on Both Sides V Non-Contact Rubber Seal on One Side Only VV Non-Contact Rubber Seals on Both Sides	
70 72 73 :	Single-Row Angular Contact Ball Bearings												
12 13 22 :	Self-Aligning Ball Bearings												
NU 10 NJ 2 N 3 NN 30 :	Cylindrical Roller Bearings	/22 /28 /32	22 28 32			(For High Capacity Bearings) C, CA, CD Spherical Roller Bearings							
NA48 NA49 NA69 :	Needle Roller Bearings	04 (3) 05 06 ⋮ 88 92 96 /500 /530 /560 ⋮ /2 360 /2 500	20 25 30 ⋮ 440 460 480 500 530 560 ⋮ 2 360 2 500	(Tapered Roller Bearings) Omitted Contact Angle Less than 17° C Contact Angle about 20° D Contact Angle about 28°		E Cylindrical Roller Bearings H Spherical Radial and Thrust Roller Bearings HR (4) Tapered Roller Bearings							
320 322 323 (2) :	Tapered Roller Bearings												
230 222 223 :	Spherical Roller Bearings												
511 512 513 :	Thrust Ball Bearing with Flat Seats												
292 293 294 :	Spherical Thrust Roller Bearings												
Symbols and Numbers Conform to JIS (5)								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 B111.
(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.

پیشوندهاوپسوندهای همراه شماره یاتاقان ها

Symbol Symbol for Design of Rings		Combination Symbol ارایش		Internal Clearance Symbol کلرنس داخلی			Accuracy Class Symbol کلاس دقت		Special Specification مشخصه های خاص		Spacer or Sleeve Symbol رابط		Grease Symbol 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	For All Radial Brgs.	Omitted	ISO Normal		Bearings treated for Dimensional Stabilization	+K	Bearings with Outer Ring Spacers	AV2	Shell Alvania Grease No. 2
K30	Tapered Bore of Inner Ring Taper 1 : 30	DF	Face-to-Face Arrangement	C2	Clearance Less than CN		P6	ISO Class 6	X26	Working Temperature Lower than 150°C	+L	Bearings with Inner Ring Spacers	D4M	Toray Silicone SH 44M
E	Notch or Lubricating Groove in Ring	DT	Tandem Arrangement	Omitted	CN Clearance		P6X	ISO Class 6X	X28	Working Temperature Lower than 200°C	+KL	Bearings with Both Inner and Outer Ring Spacers	NS7	NS Hi-lube
E4	Lubricating Groove in Outside Surface and Holes in Outer Ring			C3	Clearance Greater than CN		P5	ISO Class 5	X29	Working Temperature Lower than 250°C	H	Adapter Designation	PS2	Multemp PS 2
N	Snap Ring Groove in Outer Ring			C4	Clearance Greater than C3		P4	ISO Class 4		(Spherical Roller Bearings)	AH	Withdrawal Sleeve Designation		
NR	Snap Ring Groove with Snap Ring in Outer Ring			C5	Clearance Greater than C4		P2	ISO Class 2	S11	Working Temperature Lower than 200°C	HJ	Thrust Collar Designation		
				CC1	Clearance Less than CC2	For Non-Interchangeable Cylindrical Roller Brgs.		ABMA(7) Tapered roller bearing						
				CC2	Clearance Less than CC		Omitted	CLASS 4						
				CC	Normal Clearance									
				CC3	Clearance Greater than CC		PN2	CLASS 2						
				CC4	Clearance Greater than CC3									
				CC5	Clearance Greater than CC4		PN3	CLASS 3						
				MC1	Clearance Less than MC2	For Extra-Small and Miniature Ball Brgs.								
				MC2	Clearance Less than MC3		PN0	CLASS 0						
				MC3	Normal Clearance									
				MC4	Clearance Greater than MC3		PN00	CLASS 00						
				MC5	Clearance Greater than MC4									
				MC6	Clearance Greater than MC5									
				CM	Clearance in Deep Groove Ball Bearings for Electric Motors									
				CT CM	Clearance in Cylindrical Roller Bearings for Electric Motors									
Partially the same as JIS(5)		Same as JIS(5)		NSK Symbol	Partially the same as JIS(5)/ BAS(6)		Same as JIS(5)		NSK Symbol, Partially the same as JIS(5)					
In Principle, Marked on Bearings											Not Marked on Bearings			

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

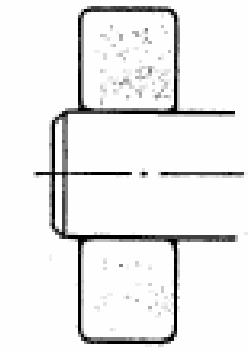
موقعیت شعاعی یاتاقان هاRadial Location OF Bearings

بال برینگ هاازاجزاوقطعاتی هستندکه دارای طول عمرمشخصی هستند ودرصورتی که مسائل نصب انهامراعات نشودباعث کاهش طول عمرشدیدانها می شود بدین دلیل نحوه قرارگرفتن بال برینگ روی شافت یاداخل هوزینگ برینگ(نوع انطباق) ازاهمیت زیادی برخورداراست زیرا اگرکنس ها ازادباشند باعث ناهم محوری انهاروی محوریا هوزینگ برینگ و حرکت نمودن درحین کارشده وباعث ایجادلرزش وارتعاش زیاد ونهایتا خرابی زودرس خواهدشد.ودرصورتی که روی شافت ویاداخل هوزینگ برینگ بصورت تداخلی (پرسی) نصب شوند باعث کاهش کلرنس های داخلی وعدم روغنکاری وگرم کردن و.....که نهایتا باز هم منجربه کاهش طول عمران وخرابی زودرس انهامی شود.

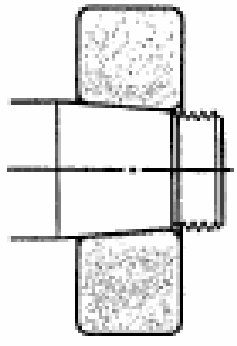
دراین قسمت بحث بطور مختصر راجع به نوع انطباق یانحوه نصب کنس های یاتاقان هاروی محورویاداخل هوزینگ برینگ هاپرداخته می شود.که اصل بحث این است که اطمینان حاصل شودکه درحین کارکنس های برینگ ها,لغزش یاچرخشی(حرکت نمی کنند) انجام نمی دهند.

این بخش شامل دوقسمت می باشد:

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

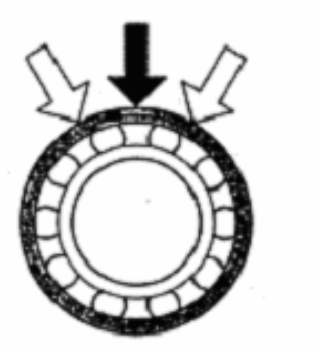


ب-قسمت دوم مربوط به برینگ هائی می شودکه قسمت کنس داخلی انهابصورت مخروطی شکل است.

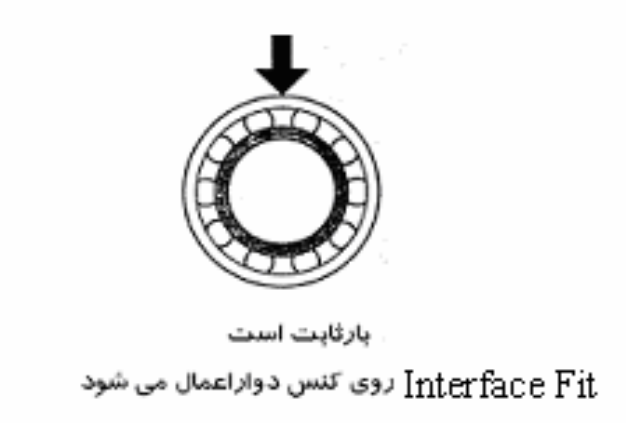


ذیلا به فاکتورهای اساسی انطباق برینگ های استوانه ای پرداخته می شود:

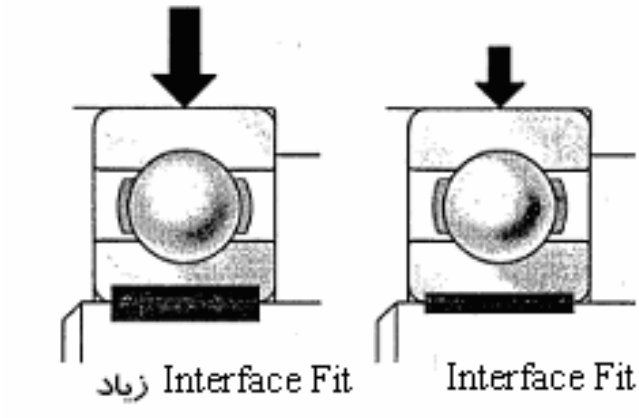
۱- اگرکنس داخلی یاتاقان ثابت باشد(نچرخد)وکنس خارجی بچرخد(مثل برینگ چرخ جلوی پیکان)کنس خارجی بایدبصورت تداخلیInterface Fitداخل هوزینگ نصب شودوکنس داخلی بایدبصورت ازادروی محورنصب شود.(خطوط توپرمبین انطباق تداخلی هستند)



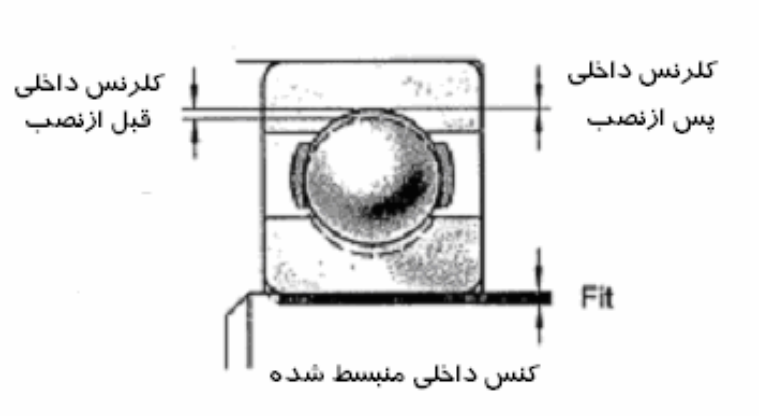
۲-اگرکنس داخلی بچرخد(باررروی این کنس باشد)وکنس خارجی ثابت باشدرینگ داخلی بایدبصورت پرسی ورینگ خارجی بصورت ازادنصب شود.



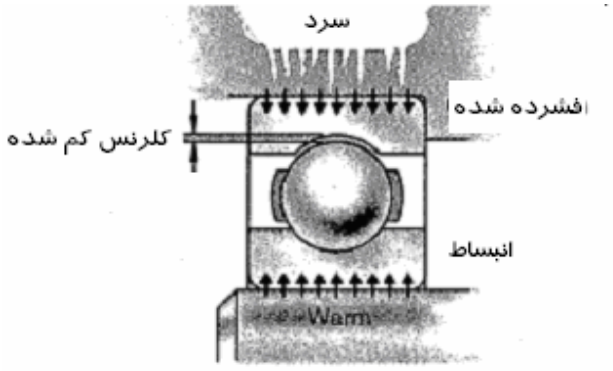
۳-هرچه بارسنگین ترباشدمقدارتداخلInterface Fitنیزبایدبیشترانتخاب شود.



٤-درصورتی که ازبرینگ بالقی داخلی بیشتراستفاده شودمی توان ازانطباق تداخلی تر استفاده کرد.



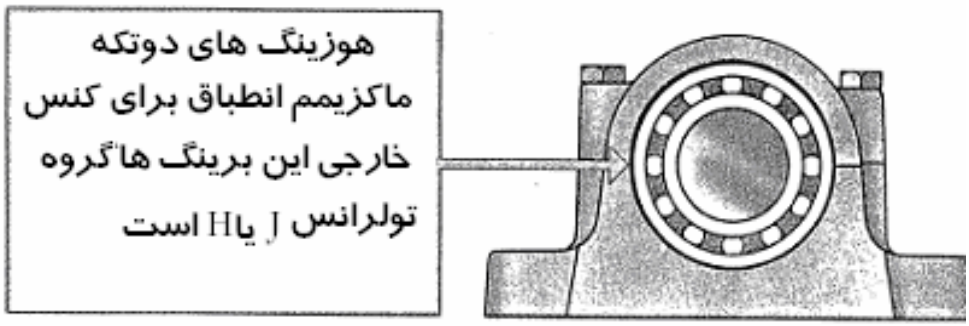
۵-اگرشرایط نصب برینگ طوری باشدکه کنس داخلی برینگ بیشترگرم شود(دمای محوربالاباشد)وکنس داخلی خیلی گرم نشود(دارای سیستم خنک کننده باشد)انطباق بایدطوری انتخاب شودکه کنس داخلی روی محورکمترپرس شودوکنس خارجی نیزداخل هوزینگ برینگ ازادترباشد.



یک شافت گرم وهوزینگ خنک تداخل قطعات
وکلرنس های داخلی راتحت تاثیرقرارمی دهد

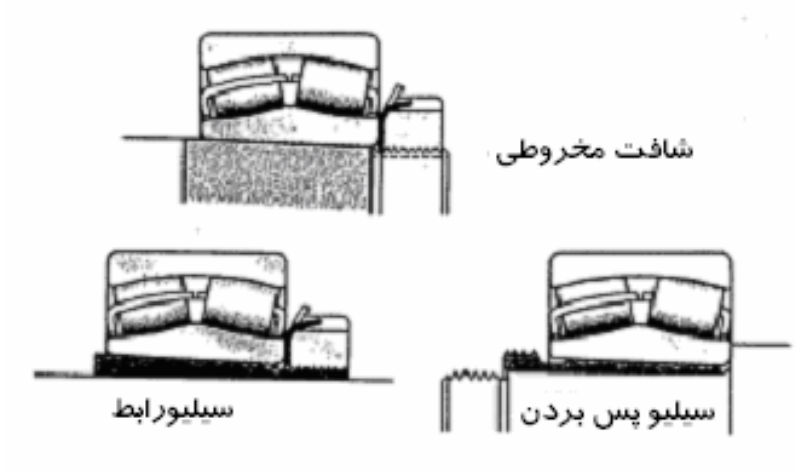
۶-برای مواردی که دقت نصب بایدبالاباشدوبرینگ بالرزش وحرکت کمتری بایدکار کندکنس های داخلی وخارجی هردوبایدروی محورورداخل هوزینگ بصورت پرسی(طبق انطباق توصیه شده توسط کارخانه سازنده)نصب شوند.

۷-بسته به طراحی ونوع موادبکاررفته درساختمان شافت وهوزینگ برینگ که باعث عدم تماس کامل کنس هامی شودو.....بایدازانطباقات توصیه شده توسط کارخانه سازنده برینگ استفاده نمود.



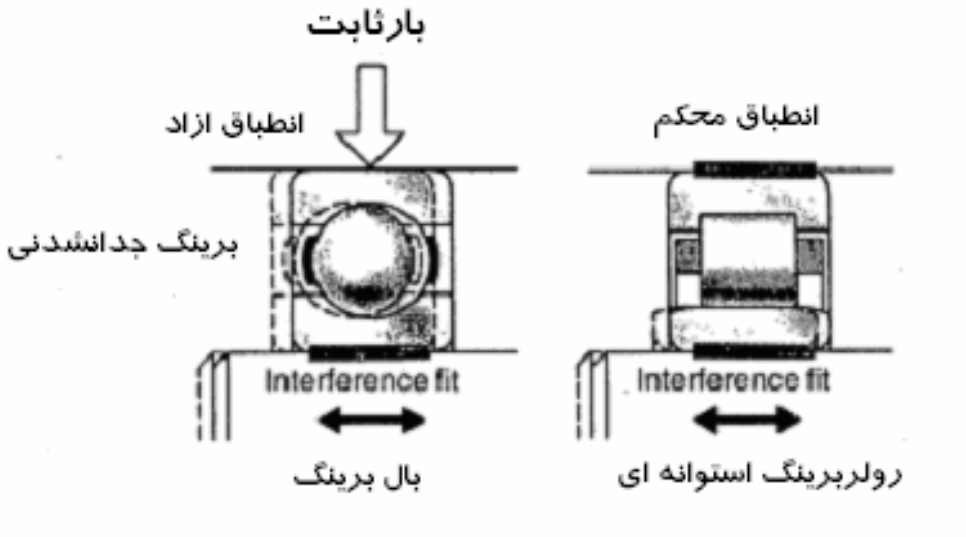
۸-برای برینگ هایی که روی محورهای توخالی نصب می شوندبایدازانطباق تداخلی تر(Interfaceبیشتر) استفاده کرد. همچنین بال برینگ هائی که درهوزینگ های باضخامت کم نصب می شوند Light Alloy) (Housingبایدازانطباقات تداخلی بالاتری نسبت به هوزینگ برینگ های کلفت تریاچدنی استفاده نمود.

۹-درمواردی که برینگ ها بایدبه راحتی ازروی محوریاهوزینگ برینگ بیرون اورده یانصب شوندمی توان ازبرینگ هائی که کنس های ان ازهم جدامی شوند Separtable Bearingهایابرینگ هائی که داخل انهابصورت مخروطی است استفاده نمود.



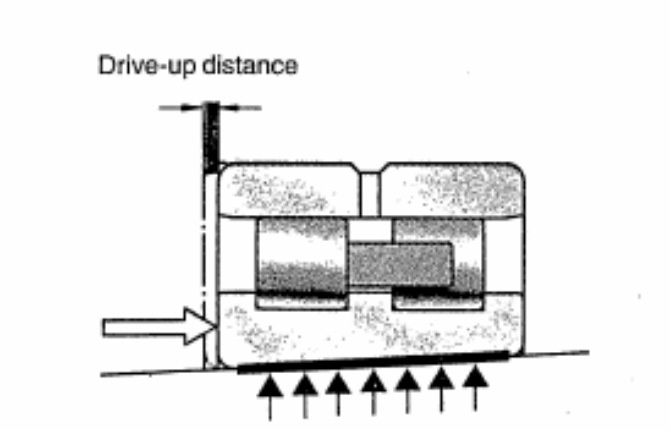
۱۰-درمواردی که ازبرینگ های Non Separable Bearingهااستفاده می شود(برای جبران انبساط رشدحرارتی محور)یکی ازکنس هاتحت تمامی شرایط کاری بایدبتواندازادانه حرکت محوری داشته

باشد.دراینگونه مواقع بایدکنس خارجی برینگ داخل هوزینگ ازادترباشدیاازرولربرینگ های نوعNUکه کنس های انها می توانندنسبت به هم حرکت داشته باشنداستفاده کرد.



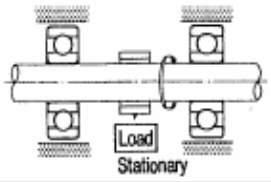
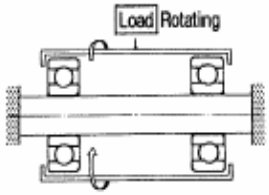
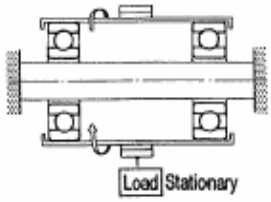
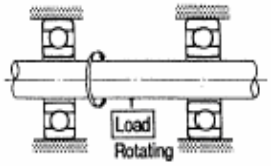
۱۱-درمواردی که قطرداخلی برینگ بصورت مخروطی باشدمقدارحرکت برینگ روی محور Drive-Up Distance بایدمحدودباشدوبسته به نحوه اعمال بارروی کنس های برینگ ها انطباقات متفاوتی هم برای نصب برینگ استفاده می شود.

دراین حالت مقدارتداخل براساس Drive-Up Distanceطبق شکل زیرتعیین می شود.



درجدول زیرخلاصه ای ازمواردذکرشده فوق اورده شده است.

جدول نحوه اعمال باروانطباقات

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		
	Stationary	Rotating	Rotating Outer Ring Load	Loose Fit	Tight Fit
	Rotating	Stationary	Stationary Inner Ring Load		
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

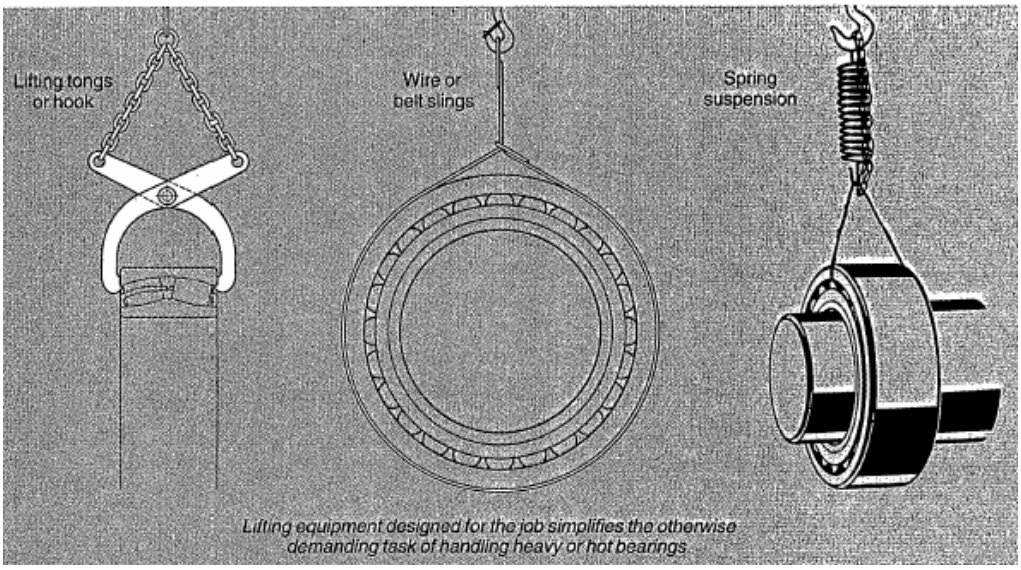
خزش کنس بیرونی Creep

باتوجه به این که درحین کارهمواره پایین ترین نقطه کنس خارجی یک برینگ نسبت به نقاط دیگـر ان تحـت نیروی بیشتری واقع می شود(نیروی ناشی ازوزن رتورکه جهت ان بطرف پـایین اسـت)دراثراعمـال بارهـای وارده قسمت پایینی برینگ بیشترازقسمت های دیگردرمعـرض سـایش وفرسـایش قرارمـی گیردولـذابرای جلوگیری ازاین حالت نحوه انطباق کنس بیرونی برینگ درداخل هوزینگ برینگ بایدطوری باشد(Push Fit) که درحـین کـاروچرخش شـافت کـنس خـارجی حرکتـی بسـیارخزنده وارام داشـته باشـدکه بـه ان خـزش یاCreepگفته می شود.

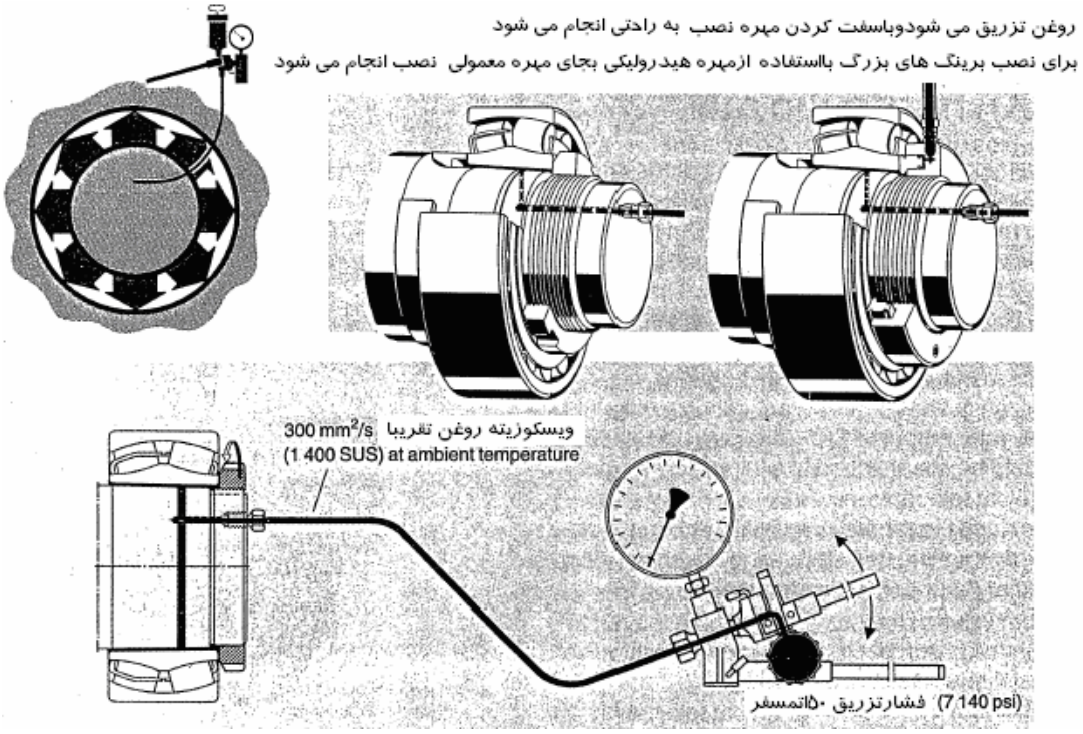
درارتباط بانحوه انطباق کنس هابامحوروهوزینگ برینگ هادربخش تلرانس هاوانطباقات بطورمفصـل بحـث خواهدشد.

تجهیزات موردنیازبرای جازدن وبیرون اوردن برینگ ها

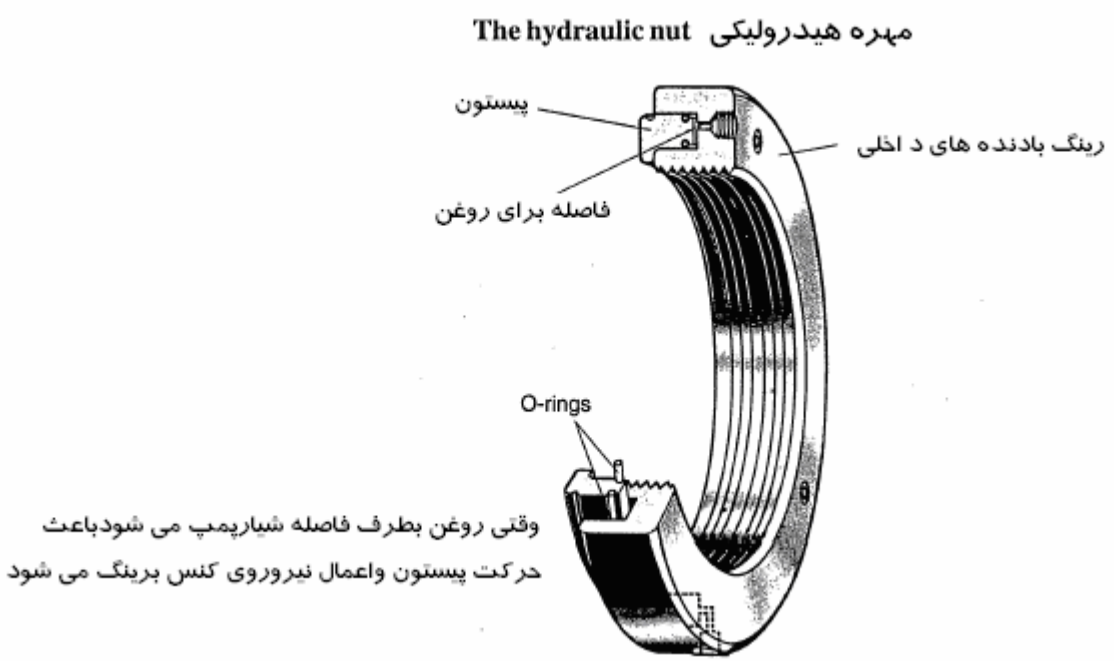
باپرسنل اموزش دیده واستفاده ازتجهیزات مناسب مونتاژودمونتاژبطورموثری می تواندازصدمه رسیدن به یاتاقان هادرهنگام نصب وبیرون اوردن یاتاقان جلوگیری کند.همچنین این مواردباعث افزایش سرعت کار,ایمن انجام شدن عملیات می شود.این تجهیزات شامل قلاب فنراویزان نگه دارنده وسیم های مخصوص برای اویزان نگه داشتن یاتاقان است که درشکل زیرنشان داده شده است.



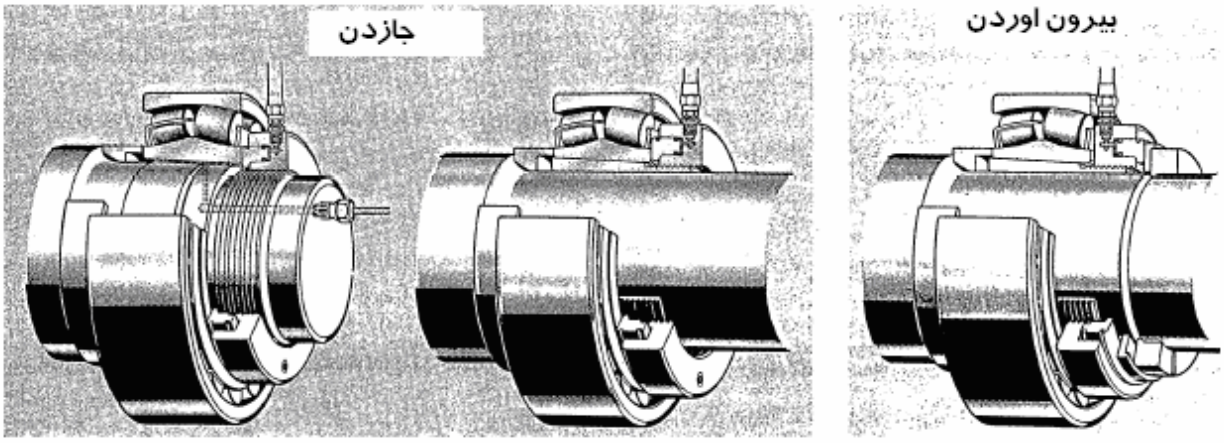
همچنین استفاده ازتجهیزات هیدرولیکی می تواندبطورموثری دررسیدن به اهداف فوق عمل نمایدکه درشکل زیرشمائی ازان نشان داده شده است.



استفاده ازمهره هیدرولیک نیزبرای جازدن برینگ هامی تواندبسیارمفیدباشد.



درشکل زیرنحوه کارمهره هیدرولیکی برای جازدن وبیرون اوردن برینگ نشان داده شده است.



روش های نصب یاتاقان ها

برای نصب برینگ هائی که نحوه انطباق انهاروی محوربصورت تداخلی است ازیکی ازدوروش زیراستفاده می شود:

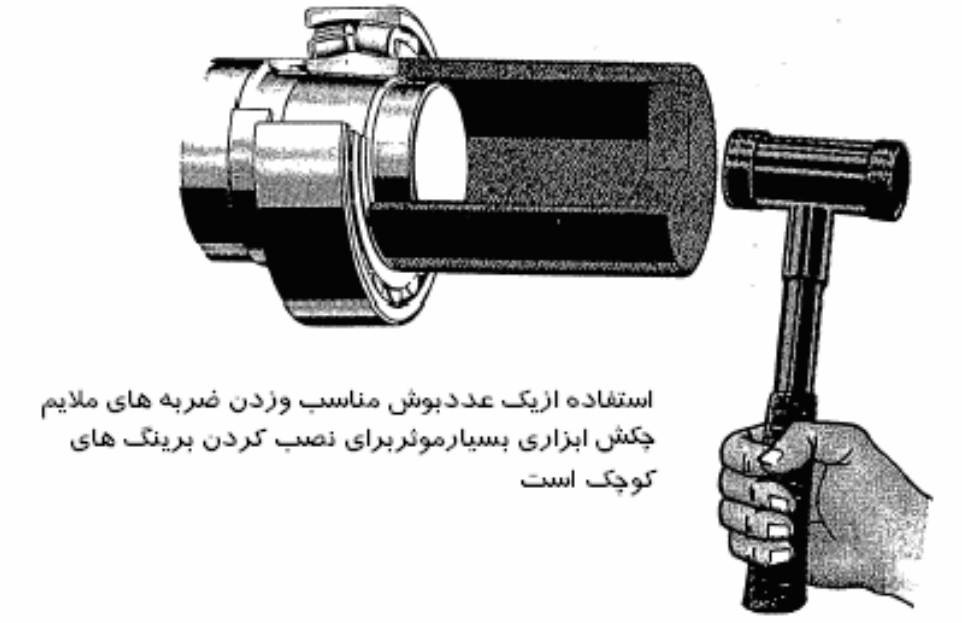
۱-نصب به روش پرس کردنPress Fit

۲-نصب به روش انقباضیShrink Fit

نصب به روش پرس کردنPress Fit

دراین حالت ازمتدهای مختلفی برای جازدن برینگ هااستفاده می شودکه ذیلا به شرح هرکدام ازانهاپرداخته می شود.

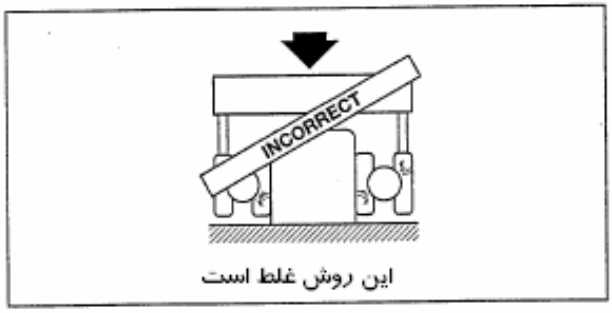
روش زیرکه بااعمال نیروروی کنس برینگ انجام می شودبرای جازدن یاتاقان های کوچک مورداستفاده قرارمی گیرد.برای جازدن کنس داخل برینگ فشارلازم توسط یک لوله ای که قطرداخلی ان به اندازه کنس داخلی است وباضربات چکش ویازیرپرس قراردادن لوله لبه صاف انجام می شودکه اعمال این نیروروی کنس باعث افزایش قطرداخلی کنس داخلی(یاانقباض قطرخارجی کنس خارجی)می گردد. .بایددقت شودکه یاتاقان وتکه لوله که روی ان قرارمی گیردهردوبایدنسبت به هم ونسبت به لبه یاتاقان صاف باشند(بامرکزشافت هم محورباشند)درغیراین صورت علاوه برامکان خط افتادن روی شافت یاتاقان بصورت کج نصب می شودوباعث صدمه دیدن ان ومسائل بعدی خواهدشد.

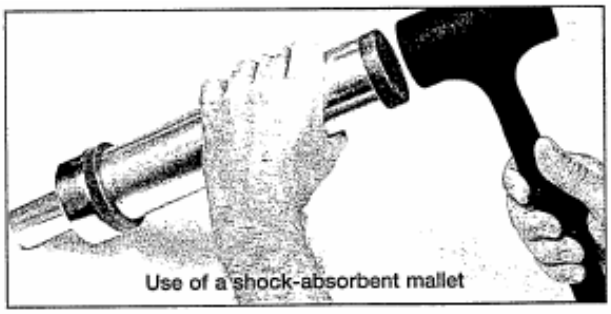


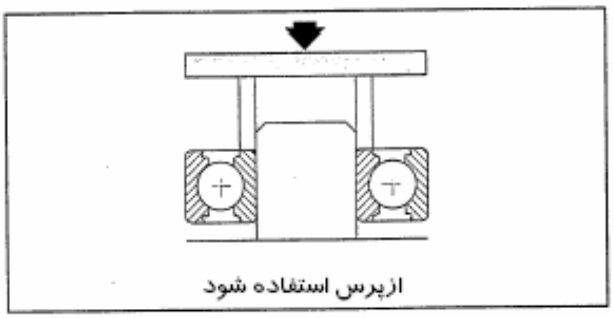
استفاده ازیک عددبوش مناسب وزدن ضربه های ملایم چکش ابزاری بسیارموثربرای نصب کردن برینگ های کوچک است

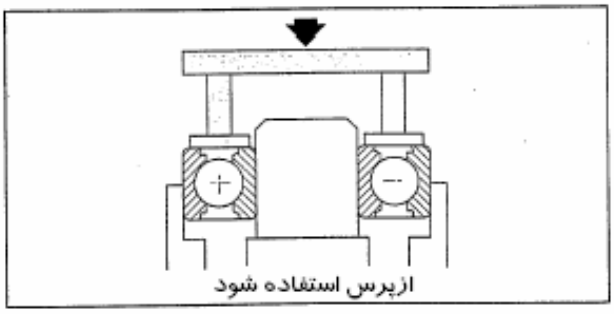
لازم به توضیح است که برای جازدن کنس داخلی رینگ بایدلوله روی کنس داخلی قرارگیردوضربه روی کنس داخلی واردشودوبرای جازدن کنس خارجی نیزهمینطوردرغیراین صورت باعث خرابی یاتاقان درحین نصب خواهدشد.

درشکل های زیرروش های صحیح وغلط نصب برینگ هانشان داده شده است.









نصب به روش گرم کردنHot Mounting

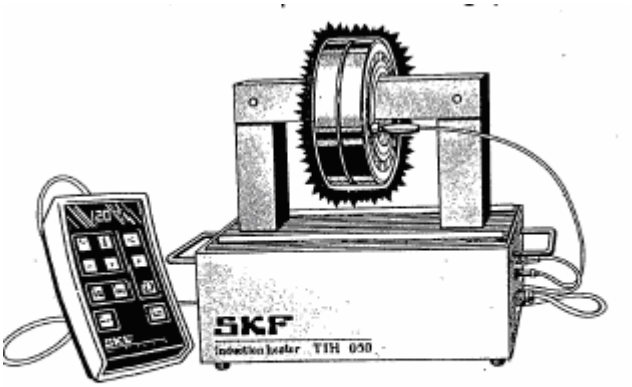
دراین روش بامنبسط نمودن قطرداخلی کنس داخلی برینگ دراثرافزایش درجه حرارت قطرکنس داخلی افزایش پیدامی کندوباعث می گرددکنس داخلی به راحتی روی محورحرکت کندکه پس ازسردشدن باعث انقباض مجددوفیت سوارشدن برینگ روی محورمی گردد.این طریقه سوارکردن یاتاقان به عمل Shrink Fitمعروف است که برای یاتاقان های متوسط وبزرگ بخصوص روی محورهای طویل به وفورمورداستفاده قرارمی گیرد. اگربنابه دلایلی نتوان ازروش های تزریقی یامهره هیدرولیکی استفاده نمودمی توان باگرم کردن برینگ ان رانصب نمود.

گرم کردن یاتاقان به دو روش انجام می شود:

۱-استفاده ازهیترالقائیInduction Heater

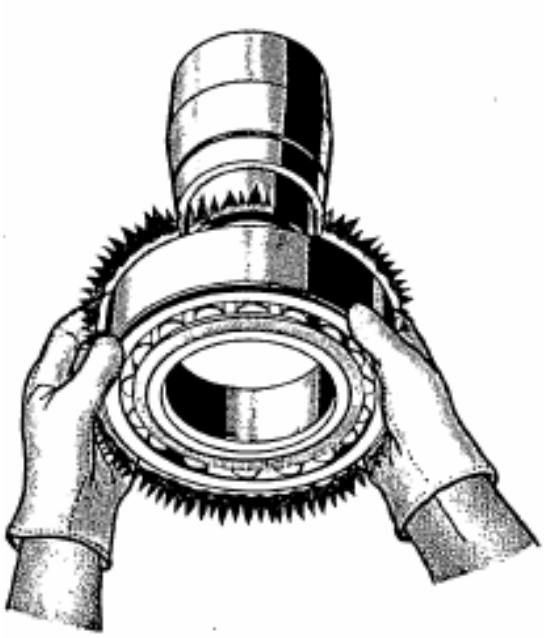
۲-استفاده ازحمام روغنOil Bath

اکثرهیترهای القائی مجهز به ترموستات قابـل تنظـیم مـی باشـندوقبل ازنصـب نیزبایـددمای ان بااسـتفاده ازترمومتراندازه گیری شودتااطمینان حاصل شودیاتاقان به اندازه کافی انبساط پیداکرده است.

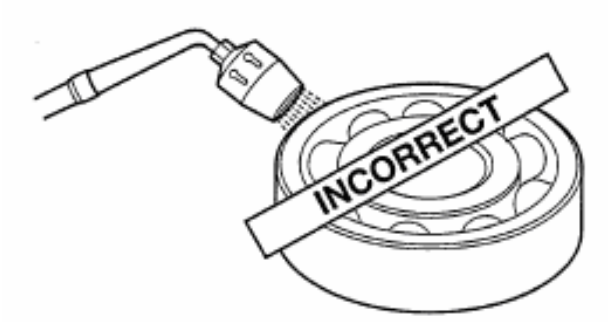


An SKF induction heater with automatic demagnetization can safely heat small to medium-size bearings mounted with an interference fit on the shaft.

برای نصب یاتاقان گرم حتماازدستکش مناسب و تمیزبایداستفاده شود.

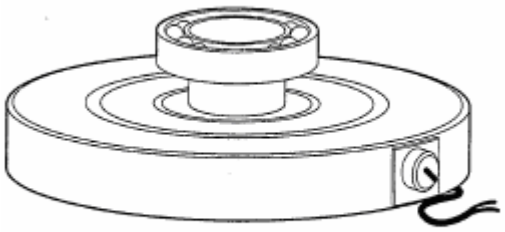


برای گرم کردن برینگ به هیچ وجه نبایدشعله مستقیم با ان تاباند.



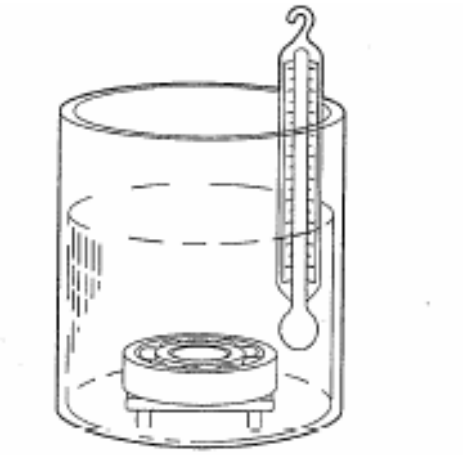
گرم کردن برینگ به روش غلط

برای گرم کردن برینگ می توان ازیک صفحه گرم طبق شکل زیراستفاده کرد.



صفحه گرم

یکی ازروش های گرم کردن برینگ هااستفاده ازحمام روغن است که درشکل زیرملاحظه می کنید.

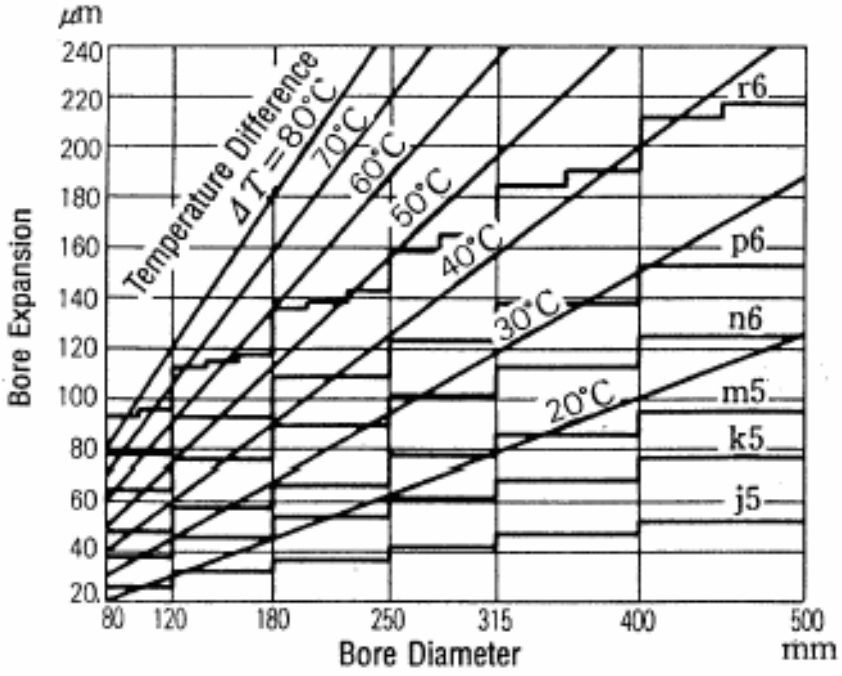


Oil bath : open bearings only

تجربه نشان داده است که مقدارپرس سوارشدن موردنیازبرای این که برینگ به راحتی نصب شودبستگی به نوع تداخل (h6,p6,....)دارد.وبه عنوان یک قانون عمومی وتجربیبلراساس قطربرینگ هابرای جازدن بدون دردسرانهااگرطبق جدول زیرعمل شودامکان نصب راحت انهامیسراست .

قطرکنس 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)

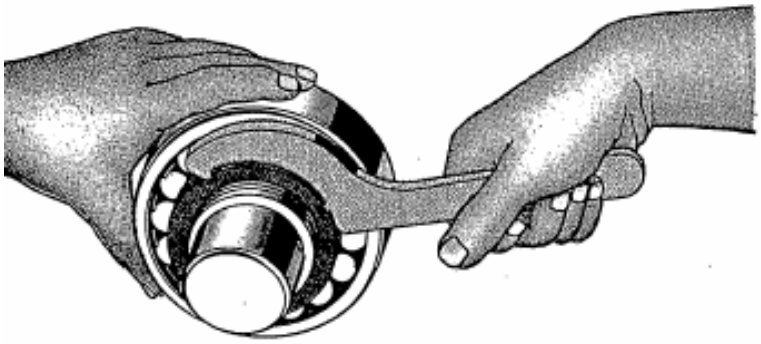
دمای موردنیازبرای گرم کردن برینـگ هـارامی تـوان براسـاس قطرداخلـی یاتاقـان ونـوع انطبـاق برینـگ ازجدول زیرنیزبدست اورد.



گرماوانبساط حرارتی کنس داخلی برینگ

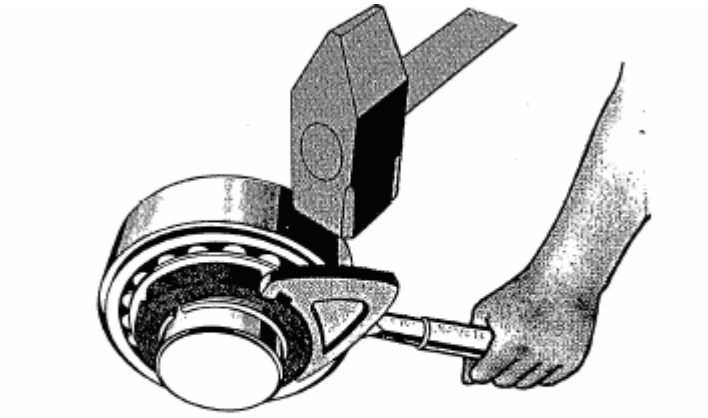
نصب مکانیکی برینگ ها

برینگ های کوچک رامی توان بااستفاده ازمهره واچارمخصوصHook Spanner نصب نمود.



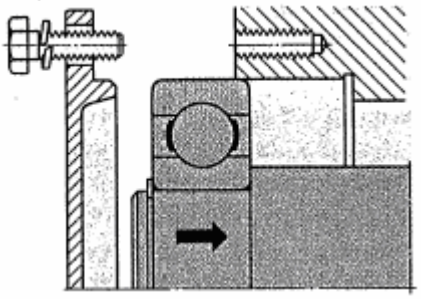
لاک نت هابطورمخصوصی طراحی شده اندومی توانندنیروی موردنیـازبرای نصـب برینـگ وپـرس شـدن برینگ روی شافت رااعمال کنند(اگرامکـان داشـته باشـددراین موقعیـت ازنصـب لاک واشـردرحین نصـب خوداری شود)درحین سفت کردن لاک نت به کم شدن لقی داخلـی توجـه شـودتاکلرنس مطلـوب بدسـت اید.وقتی لاک واشربایدسرجایش نصب شودمهم است که سطح دنده هاوسطوح لاک نت ولاک واشـرکه بـا هم درتماس هستندبه مولیکوت مخصوص یاهرنوع روانکاردیگر اغشته گردد.

برینگ های باسایزمتوسط رانیزمی توان بالاک نت واعمال ضربه روی انهاوبااستفاده ازاچارمخصـوص نصـب نمود.

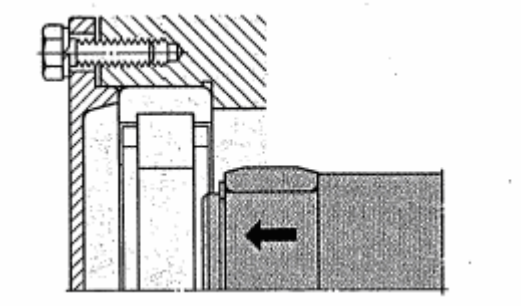


برای نصب برینگ های بزرگترنیازبه اعمال نیروی بیشتری است دراین گونه مواردنصب برینگ بصورت ترکیبی بااستفاده ازلاک نت مهره و سفت کن چکشی *impact spanner* ویک چکش انجام می شود

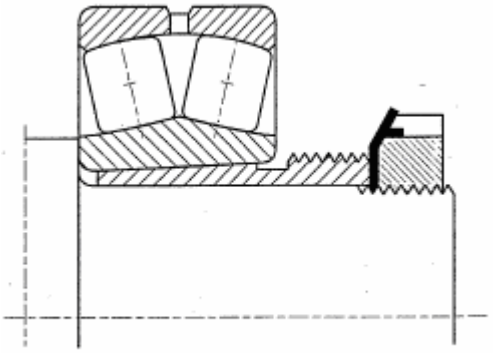
اگربرای نصب کنس داخلی نیازبه انطباق تداخلی باشـدابتداکنس داخلـی روی محورنصـب مـی شودسـپس بافشاردادن شافت وبرینگ به داخل هوزینگ کنس خارجی درمحل خوددرداخل هوزینگ نصب می شود



برینگ هائی که کنس های ان ازهم جـدامی شـوندکنس هاجداجدانصـب مـی شـوندودرمواقعی کـه کـنس هابصورت تداخلی بایدنصب شوندخیلی مفیداست

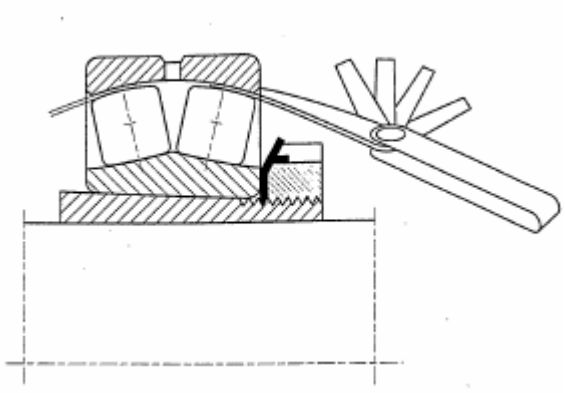


برای برینگ هائی که موقعیت قرارگیری انهاروی محوربایدثابت باشد(شافت پله داراست)ازاین روش استفاده می شود.دراین روش ابتدابرینگ روی محورقرارمی گیردسپس بوش پشت ان نصب می شودوباسفت نمودن لاک نت پشت بوش ,بوش بطرف جلوحرکت می کندکه هرچه جلوترمی رودبوش بیشتررروی برینگ پرس می شود وباعث محکم شدن برینگ روی محورمی گردد.



نصب مکانیکی

البته درحین سفت کردن لاک نت کلرنس بین غلتک هاوکنس هابایداندازه گیری شودتازمان توقف سفت کردن مشخص شود.



نصب برینگ ها بااستفاده از تجهیزات هیدرولیکی

نصب یاتاقان های باقطرداخلی بیشتراز ۵۰میلیمتربااستفاده ازتجهیزات هیدرولیکی وتزریق روغن به راحتی قابل نصب می باشند.دراین روش بااعمال نیروی ناشی ازفشارهیدرولیکی روغن, برینگ روی محورنصب می شود.

این کاربه دوصورت انجام می شود:

الف-بااستفاده ازمهره هیدرولیکی که روی شافت (پشت کنس داخلی)پیچانده می شودوباابالابردن فشارروغن داخل ان نیروئی روی پیستون ان بوجودمی ایدکه باعث جلوراندن کنس یاتاقان روی شافت می شود.مهره هیدرولیک دقیقامثل یک جک عمل می کند.

ب-تزریق روغن زیرکنس داخلی برینگ نیزباعث انبساط قطرداخلی کنس داخلی وازادشدن ان ازروی محورو‌راحتی نصب ان می گردد.

که ذیلا به شرح این روش هاپرداخته می شود.

مراحل نصب برینگ بااستفاده ازمهره هیدرولیکی به صورت زیراست:

۱-مهره هیدرولیکی روی محورپیچانده می شودوبادست سفت می شودتابه صورت برینگ بچسبد.

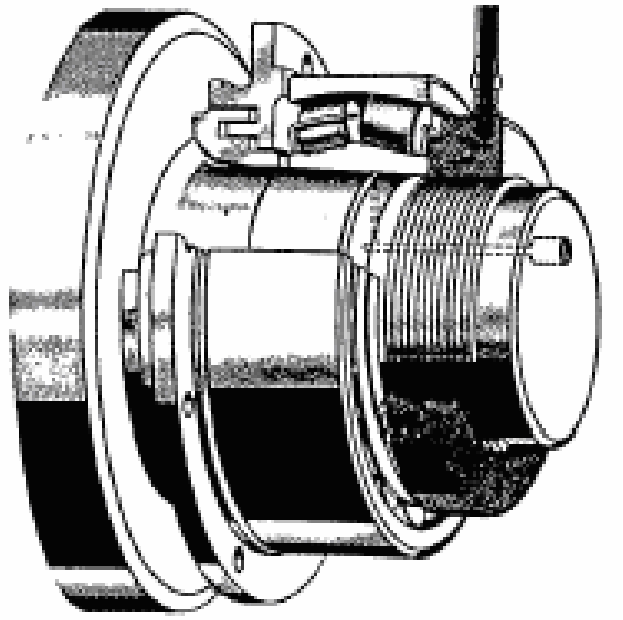
۲-پمپ بکارانداخته می شودتافشارروغن بالا رودوبرینگ درمحل مناسب خودنصب شود.

۳-سپس مهره هیدرولیکی بازمی شودولاک نت اصلی بسته می شود.البته کلرنس های داخلی بایدمجددادرطی این مراحل چک شوند.

بااستفاده ازمهره هیدرولیکی امکان نصب برینگ های تاقطرداخلی1000mm نیزمیسراست.

برای بیرون اوردن برینگ ازروی محورنیزباتزریق روغن ازطریق سوراخ وکانالی داخل محورکه روغن رازیرکنس تزریق می کنداستفاده می شود.

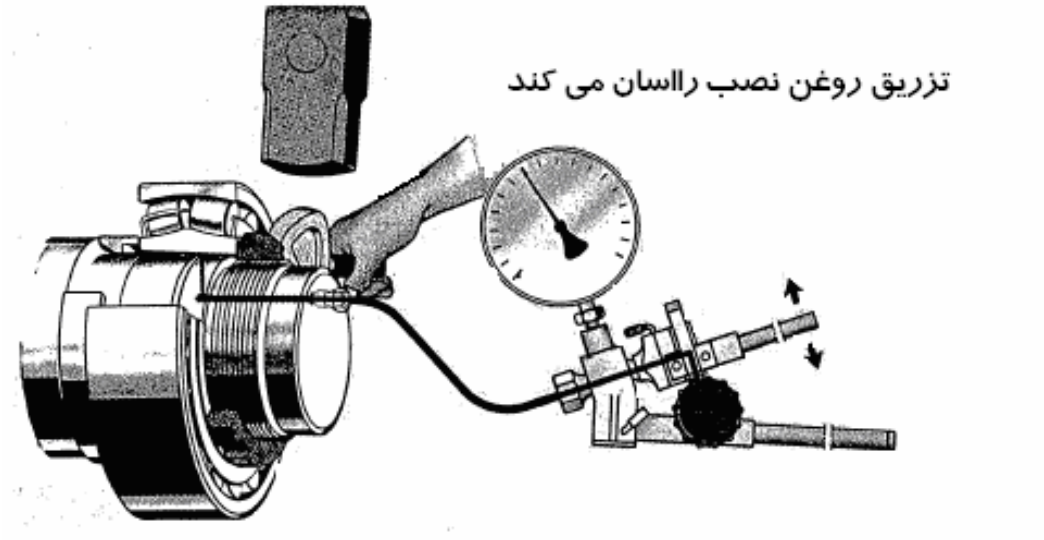
مهره هیدرولیکی



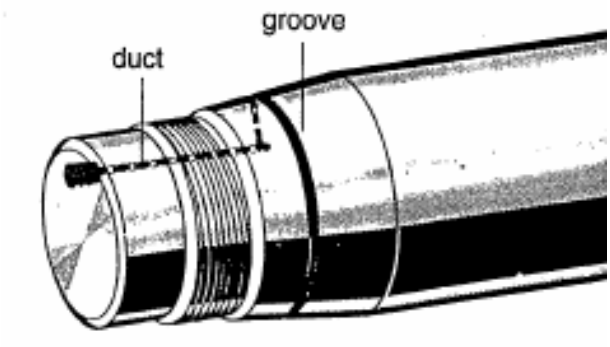
نصب یاتاقان به روش تزریق روغن

ازاین روش برای نصب یاتاقان های باسایزمتوسط وبزرگ استفاده می شود.اصول کاراین روش براین اساس است که روغن بافشاربالا بین کنس داخلی بیرینگ ومحل قرارگیری ان روی محورتزریق می شودتااین دوسطح کاملا ازهمدیگرجداشوندواصطکاک تقریبابه صفربرسددراین حالت بااعمال مقدارجزئی نیرودرجهت محوری به کنس داخلی برینگ به راحتی درمحل موردنظرقرارمی گیردتالقی داخلی موردنظربرای یاتاقان بوجوداید.

لازم به توضیح است که لقی نهائی حدود۲۰دقیقه بعدازازادشدن فشارروغن بایدمجدداندازه گیری شود.البته برای برینگ های مختلف نیازبه تجهیزات باسایزمناسب ان یاتاقان است.



لازم به توضیح است که برای استفاده ازسیستم تزریق روغن تحت فشاربایدمحل هاوشیارهای مناسبی روی شافت تعبیه شده باشد.



نصب یاتاقان های باسوراخ مخروطی روی سیلیو

درمواردی که امکان نصب یاتاقان بصورت پرسی وانبساطی میسرنباشدازیاتاقان هـای بـاکنس بـاقطرداخلی مخروطی استفاده می شود.

این گونه یاتاقان هابه دوصورت روی محورنصب می شوند:

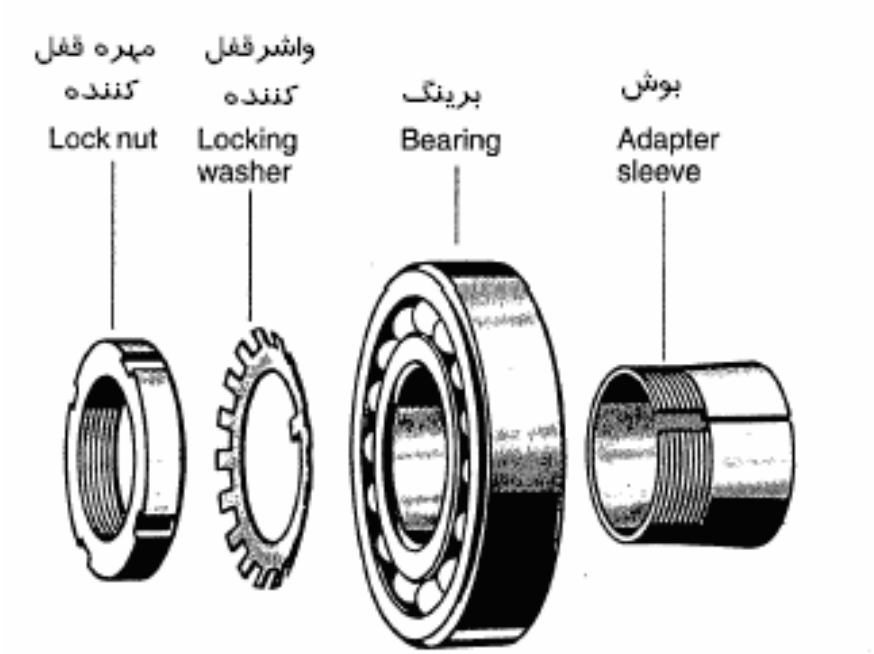
الف-بطورمستقیم روی محوری که باهمان زاویه مخروط است نصب می شوند(مثل بقیه انواع یاتاقان ها).

ب-بااسـتفاده ازغـلاف تبـدیلی مخروطـیTaper Adaptor Sleeveوواشـرومهره قفلـی (Lock Washer&Nut)نصب می شوند.

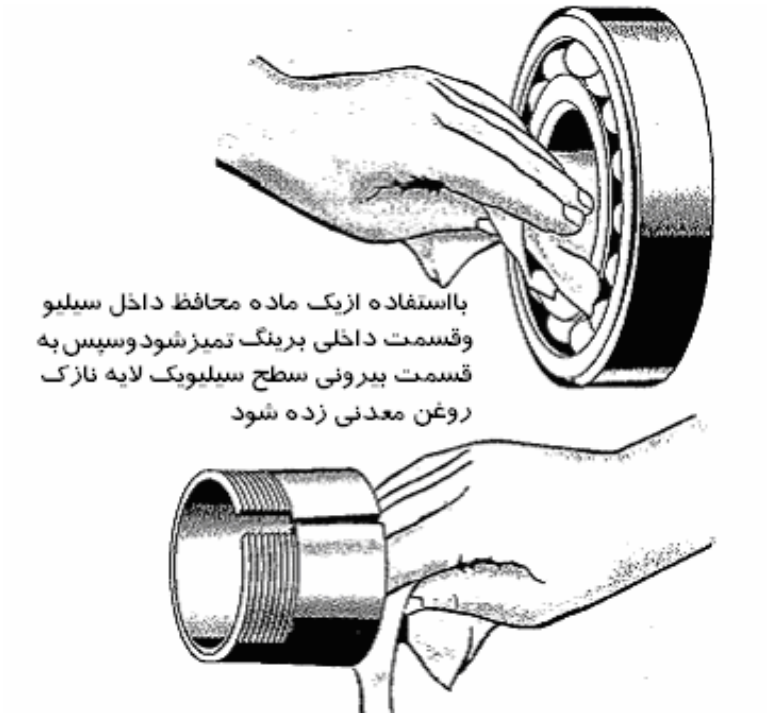
بـال برینـگ هاورولربرینـگ هـای بشـگه ای معمولابااسـتفاده ازیـک اداپتوریـا سـیلیوروی محورنصـب مـی شوند.استفاده ازسیلیومسائل مونتاژودمونتاژرااسان می کندودراین حالت دیگرنیازبه ماشینکاری خیلی دقیق محل نشیمن یاتاقان روی محورنیست.

کنس داخلی برینگ روی سیلیومعمولابصورت تداخلیInterface Fit قرارمی گیرد.

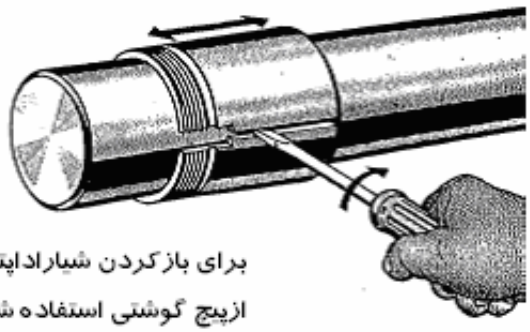
مراحل نصب یاتاقان های مخروطی بااستفاده ازTaper Adaptor Sleeve وواشرومهره قفل کننده که شمائی ازان درشکل زیرنشان داده شده است .



۱-قبل ازنصب یاتاقان ابتدابایدقسمت های داخلی وخارجی برینگ وسیلیوتمیزکاری وسپس به روغن مخصوص اغشته شود.



۲-غلاف روی محورودرموقعیت مناسبی که قبل ازبیرون اوردن ان بوده قرارداده می شود. این گونه غلاف هادارای قطرداخلی استوانه ای شکل وقطرخارجی مخروطی شکل هستند. به علاوه این که شکاف ودندانه (رزوه)هم دارندودرجای خودمی توانندکمی عقب وجلوشوندیابچرخند.



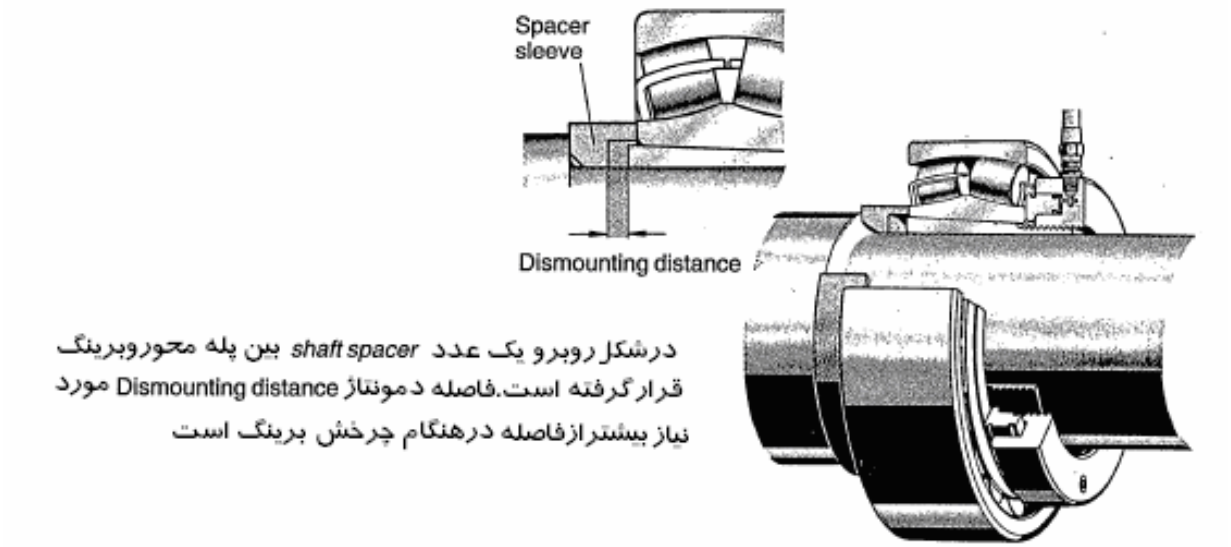
برای باز کردن شیاراد اپتورسیلیو
ازپیچ گوشتی استفاده شود

۳-درصورت امکان غلاف بایدطوری قرارداده شودکه باچرخش شافت مهره قفل کننده پشت برینگ درجهت سفت شدن عمل کند(جهت دوران وجهت سفت شدن مهره بایدعکس همدیگرباشند).

٤-یاتاقان ازجهت صحیح مخروطی اش برروی شافت سوارمی شود.

۵-واشرقفلیLock Washerدرموقعیتی که چنگک داخلی ان درشکاف غلاف ودرزیرحلقه داخلی یاتاقان قرارمی گیردنصب می شود.

۶-سپس مهره قفلیLock Nutنصب می شودوپس ازمشخص شدن موقعیت نصب برینگ روی محور(درجهت محوری)انقدرسفت می شودتایاتاقان درمخروط غلاف ثابت شود(درصورتی که این مهره بیشترازحدسفت شودباعث تابیدن وپیچیدن یاتاقان می شود).

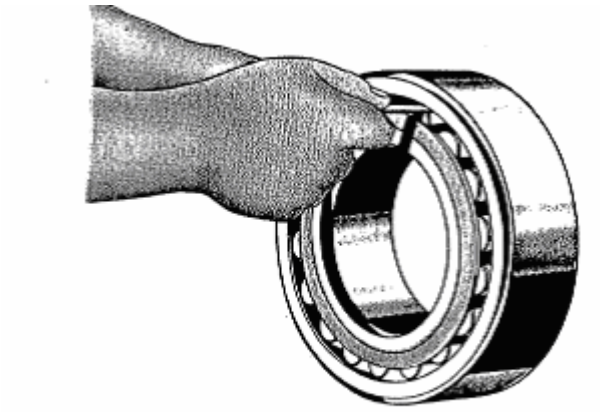


درشکل روبرو یک عدد shaft spacer بین پله محوروبرینگ قرار گرفته است.فاصله دمونتاژ Dismounting distance مورد نیاز بیشترازفاصله درهنگام چرخش برینگ است

۷-یکی ازچنگک(شاخک) های واشرقفلی روی شکاف مهره قفلی لاک می شودوبقیه انهانیزطوری خم می شوندتابالبه بیرونی مهره قفلی تماس پیدانکنندواطمینان حاصل شودکه باعناصرچرخان تماسی ندارند.

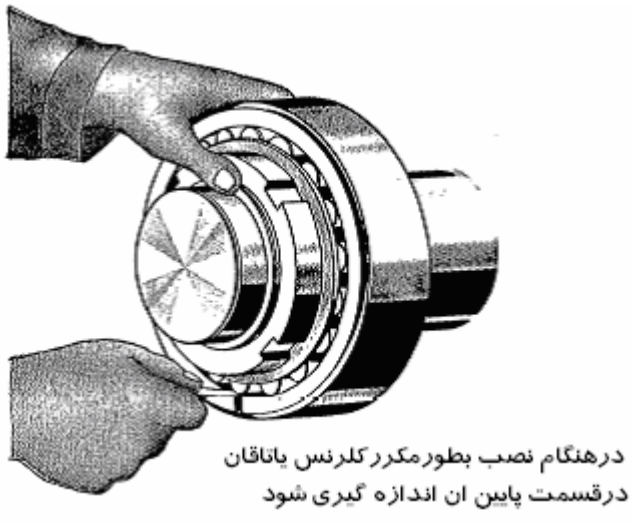
مراحل نصب رولربرینگ های بشگه ایMounting Spherical Roller Bearings

۱-قبل ازنصب برینگ لقی داخلی شعاعی بااستفاده ازیک عددفیلرگیج اندازه گیری می شود.برای انجام این کاریاتاقان بصورت عمودی نگه داشته می شودوپس ازچندین بارچرخاندن ان وابتداباعبوردادن فیلرهای باضخامت های کم وانتخاب فیلرگیج مناسب این کارانجام می شود.



قبل ازنصب رولربرینگ بشکه ای کلرنس
ان بافیلرگیج اندازه گیری شود

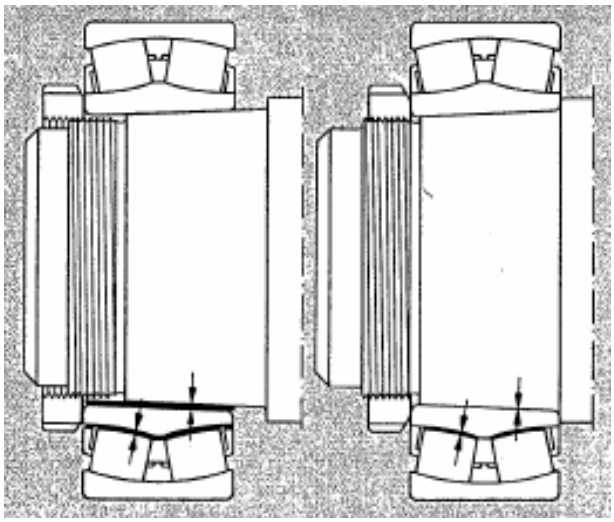
۲-پس ازنصب یاتاقان روی محوروچندبارچرخاندن ان لاک نت به تدریج سفت می شوددرحین سفت کردن لاک نت پشت برینگ بصورت متوالی لقی داخلی اندازه گیری می شود(درقسمت پایین یاتاقان)وبالقی اولیه مقایسه می شود(کاهش لقی)وبامقادیرموجوددرجداول مربوطه مقایسه می شودکه عملیات سفت کردن بایدتازمانی که لقی داخلی دررنج مینیمم لقی قابل قبول درجدول باشدادامه پیداکند.



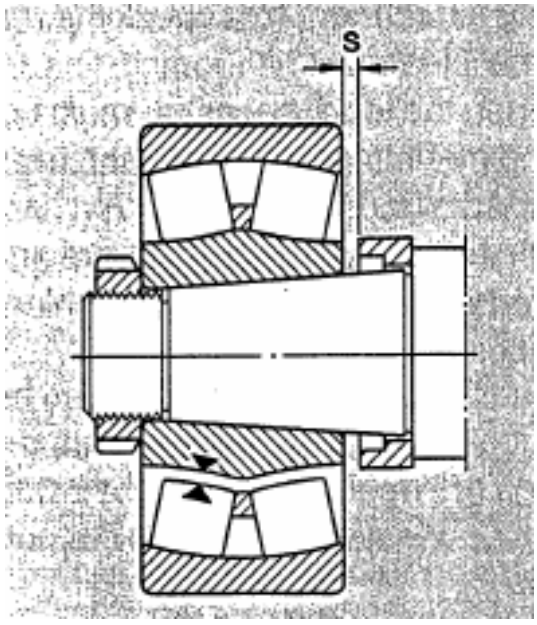
درهنگام نصب بطورمکررکلرنس یاتاقان
درقسمت پایین ان اندازه گیری شود

۳-برای اطمینان ازمحکم سوارشدن یاتاقان های باکلرنس داخلی بیشترازنرمال(مثلاC3,C4) روی محوردرحین چرخش پیشنهادمی شودازحدبالائی کم شدن لقی داخلی جدول استفاده شود.

٤-مقدارتداخل یاInterface Fitبستگی به این داردکه یاتاقان چگونه روی قسمت مخروطی محورقرارگرفته باشد.درحین سفت شدن لاک نت به تدریج انبساط کنس داخلی افزایش پیدامی کندوباعث کم شدن لقی داخلی می شود.



۵-برایSpherical Roller Bearingهای کوچک یادرمواردی که فضای کافی برای اندازه گرفتن لقی داخلی کم باشدبه جای اندازه گرفتن مقدارکم شدن لقی فاصله پشت یاتاقان فاصله پشت یاتاقان واداپتوراندازه گیری می شود.



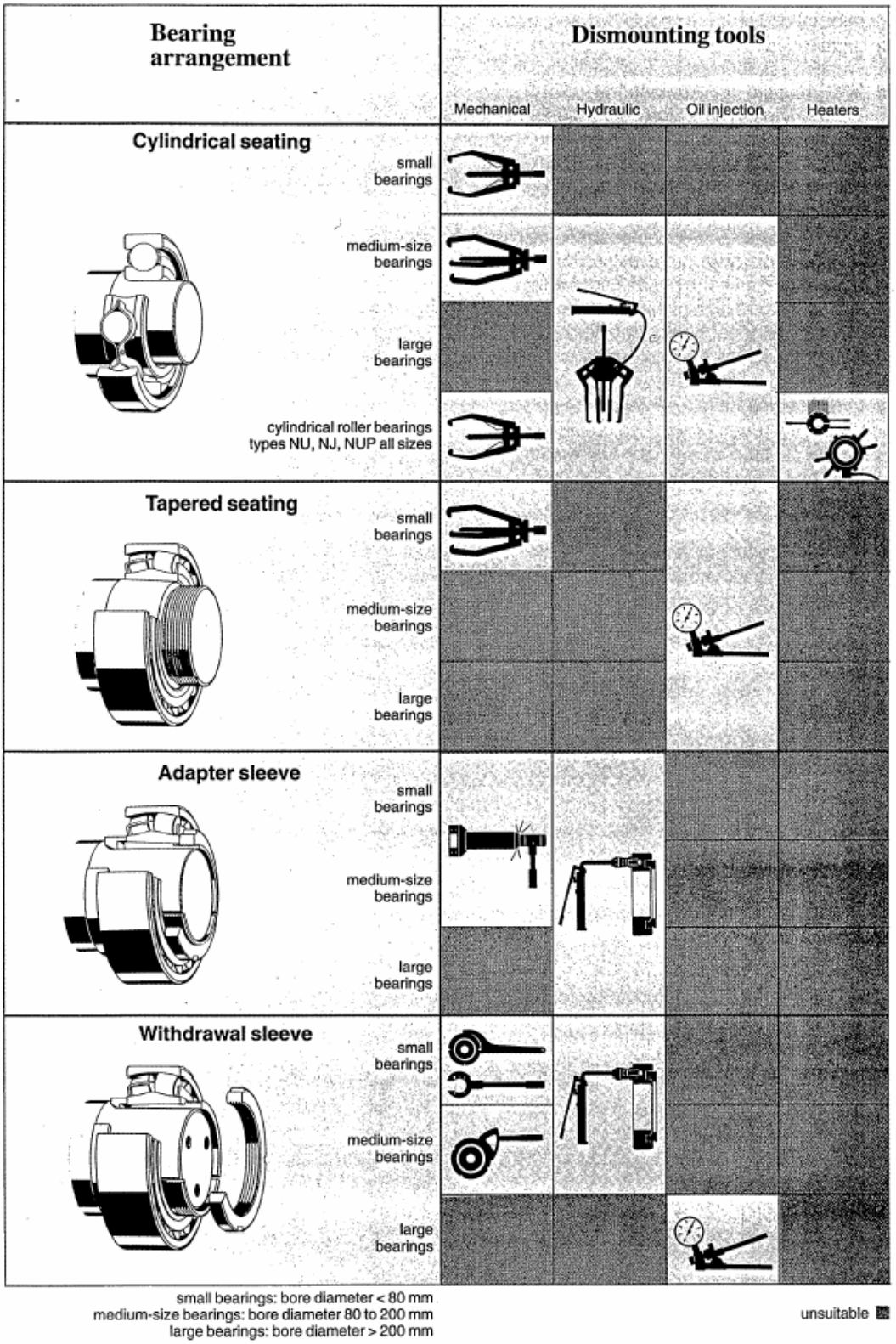
۶-فاصله اندازه گیری شده باجداول مربوطه مقایسه می شودوتارسیدن به مقدارتوصیه شده توسط کارخانه سازنده برینگ سفت کردن لاک نت ادامه پیدامی کند.

Bearing bore diameter d		Reduction in radial internal clearance		Axial drive-up s[1] Taper 1:12 on diameter		Taper 1:30 on diameter		Minimum permissible residual clearance[2] after mounting bearings with initial clearance		
over	incl.	min	max	min	max	min	max	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

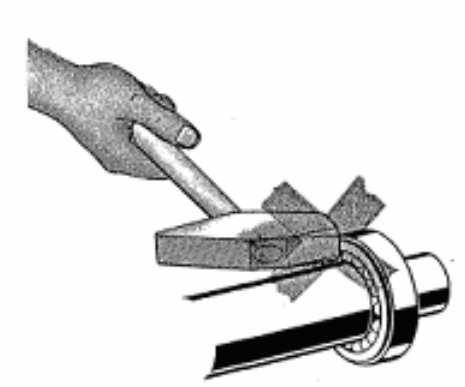
1) Valid for solid steel shafts only.
2) The residual clearance must be checked in cases where the initial radial internal clearance is in the lower half of the tolerance range and where large temperature differentials between the bearing rings can arise in operation. The residual clearance must not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

بیرون اوردن برینگ ها

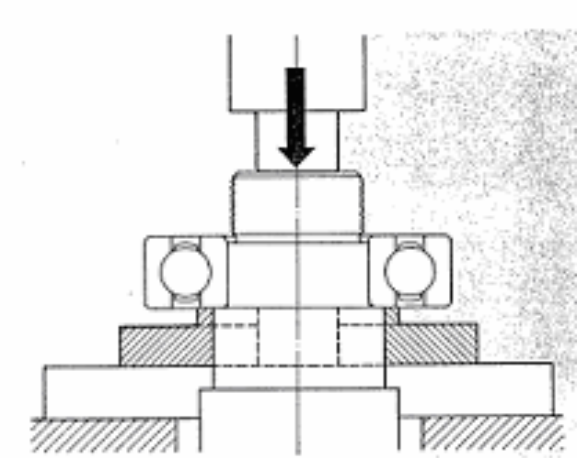
برای بیرون اوردن برینگ هانیازبه ابزارالاتی است که درجدول زیرقسمتی ازان برای برینگ های مختلف نشان داده شده است.



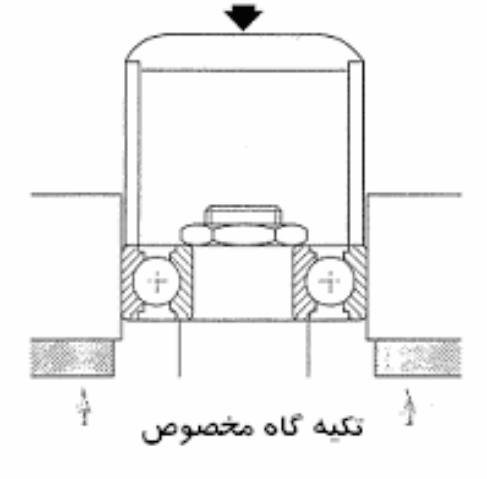
برای خارج گردن برینگ ازروی شافت ازضربه زدن مستقیم به ان خودداری شود.این کارباستفاده ازپرس یایک بوش مناسب بایدانجام شود.استفاده ازچکش های نرم(پلاستیکی یابراسی)خسارت کمتری به دنبال دارد.



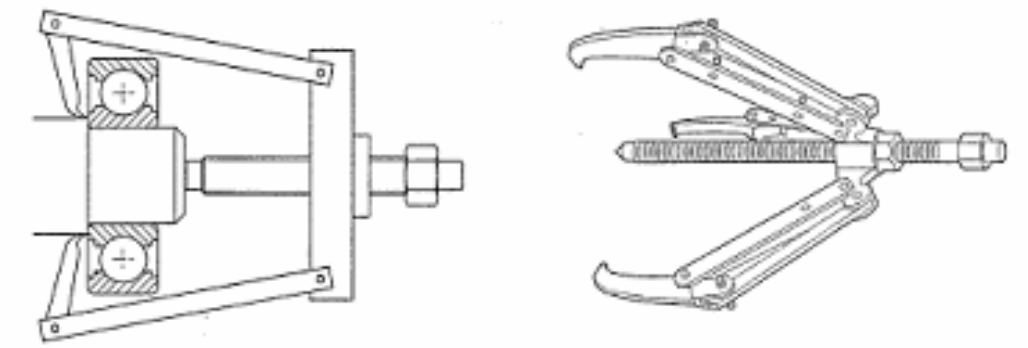
بهترین راه برای خارج کردن برینگ(باسوراخ داخلی استوانه ای)که بصورت پرسی روی محورنصب شسده است استفاده ازدستگاه پرس است.



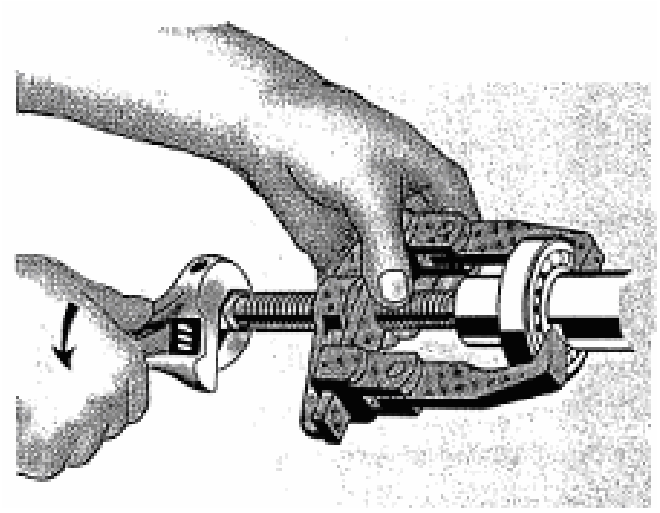
برای بیرون اوردن کنس بیرونی برینگ ازروی محورابتدابایدتکیه گاه مناسبی برای هوزینگ تعبیه شودونیروروی کنس خارجی برینگ اعمال شودنه روی کنس داخلی.



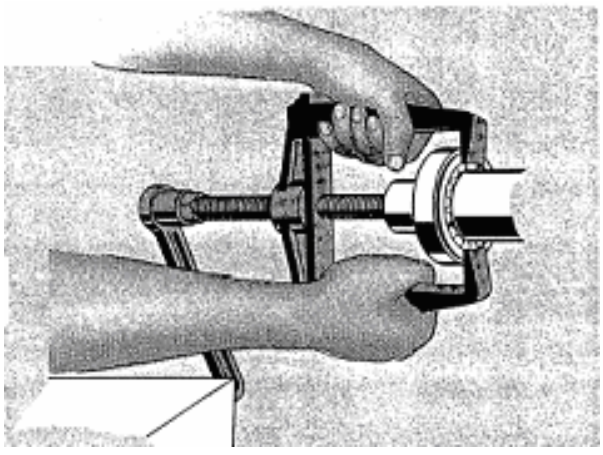
برای خارج کردن برینگ هاازروی محورازپولی کش استفاده می شود.درشکل های زیرشمائی ازانهانشان داده شده است.



برای بیرون اوردن کنس داخلی برینگ های کوچکی که بصورت پرسی روی شافت نصب شده اندازپولی کش استفاده می شودکه شاخک های پولی کش پشت کنس داخلی قرارمی گیرند.



اگرامکان قراردادن شاخک پولی کش پشت کنس داخلی میسرنباشدباید ان راپشت کنس خارجی مهارنمودودرصورتی که قرارنباشدازبرینگ دوباره استفاده شودباچرخاندن برینگ می توان ان رابیرون اورد.

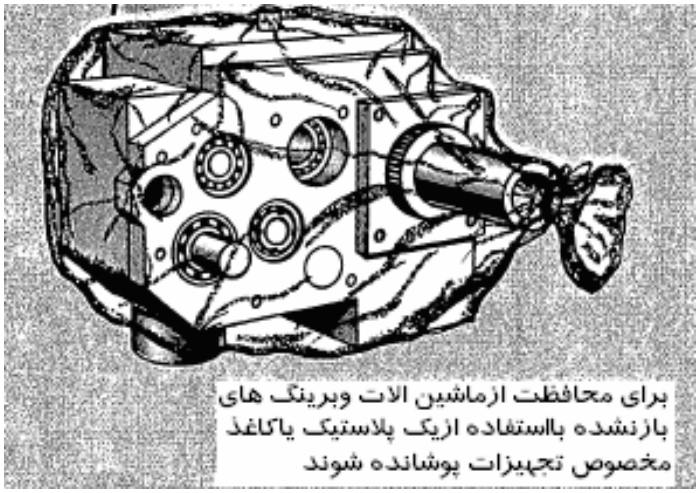


مراقبت ازبرینگ هاBearing Handling And Care

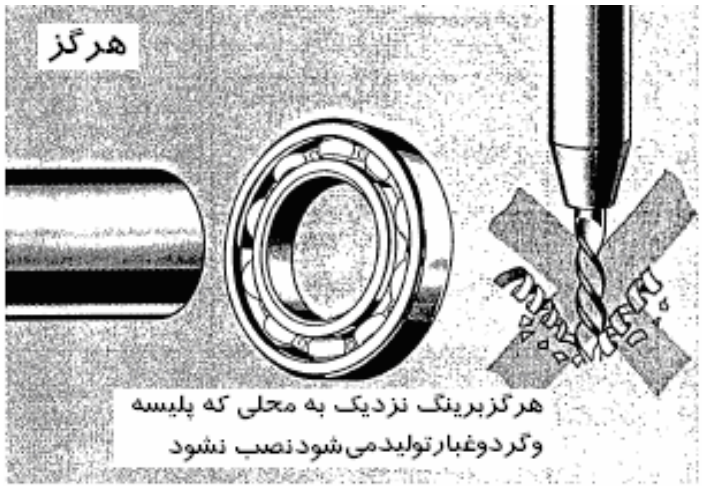
نصب صحیح ونگهداری ازمسائل بسیارمهم درافزایش طول عمریاتاقان های غلتکی هستند.همچنین تمیزنگه داشتن, انتخاب صحیح, استفاده ازابزارالات مناسب برای نصب نیزازاهمیت ویژه ای برخورداراست.یاتاقان ها باید ازگردوخاک ورطوبت محافظت شوند,درست نصب وروغنکاری شوند. طراحی خوب نحوه ارایش برینگ ها,موقعیت اب بندها,سیستم روانکاری وپریودهای روغنکاری و تعویض روانکار به اندازه نگهداری در افزایش طول عمراین یاتاقان هاموثرهستند.دراین بخش به بحث مختصری راجع به تعمیر و نگهداری بال برینگ هاورولربرینگ ها پرداخته می شودکه می تواندباعث کاهش زمان خرابی وتعویض و صرفه جوئی درزمان تعمیروافزایش طول عمرانهاگردد.

۱-سازندگان یاتاقان های خودراباپوشش گریس وملاحظات خاص دیگرازخطرالودگی به دقت محافظت می کنند.ولذاوقتی یاتاقان نو راملاحظه می کنیدخواهیددیدکه برروی سطوح بسیار صاف وصیقلی ان پوشش گریس وجوددارددودرکاغذهای تمیزواغشته به گریس پیچیده وبه دست خریدار داده شده اند ولذاهمیشه تاقبل از نصب برینگ ان راازداخل جعبه ای که برینگ دران محافظت می شودبیرون نیاورید.

۲-تجهیزاتی که برینگ بایدروی ان نصب شودراباپلاستیک بپوشانید.

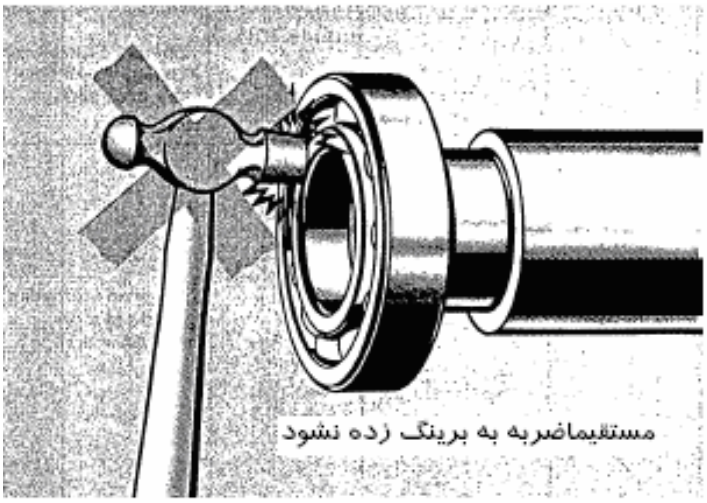

برای محافظت ازماشین الات وبرینگ های
بازنشده بااستفاده ازیک پلاستیک یاکاغذ
مخصوص تجهیزات پوشانده شوند

۳- هرگزبرینگ رادرمحل اغشته به گردوغبارویانزدیک ماشین الاتی که براده وپلیسه ایجادمی کنندنصب نکنید.



هرگزبرینگ نزدیک به محلی که پلیسه
وگردوغبارتولیدمی‌شودنصب نشود

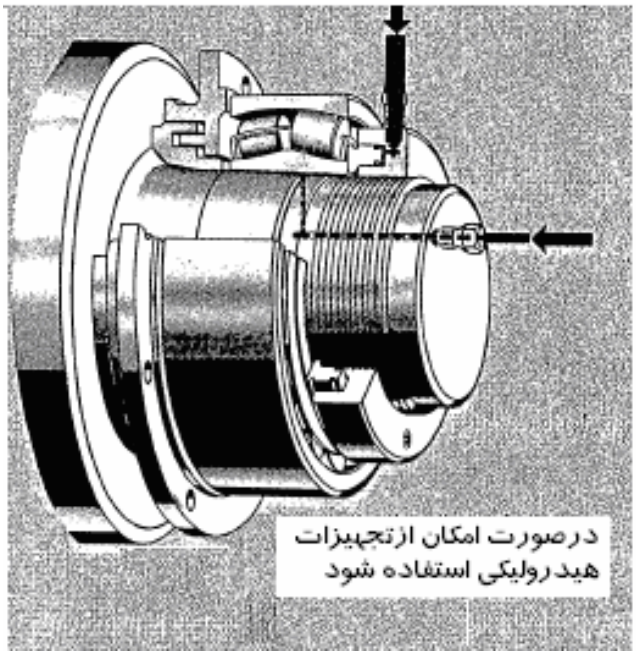
٤-هرگزضربه مستقیم روی برینگ زده نشود.


مستقیماضربه به برینگ زده نشود

۵-هنگام نصب برینگ روی محورازیک لوله باطول وقطرمناسب وحتی الامکان ازدستگاه پرس استفاده شود.

۶-برای گرم نمودن برینگ هاازهیترهای القائی مخصوص استفاده شود.

۷-برای جازدن برینگ های بزرگی که قابلیت استفاده ازروغن هیدرولیک دارندازدستگاه های هیدرولیک استفاده شود.



۸-درزمان مقتضی ازروغن یاگریس توصیه شده توسط کارخانه سازنده استفاده شود.

سطوح کنس های داخلی وخارجی وهمچنین سطح عناصرچرخنده این نوع یاتاقان هابسیارصیقلی است وبادقت فوق العاده زیادساخته شده اند بدین لحاظ لازم است درنگهداری انهادقت ومراقبت های خاص صورت گیرد.

بیش از ۹۰درصدخرابی هاوصدمات وارده بریاتاقان هاازناحیه الودگی وکثیف شدن انهاست.

توصیه می شودقبل ازنصب برینگ ها پروسه نصب انهابه دقت مطالعه شودزیراکیفیت نصب برینگ دردقت کاروطول عمران تاثیرزیادی دارد.

روش نصب شامل مواردزیراست:

۱-تمیزکردن برینگ وقطعات اطراف.

۲-چک کردن اندازه هاوقطعات مربوطه.

۳-دنبال کردن پروسه نصب.

٤-اطمینان ازنصب صحیح برینگ.

۵-اطمینان ازانتخاب صحیح نوع ومقدارروانکار.

به دلیل این که دراکثرمواقع برینگ بامحورمی چرخدنصب برینگ بصورتی است که کنس داخلی روی محوربصورت تداخلی(پرسی)وکنس خارجی درداخل هوزینگ برینگ بصورت ازادنصب می شود.بعدازنصب برینگ لازم است تست عملیاتی انجام شودتاازصحیح نصب شدن برینگ اطمینان حاصل شود.

درجداول زیراین تست هااورده شده است.

روش های تست عملیاتی برینگ ها

تست های بررسی وضعیت برینگ	پروسه عملیاتی	اندازه ماشین
لقزش چسبندگی/نرگ فرورفتگی ذرات خارجی) تورگ چرخشی نامتعادل(ناشی ازخطای نصب) گشتاورزیاد(ناشی ازخطای نصب یاناکافی بودن لقی داخلی)	برینگ بلاست چرخانده می شود اگرمشکلی مشاهده نشدسپس دستگاه راه اندازی می شود	دستگاه های کوچک
سروصدای غیرعادی بالارفتن درجه حرارت برینگ نشتی روغن وتغییررنگ روغن چک شود	ابتدادستگاه بادورکم وبدون باربراه اندازی می شودبه تدریج دوروبارماشین بالابرده می شود	
ارتعاشات سروصدا و	برق دستگاه وصل می شودواجازه داده می شوددسته به ارامی بچرخد.سپس برق دستگاه قطع می شودتا مجددماشین متوقف شوداگردراین تست موردغیرعادی مشاهده نشوداجازه بارگذاشتن روی دستگاه داده می‌شود	دستگاه های بزرگ
همان اقداماتی که برای تست ماشین های کوچک است انجام می شود	مثل دستگاه های کوچک تست می شود	

جابجا کردن برینگ هاBearings Handlig

ازانجائی که برینگ هاجزقطعات بسیارحساس ماشین الات هستندبایدبادقت زیادحمل ونقل شوندوحتی درصورتی که ازبهترین نوع برینگ هم استفاده شوددرصورتی که درحمل ونقل انهادقت نشودبه طول عمرنامی نخواهندرسید.

نکات اصلی درحمل ونقل برینگ هاعبارتنداز:

۱-برینگ هاومحیط اطراف محل نگهداری انهابایدکاملا تمیزباشد.گردوغبارحتی اگرباچشم هم دیده نشوند اثرسوئی روی برینگ هاداردولازم است بانگهداری انهادرمحل تمیزازنفوذگردوخاک به داخل انهاجلوگیری شود.

۲-دقت نمودن درجابجائی برینگ هاازاهمیت زیادی برخورداراست.اعمال شوک های سنگین درحین حمل ونقل ممکن است باعث خط افتادن یاایجادخسارت دیگری به برینگ شودکه باعث خراب شدن ان می شود.ضربه های شدیدنیزباعث شکسته شدن و ترک برداشتن انهامی شود.

۳-درحین جابجاکردن برینگ هاهمیشه ازابزارهای مناسب استفاده شودوازاستفاده ابزارالات عمومی اجتناب شود.

٤- به دلیل این که حتی عرق دست هانیز درحین جابجائی برینگ هم می تواند باعث خوردگی برینگ هاشوددرحین جابجائی برینگ هادست ها بایدتمیزوخشک باشندودرصورت امکان ازدستکش استفاده شود.

الودگی هاContamination

کلیه قطعات برینگ های غلتکی بادقت فوق العاده زیادساخته شده اندوسطوح غلتک هاوشیارهافوق العاده صاف وصیقلی هستندبدین لحاظ لازم است که درنگهداری انهادقت ومراقبت های خاص صورت پذیرد.

بیش از۹۰درصدخرابی هاوصدمات وارده براین نوع برینگ هاازناحیه الودگی وکثیف شدن انها است . سازندگان یاتاقان های خودراباپوشش دادن گریس وملاحظات خاص دیگرازخطرالودگی بادقت محافظت می کنندولی درحین کارنیزاین مراقبت هابایدانجام شودکه ذیلا به شرح انهاپرداخته می شود.

۱-گردوغبار شن ریزه هاوپلیسه های سخت اهنی می توانندباعث الودگی وصدمه رساندن به یاتاقان ها شوندپس بایدکارروی برینگ هادرمحل مناسبی که عاری ازگردوغباراشدانجام شود..

۲-میزهای کثیف کارمعمولادارای سنگ ریزه وعناصرالوده کننده دیگرهستند.

۳-هوای یک کارگاه معمولا دارای گردوغباراست.قطعات وپلیسه های اهنی باقیمانده درمحفظه برینگ هانیزمی توانندباعث صدمه وخسارت روی برینگ شوند.

٤-پارچه های کهنه نیرمی توانندگردوغبارویاضایعات پنبه ای ریزرابه سطوح صیقلی یاتاقان هابچسبانند به این دلیل نبایدازکهنه وپارچه بخصوص پارچه کثیف درحین کارروی برینگ هااستفاده کرد.

۵-.ابزارکارومیزکارنیزبایدکاملاتمیزباشند.

۶-وقتی روی برینگ هاکارمی شوددست ها ابزارومیزکارخودراتمیزنگه دارید.درطول تعمیرات اساسی دستگاه هابرینگ هانیزبایستی تمیزوبازرسی شده وبرای استفاده مجددامادە شوند.

یاتاقان های ضداصطکاک راباساعت مقایسه کرده اندهمانطورکه ساعت ومکانیزم های ان اگر درجریان هواو الودگی های دیگرمحیط قرارگیرندامکان خراب شدن انهاوجوددارديا‌تاقان نیز درست مثل ساعت اگر در معرض محیط والودگی هاقرارگیرنددقت اولیه شان راازدست می دهند.

قبل از تمیزکردن برینگ هاموارد‌زیرحتمامراعات شوند:

۱-قبل ازاین که کلیه ذرات خارجی ازبرینگ دورنشده است نبایدان راچرخاند.

۲-برای تمیزکردن برینگ هاازحلال های کلرداری مثل تتراکلرایدکربن استفاده نشودزیراباعث زنگ زدگی می شود.

۳-ازهوای فشرده شده برای تمیزکردن برینگ هااستفاده نشودزیراغالباحاوی کثافت و رطوبت است).

روش تمیزکردن صحیح یاتاقان هاCleaning Bearings

برای تمیزکردن برینگ هادوروش وجوددارد:

الف –سردتمیزکردن

ب-گرم تمیزکردن

تمیزکردن برینگ هادرحالت سردشامل شستشوی برینگ درحلال های نفتی یامموادمشابه است که دراین گونه مواقع همیشه بایدازمایع تمیزوابزارمناسب استفاده شود.تمیزکاری وشستشوی اولیه بایددریک ظرف وتمیزکاری بعدی درظرف دیگرانجام شودوپس ازخشک کردن برینگ بایدتاموقع نصب ازگرد وغبار محافظت شود.

مراحل تمیزکاری به قرارزیراست:

۱- برینگ در داخل یک حلال نفتی سردغوطه ورمی شود.

۲-توسط یک قلم موئی یاتاقان درحلال نفتی شستشووتمیزمی شود.

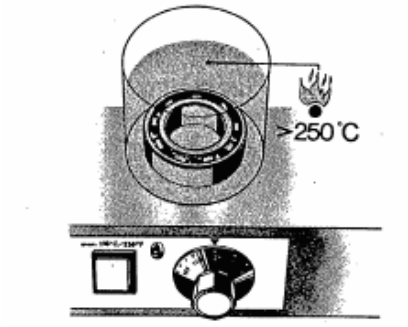
۳-سپس یاتاقان ازداخل محلول دراورده می شود وبا چرخاندن ان دریک روغن سبک وتمیزحلال ازان خارج می شود.

٤-سپس یاتاقان دقیق بررسی وبازرسی می شود.

برینگ بایدازنظرترک ،تغییررنگ ،خراش وموقعیت اعمال باربازرسی شود.کنس بیرونی برینگ چرخانده می شودوبه سروصدای غیرعادی ان توجه شود

۵- درصورت سالم بودن مجدداموردااستفاده قرارمی گیرد.

برای تمیزکاری درحالت گرم ازیک روغن رقیق که نقطه اشتعال ان حدود۲۵۰درجه سانتیگراداست استفاده می شود.برای شستشو,روغن تادمای حدود۱۲۰درجه سانتیگرادگرم می شودوتمیزکردن برینگ هاباروغن گرم خیلی موثرتراست گرم کردن بیشترروغن نیازبه مراقبت بیشترداردوبایددربرابراکسیدشدن محافظت شود.



برینگی راکه صدمه ای ندیده باشدرامی توان بدون ریسک دوباره نصب کرد.برای جلوگیری اززنگ زدن برینگ بایدبعدازتمیزکاری درحالی که ارام چرخانده می شودان راگریس کاری نمود

مقدمه ای برتلرانس هاوانطباقات

در گذشته تولید محصولات صنعتی صرفا به صورت دستی و با کاربرد ابزارهای ساده انجام می‌شد و صنعت‌گران با استفاده ازروش های شناخته شده ساخت ,مبادرت به «تک سازی» این‌گونه قطعات ومحصولات 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 خسته کننده و نسبتا پر هزینه با یکدیگر هماهنگی پیدا کرده و ترکیب ونصب شوند. ولی به تدریج بارشدبیشترصنعت ونیازبه افزایش تولیدقطعات وبیش 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 روش هایی 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 مونتاژ مجموعه‌ای از قطعات که در زمان و مکان جداگانه‌ای تولید می‌شدند «قابلیت تعویض» یکایک آنها را به دلایل فنی ازقبیل فرسوده شدن,خراب شدن و..... به شکلی رو به رشد ضروری می‌نمود. استفاده از ماشین های افزار، ابزارهای مخصوص و تقسیم کار به نحوی گسترده در کارخانجات بزرگ، تعویض پذیرسازی را که دارای جنبه‌های قوی اقتصادی بود ممکن ساخت. در ماشین سازی جدید ، بخصوص تولیدانبوه ، هدف توفیق در ساختن قطعات دقیق و قابل تعویض می باشد ، بطوری که سوار شدن واحد ها و ماشین ها تماماً بدون هرگونه انطباق ویژه ای امکان پذیر باشد . در این صورت به هنگام تعمیر یک واحد یا ماشین ، می توان قطعه ای 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 زمان ها و مکان های مختلفی ساخته شده‌اند بدون انجام کار اضافی نسبت به آنچه که قبلا 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 امکان‌پذیر شدن همکاری ها در سطح ملی و بین‌المللی از مزایای تعویض پذیرسازی خواهند بود.

منظوراصلی ازبحث تعویض پذیری عبارت ازاین است که قطعاتی که ساخته می شوند (بخصوص قطعات استانداردی مثل برینگ های غلتکی)دقیقا طبق اصول واستانداردهائی ساخته شوندکه برای مصرف کننده کاملا مشخص وشناخته شده باشند وتمامی قطعات ازنظرابعادواندازه هاوتلرانس هادقیقایکسان باشندتامصرف کننده قطعه بتواندشرایط کارخودراباشرایط قطعه واصله منطبق کندوبدون انجام هیچگونه کاراضافه تری روی قطعاتی که خودش ساخته است ازقطعه یدکی خریداری شده که بایدروی قطعه خودش سوارشود 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 کنترل های لازم را به عمل آورد.

ظاهرا 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. باتوجه به خطاهائی که در مقدار اندازه‌ها بوجود می‌آید، لازم است به دلایل فنی انحرافات معینی را نسبت به اندازه‌های اسمی مندرج درنقشه ، مثلا از لحاظ اندازه‌ها و کیفیت سطوح، مجاز بدانیم. عملا 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 نیزدارد. در صنعت تفاوت بین بیشترین و کمترین مقدار مجاز یک مشخصه قابل اندازه‌گیری (اندازه، شکل، کیفیت سطوح، تندی رنگ و غیره) را «تلرانس» 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 تراش های دقیق جدید ، حداقل انحراف از اندازه اسمی ۵ میکرون (0/005 mm) و برای ماشین های سنگ زنی جدید در حدود ۲ میکرون می باشد.مقدار

این انحرافات بستگی به سختی قطعه ، قلم برش ، درجـه کهنـه گـی و فرسـودگی ماشـین تـراش ، حـالات و شرایطی که برای بریدن فلز در نظر گرفته شده و عوامل متعدد دیگر دارد. البته خطاهای اندازه گیـری 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،

٤- صلبیت 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،

۱٤-مهارت و شرایط روحی و جسمی کارگر.

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

برای رسیدن به این هدف اقدامات زیر ضروری خواهند بود:

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

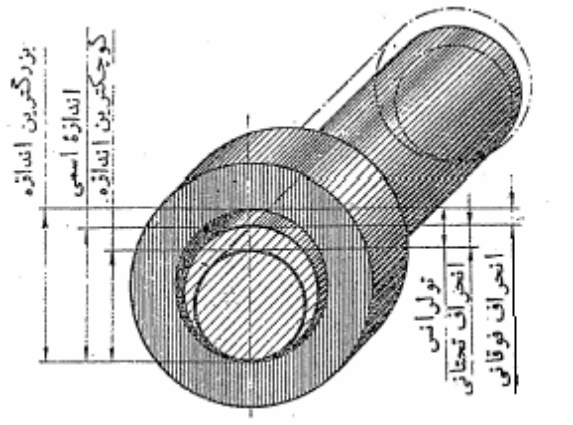
۲-رعایت این تولرانس ها نیز از طریق کاربرد ماشین‌آلات، ابزار و تجهیزات مناسب الزامی‌است.

۳-مقدار تلرانسها باید بادقت اندازه‌گیری 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 بین‌المللی عرضه شده‌اند شرایطی حتمی برای قابلیت تعویض می‌باشند. استانداردهای مذکور شامل سیستمهای تلرانس، انطباق و اندازه‌گیری است،که تسط طراح و همچنین کاربرد صحیح و منطقی این اصول توسط او، تولید اقتصادی و با کیفیت بهتر قطعات را تضمین می‌کند.

طراح مقادیر مجاز انحراف یا تلرانس اندازه‌ها را که مرزهای آن را حدود کارکردی می‌نامند دقیقاً تعیین می‌کند. و تکنولوژیست باید تولید اقتصادی و با کیفیت مطلوب را تضمین کند.لذا لازم است که هنگام ساخت حداکثر بهره‌برداری از تلرانس ها به عمل آید، بدون آن‌که 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 این‌رو لازم است که به شکلی اشتباه‌ناپذیر وجه تمایز بین «قابل استفاده» و «غیرقابل استفاده» تعریف شود.



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

تولرانس = کوچکترین اندازه − بزرگترین اندازه

مثلاً برای میله ای که اندازه آن می تواند از ۱۹/۹۹٤ تا ۲۰/۰۰۲ تغییر کند ، تحمل انحراف در اندازه این میله (تولرانس میله) برابر :

20/002 – 19 / 994 = 0 /008

بسته به نوع روش ساخت قطعات,تلرانس هانیزمتفاوت خواهندبود.هرچه تکنیک ساخت بالاترباشدکیفیت تلرانس نیزافزایش پیدامی کندولذاباتوجه به این تلرانس هابایدبصورت جهانی ودرسراسردنیاباهم همخوانی داشته باشدپس بایدیک سیستم جهانی نیزوضع شود.

تاسال ۱۹۳۸هریک ازممالک دنیادارای سیستم استاندارد خاص مربوط به کشورخودشان بودند(اصول انهابا هم شباهت داشت ولی درعمل جزئیات ان باهم فرق داشتند)ولذامن بعد اتحادیه های بین المللی استاندارد درجلسات خوداین موضوع راموردمطالعه قراردادندوسیستم انطباقات بین المللی را ISAبوجود اوردند وازان زمان به بعداغلب ممالک صنعتی دنیاازانطباقات بین المللی متابعت نموده وان را درکشورهای خود معمول کردند. فعالیت این اتحادیه درنتیجه جنگ جهانی قطع شدوپس از خاتمه جنگ موسسه بین المللی جدیدی به نامInternational Organisation For Standardisationکه علامت اختصاری انISO است بوجود امد و سیستم انطباقات ISOراوضع نمود.

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

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

هرکدام ازاین سطح کیفیت هاکاربردویژه ای دارندکه به شرح انهاپرداخته 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- IT8و 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.

٤- 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 دیگرمی توان گفت که کیفیت تولرانس مربوط به روش ساخت ونوع دستگاهی است که قطعه توسط ان ساخته می شودکه درجدول زیربه شرح ان پرداخته می شود.

درجدول زیرمقادیر عددی تلرانس های استانداردبین المللی درسیستم متریک(برحسب میکرون)برای ابعادمختلف اورده شده است.

مقادیرعددی تولرانس های استانداردرسیستم متریک

گروه		01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14*	15*	16*
تولرانسهای استاندارد برحسب میکرون (۱μ = ۰/۰۰۱mm) برای قطرهای مختلف برحسب میلی‌متر	≤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 از۱ میلی‌متر 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 ٤٦ و از طرف دیگر چون تعیین تولرانس بر اساس دستگاه میله مبنا می باشد ، لذا انحراف فوقانی آن صفر است در نتیجه خواهیم داشت :

70= بزرگترین اندازه و Tol =46

(کوچکترین اندازه) – (بزرگترین اندازه) = 0/046

(کوچکترین اندازه) = 70 – 0/046 = 69/954

جدول ترکیب کیفیت‌ها برای روش‌های کار دقیق

روش‌های ماشین کاری	کیفیت
تراش کاری دقیق	IT1 تا IT6
سوراخ کاری دقیق	IT5 و IT6
فرزکاری دقیق	IT5 و IT6
برقوزنی دنده ریز	IT5 و IT6
سنگ‌زنی دقیق	IT5 و IT6
هونینگ (پرداخت کاری سوراخ)	IT1 و IT6
هونینگ نوسانی	IT1 و IT5
صیقل‌کاری سایشی گرد و تخت	IT1 و IT4
سنگ‌زنی ES	IT3 و IT6
خراش کاری دقیق	IT5 و IT6
پولیش کاری (براق سازی)	IT2 و IT5
صیقل کاری غلتکی	IT3 و IT5
روش‌های ماشین‌کاری (سطوح استوانه‌ای)	کیفیت
صیقل کاری سایشی	IT2 و IT4
هونینگ نوسانی	IT4 و IT5
هونینگ (پرداخت کاری سوراخ)	IT4 و IT6
سنگ‌زنی دقیق	IT5 و IT6
تراش‌کاری و سنگ زنی دقیق	IT3 و IT4
سنگ‌زنی دقیق و نوردکاری سطح	IT5 و IT6

مقدار تلرانس ها

چون وجود تلرانس ها دقت کاررا در هنگام ساخت قطعات افزایش می دهدو اقدامات خاصی را نیز برای کنترل اندازه‌ها ضروری می‌سازد، بنابراین نباید تمام اندازه‌ها دارای تلرانس باشند. تلرانس های کم ,تعدادقطعات اسقاطی را زیاد می‌کند و در پی آن انجام کارهای اضافی روی قطعات معیوب نیز الزامی می‌شود که خود منجر به افزایش هزینه های ساخت خواهد شد.

جهت تعیین هزینه و زمان صرف شده برای اندازه‌گیری، آزمایش‌هایی در یک کارخانه ماشین‌سازی به عمل آمده است که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد:

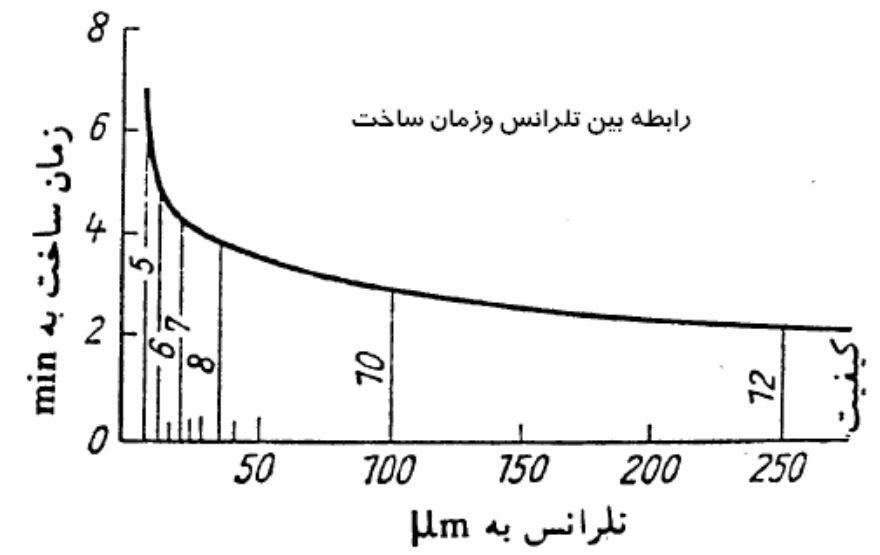
دقت ساخت به mm	زمان برای هر اندازه‌گیری به min
۱	۰،۱
۰،۱	۰،۲
۰،۰۱	۰،۸
۰،۰۰۱	۶

با در نظر گرفتن کلیه عوامل (مثل وسایل اندازه‌گیری مورد لزوم)، قیمت اندازه‌گیری برای این چهار رده‌ی دقت تعیین شده است:

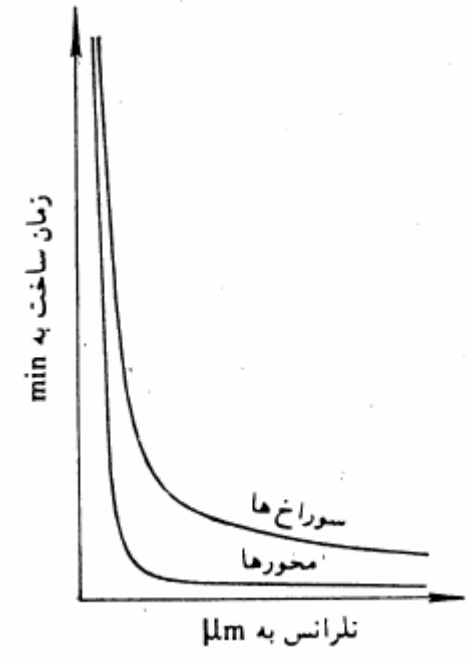
دقت ساخت به mm	قیمت اندازه‌گیری نسبت به دقت ساخت 1mm
۱	۱
۰،۱	۲،۳
۰،۰۱	۱۲
۰،۰۰۱	۱۶۷

همانطورکه ملاحظه می شود، قیمت اندازه‌گیری با شدت بیشتری نسبت به زمان اندازه‌گیری افزایش پیدا می‌کند.

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



لازم به توضیح است که هزینه‌ی ساخت برای سوراخ ها بیشتر از هزینه‌ی ساخت برای محورهایی با همان قطر و تلرانس می‌باشد.



چه اندازه‌هایی باید تلرانس داشته باشند؟

در صورتی که اندازه‌ها تلرانس داشته باشند، در کیفیت قطعه بهبود حاصل می‌شود. در ارتباط با عملکرد قطعات اهمیت چنین اندازه‌هایی متفاوت است. از این‌رو، در موارد زیر وجود تلرانس ضروری خواهد بود:

۱ـ اندازه‌هایی که برای عملکرد ماشین‌آلات یا دستگاه‌ها اهمیت داشته باشند. در این حالت لازم است که نوسانات این‌گونه اندازه‌ها در حد قابل قبولی که بستگی به نوع عملکرد دارد محدود شود.

۲ـ اندازه‌هایی که برای قابلیت تعویض و مونتاژ تعیین‌کننده باشند. در این حالت، باید قابلیت تعویض قطعات بدون انجام کارهای غیرضروری که موجب افزایش هزینه مونتاژ می‌شوند، مثل: سوهان‌کاری، چکش‌کاری و غیره، تأمین گردد.

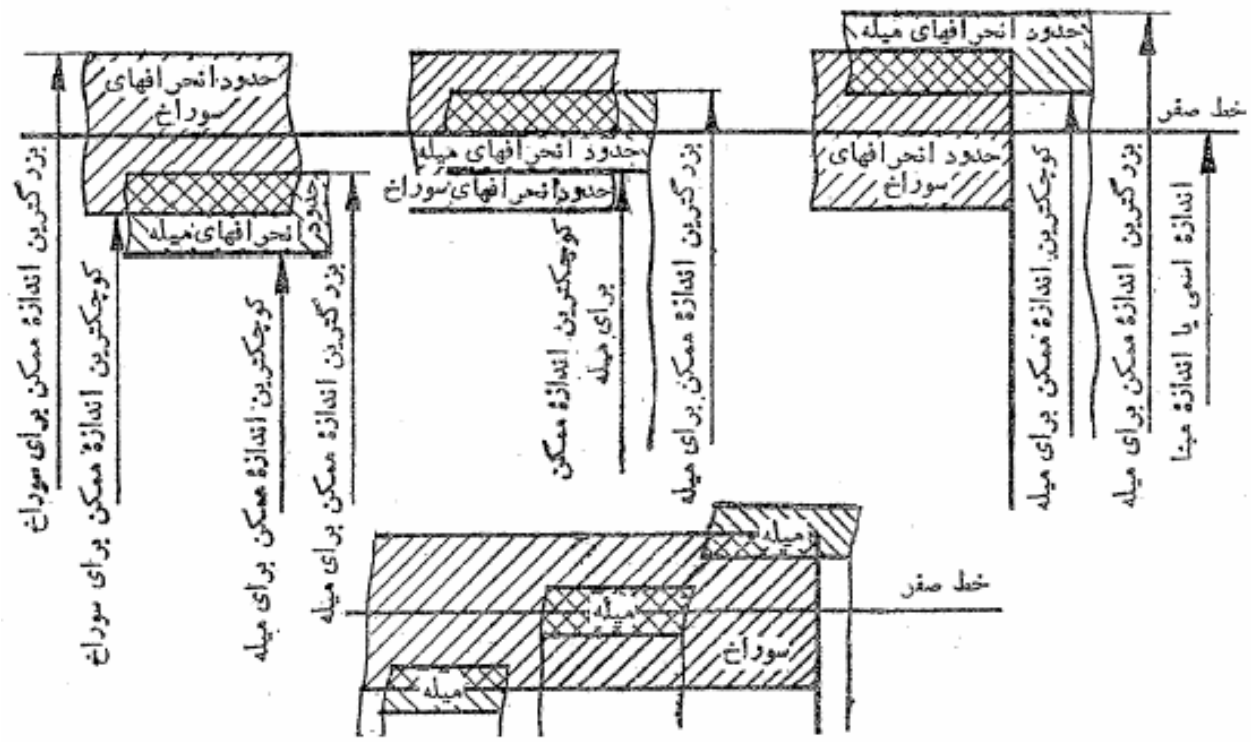
۳-ـ اندازه هائی که انطباقی نیستند ولی از لحاظ مقاومت قطعه اهمیت دارند باید تلرانس داشته باشند،(مثل ضخامت دیواره‌ی مخازن تحت فشار با دیگ‌های بخار ویا قطر ته دندانه‌ی پیچ که جهت تعیین کوچکترین سطح مقطع یک محور اهمیت پیدا می‌کند).

مفاهیم اصلی و انواع انطباق

از لحاظ هندسی، «انطباق»نحوه ارتباط بین قطعات درگیر را مشخص می‌کندبه عبارت دیگراختلاف 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.

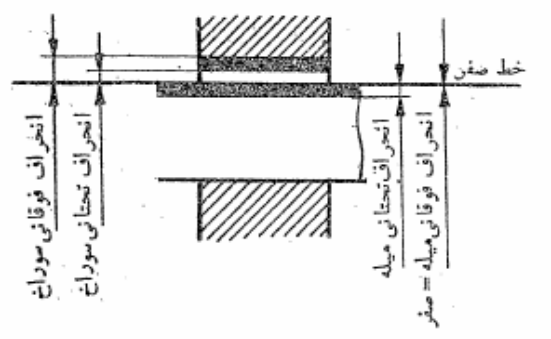
براساس شکل هندسی قطعات دو نوع انطباق خواهیم داشت، «انطباق گِرد» بین سطوح استوانه‌ای قطعات (محورها و سوراخ‌ها به‌طور کلی) و «انطباق تخت» بین سطوح انطباق موازی و مسطح قطعات، مثل انطباق یک خار با یک محور به عنوان قطعه‌ی داخلی، و با یک سوراخ به عنوان قطعه‌ی خارجی.

بر حسب نوع درگیری بین قطعات ، انطباق را به سه نوع انطباق آزاد ، انطباق فیمابین و انطباق محکم یاتداخلی تقسیم می کنند .



انطباق آزاد

در انطباق آزاد همواره قطعات دارای لقی بوده و می‌توانند نسبت به یکدیگر حرکت کنند. در چنین انطباقی اندازه قطر محور کمتر ازقطر سوراخ است، (لقی صفر نیز جزءِ این‌گونه انطباقات محسوب می‌شود). اندازه‌ی لقی باتوجه به عملکرد قطعات به‌وسیله 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،

٤- سرعت نسبی بین محور و سوراخ،

۵- نوع وروش روغن‌کاری،

۶- ضریب اصطکاک جنس یاتاقان،

۷-مقدار بار،

۸- ارتعاشات.

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

تفاضل اندازه های دو قطعه را آزادی و حداکثر مقدار آن را که عبارت است از اختلاف ما بین بزرگترین قطر سوراخ و کوچکترین قطر میله می باشد لقی می نامند . انطباق های 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 این‌جا 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 یاتداخلی، اندازه انطباقی محور بیشتر از سوراخ است ودو قطعه نمی توانند به سادگی با هم درگیر شوند(روی هم سوارشوند) زیرا قطر محور کمی بزرگتر از قطر سوراخ مربوطه است و از این جهت میله را باید به کمک نیروی قابل ملاحظه ای 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 قطرسوراخ و اندازه حداکثرقطر میله. در انطباق محکم هر گونه احتمال لغزش میله در سوراخ از بین می رود . چنین انطباقی را می توان 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.

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

۵- تنش گسیختگی و مدول کشسایی مواد.

۶- ارتعاشات،

۷- مقاومت‌ها.

۸- صافی سطوح انطباق.

براساس چگونگی تشکیل فشار، سه نوع انطباق تداخلی خواهیم داشت:

۱- انطباق تداخلی طولی

۲- انطباق تداخلی عرضی

۳- انطباق تداخلی طولی ـ 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 می شود.. 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 ـ 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 قسمت هایی از حدود میله و سوراخ با هم مشترک بوده و یا حتی گاهی حدود میله کاملاً در محدوده انحراف سوراخ قرار می گیردبه عبارت دیگرقطرمیله وسوراخ تقریبا 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 می گیرد :

الف-دستگاه سوراخ مبنا

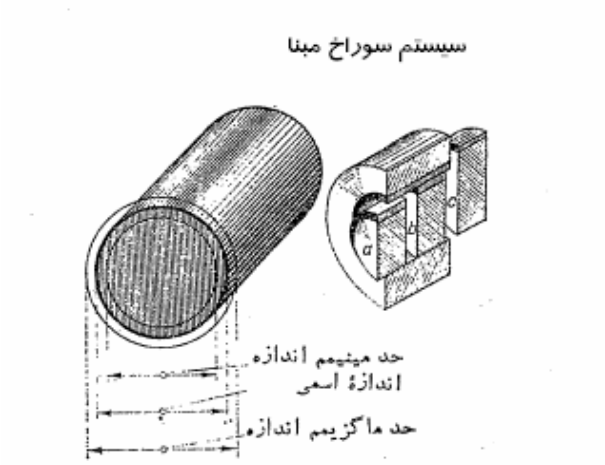
ب-دستگاه میله مبنا

فهرست علایم اختصاری

ES	انحراف بالایی سوراخ
EI	انحراف پایینی سوراخ
es	انحراف بالایی محور
ei	انحراف پایینی محور
I	اندازه‌ی واقعی
N	اندازه‌ی اسمی
G	حداکثر اندازه، حد اندازه‌ی بزرگتر (D_{max} هم گفته می‌شود)
K	حداقل اندازه، حد اندازه‌ی کوچکتر (D_{min} هم گفته می‌شود)
T	تلرانس (تلرانس اندازه)
A_i	انحراف واقعی
T_B	تلرانس سوراخ
T_W	تلرانس محور
P	اندازه درگیری
D	اندازه‌ی اسمی برای فرمول‌های محاسباتی
D_1	حد پایینی یک محدوده‌ی اندازه‌ی اسمی
D_2	حد بالایی یک محدوه‌ی اندازه‌ی اسمی
i	واحد تلرانس برای اندازه‌ی اسمی تا ۵۰۰میلی‌متر
I	واحد تلرانس برای اندازه‌ی اسمی بالای ۵۰۰میلی‌متر
IT	واحد تلرانس بین‌المللی

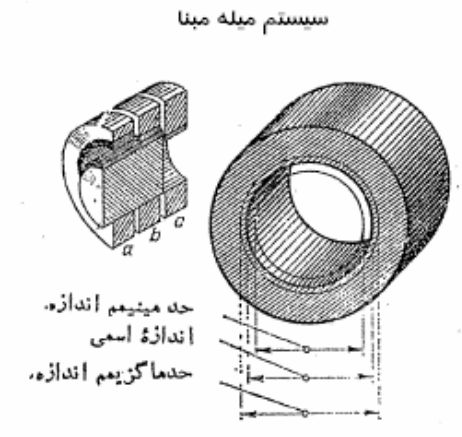
دستگاه سوراخ مبنا

دردستگاه سوراخ مبنا 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 مبنا ، 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 مبنا

دردستگاه میله مبنا قطر میله را ثابت نگه داشته و قطر سوراخ را طوری تغییر می دهند که هر نوع نشیمن یاانطباقی 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 تولرانس در نقشه

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

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

ب-نوع انطباق ان رامشخص می کنند.

مثال :

انحراف های فوقانی و تحتانی میله ای به قطر اسمی ۳۰ و با بزرگترین اندازه ۳۰/٤۰ و کوچکترین اندازه ۳۰/۲۰ را تعیین نمائید .

حل :

انحراف فوقانی : $es = 30/40 - 30 = 0/40$

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 تولرانس نسبت به خط صفر و از روی عدد مزبور مقدار تولرانس معلوم می شود و هر قدر فاصله میدان تولرانس 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 داردکه باید اطلاعات فنی وسیعی داشته باشد .

برای دامنه‌های تلرانس مربوط به سوراخ حروف الفبای بزرگ به کار می‌رود، چون معمولاً سوراخ به قطعه بزرگ‌تر تعلق دارد. برای دامنه تلرانس مربوط به محوراز حرف الفبای کوچک استفاده می شود.

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

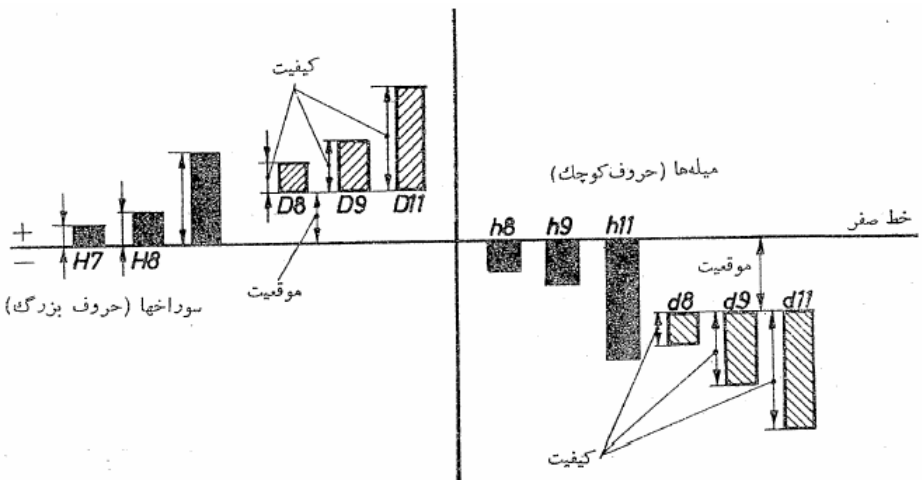
برای سوراخ‌ها:

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:

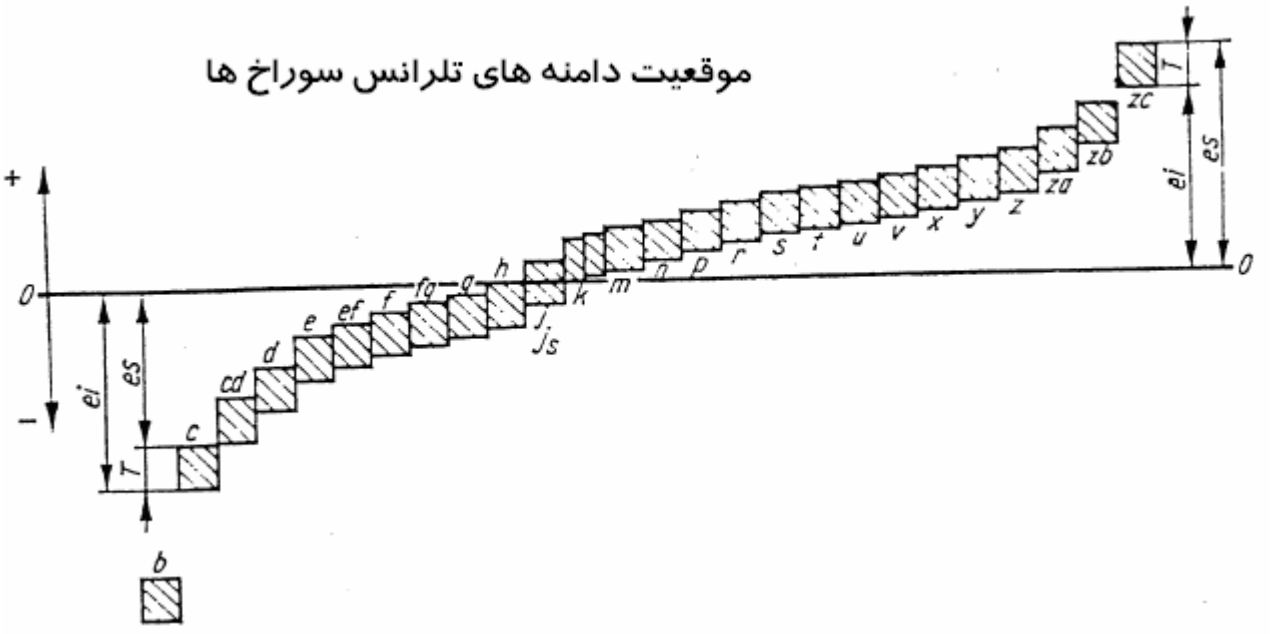
a b c cd d e ef f fg g h j j_s k m n p r s t u v x z za zb zc

دامنه‌های h و H موقعیت خاصی دارند. این دامنه هادر کنار خط صفر قرار گرفته‌اند. H مشخصه دامنه تلرانسی 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 تلرانس (ES) برابر با مقدار تلرانس است (تلرانس مبنا). این دامنه تلرانس H در مورد یک سوراخ و براساس سیستم انطباقات «سوراخ مبنا» نامیده می‌شود. h مشخصه دامنه تلرانسی 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 تلرانس T (تلرانس مبنا) خواهد بود. این دامنه تلرانس را در سیستم را در سیستم انطباقات «محور مبنا» می‌نامند .

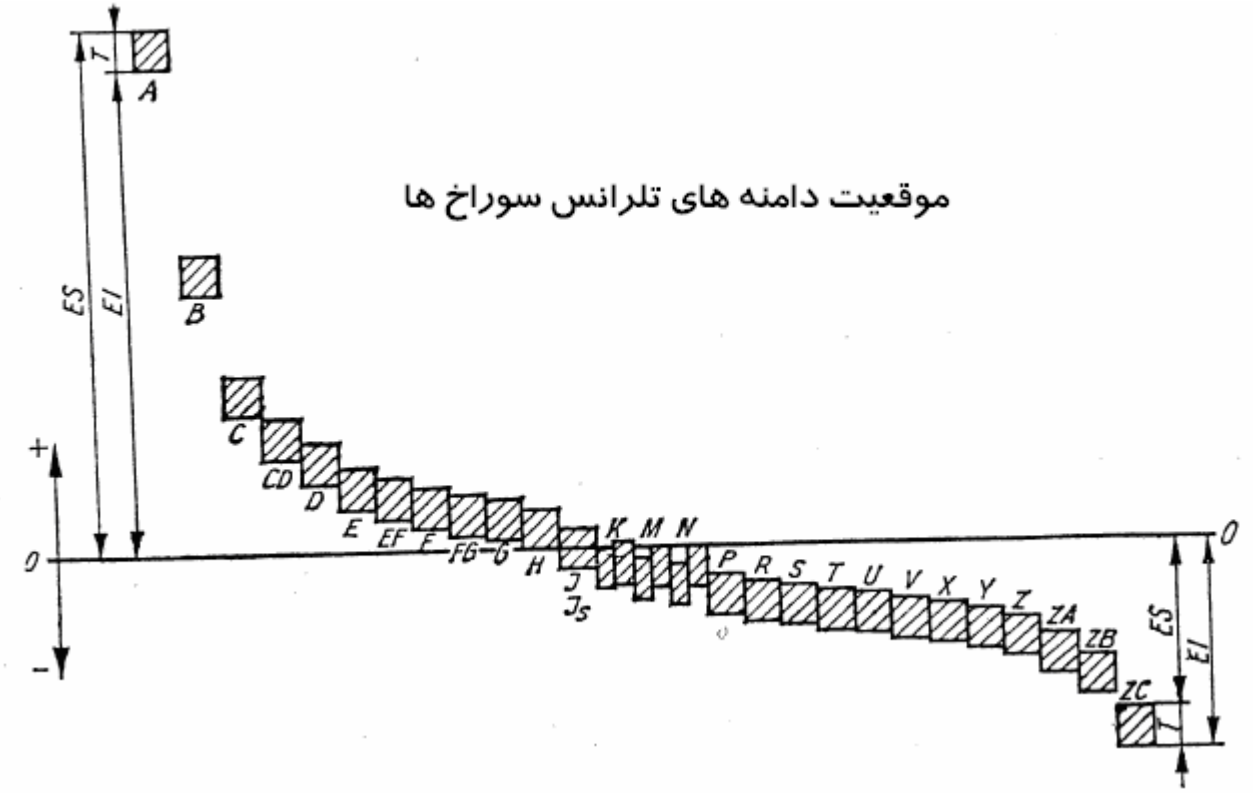


حروف A تا H مربوط به دامنه هایی هستند که با فاصله در بالای خط صفر قرار گرفته‌اند. اندازه واقعی چنین سوراخ‌هایی در هر حال بزرگتر از اندازه اسمی است. درگیری این دامنه‌ها با سیستم محور مبنا «انطباق آزاد» را بوجودمی اورند. به همین دلیل این سوراخ‌هارا, انطباق آزاد نیز تعریف می‌کنند. دامنه تلرانس H در سیستم محور مبنا لقی صفر را به عنوان کمترین لقی ایجاد می‌نماید. به همین ترتیب، دامنه‌های 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 می‌آورند. آنها را به عنوان محورهای انطباق آزاد تعریف می‌کنند. برای دامنه‌های تلرانس h نیز در حالت مرزی مقدار لقی صفر می‌باشد. هر قدر از دامنه‌های h و H دور شده و به A یا a نزدیک شویم، همان‌قدر مقدار لقی بیشتر می‌شود.

انطباق‌های تداخلی مطمئن در هر دو سیستم، سوراخ مبنا و محور مبنا، توسط وضعیت‌های تلرانسی که با R (r) مشخص می‌شوند به وجود می‌آید. دامنه‌های تلرانس مربوط به سوراخ R تا ZC با فاصله زیر خط صفر و r تا zc در خصوص محورها بالای آن قرار گرفته‌اند، اندازه‌ی واقعی چنین انطباقات تداخلی در مورد سوراخ‌ها همواره کوچکتر و در مورد محورها همواره بزرگ‌تر از اندازه اسمی خواهد بود. هرقدر به دامنه‌های تلرانس ZC یا zc نزدیک‌تر شویم به همان اندازه مقدار درگیری بیشتر می‌شود.



موقعیت دامنه های تلرانس سوراخ ها



جدول راهنما برای مواردداستعمال انواع انطباقات

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میله مبنا		نوع انطباق	مثال هائی ازموارد کاربرد
سوراخ	میله	میله	سوراخ		
H7	r6	h6	R7	قطعاتی که بافشارزیادروی هم سوارمی شوند	تاج فلکه ها،بوش یاتاقان ها،صفحات رتور،ماشین های برقی،نافی وانتیلاتورها
	s6		S7		
	n6		N7	نشیمن محکم بدون ضامن برای جلوگیری از چرخش	بوش یاتاقان ها،اهرم ولنگ درروی میله ها ،قسمت هائی که نیروی ضربتی تحمل می کنند دستگاه های تکان دهنده
	m6		M7	قسمت هائی که باچکش روی هم سوارمی شوندوضامن جلوگیری از چرخش نیازدارند	چرخ دنده ها،چرخ تسمه ها،کنس داخلی بال برینگ هاروی محور،پین پیوست ها
	k6		K7	قسمت هائی که باصرف نیروی کمتر متصل می شوند وبه ضامن نیازدارند	فلکه ها،پیوست ها،اهرم ها،رتورالکتروموتورها پیچ های جفت،
	j6		J7	قسمت هائی که به اسانی متصل می شوند	چرخ دنده های عوض شونده درجعبه دنده ها حلقه های مکا نی کنس خارجی بال برینگ ها،
	h6		H7	قسمت هائی که بادست بتوان انهارانسبت به هم حرکت انتقالی داد	قسمت هائی که باحرکت انتقالی ازهرقبیل ،پین دسته ها،فلانژهای متحدالمرکزکننده
	g6		G7	قسمت هائی که بابازی کم نسبت به یکدیگرحرکت کنند	چرخ دنده های ازادباگوه فنری،میله دستگاه تقسیم ماشین فرز،پیستون ها،پیستون های کشوئی
	f7		F7	قسمت های متحرک	یاتاقان ها،غلاف ها،میله های بادورزیاد
	e8		E8	قسمت های متحرک بابازی نسبتازیاد	میله پیچ های حرکتی،میله هائی که ازداخل چندیاتاقان بگذرند،میله های بادورمتوسط
	d9		D9	قسمت های متحرک بابازی خیلی زیاد	میله های ترانسمیسیون وچرخ هائی که ازادی درروی انهامی گردد

ماشین سازی عمومی با رعایت دقت معمولی

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میلهٔ مبنا		نوع انطباق	مثال مورد استعمال
سوراخ	میله	میله	سوراخ		
H8	h8 ، h9	h8 ، h9	H8	قسمتهایی که بآسانی متصل شوند ودرعمل حرکت انتقالی آنها امکان داشته باشد .	حلقه‌های مکانی، دسته‌های لنگ، چرخ دنده‌ها چرخ تسمه‌های محکم، پیوستها
	e9 ، f8		F8 ، E9	قسمتهای متحرك با بازی	میلهٔ سوپاپها، پیستونهای اتومبیل، یاتاقان دینامو‌ها، یاتاقان تلمبه‌ها، چرخ طنابها .
	d10		D10	قسمتهایی که با بازی زیاد درداخل یکدیگر متحرك باشند	بوش محور جرثقالها، یاتاقان ماشینهای کشاورزی قسمتهای متحدالمرکز کننده بطور عمومی .

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

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میلهٔ مبنا		نوع انطباق	مثال مورد استعمال
سوراخ	میله	میله	سوراخ		
H11	h11	h11	H11	جایی که باوجود تولرانس زیاد درساختن دوقسمت بازی فیمابین کم باشد	قطعاتی که بررویهم سوار کرده جوش دهند، قطعاتی که با پین متصل شوند، لولاها ، ماشینهای تحریر
	d11		D11	حرکت در تحت هر شرایطی ممکن است	اهرمهایی که بتوان ازروی قطعات دیگر برداشت ، میلهٔ میخ پرچها ، پین مفصلها
	c11 ، b11		C11 ، B11	حداقل بازی با IT11	ماشینهای خانه‌داری، یاتاقان کلیدهای گردندهٔ برق، پینهای متحرك
	a11		A11	قسمتهایی که نسبت بهم خیلی لق باشند حداقل بازی با IT13	میلهٔ رگولاتور بخار در لکوموتیوها ،یاتاقان میلهٔ ترمز، بوش چرخها برای دژهای کشویی

کاربردتلرانس هاوانطباقات در نصب برینگ های غلتکی

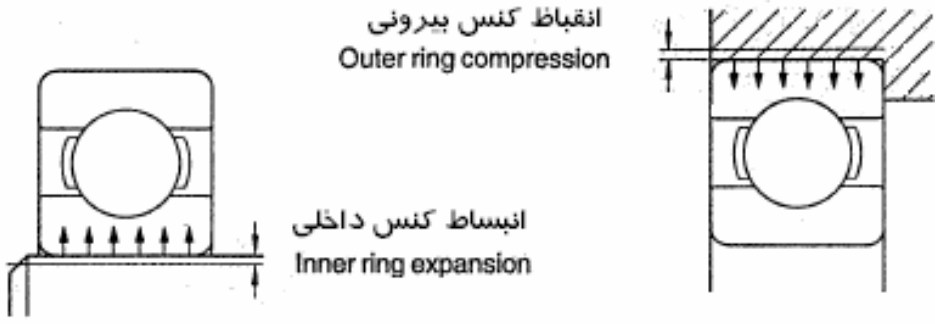
مهم ترین وظیفه یاتاقان هاجذب وانتقال نیروهای شعاعی ازمحوربه بدنه ماشین وفوندانسیون است به این صورت که نیروهاازمحوربه زیرکنس داخلی وسپس ازکنس داخلی به غلتک هاوازغلتک ها به طرف قطرداخلی کنس بیرونی وازانجا به طرف قطرخارجی کنس خارجی وسپس به بدنه هوزینگ برینگ وازطریق بدنه به شاسی وفوندانسیون ونهایتا به زمین منتقل می گردند.

درطراحی وساخت کلیه برینگ های غلتکی بین اجزا گردنده(ساچمه ها) وکنس های داخلی وخارجی انهابسته به نوع طراحی وماتریال مصرف شده فاصله ای وجوددارد(لقی یاکلرنس داخلی)تااولا اجزا برینگ بتوانندازادانه حرکت داشته باشندوثانیافیلم روغن روانکاربتواندبین اجزاگردنده قرارگیردکه اینClearanceهادرکاتالوگ های کارخانه سازنده وجوددارد.ولی نکته حائزاهمیت ان است که درحین کار برینگ ها دراثرنیروهای اعمال شده(بخصوص نیروهای شعاعی) به اجزا یاتاقان این Clearanceهاتغییرمی کنندکه زیادشدن ان باعث لق قرارگرفتن ساچمه هادربین کنس هاوایجادلرزش وارتعاشات زیادوخرابی زودرس یاتاقان وهمچنین کم شدنClearanceنیزباعث ایجاداصطکاک زیادواختلال درسیستم روانکاری گرم کردن وسیاه شدن روغن روانکارونهایتا خرابی زودرس یاتاقان های غلتکی می شودولذابایدتدابیری اندیشیده شودتا درموقعیتی که یاتاقان تحت بارقرارمی گیردClearanceهای داخلی اجزاان درحدتوصیه شده کارخانه سازنده قرارگیرندکه این کاربانحوه انطباقی که برای یاتاقان براساس ماتریال مورداستفاده وتوسط کارخانه سازنده تعریف می شودانجام می گردد.

باتوجه به اینکه ماهیت این نیروهادرجهت شعاعی است(ازمرکزبه طرف بیرون) نیروهای شعاعی درحین انتقال از محوربه کنس داخلی زیرکنس داخلی اعمال می شودوباعث افزایش قطرداخلی کنس داخلی برینگ می شود(این افزایش قطرباعث کاهش دادن کلرنس های داخلی برینگ می شود)که می تواندخرابی زودرس برینگ رابدنبال داشته باشدوهمچنین این نیروهادرحین انتقال ازطریق کنس خارجی بال برینگ باعث افزایش دادن قطرخارجی بال برینگ شده وکنس خارجی رابه طرف سطح نشیمن گاه ان درداخل هوزینگ برینگ می فشاردکه نهایتا باعث به هم خوردن کلرنس های داخلی(زیاد شدن کلرنس بین ساچمه هاوکنس های داخلی وخارجی)می شود.اگردرحین نصب برینگ مقدارانبساطی که درحین کار(دراثراعمال نیروهای گریزازمرکز)روی بال برینگ بوجودمی ایدرادرغالب 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 ازنصب) ودینامیکی (درحین کار)درحدمطلوب قراردارد.

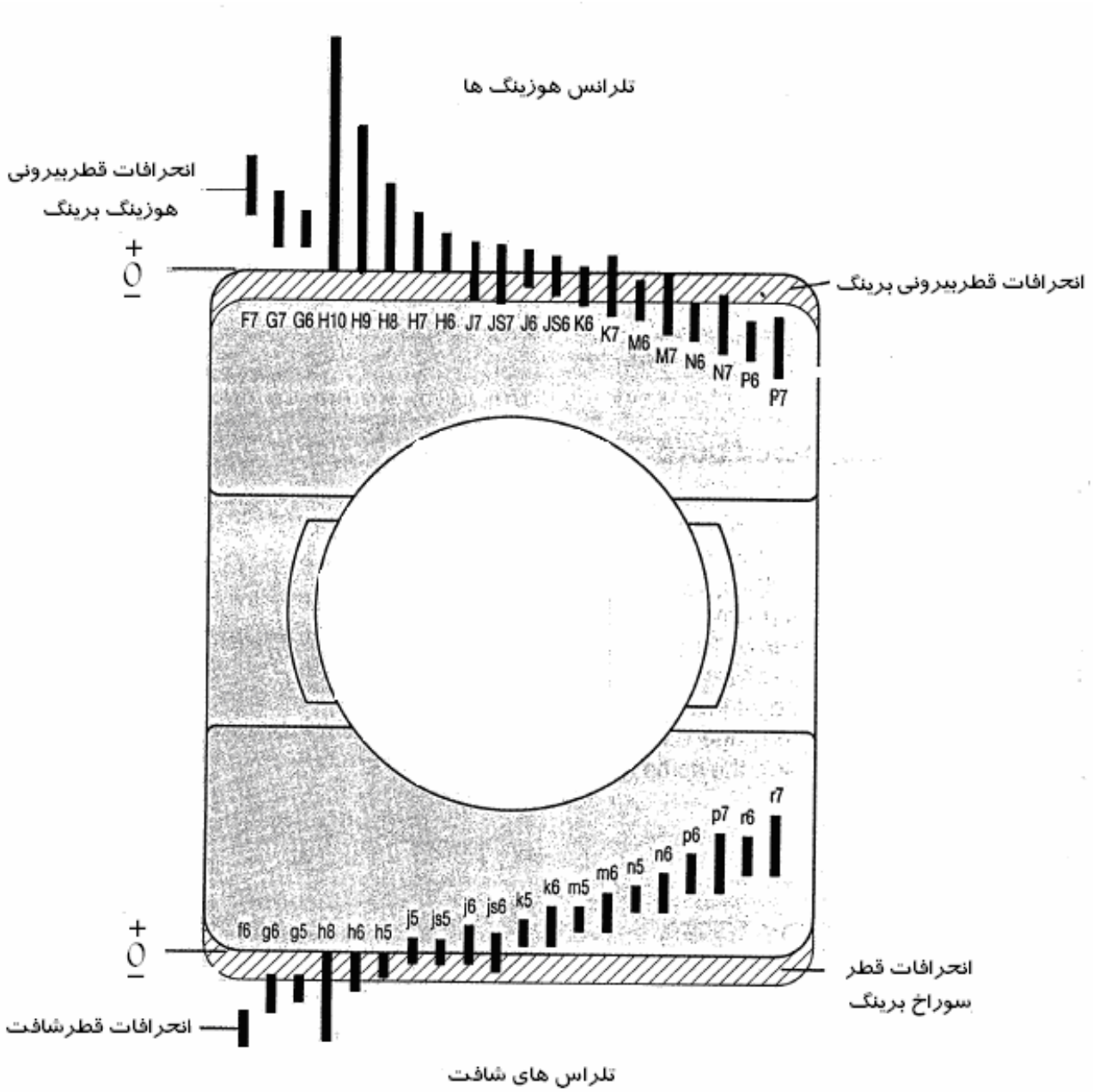
به همین دلیل برینگ بایدکمی روی شافت پرس شودتادرحالت دینامیکی بااعمال نیروهای گریزازمرکزازحالت پرس بودن خارج شودوهمچنین کنس خارجی بایددرحدکمی داخل هوزینگ برینگ ازادباشد تابااعمال نیروهای گریزازمرکزافزایش قطرپیداکرده وبه دیواره هوزینگ برینگ بچسبد به عبارت دیگرکنس داخلی روی محوربصورت پرسی نصب می شود وکنس خارجی بصورت ازادتا بتوانندرحین کار بصورت سایزتوسایزقرارگیرند.البته این برای حالتی است که کنس داخلی برینگ بچرخدوکنس خارجی ان ثابت باشد(مثل پمپ هاوالکتروموتورها)درصورتی که عکس این حالت باشدیعنی قطربیرونی بچرخدوکنس خارجی ثابت باشد(مثل برینگ های چرخ های اتومبیل که کنس خارجی همراه با تایرمی چرخد)وضعیت کلرنس ها عکس می شودیعنی کنس خارجی برینگ درتوپی بصورت پرسی نصب می شودوکنس داخلی ان روی محورازاداست.



انطباق تداخلی باعث کم شدن لقی های داخلی می شود

انطباقات(پرس سوارشدن یاتاقان روی محوریاازادقرارگرفتن یاتاقان درداخل هوزینگ برینگ) طوری انتخاب می شوندتانیروهای اعمال شده روی برینگ بتواندقطعاتی راکه پرس شده اند(کنس داخلی که روی محوربصورت پرسی نصب شده)ازحالت پرس بودن ازادنمایدیاقطعاتی که باکمی لقی نصب شده اند(بطورمثال کنس خارجی بال برینگ که کمی درداخل هوزینگ ازاداست)رابه حالت سایزتوسایزدراورند.به عبارت دیگروقتی کنس داخلی بال برینگ بصورت پرسی روی محورنصب می شودمثل این است که قطرداخلی بال برینگ نسبت به شافت(درمحل قرارگیری)کمتراست ونیروی گریزازمرکزاعمال شده اززیرمحورباعث افزایش قطرکنس داخلی بال برینگ ونهایتاسایزتوسایزشدن کنس داخلی روی

محورورسیدن به کلرنس اجزاداخلی درحالت استاتیکی می شودوبرای کنس خارجی نیزبه همین ترتیب ذکرشده دراثراعمال نیروهای گریزازمرکز,کنس خارجی بال برینگ که بصورت لق درداخل هوزینگ برینگ قرارگرفته بودافزایش قطرپیدامی کندتابتواندجبران افزایش قطرکنس داخلی رابنمایدواجازه دهدکلرنس غلتک هابین کنس هاافزایش پیداکنندوکلرنس درحدمجازتوصیه شده توسط کارخانه سازنده واقع شوددرغیراین صورت(یعنی اگرکنس خارجی درداخل هوزینگ برینگ کمی ازادنباشد) امکان افزایش کلرنس(لقی)برای غلطک هافراهم نمی شودوباعث کم شدن کلرنس ,روانکاری ناقص,ایجاداصطکاک زیاد,بالارفتن دمای یاتاقان و.....نهایتاخرابی زودرس یاتاقان خواهدگردید.



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

دردیاگرام صفحه قبل موقعیت تلرانس های کنس داخلی برینگ هاوتلرانس های قطربیرونی کنس هانشان داده شده است.

چندنکته :

۱-باتوجه به این که ماتریال بکاررفته درساختمان بال برینگ ها درکارخانجات مختلف بال برینگ سازی باهم متفاوت می باشند نوع انطباق بکاررفته برای دو عددبال برینگ هم سایزی که توسط دوکارخانه 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 شودولذادرصورتی که یک بال برینگ درست انتخاب نشده باشد(به عبارت دیگراستفاده ازیک بال برینگ بزرگتروقوی تری که قادربه تحمل باربیشتری است بجای یک برینگ کوچکترکه تحمل باران کمتراست)ازانطباق توصیه شده توسط کارخانه سازنده بال برینگ نمی توان استفاده کردیابه عبارت دیگردرصورت استفاده ازاین انطباق درحین کارکلرنس 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 انهاتقریبا 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	For General Applications
			H8	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			
		Normal or Heavy Loads	Pumps Crankshaft Main Bearings	K7	Generally Impossible	If axial displacement of the outer ring is not required.
		Normal or Light Loads	Medium and Large Motors	JS7(J7)	Possible	Axial displacement of outer ring is necessary.
Solid or Split Housings	Rotating Inner Ring Load	Loads of All kinds	General Bearing Applications, Railway Axleboxes	H7	Easily possible	—
		Normal or Light Loads	Plummer Blocks	H8		
		High Temperature Rise of Inner Ring Through Shaft	Paper Dryers	G7		
Solid Housing	Rotating Inner Ring Load	Accurate Running Desirable under Normal or Light Loads	Grinding Spindle Rear Ball Bearings High Speed Centrifugal Compressor Free Bearings	JS6(J6)	Possible	—
	Direction of Load Indeterminate		Grinding Spindle Front Ball Bearings High Speed Centrifugal Compressor Fixed Bearings	K6	Generally Impossible	For heavy loads, interference fit tighter than K is used. When high accuracy is required, very strict tolerances should be used for fitting.
	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) Ball Brgs	Cylindrical Roller Brgs, Tapered Roller Brgs	Spherical Roller Brgs	Tolerance of Shaft	Remarks
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	
			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)	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	< 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	
			—	—	280~500	r6	
			—	—	over 500	r7	
	Heavy Loads or Shock Loads ($>0.13C_r$ (1))	Railway Axleboxes, Industrial Vehicles, Traction Motors, Construction Equipment, Crushers	—	50~140	50~100	n6	More than CN bearing internal clearance is necessary.
			—	140~200	100~140	p6	
			—	over 200	140~200	r6	
			—	—	200~500	r7	
Axial Loads Only			All Shaft Diameters			js6 (j6)	

بامشخص شدن نوع ودرجه انطباق میزان تولرانس ها با استفاده ازجداول استانداردکه درانتهای جزوه اورده شده است مشخص می شود.

البته لازم به توضیح است که انطباقات برای بال برینگ ها براساس موادبکاررفته دربال برینگ ها ومیزان باری است که تحمل می کنندودر هرکارخانه سازنده ای برای مونتاژمحصولات خود تلرانسی رامعرفی می کندکه ممکن است با تلرانس کارخانه دیگر کمی تفاوت داشته باشد که این مطلب بخصوص برای مواردی که ازبال برینگ های مشابه کارخانجات مختلف بصورت جایگزین استفاده می شود بایدمدنظرقرارگیرد.
برای تعیین تلرانس های نصب هریاتاقان بایدبه کاتالوگ های فنی کارخانه سازنده برینگ مراجعه شود
مثال تولرانس های نصب بال برینگ ۶۲۱۴(قطرداخلی ۷۰وقطرخارجی۱۲۵میلیمتر)راکه به عنوان یاتاقان شعاعی یک پمپ نصب می شود رابدست اورید.

حل:طبق جداول فوق نـوع انطبـاق محـور$j6$وانطبـاق هوزینـگ $H7$بدسـت مـی ایـد وبامراجعـه بـه جـدول استانداردها (محورمبنا)برای قطر ۷۰ میلیمترمیزان تولرانس برای محورباقطرداخلی هفتـادمیلیمتر۱۲+تـا۷- میکرون است که قطرمحوربایددر محدوده $70^{+0.012}_{-0.007}$ میلیمتر قرارگیردوباتوجه به این کـه قطرخـارجی بال برینگ در هوزینگ برینگ ۱٤۰میلیمتروانطباق ان$H7$ است تلـرانس ان درمحـدوده صـفرتا٤۰+میکـرون قرارمی گیردکه قطرمحوربایددرمحدوده $125^{0.000}_{+0.040}$ میلیمتر قرارداشته باشد.

مثال:تولرانس نصب رولربرینگ شماره۳۲۰۱۳ (قطرداخلی۶۵وقطرخارجی۱۰۰میلیمتر)مربوط به چرخ جلوی بنز خاور (کنس داخلی ثابت وکنس خارجی می چرخدرابدست اورید.

حل :براساس جداول فوق انطباق برای هوزینگ برینگ$M7$وانطباق برای محور$h6$بدست می اید.

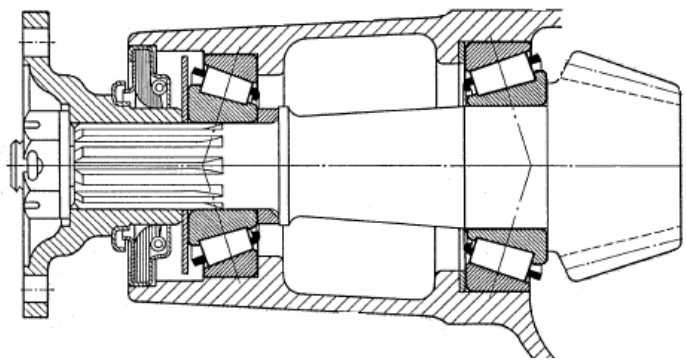
همانطورکه ملاحظه می شودبراساس شرایط کاری (که محورثابت است)برینگ انطباق برینگ به گونه ای است که کنس داخلی برینگ روی محورازاداست ولی کنس خارجی درداخل هوزینگ برینگ پرس می باشد.

کم ترین وبیشترین تولرانس $M7$ برای قطر۱۰۰میلیمترهوزینگ عبارتنداز:

MAX:-30 MIN: 0

همچنین کمترین وبیشترین تلرانس برای انطباق$h6$برای محورباقطر۶۵میلیمترعبارتنداز(برحسب میکرون):

MAX:-19 MIN: 0



بنابراین تـولرانس قطرمحـوربرابر بـا $100^{0.000mm}_{-0.030mm}$ وقطرداخلـی هوزینـگ برابربـا $65^{0.000\ mm}_{-0.019\ mm}$ خواهدبود.

درعمل بهتراست ماشینکاری طوری انجام شودکه اندازه حاصله دروسط محدوده فوق واقع گردد.

روانکاری

روانکاری علم تسهیل حرکت نسبی سطوح درتماس بایکدیگرمی باشدوروانکارماده ای است که به منظور کاهش اصطکاک بین دوسطحی که نسبت به هم دارای حرکت هستندقرارمی گیرد وبا ایجاد فیلمی ازروغن از تماس فلزبافلزجلوگیری می نماید.

وظایف روانکار ها

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

۱-روان کنندگی وکاهش اصطکاک باتشکیل فیلم روانکار بین قطعات ثابت ومتحرک به منظوربه حداقل رساندن اصطکاک وجلوگیری وتقلیل و تاخیردرسایش درحین کار.

۲-جذب وانتقال حرارت وخنک کردن وکنترل دمای قطعات.

۳-جلو گیری ازاثرات ضربه قطعات بریکدیگردرحین حرکات مکانیکی قطعات.

٤-اب بندی فواصل بین قطعات.

۵-جلوگیری از فساد و خورندگی.

۶- جلوگیری از ته‌نشین شدن مواد لجنی در موتور.

۷-عمل کننده به عنوان حاملCarrierمواد شیمیایی یاذرات ساییده شده موجوددرروغن وانتقال انها از محوطه برینگ هاودیگرنقاط روانکاری شونده به داخل مخزن روغن وجداکردن این ناخالصی ها درداخل فیلتر روغن.

۸-شستشو وتمیزکردن قطعات وجلوگیری ازته نشین شدن والودگی روانکار(بخصوص درموتورهای احتراق داخلی).

۹- صرفه جوئی درمصرف انرژی (کاهش توان مصرفی)باکاهش اصطکاک.

۱۰-بالا نگه‌داشتن راندمان و قدرت موتور.

۱۱-معلق نگه داشتن موادزائدوجلوگیری ازرسوب انهابرروی قطعات.

۱۲-حفاظت ازسطوح درمقابل زنگ زدگی وخوردگی شیمیائی.

۱۳-کاهش توان مصرفی موردنیاز(صرفه جوئی درمصرف انرژی).

که نتایج(توجیحات اقتصادی) ان شامل موارد زیراست:

۱- افزایش طول عمرمفیدقطعات تحت نیروهای اصطکاک.

۲- کاهش قیمت تمام شده تولیدات دراثرکارکردبیشترماشین الات.

۳- کاهش نیروی انسانی تعمیرات وهزینه تعویض قطعات دستگاه ها.

٤- کاهش هزینه های مصروفه جهت تامین توان موردنیاز(کاهش توان مصرفی).

خواص ضروری روغن های روان کننده

روغن های روان کننده باید:

۱-دارای گرانروی یا ویسکوزیته مناسبی باشند تافیلم روغن باضخامت مناسبی تشکیل شودوباعث کم شدن اصطکاک وساییدگی وانتقال حرارت وضربه گیری واب بندی وانتقال نیرو گردد.

۲-روغن روانکارباید گرانروی خود رادرمحدوده درجه حرارت کاری درحدکافی حفظ کندتا لطمه ای به انجام وظایف ان واردنشود(در اصطلاح گفته می شود شاخص گرانروی Viscosity Index به اندازه کافی و بالایی داشته باشند).

۳-درمقابل تجزیه حرارتی و اکسید اسیون (سوختن) به حدکافی مقاوم باشند.

٤-باعث زنگ زدگی وخوردگی بیش از حد قطعات ,که توسط مواداسیدی وساینده بوجود می اید نشود.

۵-دارای مواد پاک کننده ومعلق مناسب باشند تا ازته نشین شدن رسوبات درلابلای قطعات جلو گیری نماید.

۶-درسرما به اندازه کافی روان باشند تاشروع وادامه حرکت قطعات اسان شود.

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

۸-روی قطعاتی که باانهادر تماس است وهمچنین روی اجزای درونی خودشان اثرنامطلوب نداشته باشد وبین انها واجزا سازگاری وجود داشته باشد.

۹-از نظرعواملی نظیر فراریت اتش گیری ونظایر ان در شرایط مناسبی قرار داشته باشند.

۱۰-روغن ها باید بتوانند اثرات نامطلوب ناشی از کار دستگاه مثل احتراق ویا مخلوط شدن با اب در توربین های بخارو.... راتاحد ممکن خنثی نماید.

۱۱-موادالوده کننده خارجی مثل گردوخاک و.....همراه نداشته باشند.

۱۲-درحین کارکف نکند.

۱۳ـ در شرایط عملیات و طول زمان سرویس خواص خودرا محفوظ نگه‌دارد.

۱٤ـ خاصیت ضد زنگ‌زدگی داشته باشد به خصوص وقتی که در محیط عمل ممکن است رطوبت وجود داشته باشد.

۱۵ـ خاصیت ضدفرسودگی داشته باشند.

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

اکثر ویژگی های فوق الذکرتقریبا درتمام روغن ها بطور مشترک ضروری است ولی ممکن است در هر مورد خاص, مواردمعینی از انها اولویت بالاتری داشته باشد. علاوه بر این ممکن است هرروغن مخصوص ویژگی های مشخص نیزبرایش ضروری باشد مثلا قدرت پاک کنندگی که جزخواص ضروری روغن موتور های بنزینی ودیزلی ونظایر ان است ویا تشکیل شدن یک امولسیون پایدار روغن و اب برای روغن های حل شونده تراشکاری و جداشدن اب ازروغن 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 وجدانشدن اب وروغن می شوندمخلوط شوند) همچنین روغن ترا نسفورماتورها ونظایر ان باید درحد بالایی عایق الکتریسیته باشند وروغن های هیدرولیک باید مقاومت مولکولی بالایی برای تحمل فشار های بالارا داشته باشند تا عمل انتقال نیرو را به نحو احسن انجام دهندکه جهت دادن خواص ضروری به روغن ها بااضافه کردن مکمل هایAdditive مورد نیاز هر شرایط به روغن پایه باعث بهبود خواص ان می شود.

البته تمامی این وظایف با شدت یکسان در همه موارد ,مورد نیاز نیست وبسته به مورد, نوع کار برد ومصرف روغن ممکن است بعضی از وظایف فوق از وظایف اصلی روغن وبقیه 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 داردو 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 ازحدمعینی کمترنشودو خاصیت روانکاری خود را از دست ندهد.

نکته حائز اهمیت این است که روغن ها برای این که بتوانندوظایف خود رابه درستی انجام دهند, باید دارای شرایط وویژگی های معینی باشند که در واقع همین خواص روغن ها است که روغن های مختلف وکیفیت انها رامتمایز می کند. همچنین به دلیل ویسکوزیته روغن, در خود روغن نیز نیروی اصطکاک ایجاد می شودکه باید در محاسبات برینگ ها منظور گردد.

استفاده ازروغن مناسب می تواندمزایای زیررادربر داشته باشد:

۱-کم شدن مصرف سوخت.

۲-کاهش اصطکاک وتوان مصرفی .

۳-افزایش طول عمرماشین وقطعات ان .

تقسیم بندی روانکارها

بطورکلی روانکارهادرچهاردسته طبقه بندی می شوند:

۱-روانکارهای گازی

۲-روانکارهای جامد

۳-روانکارهای نیمه جامد

٤-روانکارهای مایع

مورداستفاده روانکارهای گازی دردرجه حرارت های خیلی زیاد(بالاتراز۸۰۰درجه سانتیگراد)یاخیلی پایین (حدود۲۰۰-درجه سانتیگراد)است.

مواردکاربردروانکارهای جامدبرای شرایط خاص است به عنوان مثال درراکتورهای هسته ای که روانکار بایددربرابرانرژی تشعشعی زیادمقاوم باشدویادرمواردی که لازم است روانکارتحت شرایط خلا فراریت کمی داشته باشد . یکی ازمهمترین روانکارهای جامد گرافیت است که ازلحاظ شیمیائی در مقابل اشعه رادیواکتیونیزبی تفاوت است وعلاوه بران ازاین روانکاردردرجه حرارت های بالا نیز استفاده می شود زیرا حتی دراثرسوختن نیزدی اکسیدکربن تولید نمی کنندوبدون این که ذراتی در محل باقی بگذارداز محیط روانکاری خارج می شوند.

گریس هاجزموادروان کننده نیمه جامدی هستندکه ازمخلوط کردن یک عامل سفت کننده در روانکار مایع بدست می ایندودرمواقعی که نیازاست روان کننده دروضعیت اولیه دریک مکانیزم باقی بماند خصوصا درمحل هائی که امکان روانکاری مجددمحدوداست یاازنظراقتصادی غیرقابل توجیه باشد از انواع گریس هابرای روانکاری استفاده می شود

روانکارهای مایع بیشترین کاربردعمومی وتخصصی رادارندو دردودسته زیرطبقه بندی می شوند:

الف- روغن های معدنیMineral Oils

ب- روغن های مصنوعیSynthetic Oils

هردو نوع روغن معدنی ومصنوعی به نوعی ازنفت خام مشتق می شوندبااین تفاوت که روغن های مصنوعی باانجام یک سری واکنش های شیمیائی دقیق وکنترل شده برروی محصولات مختلف پتروشیمی بدست می ایندودرنتیجه کارائی خیلی بالا ونهایتا قیمت تمام شده بالائی دارندولی روغن های معدنی از تقطیر نفت خام وحداکثریک واکنش شیمیائی کنترل شده بدست می ایندبنابراین نسبت به روان کننده های مصنوعی دارای قیمت کمترومصرف بیشترمی 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 مصنوعیSynthetic Oils

باتوجه به قدرت وراندمان بالای موتورهای مدرن امروزی که اکثرادرشرایط سختی کارمی کنندروانکاری قطعات انها 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..

٤- 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 مواردااستفاده 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 دقیقاوبه دلخواه درهنگام تولیدکنترل کرد.

۲-قابلیت تحمل طیف تقریبا وسیعی ازدرجه حرارت رادارند.

۳-باموادشیمیائی الی قابل اختلاط هستندکه همین باعث امکان اضافه کردن موادافزودنی به انهاوتغییرنحوه عملکردانهابرطبق خواسته هاوشرایط کاری می شود.

٤-سازگاری انهابالاستیک هاوپلاستیک هائی که درساخت کاسه نمدهاودیگراب بندهااستفاده می شوندزیاداست.

۵-ارزان بودن ودردسترس بودن انها.

۶-دارابودن پایداری ومقاومت قابل قبول .

۷-بی اثربودن وغیرخورنده بودن انهاازنظرشیمیائی وقابلیت انهادرحفاظت ازسطوح دربرابرعوامل خورنده شیمیائی وعوامل مخرب فیزیکی.

۸-قابلیت جذب وانتقال حرارت های ناخواسته.

۹-دارابودن شرایط اصلی موردنیازبرای یک روان کننده خوب که قبلا بیان شده است.

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

۱- موادپاک کننده ومعلق کننده برای جذب وانتقال 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.

٤- 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 ضدکفAnti Foam برای جلوگیری ازکف کردن روغن.

۷-موادضدسائیدگیAnti Wear

۸-مواد بهبود دهنده شاخص گرانرویVI-Improver

۹-موادپایین اورنده نقطه ریزش

۱۰-موادضدخورندگی و.....

گریسGREASE

گریس ها محصولات نیمه مایع تا جامد یک عامل سفت کننده هستند که از متفرق شدن در یک مایع‌روان کننده که به میزان مشخص سفت شده است بدست می ایند.به عبارت دیگرگریس یک ماده روان کننده ای است که به میزان مشخصی سفت شده ودارای مشخصاتی است که روغن به تنهائی فاقد ان است.

مزایای گریس نسبت به روغن شامل:

۱-با استفاده از گریس دفعات روانکاری کمتر می‌شود.

۲-راحتی استفاده و بکارگیری گریس نسبت به روغن.

۳-امکان استفاده برای جاهائی که روانکاری مجددمحدودباشدیاازنظراقتصادی غیرقابل توجیه باشد.

٤-منتفی شدن چکه و نشتی روانساز.

۵-امکان استفاده از سیستم آب‌بندی ساده‌تر در ماشین‌آلات.

۶-چسبندگی خوب به قطعات.

۷-راندمان بالاتر در شرایط دما و فشار بالا.

۸-طراحی ساده‌تر دستگاه هایی که با گریس روانکاری می‌شوند.

۹- نیازبه نیروی کاری کمتر برای تعویض و سرویس.

مقایسه گریس با روغن

۱-برخلاف روغن گریس‌هاقابلیت خنک کردن قطعات و دستگاه ها را ندارند.

۲-روغن‌ها راحت‌تر به قطعات و مجاری دستگاه راه پیدا می‌کنند.

۳-نگهداری و بسته‌بندی گریس‌ها با مسائل بیشتری توام است.

٤-تعویض گریس هاوشستشوی محل قرارگرفتن انهامشکل تراست.

۵-امکان انالیزنمودن گریس هابرای تعیین عیوب روی قطعات کمتراست.

گریس قابل قبول برای یک شرایط معین بایددارای خواص زیرباشد:

۱-ایجادروانکاری مناسب برای کاهش اصطکاک باتوجه به شرایط و فشارکار در ماشین آلات و انتخاب گریسی که بتواند از عهده روانسازی برآید.

۲-محافظت ازقطعات دربرابرخوردگی وزنگ زدگی.

۳-سفت نشدن بیش ازحددرهوای سرد.

٤-سازگاری باکاسه نمدهاوسیستم های اب بندی.

۵-قدرت تحمل کردن مقداری ازالودگی هامثل رطوبت بدون ازدست دادن خواص مهم راداشته باشند.

۶-داشتن خواص فیزیکی مناسب برای کاربردهای موردنظر.

۷-داشتن مقاومت کافی دربرابرتغییرات ناگهانی دراثرکارکردمکانیکی.

۸-دارابودن رفتارمناسب دردرجه حرارت های مختلف وعدم تغییرات شدیدویسکوزیته.

۹-انتخاب ان بایدباتوجه به امکان گریسکاری مجددوعمرگریس باشد.

جدول مقایسه بین گریس وروغن

روغن	گریس	موارد
ممکن است مشکل باشد نیازبه دقت تعمیرات دارد	ساده	ساختمان هوزینگ وروش اب بندی
محدوده دوربالا	محدوده سرعت گریس 65%~80% روغن است	دور
انتقال حرارت امکان دارد ازروغنکاری تحت فشاراستفاده شود	ضعیف	اثرات خنک کنندگی
خوب	ضعیف	سیالیت
اسان	اغلب مشکل است	تعویض روانکار
اسان	خارج کردن ذرات ازداخل گریس تقریباغیرممکن است	خارج کردن موادخارجی
اگرالودگی زیست محیطی نبایدوجودداشته باشدنباید استفاده شود	به ندرت می تواندمحیط زیست راالوده کند	اثرات نشتی به بیرون

ترکیب شیمیائی گریس ها

ترکیب گریس ها شامل سه جزاست:

۱-مایع گریس که ممکن است یک روغن معدنی یاهرمایع دیگری باخواص روان کنندگی مطلوب باشد.

۲-سفت کننده که بایدماده ای باشد که بتواندروغن انتخاب شده رابصورت جامددیانیمه جامددراورد.

۳-موادافزودنی بهبوددهنده که خواص گریس رابهبودمی بخشدیاخواص بخصوصی رادران ایجادمی کنند.

تنوع زیادروغن و ماده سفت کننده باعث شده است که انواع مختلف گریس با کارآیی‌های گوناگون ساخته و عرضه شود.

گریس را می‌توان براساس نوع روغن بکار رفته در آنها به دو دسته:

الف-گریس های معدنی.

ب- گریس های سینتتیک.

تقسیم‌بندی نمود.

سفت کننده های اصلی که درساخت گریس بکارمی رونددر دودسته زیرطبقه بندی می شوند:

۱-گروه ترکیبات صابونی فلزی نظیر سدیم، لیتیوم، کلسیم، آلومینیوم سرب و ...ویاترکیبی از این فلزات نظیرگریس های باپایه الومینیوم لیتیوم باریم و.....

۲-گروه ترکیبات غیر صابونی نظیر خاک‌های فعال شده بنتویت، یا پلیمرهای خاص که برای ساخت گریس های نسوزکه دردرجه حرارت های بالااستفاده می شوند.

درجدول زیرخواص گریس های ساخته شده ازصابون های مختلف اورده شده است.

نوع صابون	نوع روغن پایه	محدوده دمای کارکرد °C	پایداری در برابر آب	توضیحات
صابون سدیم	روغن معدنی	۱۰۰ تا ۲۰ -	غیرپایدار	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 بالااست
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 آلومینیم	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 بالاو فشار زیاد مناسب است
صابون کمپلکس کلسیم	روغن معدنی	۱۲۰ تا ۳۰ -	بسیار پایدار	با توجه به گرانروی 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 گرانروی روغن پایه بعنوان گریس چندمنظوره دردما ، 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 گرانروی روغن پایه دردما ، فشار و سرعت بالا کاربرد دارد
بنتونیت	روغن معدنی یا روغن‌های 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 دمای‌پایین‌و سرعت بالاکاربرد 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 شوندشامل: 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 روانکارSelection Of Lubrication

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

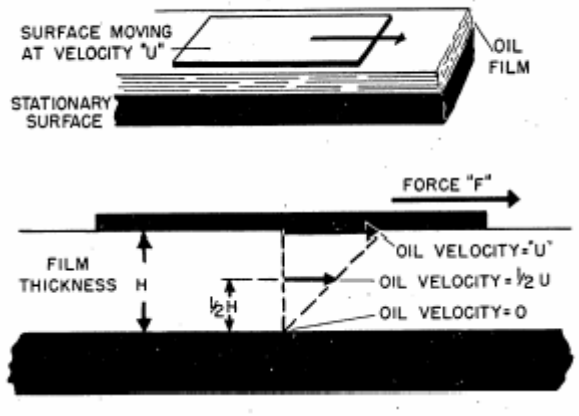
گرانروی یکی از مهمترین خواص روغن بوده که به شلی یاسفتی روغن مربوط می شود. به عبارت دیگربه مقاومت روغن در برابر جریان یافتن گرانروی یاویسکوزیته گفته می شودو یکی از مهمترین عوامل برای انتخاب صحیح روغن برای یک دستگاه است. از آن جایی که گرانروی عامل بسیار مهمی در روغن های صنعتی است، تمام مشخصات طراحی شده 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 می‌باشد. هنگام انتخاب روغن لازم است که روغنی انتخاب شودکه 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 روغن‌های سبک تر نسبت به روغن های سنگین تربهتر 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 نتیجتا در بعضی از نقاط دو سطح با هم تماس پیدا می‌کنند و گرمای حاصله از این تماس باعث کمتر شدن گرانروی روغن یعنی تماس بیشتر فلزبافلز می‌شود. هرچه تماس دو سطح فلزی بیشتر شودگرمای حاصله بالاتر خواهد رفت تا باعث جوش خوردن (گریپاژکردن)وتوقف ماشین شود. در اتومبیل های‌سواری 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 موتوردرهوای سرد, روغن جریان داشته باشد و از طرفی گرانروی آن در گرمای عملیات مناسب باشد.

گرانروی در ایجاد گرما در یاتاقان‌ها، سیلندرها و دنده‌ها نیزنقش مؤثری داردو اثر آب‌بندی Sealing Effect مقدار مصرف و کم شدن روغن در سیستم راکنترل می‌کند. آسان روشن شدن ماشین در هوای سرد بستگی زیادی به گرانروی روغن مورد استفاده داردو مهمترین عامل در انتخاب روغن، می‌باشد.

ایده اساسی درباره گرانروی بوسیله شکل زیر که یک قطعه با سرعت یکنواخت روی یک لایه روغن روی یک سطح ثابت دیگرکشیده 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 ببردزیرا روغن تمایل دارد که به صفحات ثابت و متحرک بچسبدودربرابرحرکت مقاومت ایجادکند.

مفهوم گرانروی دینامیک



مقدارنیروی(F) لازم برای حرکت دادن دوقطعه نسبت به هم:

الف-تناسب مستقیم باسرعت(U) حرکت دارد.

ب-تناسب مستقیم باسطح(A)دوصفحه(قطعه) دارد.

پ-تناسب معکوس بافاصله بین دوصفحه(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 دوسطح (μ)که ناشی ازروغن است، و به ان گرانروی یاویسکوزیته گفته می شود دارد.

ازلحاظ ریاضی می توان ان رابصورت رابطه زیرنوشت:

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

گرانروی را که با اندازه‌گیری مقدار نیروی لازم برای غلبه بر نیروی اصطکاک بین دو لایه، با ابعاد مشخص، اندازه‌گیری می شود 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.

دررابطه فوق بعدویسکوزیته :

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

است که اگرTزمان برحسب ثانیه وطولL برحسب سانتیمتردرنظرگرفته شودویسکوزیته برحسب پواز Poise بدست می ایدکه به واحد کوچکتران که یک صدم پویز (0.01Poise)سانتی پویزCentipoise است وبا(cp=۰/۰۱p) و در سیستم بین‌المللیISO با واحد پاسکال ـ ثانیه (1pas= 10p) گزارش می‌شود.

از تقسیم گرانروی دینامیک(مطلق) بر دانسیته روغن گرانروی سینماتیک بدست می‌آید. گرانروی سینماتیک را می توان به عنوان مقاومت یک مایع دربرابرجریان ان تحت نیروی وزن تعریف کردونشان دهنده تأثیر دانسیته بر گرانروی دینامیک است که هر دو در یک درجه حرارت و سیستم واحد یکسان اندازه گرفته می شوند.

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

بعدان عبارتست از:

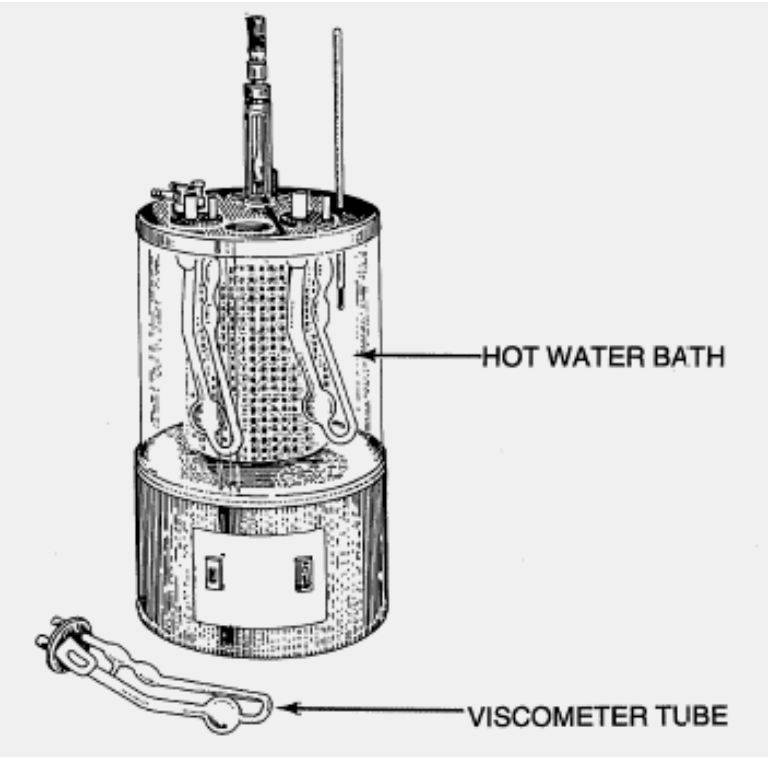
$$\frac{L^2}{T}$$

دررابطه فوق اگرطولL برحسب سانتیمتر وزمانT برحسب ثانیه باشدواحدگرانروی سینماتیک طبق قرار دادبرحسب سانتیمترمربع برثانیه است که استوکStokeنامیده می شودوچون واحدان برای اندازه گیری های مهندسی ومسائل روانکاری زیاداست ازواحدهای کوچکتران که سانتی استوک (1cst= 0/01 st) است و در سیستم بین‌المللی ISO با میلی‌متر مربع بر ثانیه(1mm2/s =1 cst) بیان می شوداستفاده می شود.
باتوجه به این که طول یک عددثابت است می توان نتیجه گرفت که گرانروی سینماتیک فقط تابع زمان است و اسان ترودقیق تراندازه گیری می شود درازمایشگاه نیزازاین پارامتراستفاده می شود.

برای اندازه گیری گرانروی سینماتیک ازدستگاه استانداردمخصوصی که شامل یک لوله موئینه که دارای یک اریفیس است و به ان ویسکومترگفته می شوداستفاده می شود.روش کاربه این صورت است که زمان عبور حجم معینی ازروغن بین دوعلامت تحت تاثیرنیروی ثقل زمین برحسب ثانیه اندازه گیری می شودوسپس

این زمان درعددثابت ویسکومترضرب می شودتاویسکوزیته سینماتیک برحسب سانتی استوک دردرجه حرارت معین بدست اید. هرچه زمان تخلیه روغن بیشترباشدمبین بالاتر بودن گرانروی ان است وبرعکس هرچه این زمان کمترباشدگرانروی پایین تراست.

درشکل زیرشمائی ازیک ویسکومترکه درداخل یک حمام مایع گرم است نشان داده شده است.



درازمایشگاه هامعمولاً گرانروی سینماتیکی دریک دمای معین(٤٠درجه سانتیگراد) اندازه‌گیری می‌شود و سپس با استفاده از جداول استاندارد گرانروی به سیستم‌های دیگر تبدیل می‌شود.

برای اندازه گیری ویسکوزیته دینامیکی ازیک عددسیلندروپیستون که پیستون باسرعت ثابتی درداخل سیلندرحرکت می کندوفاصله بین انهاباروغن پرشده است استفاده می شود.هرچه ویسکوزیته روغن بیشتر باشدمقدارنیروی لازم برای چرخاندن پیستون درداخل سیلندربیشترخواهدبودوهرچه روغن رقیق تر (ویسکوزیته کمتر)باشد نیرویاگشتاورموردنیازکمترخواهدبود.

براساس ساختمان دستگاه(قطرسطح مقطع جنس و.....)مقدارتورک لازم برای روغن های مختلف متفاوت است که باضرب کردن تورک خوانده شده ازروی دستگاه درعددثابت ویسکومتر,ویسکوزیته قابل محاسبه است.

انتخاب روانکارمناسب برای برینگ های غلتکی

گارخانجات برینگ سازی براساس تجربیات خودبرای برینگ های مختلف روغن های باویسکوزیته مناسب راتوصیه می کنند.درجدول زیرویسکوزیته روغن برای انواع برینگ های شرکتNSKژاپن اورده شده است.

ویسکوزیته موردنیازبرای انواع برینگ ها

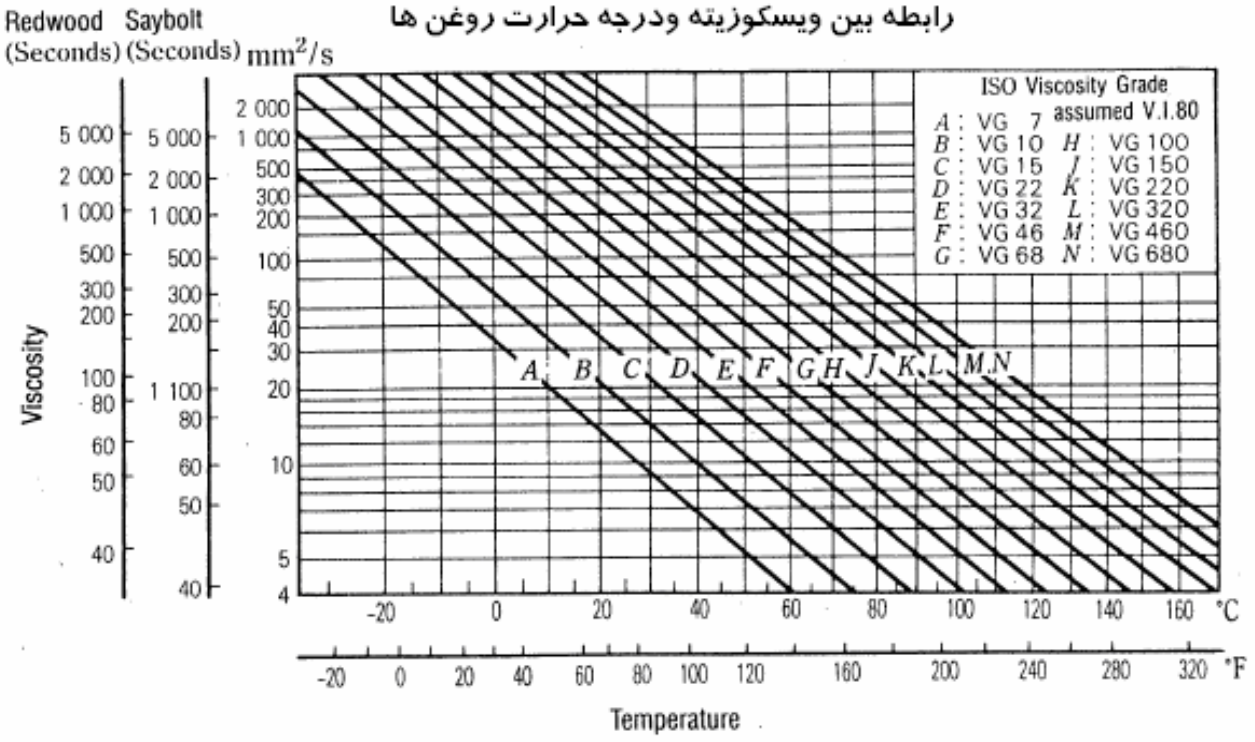
انواع برینگ	ویسکوزیته در دمای کاری
بال برینگ ها رولربرینگ های استوانه ای	13 mm^2/s or more
رولربرینگ های مخروطی رولربرینگ های بشکه ای	20 mm^2/s or more
رولربرینگ های بشکه ای محوری	32 mm^2/s or more

Remarks: 1 mm^2/s = 1 cSt (Centi-Stokes)

درجدول فوق بحث ازانتخاب روغن براساس ویسکوزیته دردمای کاری است ولی برای روغن ها,ویسکوزیته انهادریک دمای استانداردراندازه گیری می شود.

درجدول زیررابطه بین ویسکوزیته ودرجه حرارت اورده شده است.

رابطه بین ویسکوزیته ودرجه حرارت روغن ها



تغییرات گرانروی بادرجه حرارت با شاخص گرانروی اندازه گیری وبیان می شود. اگر درجه حرارت کم شود، گرانروی افزایش خواهد یافت و بر عکس اگر درجه حرارت افزایش یابد، گرانروی کاهش می یابد. در مواقعی که تغییرات درجه حرارت عملکردروغن زیاد باشد،این پارامتراهمیت بیشتری پیدامی کند. به

عبارت دیگرشاخص گرانروی یک ارزش عددی برای نشان دادن تغییرات گرانروی یک روغن‌با تغییر درجه حرارت است وهرچه عددشاخص گرانروی بزرگترباشدمبین این است که گرانروی روغن نسبت به تغییرات درجه حرارت تغییرکمتری دارد.

درجدول زیرنیزجدول انتخاب روغن مناسب برای کاربردهاودرجه حرارت های مختلف اورده 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 (bearings 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 برویسکوزیته وویسکوزیته ایندکس(که مبین تغییرات ویسکوزیته دربرابرتغییرات درجه حرارت است) سطح کیفیت روغن مورداستفاده نیزازاهمیت ویژه ای برخورداراست زیرا هرچه کیفیت روغن بالاترباشدوظایف محوله رامی تواندبه نحوبهتری انجام دهد.تفاوت سطح کیفیت روغن هابستگی به انواع موادافزودنی داردکه برای مقاصدمختلف برای بالابردن کیفیت به انها اضافه می شودتابتوانددرشرایط سخت وظایف خودراباطولانی ترکردن طول عمرقطعات و خود روغن افزایش دهد و باعث کاهش هزینه های تعمیراتی وکاهش توان مصرفی گردد.

البته کارائی وسطح کیفیت روغن های روان کننده رانمی تـوان مانندسـایرکالاهافقط ازروی نتـایج ازمـایش های فیزیکی یاشیمیائی پیش بینی کردهمچنین ارزیابی کیفیـت انهـا درعمـل نیـز بـه علـت دخالـت عوامـل متعددیگر مستقیما برای مصرف کننده امکان پذیرنیست. به همـین دلیـل روش هـای ازمـون مخصوصـی توسط ارگان ها انجمن ها وموسسات بین المللی برای کنترل کیفیت روغـن هـای روان کننـده بوجودامـده است.

انواع موادافزودنی ونوع روغن پایه ای که برای ساخت روغن هـا مورداسـتفاده قرارمـی گیردانقـدرمتنوع هستندکه عموما نمـی تـوان رابطـه ای پایـدار, مـنظم, فراگیروعمـومی بـین نتـایج تسـت هـای فیزیکـی و ازمایشگاهی وازمون های موتوری پیش بینی کرد.حتی بعضی ازسازنده های دستگاه هاوماشین الات صـنعتی نوع ومقداربرخی ازموادافزودنی به روغن های مناسب خودرویادستگاه راجزتوصیه های ضروری قرارمـی دهندتافقط روغن موردنظرطراح استفاده شود.ولی علی رغـم مواردفـوق تسـت هـای فیزیکـی وشـیمیائی ابزاری بسیاربباارزش ونیرومند برای کنترل کیفیت روغن هامی باشد.

تعویض روانکارهاReplenishment And Replacement Of Lubricant

پس ازگذشت مدت زمانی روغن هاوگریس هاخواص خودراازدست می دهندوبایدتعویض شوند.

روغنکاری صحیح در برینگ هاوتعویض به موقع انهاباعث کاهش اصطکاک وممانعت ازبالارفتن درجه حرارت برینگ می شودهمچنین اززنگ زدگی وخورندگی برینگ نیزجلوگیری می کند.ولی بایددقت نمودزمان تعویض درست انتخاب شود.پریود تعویض بستگی به فاکتورهای متعددی نظیرنوع برینگ,ابعاد برینگ, تعداددور دستگاه و..... دارد.درجدول زیرزمان تقریبی تعویض گریس براساس دورماشین,قطربرینگ بصورت تقریبی اورده شده است.به عنوان یک قانون کلی پریودزمان تعویض گریس به ازای هر۱۵درجه سانتیگراد افزایش درجه حرارت (از ۷۰ درجه سانتیگرادبه بالا) بایدنصف شود .

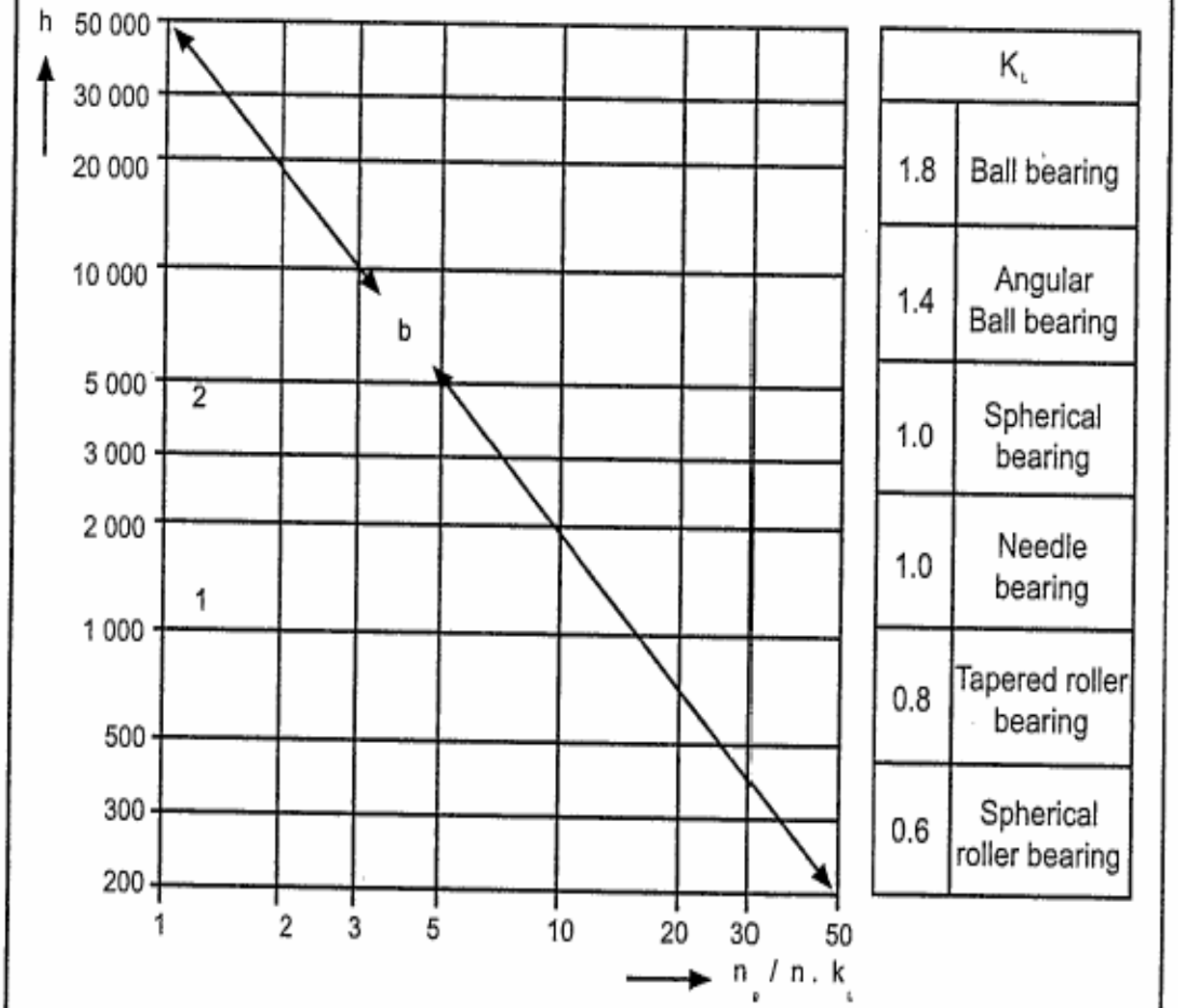
بعضی ازیاتاقان هادارای سپرحفاظتیShield(یاتاقان هایZدار)هستندکه برروی کنس خارجی انهانصب می شود واگرکنس خارجی نچرخدان هم ثابت است.Shield صفحه نازک فلزی است که باعث حفظ ودوام گریس دربین ساچمه هامی شودوازاین لحاظ یاتاقان هائی که مجهزبه Shieldهستندنیازی به گریسکاری ندارند.این سپرحفاظتی علاوه برحفظ گریس درداخل برینگ ازورودالوده کننده هابه داخل برینگ نیز جلوگیری می کنند.دربعضی ازبرینگ های دیگرنیزازسپرهای حفاظتی محکم تری به نام اب بندSealاستفاده می شودکه قدرت اب بندی ان نسبت به نوع قبلی بسیاربالاتراست وبسته به طراحی برینگ ممکن است یک طرف یاهردوطرف برینگ نصب شده باشند.

ساعت کارکردگریس دریاتاقان ها

بااستفاده ازجدول زیرمی توان ساعت کارکردگریس های پایه لیتیوم رادردرجه حرارت ۷۰درجه سانتی گراد برحسب نوع برینگ ,محدوده سرعت وسرعت کاری ان بدست اورد.

ساعت کارکرد گریس لیتیم

نمودار محاسبه زمان‌های روانکاری برای گریس‌های لیتیمی تا محدوده درجه حرارت 70^0C

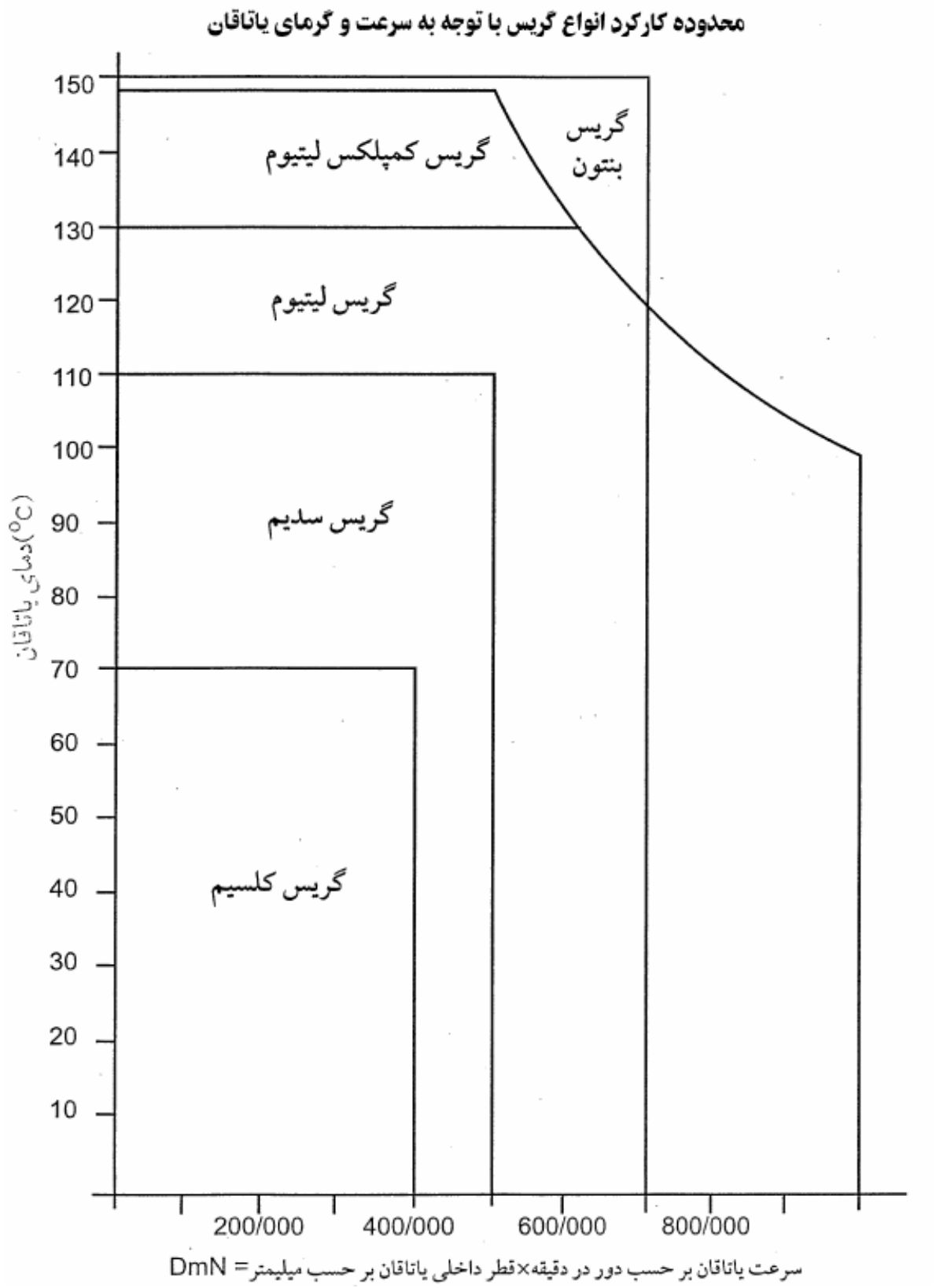


K_L	
1.8	Ball bearing
1.4	Angular Ball bearing
1.0	Spherical bearing
1.0	Needle bearing
0.8	Tapered roller bearing
0.6	Spherical roller bearing

n = Limiting speed bearing case of grease lubrication
n = Operational speed of bearing
k = Coefficient for calculating the lubrication interval

a = Range of increased failur probability
b = Grease change interval
c = Relubrication range

بااستفاده ازجدول زیرمی توان محدوده کارکردانواع گریس راباتوجه به سرعت ودرجه حـرارت دریاتاقـان بدست اورد.



مقدارگریس موردنیازبرای پریودگریس کاری

مقدارگریسی که بایددریک فاصله زمانی مشخص به برینگ زده شودرامی توان ازفرمول زیربدست اورد:

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

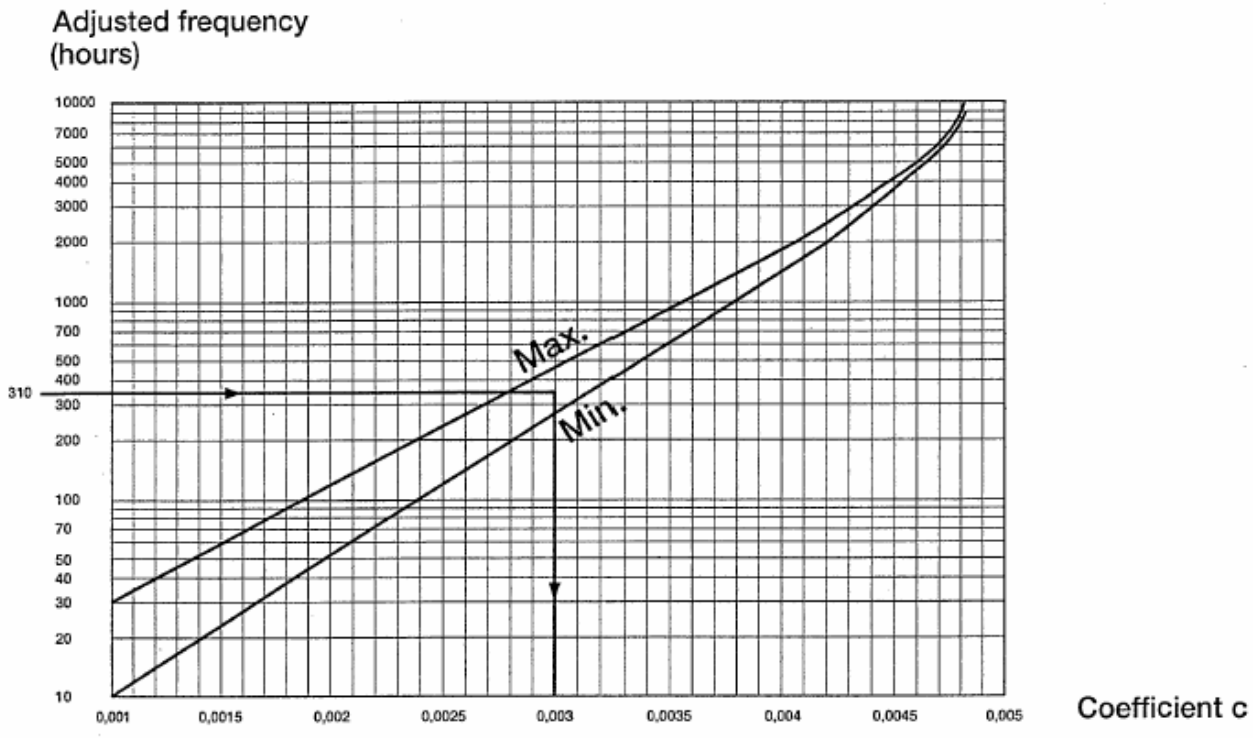
که دران :

P = مقدارگریس موردنیاز

D = قطربیرونی برینگ (برحسب میلیمتر)

B = (پهنای برینگ (برحسب میلیمتر)

c = ضریب ثابت که ازجداول زیربدست می اید



مثال برای برینگ 22212 بامشخصات روبرو

D = 110 mm

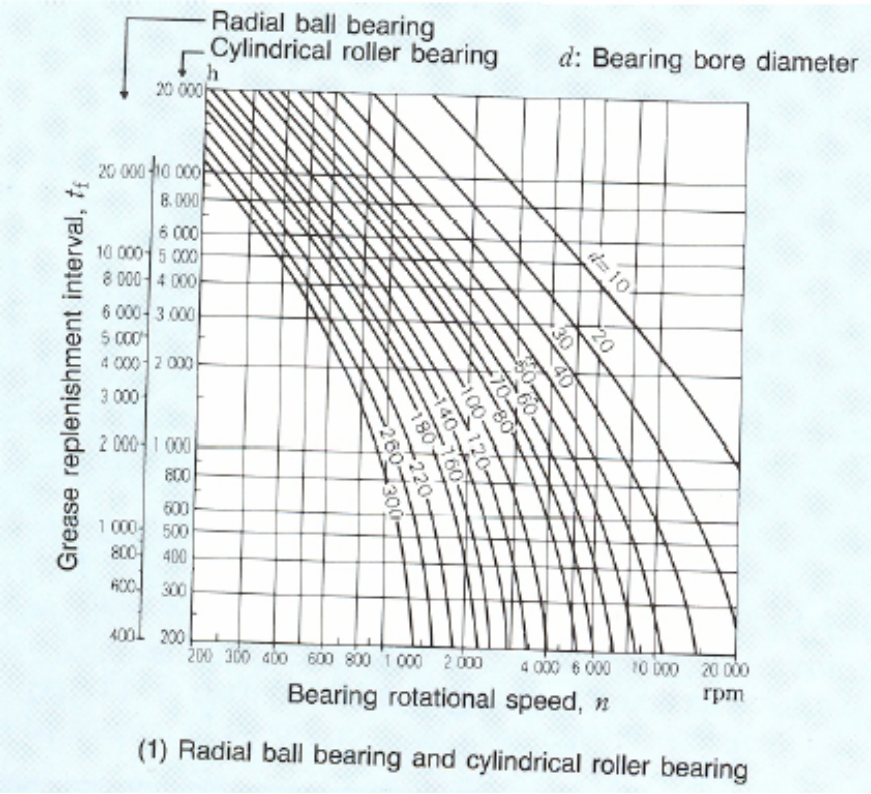
B = 28 mm

c = 0,003

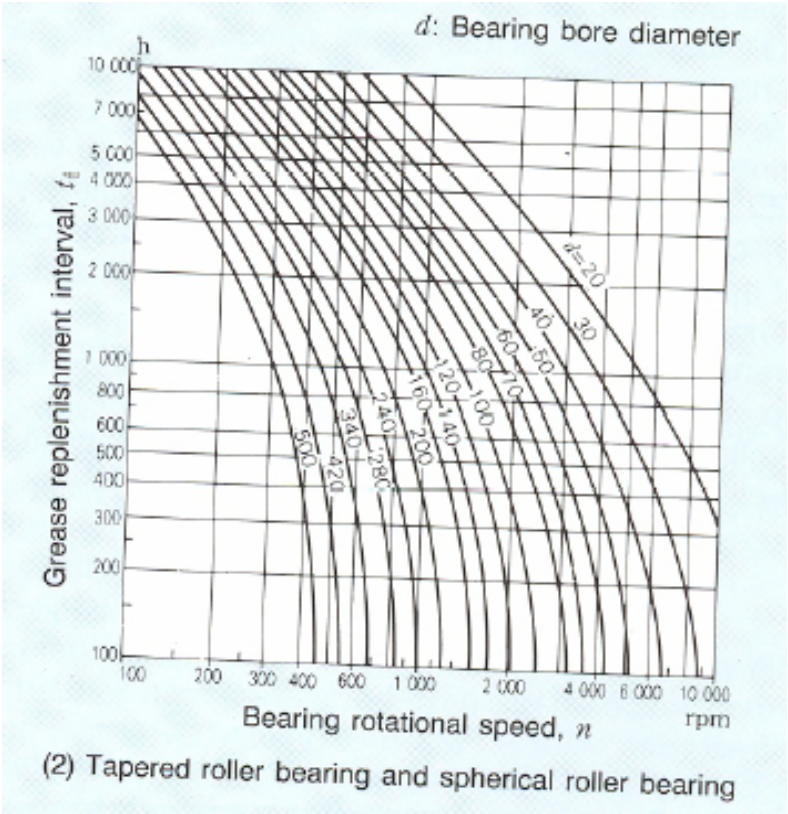
$P = D \times B \times c = 110 \times 28 \times 0,003 = \sim 9$ grams

برای هر ۳۱۰ساعت کارکردباید۹گرم گریس اضافه شود

پریودزمان تعویض گریس



(1) Radial ball bearing and cylindrical roller bearing



(2) Tapered roller bearing and spherical roller bearing

مقدارگریس موردنیازاولیه

گریس اضافی باعث ایجادحرارت زیادمی شود.گریس باید ۲۰تا۳۰درصدفضای خالی برینگ راپرکند.

ازفرمول زیرمی توان مقدارگریس موردنیازبرای یک برینگ رامحاسبه کرد:

$$G = 0{,}005\ D.B$$

G = مقدارگریس موردنیازبرحسب سانتیمترمکعب

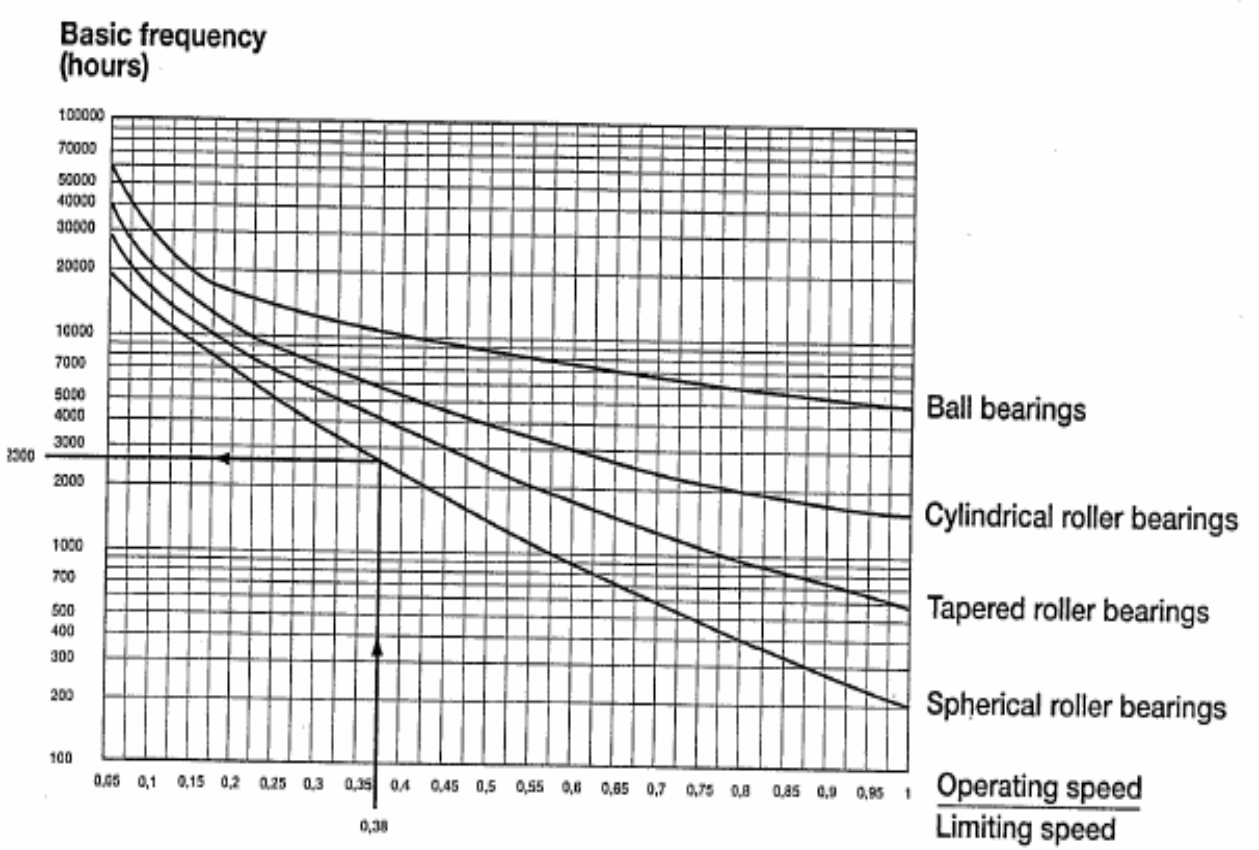
D = قطربیرونی برینگ برحسب میلیمتر

B = پهنای برینگ

استثنا:برینگ های دورکم رامی توان بطورکامل باگریس پرکرد

پریودتعویض روغنRelubrication Frequency

پریودتعویض روغن بستگی به نوع برینگ ونسبت دورکاری به محدودیت دورLimiting Speedکه جز مشخصات برینگ است دارد.



پریودتعویض باید براساس فرمول زیرتنظیم شودکه وابسته به شرایط کاری برینگ مثل گردوغبار رطوبت ضربه ارتعاشات گرما و...است.

$$Fc = Fb \times Te \times Ta \times Tt$$

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

مثال:محاسبه زمان تعویض گریس برای یاتاقان شماره22212EA باگریس استانداردباسرعت ۱۵۰۰دور در دقیقه دریک محیط پرگردوغبارکه دردمای۹۰درجه سانتیگرادکارمی کند.

22212 Spherical roller bearing

Limiting speed = 3900 rpm

Operating speed = 1500 rpm

$$\frac{\text{Operating speed}}{\text{Limiting speed}} = \frac{1500}{3900} = 0{,}38 \longrightarrow \text{basic frequency } Fb = 2300 \text{ hours}$$

ضرایب

Te = 0,5 → dust

Ta = 0,9 → normal

Tt = 0,3 → 90°C (194°F)

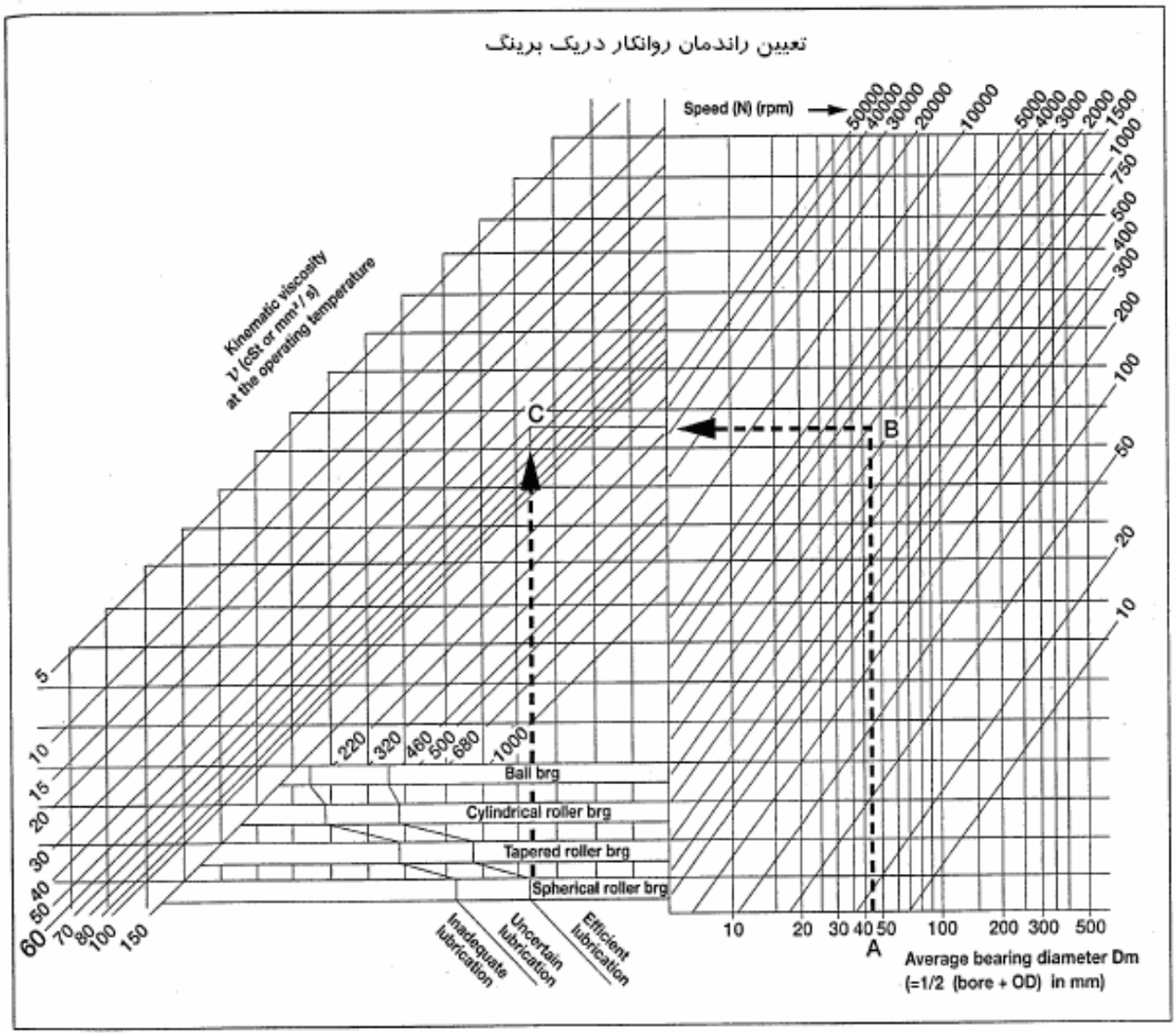
Adjusted frequency (Fc) = Fb x Te x Ta x Tt = 2300 x 0.5 x 0.9 x 0.3 = 310 hours approx.

لازم به توضیح است که درصنعت نوین امروزی تعویض روغن براساس شرایط روغن وروندتغییرات شرایط فیزیکی وشیمیائی روغن هاانجام می شودیابه عبارت دیگرروغن زمانی تعویض می شودکه نیازبه تعویض داشته باشدکه این عمل براساس نتایج حاصل ازاناليزروغن که علاوه برتشخیص زمان تعویض به عنوان یک مکانیزم تعیین عیوب دستگاه هاوماشین الات نیزازان استفاده می شود که ذیلا بحث مختصری راجع به ان پرداخته می شود.

تعیین بازده روانکاردریک برینگ

جدول زیرمعیاربسیارمناسبی برای کارابودن یاکارانبودن روانکاردربرینگ هامی باشد.همانگونه که ملاحظه می شودبراساس قطرمتوسط برینگ, دور ,ویسکوزیته روغن ونوع برینگ ووصل کردن وادامه دادن نقاط بدست امده روی منحنی به محدوده شرایط روانکاردرقسمت پایین سمت چپ جدول وضعیت روغن مشخص می شود .

لازم به توضیح است که قطرمتوسط برینگ میانگین قطرهای داخلی وخارجی ان است.



انالیز روغن های روانکارOil Analysis

آنالیز روغن از چندین سال پیش در اکثر صنایع کشورهای پیشرفته به عنوان یک ابزار بسیارمفیدو مناسب برای اهداف و مقاصد زیادی اعم ازشناسائی 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 همانندخونی که دررگ های بدن انسان حرکت می کندوعلاوه بروظیفه اصلی, حامل میکروب ها وبیماری هانیز هست درقسمت های مختلف ماشین الات حرکت وسرکشی می کندوحامل اطلاعات زیادی ازوضعیت قطعات وفرسایش 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 ازیک دستگاه و باانجام آزمایشات برنامه ریزی شده بطورمستمر وباانالیزکردن ان می توان یک روش بسیارموثربرای نظارت بروضعیت عملکرددستگاه هاوماشین الات مختلف بوجوداوردوباشناسائی ورفع یک اشکال کوچک که درماشین رخ داده می توان ازخرابی های بزرگترکه می تواندباعث ایجادخرابی ها وافزایش هزینه های سنگین شودجلوگیری نمود .

بطورمثال بااندازه گیری روندافزایشی سیلیکون موجوددرروغن شرایط سیستم هواکش مشخص می شود,وجوداهن والومینیوم درروغن مبین سایش سیلندروپیستون است, رقیق شدن روغن مبین ورودسوخت اب ویاضدیخ به داخل روغن است, غلیظ شدن روغن مبین اکسیده شدن ان است ,وجودالودگی وذرات کربن مبین گرفتگی سیستم هواکش, غیرموثربودن فیلترروغن, یااحتراق ناقص ,وجودذرات فرسایشی مختلف ناشی ازسایش های قسمت های مختلفی که نسبت به هم حرکت دارندو.....که همه این مواردباتعیین نوع وگرانروی اولیه روغن, ساعت کارکردروغن بانمونه گیری منظم وبرنامه ریزی شده روغن وانجام ازمایشات موردنیازروی ان و انالیزروغن محقق می شود.

بطورکلی انالیز و آزمایش روغن به منظورهای زیرانجام می شود :

۱-حصول اطمینان ازوضعیت سلامت دستگاه .

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

۳-شناسایی عوامل فرسایشی و استهلاک های غیر عادی .

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

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

۶-کمک دربرنامه ریزی های تعمیرات دستگاه هاوماشین 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 فیلترروغن.

۱۱-مشخص شدن میزان ونوع الودگی های روغن.
۱۲-بهینه نمودن سیستم PM و کنترل کردن اجرای آن .
۱۳-کنترل های مدیریتی بیشتر برکل سیستم .
۱٤-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 انالیز روغن این است که قبل از بروز خرابی جدی ,مشکل ماشین در نطفه شناسایی می گرددو 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 هاو 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 ازروغن طبق روشهای استاندارد در فواصل زمانی معین .

ب-ارسال نمونه های مختلف همراه مشخصات روغن وزمان کارکرد آن همراه با نمونه اصلی روغن مصرف شده در دستگاه به ازمایشگاههای انالیزروغن .

پ-انجام آزمایش ها ی لازم روی روغن.

ت- مقایسه نتایج بدست امده با نتایج نمونه های قبلی(روندتغییرات) .

ث-بررسی نوع شکل و اندازه ذرات موجوددرروغن بااستفاده ازتکنیک های مختلف.

ج-انالیزوتجزیه وتحلیل اطلاعات بدست آمده وارائه توصیه هاواقدامات فنی موردنیاز.

چ-انجام اقدامات پیشگیرانه وتوصیه های لازم اصلاحی.

که ذیلا به شرح برخی ازمواردمهم مطرح شده فوق پرداخته می شود.

نکات مهم درنمونه گیری روغن ازماشین آلات

نمونه گیری ازروغن ازاهمیت زیادی برخورداراست ودرصورتی که نمونه روغن گرفته شده نمونه واقعی ازروغن موجوددرسیستم نباشدمی تواندباعث ایجادخطادرنتایج بدست امده وتصمیم 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-معمولا 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 عمرروغن چندین هزار ساعت است بر اساس زمان کار تعیین می شود .

٤-برای نمونه گیری از ظروف نمونه گیری یکبار مصرف تمیزباید 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 کاملا پر شوند بلکه ۱/۳ آنها باید خالی باشد .

۸-نمونه گیری باید قبل از فیلتر انجام شود.

۹- نمونه روغن بایدطوری 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 بایدتوسط پمپ مخصوص این کارانجام 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 بارمصرف به پمپ بسته و اقدام به کشیدن نمونه روغن می شود پس از پر شدن ظرف آنرا از پمپ باز نموده و محتوای آن دورریخته شود .

ج- ظرف تمیز نمونه برای ازمایش به پمپ بسته می شودو نمونه گیری در ان انجام شود .

١٤-اطراف محل نمونه گیری باید قبلا تمیز شده باشد.

١۵-دقت شود هنگام نمونه گیری ، آلودگی های محیطی نظیر آب , باران یاگرد و خاک وارد ظرف نمونه نشود.

اهداف ونتایج حاصل از ازمایشات انالیزروغن

۱-اندازه گیری فلزات حاصل ازسایش که افزایش مقداریک یاچندفلزدرنمونه نشان دهنده سایش بعضی ازقطعات است.

۲-اندازه گیری سیلیکون که الودگی های موجوددرروغن اعم ازگردوغبار(تائیدماده افزودنی ضدکف)رانشان می دهدومی تواند باعث سائیدگی شود.

۳-اندازه گیری عدد بازیTBNکه نشان دهنده خاصیت قلیائی باقیمانده درروغن است وباعث خنثی کردن اسیدهای موجوددرروغن می شودوهرچه روغن بیشترکارکرده باشدعددبازی ان کاهش پیدامی کند.

٤-اندازه گیری الودگی اب که می تواندباعث کف کردن روغن زنگ زدگی وخوردگی شود.

۵-اندازه گیری تغییرات گرانروی که می تواندبه دلیل الودگی زیادروغن اکسیداسیون روغن ویاتجزیه موادافزودنی موجوددرروغن باشد.

۶-اندازه گیری عدداسیدیTANکه افزایش ان می تواندیک راهنمابرای تعویض روغن باشد(بادوبرابرشدن ان روغن بایدتعویض شود).

۷-اندازه گیری میزان رسوبات که شامل الودگی های معلق درروغن است ومی تواندبه دلیل ورودالودگی های خارجی, غیرموثربودن فیلتررروغن, تعمیرات نامناسب, طراحی نامناسب سیستم فیلتراسیون ویاایجادتغییردرمحیط کارکردن ماشین باشد.

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

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

آزمایشاتی که روی نمونه روغن ها انجام می شودشامل مواردزیراست:

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 .

درجدول زیرنمونه ازمایشات موردنیازبرای روغن های کارنکرده برای دستگاه های مختلف اورده شده است.

خاصیت روغن	مشخصات آزمایش*	روغن‌های توربین	روغن‌های ماشین‌های گازسوز	روغن‌های دنده	روغن‌های کمپرسور	روغن‌های ماشین‌های کاغذسازی	روغن‌های تراشکاری	روغن‌های سیلندر بخار
دانسیته	D-۱۲۹۸وD-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 آتش‌گیری	D-۹۲ و ۹۳	ت	ت	ت	ت	ت	ت	ت
نقطه ریزش	D-۹۷	ت	ت	ت	ت	ت	ت	ت
گرانروی بروکفیلد	D-۲۹۸۳	-	-	ت	-	-	-	-
آزمایش‌تیمکنEP	D-۲۷۸۲و۲۵۰۹	-	-	ت	-	ت	ت	-
آزمایش‌چهار ساچمه EP	D-۲۷۸۳و۲۵۹۶	-	-	ت	-	ت	ت	-
آزمایش‌چهار ساچمه‌قطرخراش	D-۴۱۷۲و۲۲۶۶	-	-	ت	ت	ت	-	-
ضریب‌ثابت اصطکاک	D-۵۱۸۳ US DM۵۷	-	-	ت	-	-	-	-
دمولسی بیلیتی	D-۱۴۰۱و۲۷۱۱	ت	-	ت	-	-	-	-
عدداسیدی‌و بازی	D-۶۶۴و۲۸۹۶	ت	ت	ت	ت	ت	-	-
پایداری دربرابر اکسیداسیون	D-۹۴۳و۲۲۷۲ و ۲۸۹۳	ت	ت	ت	ت	ت	-	-
خوردگی مس	D-۱۳۰	ت	-	ت	ت	ت	ت	-
آزمایش کف	D-۸۹۲	-	-	-	-	-	-	-
خاکستر سولفاته	D-۸۷۴	-	ت	-	ت	-	-	ت
جلوگیری از زنگ‌زدگی	D-۶۶۵و۳۶۰۳	ت	-	ت	ت	ت	ت	-

ت، نشان‌دهنده‌ی آزمایشات توصیه شده برای روغن‌های مختلف می‌باشد. کاربرد خاص هر روغن، مشخص می‌کند که کدام آزمایش‌ها 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 انـدیکس خـواص اسیدی و قلیایی ، نقطه ریزش ،آلودگی آب و ... اندازه گیری می شود که مقادیر اندازه گیری شـده بـا مقادیرمجازتوصیه شده ومقادیری که قبلا اندازه گیری شده وهمچنین مقادیراندازه گرفته شـده ازنمونـه روغن های کار نکرده بدست امده مقایسه می شود و از نتایج آن می توان به مواردزیر 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-تاییدعملیات 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 موجوددر روغن

۱-اسپکتروسکوپی جذب اتمی .

۲-اسپکتروسکوپی انتشار اتمی .

۳-فروگرافی.

٤-رسوب دهنده دورانی ذرات.

۵-فلورسنت پرتوایکس .

۶-اسپکتروسکپی انتشاری (پلاسمایی – القایی).

۷-مشاهده میکروسکوپیک

شرح این روش هاخارج ازحوصله این مقوله نمی باشد.

سیستم های روغنکاریLubrication Systems

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

الف-روغنکاری به روش یک بارمصرف

ب-روغنکاری به روش استفاده مجدد

که ذیلا به شرح انهاپرداخته می شود.

روش های یک بارمصرف شامل دوروش زیراست:

۱- روغنکاری قطره ای وتغذیه باظروف فتیله دار.

۲- روغنکاری پاششی .

روش های استفاده مجددشامل مواردزیرمی باشند:

۱-سیستم گردشی ثقلی.

۲-سیستم روغنکاری ترشحی.

۳- سیستم حمام روغن.

٤- سیستم روغنکاری به توسط رینگ زنجیر وطوقه).

۵- سیستم روغنکاری غرقابی.

۶-سیستم های روانکاری متمرکز.

الف-سیستم روغنکاری تحت فشار.

ب-سیستم روغنکاری مه ایOil Mist.

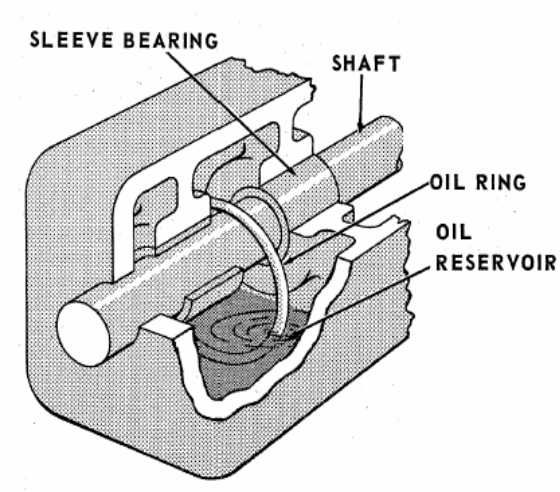
دراین بخش بیشتربه بحث روش های روانکاری صنعتی که بیشترین کاربردرادرصنایع داردپرداخته می شود.

روغن کاری به توسط رینگ

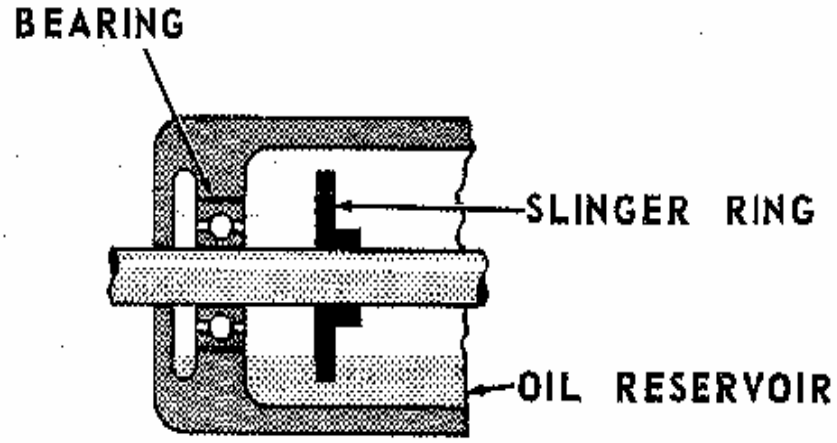
دربرینگ هائی که به این روش روغنکاری می شوند,روغنکاری توسط یک رینگOil Ring که روی محور ازاد است ودراثرنیروی اصطکاک بااان می چرخدانجام می شود, دراثرچرخش محوررینگ نیزبه ارامی می چرخد وروغن راباخودبطرف بالا می اوردوروی برینگ می ریزد وپس از روغن کاری,روغن مجددابه مخزن روغن بر می گردد.ازاین روش برای مواردی که محوردارای دورمتوسطی است استفاده می شود .در سرعت های زیاد رینگ ومحور به سرعت روی یکدیگرمی غلتند و در نتیجه روغن به اندازه کافی به یاتاقان نمی رسد.همچنین درسرعت های بالاکه یاتاقان بار زیادی را منتقل می کند مقدار روغن به اندازه ای نیست که بتواندکارخنک کاری را انجام دهد.

قطررینگ تقریبا ۱/۵تا۲برابرقطرمحوراست ودرمواقعی که طول برینگ زیادباشدازدوعددرینگ استفاده می شود.همچنین سطح روغن بایدطوری باشدکه کمترازنصف قطررینگ درداخل روغن فرو رود. در

صورتی که سطح روغن خیلی پایین باشدروغن به اندازه کافی به یاتاقان نمی رسدودرصورتی که سطح روغن بیش از حد بالابیایدبه علت سبک شدن رینگ (طبق قانون ارشمیدس) ممکن است باعث متوقف شدن رینگ(به دلیل کاهش اصطکاک بین رینگ ومحور) وقطع روغن به یاتاقان شود.
بعضی ازمواقع که سرعت محوربسیارپایین است اززنجیربجای رینگ استفاده می شود زیرا زنجیرها درسرعت های پایین ظرفیت بیشتری برای انتقال روغن دارند.



دربعضی ازمواردکه استفاده ازروغن های باگرانروی زیادبرای یاتاقان های باسرعت کم وبارزیادلازم باشدبجایOil Ringازطوقه یا Slinger Ring استفاده می شودکه شامل یک صفحه باقطرمشخص است که روی محورنصب می شودوباان می چرخد.برای پاک کردن روغن وهدایت ان به شیارهای توزیع روغن(دریاتاقان های بوشی)به یاتاقان هابایدیک پاک کننده یاScraperدرقسمت بالای طوقه نصب شود.این سیستم دارای کارائی بهتری است ولی به دلیل مواردذکرشده فوق و پاشش روغن معمولا دردورهای بالاکمترمورداستفاده قرارمی گیرد.

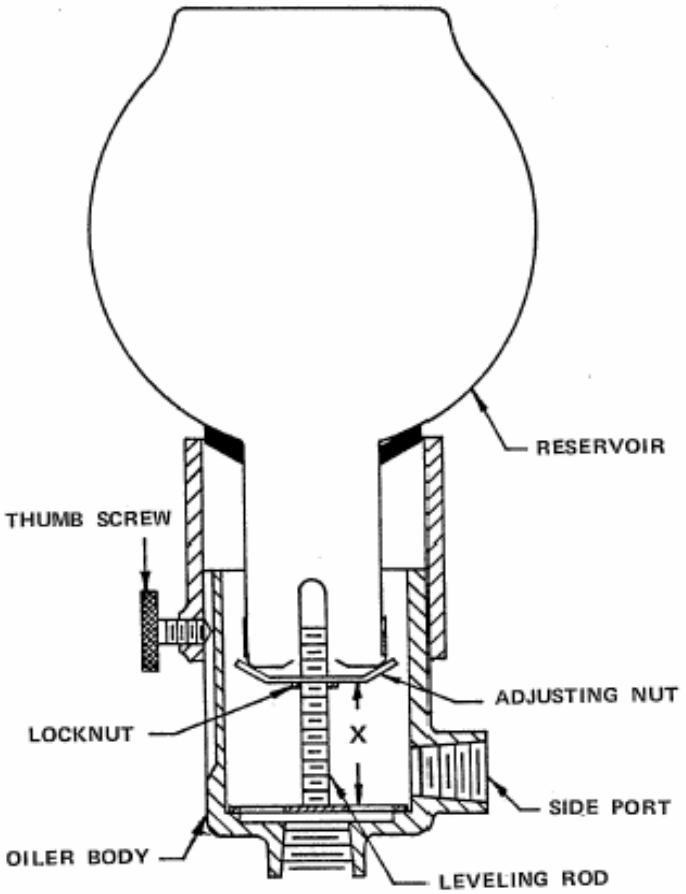


به دلیل نشتی های اجتناب ناپذیری که وجوددارد سطح روغن داخل محفظه یاتاقان تغییرمی کند که این می تواننددراین نوع سیستم روانکاری اختلال ایجادکند پس لازم است سیستمی وجودداشته باشدکه بتواندبطوراتوماتیک سطح روغن رادرحدمطلوبی نگه دارد .

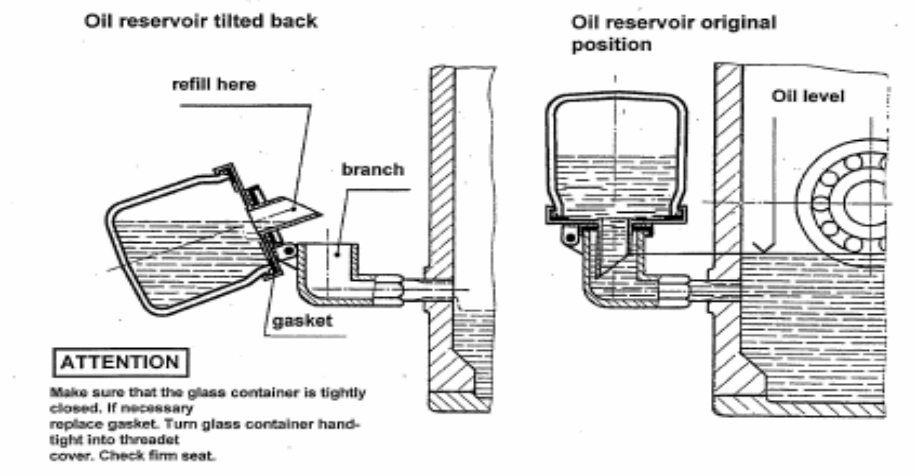
برای تنظیم اتوماتیک سطح روغن درداخل هوزینگ برینگ هاازسیستم هائی به نام Oil Pot که ازیک محفظه شیشه ای که شامل یک میله تنظیم کننده Leveling Rod ویک محفظه شیشه ای است به عنوان مخزن ذخیره روغن استفاده می شود.درصورتی که سطح روغن محفظه یاتاقان ازحدتعیین شده پایین تر رودبطوراتوماتیک سطح روغن تنظیم وکمبودروغن راجبران می کند.هرچه مخزن شیشه ای بالاترقرارگیردسطح روغن بالاترمی ایدوبالعکس هرچه پایین ترقرارگیرد سطح روغن پایین ترنگه داشته می شود.تنظیم سطح مخزن شیشه ای روغن توسط میله تنظیم کننده همراه بادومهره که روی ان پیچیده می شود و زیرمخزن شیشه ای قراردارد‌تنظیم می شود.باپیچاندن این مهره هاAdjusting Nut (برای جلوگیری ازشل شدن انهادرحین کارازدومهره استفاده می شود) به سمت بالا مخزن شیشه ای بالاترقرارمی گیرد(سطح روغن بالاترمی اید)وباعث تخلیه بیشتر روغن ازمخزن شیشه ای بطرف هوزینگ برینگ می شودتاحالت تعادل برقرارشود.

موقعیت قرارگیری مهره های زیرمخزن شیشه ای مبین سطح روغن داخل هوزینگ برینگ است وبابالا وپایین بردن مهره امکان تغییردادن ارتفاع روغن وجوددارد .

درشکل زیریک نمونه Oil Pot`بامخزن ذخیره روغن شیشه ای که دراکثرمراکزصنعتی مورداستفاده قرارمی گیردنشان داده شده است.



درشکل زیریک نمونه دیگرOil Potکه ارتفاع روغن رادریک حالت نگه می دارد(غیرقابل تنظیم) نشان داده شده است.



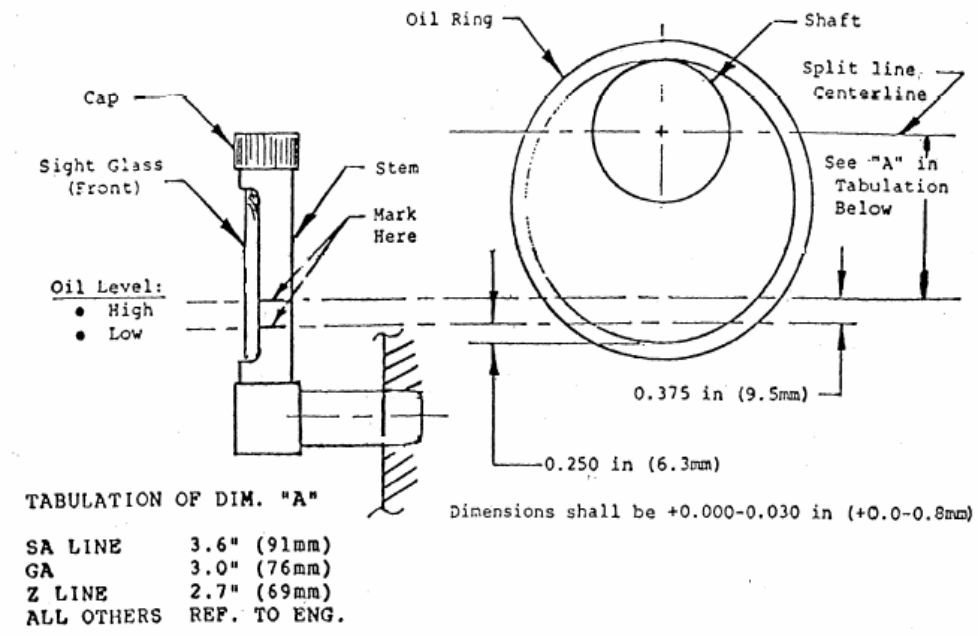
چندنکته:

۱- اگرلولـــه اتصـــال Oil Potبـــه محفظـــه یاتاقـــان گرفتگـــی داشـــته باشـــدامکان تخلیـــه روغـــن وجودنداردوباوجودروغن درمحفظه شیشه ای امکان سوختن برینگ وجوددارد.

۲-گاها مشاهده می شود که میله تنظیم کننده سطح داخل Oil Potبنا به دلایلـی مفقودیـا برداشـته شـده است که این کارمی تواندباعث ازکارافتادن Oil Pot وعدم کنترل سطح روغن شود ودرشـرایطی سـوختن برینگ ها وکاهش طول عمرانها رادراثرفقدان روغن بوجوداورد.

۳-اگرمخزن شیشه ای شکسته شده باشدیا ترک داشته باشد باعث می شود هواداخل ان نفـوذ کنـدوروغن داخل ان درمدت زمان کوتاهی تخلیه شود وعملایـن سیسـتم کـاردهی خودراازدسـت بدهـد پـس عـلاوه براطمینان ازپربودن مخزن شیشه ای بایدمواردفوق الذکر نیزدرطی بازدیدها ی روزانه چک شوند.

ارتفاع روغن هوزینگ برینگ هائی که ازیاتاقان های بوشی استفاده می کنندوسیستم روغنکاری انهاازنوع Oil Ringاست بسته به قطرشافت وقطررینگ است ومی توان حداقل وحداکثرارتفاع روغن رابراساس ابعاد Oil Ring بدست اورد که درشکل زیریک نمونه ان نشان داده شده است.



سیستم روغن کاری مرکزی تحت فشارForced Feed Lubrication

دراین سیستم روغنکاری ازروغن تحت فشارعلاوه برخنک کاری برای روغنکاری برینگ هانیزاستفاده می شودودرصورتی که فشارروغن کم باشدبه دلیل کم شدن فلوی روغن برینگ هابه خوبی روغنکاری نمی شوندوباعث صدمه دیدن انهاخواهدشد(به دلیل عدم انتقال حرارت). برای روغنکاری برینگ هابایدهمیشه ازروغن تمیزاستفاده شودزیراذرات موجوددرروغن می توانددرفواصل کم بین قطعات گیربیفتدوباعث سائیدگی محورویاتاقان شود.

روغن موردنیاز برای روغنکاری درمحفظهOil Reservoirذخیره می شود. روغن توسط پمپ از مخزن کشیده می شودوپس ازخنک شدن وفیلتر شدن به محفطه برینگ وارد وباایجادفیلم روغن بین برینگ هاومحورعملیات روغنکاری انجام می شود .

این سیستم روغنکاری از قسمتهای زیرتشکیل شده است:

۱-پمپ های اصلی وکمکی روغن برای بالابردن فشارروغن.

۲-فیلترهای روغن برای جداسازی ذرات وموادجامدموجوددرروغن.

۳-کولرهای روغن برای خنک کردن روغن.

٤-کنترل ولوهاوشیرهای فشارشکن Safety Valveبرای کنترل فشاروفلوی روغنRelief Valves.

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

۶-تجهیزات اندازه گیری شامل فشارسنج ها دما سنج ها اختلاف فشارسنج اندازه گیرارتفاع و...

۷-سیسنم هاورله های حفاظتی وترانسمیترهابرای حفاظت ازدستگاه که به سیستم های Alarmو Shut Downفرمان می دهند وشامل :

الف-حفاظت سیستم دربرابردرجه حرارت بالای روغن.

ب-حفاظت سیستم دربرابر گرمای بیش ازحدپوسته یاتاقان ها.

پ-حفاظت سیستم روغنکاری کم بودن فشارروغن.

ت- مخزن ذخیره روغن یااکومولاتورکه همواره مقداری روغن دران ذخیره می شود ودرانتهای چرخش محورروی برینگ ها تخلیه می شودوازذوب شدن برینگ ها جلوگیری می کندکه داخل این مخزن یک کیسه پرشدهBleader ازگازی مثل ازت تشکیل شده که بااعما ل فشارروغن دراطراف ان مقداری انرژی پتانسیل در ان ذخیره می شودودرمواقع لزوم باعث تخلیه روغن می شود.

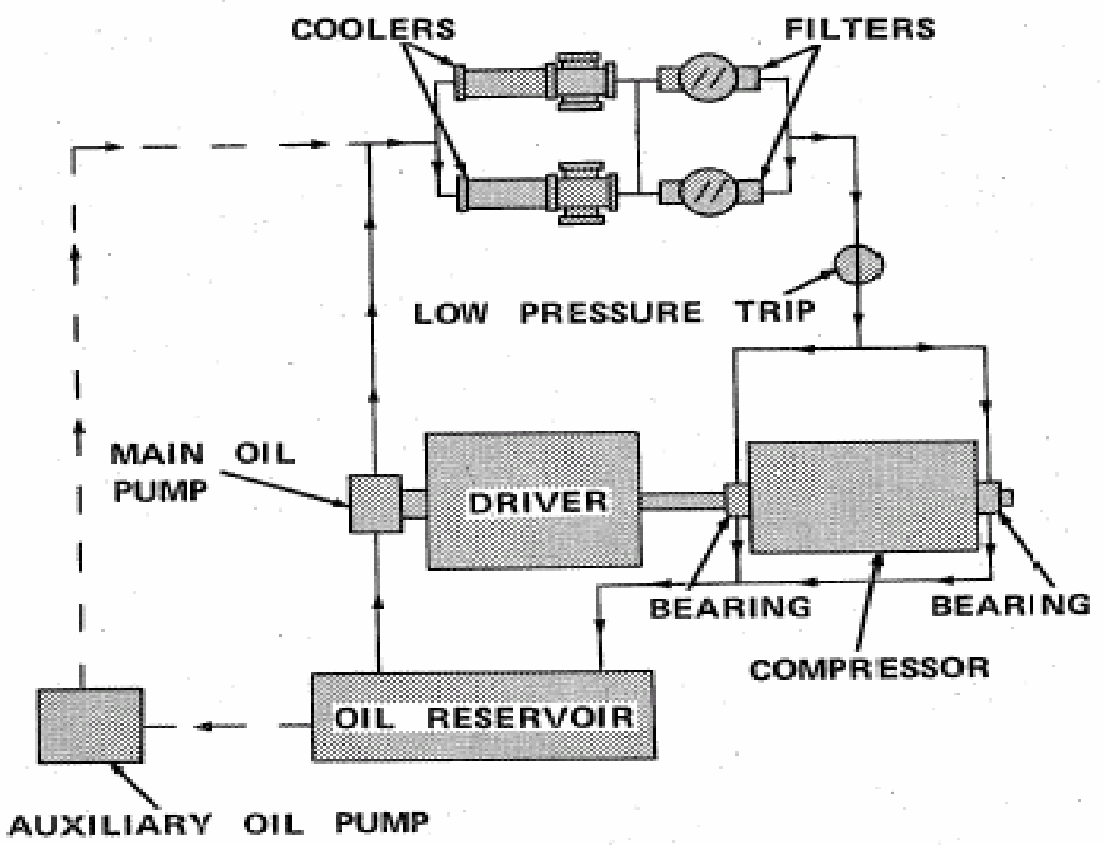
ث-حفاظت ازعدم گرفتگی فیلترهای روغن بااندازه گیری اختلاف فشارورودی وخروجی فیلتر.

ج-حفاظت سیستم برای اطمینان ازوجودمقدارلازم روغن درداخل مخزن.

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

ح--لوله ها,ولوها, شیرهای یکطرفه واتصالات که کار انتقال روغن به قسمت های مختلف راانجام می دهند و حتما بایدازجنسی باشندکه زنگ نزنندمثل فولادهای ضدزنگ.

درشکل زیرفلودیاگرامی از یک سیستم روغنکاری تحت فشارنشان داده شده است.



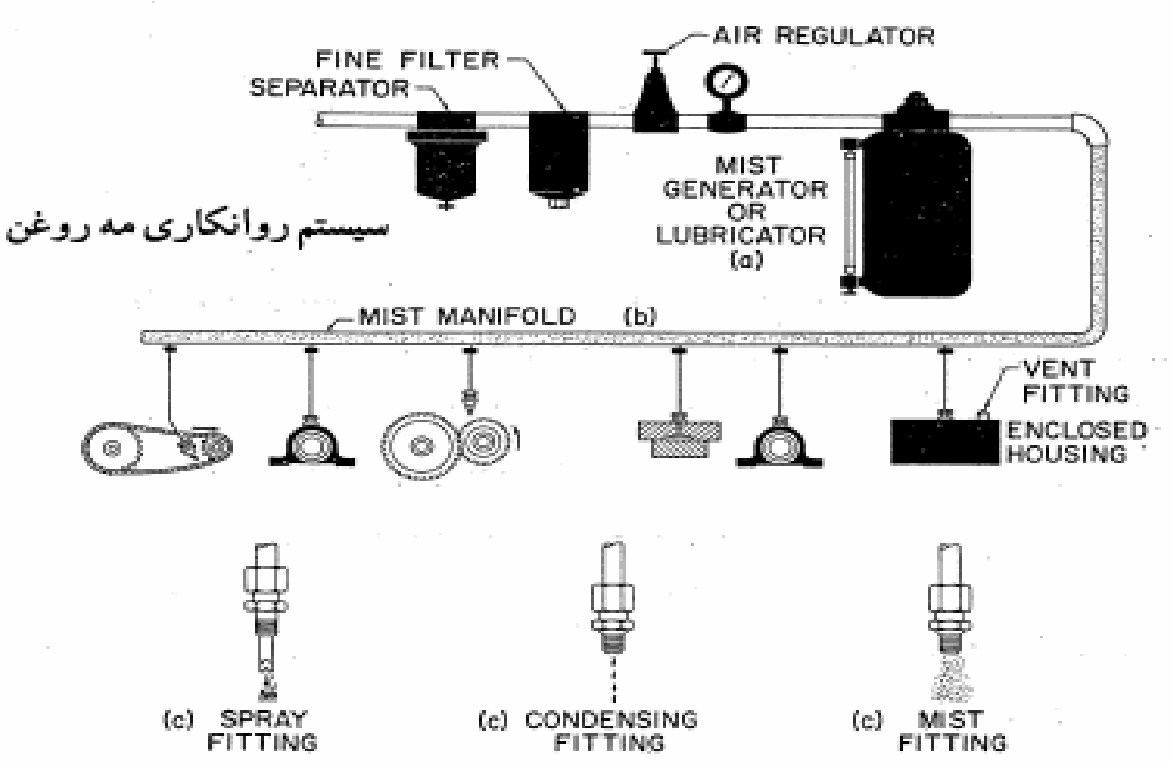
لازم به توضیح است که قبل ازدرسرویس قراردادن پمپ یاهردستگاه دیگر کلیه این مجموعه وسیستم های حفاظتی بایدموردبررسی دقیق قرارگیرند(بخصوص بعدازنصب اولیه یا چک های روتین یا بعداز هر تعمیر اساسی)که ازعملکرد صحیح سیستم های حفاظتی ان اطمینان حاصل شود.

سیستم روغنکاری مه ایMist Oiling System

دراین روش روغن بوسیله هوای فشرده بافشارکم(۳۵۰تا۷۰کیلوپاسکال) تمیزوبصورت پودر شده ودریک یک لوله طویل وباریک جریان پیدامی کند.ذرات معلق با قطرکمتراز۳میکرون یک مه روغنی بسیارپایداری راایجادمی کنندکه می توانددریک فاصله طولانی درداخل مسیرجریان پیداکند.وقتی مه به محل موردمصرف می رسدسردمی شودوبه قطره های روغن یاتوده های به هم چسبیده تبدیل می شودوباعث روانکاری سطوح موردنظرمی شودوسطح فلزراروغنکاری می کند.دراثرکم شدن حالت تلاطم ذرات روغن بصورت کلوئیدی ونهایتا بصورت ذراتی باقطربزرگ درمی ایندویک لایه مناسب ازروغن روی سطح فلزایجادمی نمایند.

مفهوم یک سیستم روانکاری مه این است که روغن با گرانروی لازم راازیک مخزن دریافت کرده وان رابه قطعات مختلف ماشین می رسانند.یک مه روغنی مناسب ازمعلق شدن ذرات بسیارریزروغن درجریان

هواتشکیل می شودکه قطراین ذرات۱تا۲میکرون است.سیستم روغنکاری معمولی با لوله های هوادرمقایسه با سیستم روانکاری مه ای ذرات روغن اتمیزه باقطر۱۰۰میکرون تولیـدمی کننـدواین ذرات دریـک جریـان متلاطم هواباسرعت وفشارزیادجریان پیدامی کند.



درجات مختلف سردشدن درمکانیزم های مختلف به توسط تطابق دهنده های مختلف که شامل نازل هـای متراکم کننده(متراکم کننده جزئی کلی و.....)انجام می شود.بااستفاده ازگـرم کننـده هـای روغـن درداخـل مخزن وهمچنین بعضی ازگرم کننده های جریان هوامی توان گرانروی هواراتاحدزیادی پایین اوردتاتشـکیل مه روغن بهترصورت گیرد.

مزایایMist Oiling System

۱- روانکاری کلیه سطوح.

۲- خنک کاری محفظه یاتاقان ها دراثرجریان هوا.

۳- جلوگیری ازورودالودگی به سیستم(به دلیل وجودجریان هوای بافشار)بخصوص بخاراب.

٤- کاهش مصرف روغن تا ٤٠٪ .

۵- روانکاری با بازدهی بالا .

۶- کاهش دمای هوزینگ ببرینگ بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی گراد که نهایتا می تواند باعث حذف Water jacketدرهوزینگ ببرینگ و رفع مشکلات ناشی از آن و..... شود.

شناسائی عیوب برینگ های غلتکی Bearing Trouble Shouting

عیوبی که ممکن است روی برینگ های غلتکی بوجودایـدبطورکلی مـی توانـدباعث ایجادمسـائل ومشـکلات زیرگردد:

الف-گرم کردن یاتاقان به دلیل اصطکاک زیاد

ب-لرزش وارتعاشات زیاد

ج-ایجادسروصدا

د-خرابی های زودرس

که بوجودامدن هرکدام ازنشانه های فوق دریک یاتاقان زنگ خطری است که مبین مسائل ومشـکلاتی اسـت که روی ان بوجودامـده اسـت ومـی تواندمنجربـه خرابـی زودرس وکـاهش طـول عمـران گرددکـه ذیـلا بطورخلاصه به شرح ان پرداخته می شودودرصفحات بعدی درطی جداول پیوست نیزبه مشروح این مسائل ورفع عیوب بوجودامده پرداخته می شود.

عوامل کاهش دهنده طول عمربرینگ های غلتکی درچنددسته کلی زیرطبقه بندی می شود:

الف-مسائل ومشکلات ناشی ازنصب.

ب-مسائل ومشکلات ناشی از طراحی و انتخاب برینگ.

ت-مسائل ومشکلات ناشی ازبهره برداری .

ث-مسائل ومشکلات ناشی ازروانکاری .

ج- مسائل ومشکلات ناشی ازنگهداری وحمل ونقل.

چ-خستگی وپایان یافتن طول عمربرینگ.

که ذیلا به شرح انهاپرداخته می شود:

مسائل ومشکلات ناشی ازنصب

این مسائل شامل مواردزیرمی باشد:

۱-گرم کردن غلط برینگ.

۲-عدم استفاده ازابزارالات مناسب که باعث خرابی یاتاقان درحین نصب می گردد.

۳-ناهم محوری هوزینگ برینگ ها.

٤-ناهم محوریMisalignment دستگاه هائی که باهم کوپل می شوند.

۵-بالانس نبودن محورUnbalance.

۶-کثیف بودن محل کار(عدم رعایت تمیزکاری).

۷-ورودانواع الودگی هابه داخل یاتاقان درحین نصب.

۸-نامناسب سفت کردن لاک نت پشت یاتاقان.

۹-عدم دقت درتنظیم کلرنس داخلی Internal Clearanceپس ازنصب.

۱۰-برنگرداندن لبه های لاک واشر.

۱۱-عدم اعمال مقدارPreloadمطلوب روی یاتاقان.

۱۲-تنظیم نبودن مقدارگسکت بین کاورهاوهوزینگ برینگ.

۱۳-خمیدگی محورBend Shaft.

۱٤-دوپهن بودن محورRun Out.

مسائل ومشکلات ناشی از طراحی

۱-طراحی غلط محور(ابعادواندازه هاپله ها وهم محوری وعمودبودن سطوح نسبت به همدیگر).

۲-طراحی غلط هوزینگ برینگ(ابعادواندازه پله ها وهم محوری وعمودبودن سطوح نسبت به هم).

۳-عدم رعایت تولرانس هاوانطباقات.

٤-مناسب نبودن برینگ برای شرایط عملیاتی.

۵-مناسب نبودن ارایش نصب برینگ هاازنظرانواع یاتاقان بکاررفته وحرکت محوری برینگ درداخل هوزینگ ان.

۷-انتخاب غلط کلرنس داخلی برینگ.

۸- درنظرنگرفتن جریان های الکتریکی بخصوص درالکتروموتورها.

۹-وجوداشکال درطراحی سیستم های برگشت روغن(کانال برگشت)هوزینگ برینگ.

۱۰-عدم رعایت جهت سفت شدن لاک نت وجهت دوران محور(شل شدن لاک نت درحین کار).

۱۱-انتخاب جنس نامناسب برای محوریاهوزینگ برینگ .

۱۲-نفوذذرات خارجی به داخل برینگ به دلیل طراحی غلط سیستم اب بندی هوزینگ(نوع کلرنس محل نصب و.....).

۱۳-خارج ازمرکزبودن شافت وهوزینگ برینگ(یاسیلیو بال برینگ).

مسائل ومشکلات ناشی ازبهره برداری

۱-اعمال باربیش ازحدOver Loadروی برینگ.

۲-خنک کاری ناقص هوزینگ برینگ(سیستم کولینگ).

۳-بالابودن دمای محوربه دلیل بالارفتن درجه حرارت عملیاتی.

٤-انتقال ارتعاشات ازماشین الات جانبی روی یاتاقان.

۵- ارتعاشات بیش ازحدمحور.

۶-بالارفتن دوردستگاه ازدورنامی.

۷-عبورجریان الکتریکی بین برینگ وشافت.

۸-نفوذ اب داخل هوزینگ برینگ

۹-مغناطیس شدن رینگ های فولادی

۱۰-خوردگی

مسائل ومشکلات ناشی ازروانکاری

۱-مناسب نبودن روانکاربرای شرایط عملیاتی (نوع ,گرید ویسکوزیته و.....).

۲-اختلال درسیستم روغنکاری که باعث نرسیدن روغن به برینگ می شود.

۳-ورودالودگی های مختلف به سیستم روغن(اب,گرد وغباروذرات خارجی).

٤-روغنکاری ناقص (پایین بودن فشارروغن عمل کردنامناسب سیستم روغن رسانی).

۵-بالا بودن سطح روغن (پربودن بیش ازحدهوزینگ ازگریس).

۶-پایین بودن سطح روغن.

۷-کثیف بودن روغن(ورودالودگی وخوب عمل نکردن فیلترها).

۸-وجوداشکال درسیستم اب بندی.

مسائل ومشکلات ناشی ازنگهداری وجابجاکردن

۱-نامناسب بودن محل نگهداری(رطوبت درجه حرارت و.....

۲-روش غلط انبارداری وچینش برینگ هاروی همدیگر

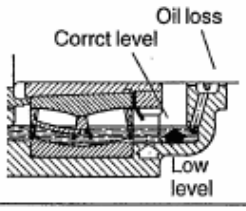
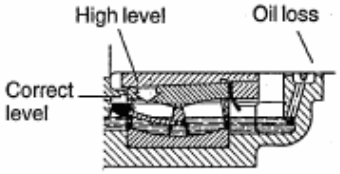
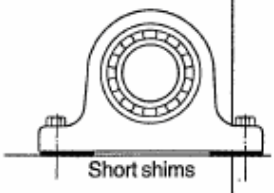
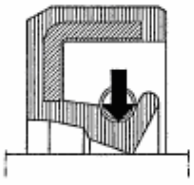
۳-بی دقتی درجابجاکردن برینگ ها

٤-استفاده ازابزارالات نامناسب وکثیف وکاردرمحل غبارالود

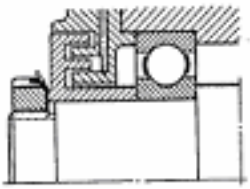
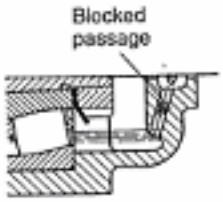
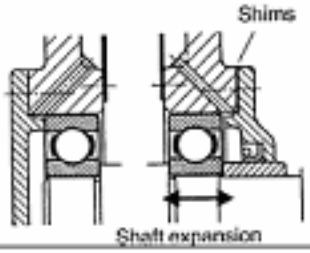
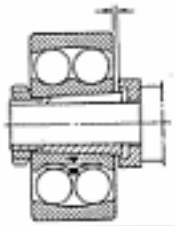
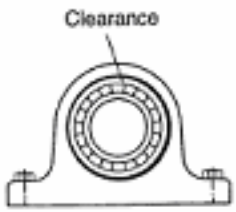
۵-چیدمان غلط برینگ درانبارو.....

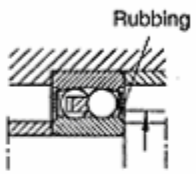
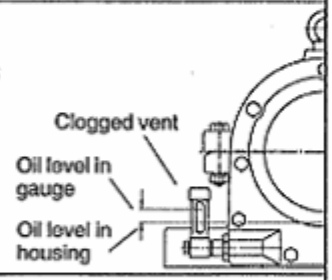
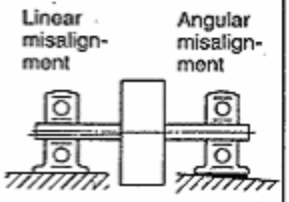
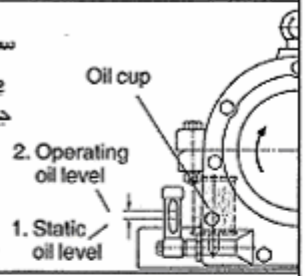
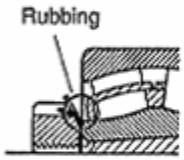
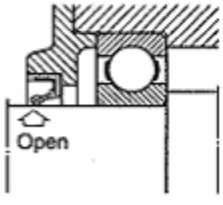
درجداول صفحات اتی به شرح مسائل ومشکلات بوجودامده روی برینگ های غلتکی وعلل بوجوداورنده انها واقدامات اصلاحی موردنیازبرای رفع انهاپرداخته شده است .

Symptom "A" – علل گرم کردن یاتاقان

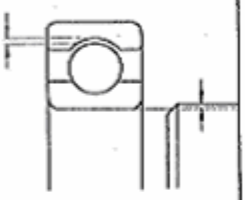
Solution code	Reason for condition علت ان	Practical solution راه حل عملی
1	مناسب نبودن نوع گریس یاروغن برای شرایط عملیاتی	برای تعیین روانکار مناسب باکارخانه سازنده تماس بگیرید مطمئن شوید که نوع گریس تغییرنکرده است
2	سطح روغن ممکن است دراثرخرابی اب بند پایین بودن سطح روغن پایین رفته باشد ناکافی بودن گریس درداخل هوزینگ	سطح روغن داخل هوزینگ بایدتاوسط پایین ترین ساچمه برینگ تنظیم شود 1/2 تا 1/3 هوزینگ برینگ بایداز گریس پرشود 
3	بالابودن سطح روغن زیادبودن مقدار گریس درداخل هوزینگ این عوامل باعث تلاطم روغن گرم کردن یاتاقان ونشتی روغن می گردد	گریس تخلیه شودونصف هوزینگ باگریس پرشود برای روانکارروغن سطح روغن تاوسط پایین ترین ساچمه رسانده شود 
4	ناکافی بودن لقی داخلی یاتاقان برای شرایط عملیاتی بخصوص درمواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کنس داخلی برینگ وکم شدن لقی می شود	لقی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگرازلقی داخلی اطمینان حاصل شد ازبرینگ باکلرنس داخلی بیشتراستفاده شود Normal to C3 or C3 to C4.
7 8 9 39 48	خارج ازمرکزبودن قطرداخلی هوزینگ پیچیدگی وتغییرشکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطرداخلی هوزینگ برینگ	چک کردن قسمت داخلی هوزینگ ودر صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان ازمسطح بودن تکیه گاه برینگ شیمزهازیرتمامی سطح تکیه گاه برینگ راپرکرده باشند 
12	قسمت تماسی اب بندخشک شده نیروی فنری اب بندزیاداست	تعویض اب بندبااب بندی که دارای فنرمناسب است روغنکاری اب بند 

Symptom "A" (cont.) – علل گرم کردن یاتاقان

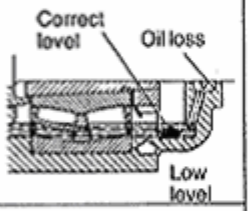
Solution code	علل	راه حل عملی
13 31 38	تماس قسمت دواراب بندبااجزا ثابت	چک کردن کلرنس اب بند تصحیح هم محوری 
14	مسدودبودن کانال برگشت روغن می شود عمل پمپاژ سیل باعث ایجادنشتی	تمیزکردن کانال برگشت روغن تخلیه روغن وریختن روغن مناسب درداخل هوزینگ برینگ وسپس تنظیم سطح روغن 
15	وضعیت سطوح تماسی	باقراردادن شیمزبین کاوروهوزینگ برینگ پیش بارگذاری محوری روی یاتاقان اعمال گردد 
16	نصب دوعددیاتاقان ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس درباتاقان باعث افزایش انبساط طولی شافت می شود	جابجاکردن کاورهای روی یکی ازهوزینگ برینگ هابطرف بیرون استفاده ازشیمزیاضخامت مناسب برای ایجاد کلرنس مناسب بین کاوروکنس بیرونی برینگ درصورت امکان چندفنردرپشت کنس خارجی قرارداده شودتا حرکت محوری شافت کنترل شود
19	سفت بودن Adapter sleeve	ابتدا لاک ست وسیلیوزاد می شودوسپس ودوباره سفت شودتاسیلیوروی شافت مهار شود امااطمینان حاصل شود که برینگ به راحتی می چرخد 
21 49	اعمال بارهای نامتعادل زیادبودن قطرداخلی هوزینگ برینگ	بالانس کردن دستگاه تعویض هوزینگ برینگ باهوزینگ برینگ باقطرداخلی مناسب 

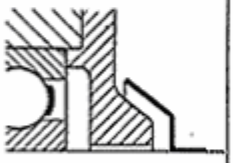
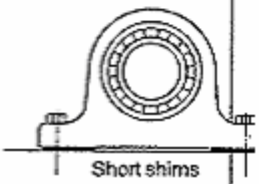
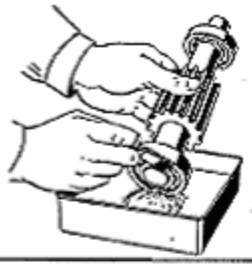
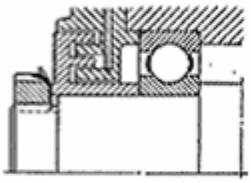
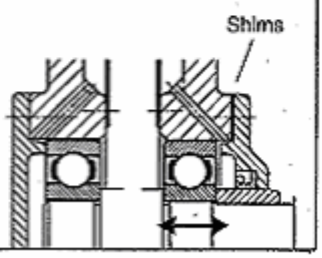
Solution code	علل	راه حل عملی
26	تماس پله شافت باآب بندیاحفاظ یاناقان	ماشین کاری مجددپله shoulder شافت چک کردن اندازه پله روی شافت بامقدار توصیه شده توسط کارخانه سازنده یاناقان 
32	عدم روغنکاری ناشی ازصحیح نبودن سطح روغن داخل هوزینگ برینگ	تمیزکردن مسیرهای مسدودبطرف vent و oil gauge 
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	تصحیح هم محوری باقراردادن شیمززیر برینگ ها قراردادن شیمزکامل زیرهوزینگ ها اطمینان ازهم محوری شافت ها 
35 36	بالاتریاپایین ترقرارگرفتن Constant oil level cup درجهت مخالف جهت دوران برینگ قرار گرفته است	سطح استاتیک روغن نباید بیشترازوسط پایین ترین رولرباشد جهت cup بایددرجهت دوران یاناقان باشد طبق شکل روبرو 
37	شاخک های لاک واشرباپرینگ تماس پیدامی کنند	لاک واشرپیرون اورده شود شاخک هاصاف شوندیانوشود 
42	فرسودگی زیاداب بندهای تماسی باعث نشتی روغن یاورودالودگی به هوزینگ برینگ می شود	اب بندفرسوده تعویض شود 

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

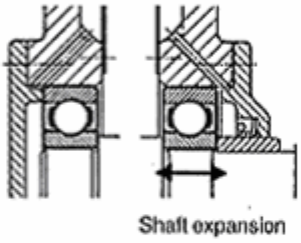
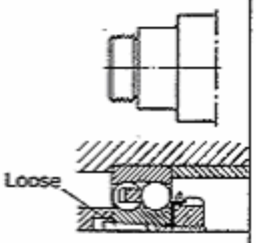
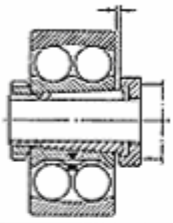
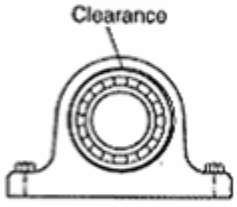
Solution code	علل	راه حل عملی
47	زیادبودن قطرنشیمن گاه برینگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کنس داخلی وکم شدن کلرنس داخلی میشود	شافت سنگ زده شودتاانطباق مناسب بین شافت وکنس داخلی ایجادشود، درصورتی که امکان سنگ زدن وجود نداشته باشدازبرینگ باکلرنس بیشتر استفاده شود 
50	تغییرشکل پیداکردن قطرداخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس ان که باعث می شودکنس خارجی در داخل ان بچرخد	باپرس کردن بوش بوش استیل مجددا باتراشکاری باقطرمناسب سایز گردد

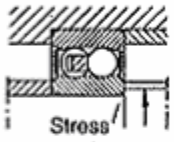
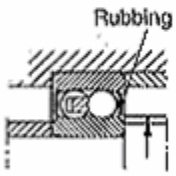
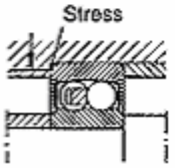
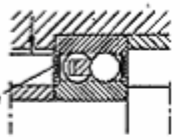
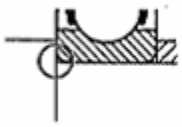
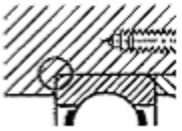
Symptom "B" – علل سروصدای یاتاقان ها

1	متلاشی شدن روغن یاگریس به دلیل انتخاب غلط نوع ان برای شرایط عملیاتی	دررابطه باتعیین نوع مناسب روانکارباکارخانه سازنده روانکارمشورت شود دررابطه باامکان جایگزینی گریس بجای روغن یابرعکس بررسی شود
2	سطح روغن ممکن است درائرخرابی اب بند پایین بودن سطح روغن پایین رفته باشد ناکافی بودن گریس درداخل هوزینگ	سطح روغن تانصف پایین ترین ساچمه برینگ رسانده شود 
4	ناکافی بودن لقی داخلی یاتاقان برای شرایط عملیاتی بخصوص درمواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کنس داخلی برینگ وکم شدن لقی می شود	لقی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگرازلقی داخلی اطمینان حاصل شد ازبرینگ باکلرنس داخلی بیشتراستفاده شود Normal to C3 or C3 to C4.

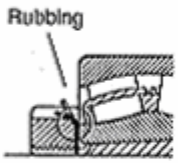
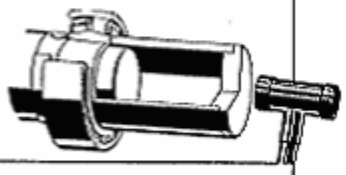
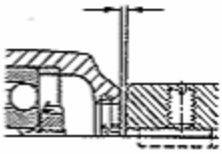
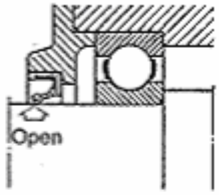
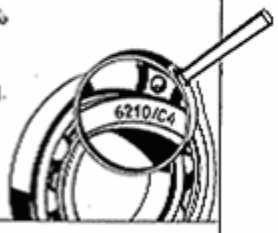
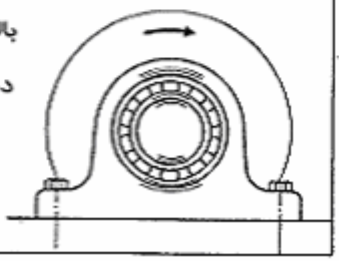
Solution code	علل	راه حل عملی
5	واردشدن ذرات سنگریزه وگرد وغباروااالودگی های دیگرداخل هوزینگ برینگ	هوزینگ برینگ تمیزشود اب بندهای کهنه تعویض یا طراحی ان بهبود داده شود
6	اب اسید رنگ یامواد خورنده دیگروارد هوزینگ برینگ می شود	برای بهبود وضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ درقسمت پشت هوزینگ نصب شود 
7 8 9 39 48	خارج ازمرکزبودن قطرداخلی هوزینگ پیچیدگی وتغییرشکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطرداخلی هوزینگ برینگ	چک کردن قسمت داخلی هوزینگ ودر صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان ازمسطح بودن تکیه گاه برینگ شیمزهازیرتمامی سطح تکیه گاه برینگ راپرکرده باشند 
10	قبل ازاسمبل کردن هوزینگ برینگ براده هاودیگرکثیفی ها بیرون اورده نشده است	هوزینگ برینگ بادقت تمیزشود، وروغن ان نیزتعویض گردد 
13 31 38	اب بندد وارها flinger باقطعات ثابت تماس پیدامی کند	کلرنس سیل دوارچک شود تا وضعیت تماس مشخص شود وضعیت هم محوری چک شود 
15	موقعیت قطعات	باقراردادن شیمزبین هوزینگ برینگ وکاور پیش بارمحوری روی یاتاقان اعمال شود 

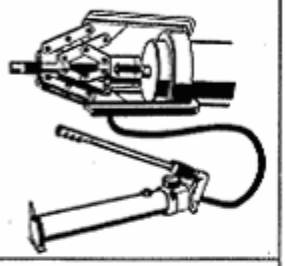
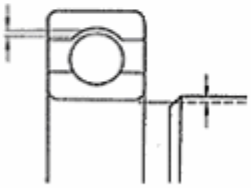
سروصدای بریتگ – Symptom "B" (cont.)

Solution code	علل	راه حل عملی
16	دوبرینگ ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس برینگ ها توام باانبساط طولی زیاد محور	کاورهای هوزینگ برینگ هاهردوبه سمت یک طرف حرکت داده شود. بااستفاده ازشیم کلرنس مناسب بین هوزینگ‌وکلس خارجی بدست می اید درصورت امکان برای کم کردن حرکت محورشافت پشت کلس خارجی فلنرنصب شود  Shaft expansion
17 18	قطرشافت خیلی کم است اداپتورسیلیوبه اندازه کافی محکم نمی شود	باتعمیرشافت انطباق مناسب برای ان درنظرگرفته شود مجددااداپتور سیلیوروی شافت نصب شودتاازقفل شدن ان اطمینان حاصل شود  Loose
19	ادپتورسیلیوخیلی سخت سفت می شود	لاک نت وسیلیوشل شود مجددااان رابه اندازه کافی محکم کنید تاروی محورمهارشود ولی اطمینان حاصل کنید برینگ به راحتی می چرخد 
21 49	ناباالانسی قطرداخلی هوزینگ زیاداست	دستگاه مجددابالانس شود هوزینگ باهوزینگ سایزمناسب تعویض شود  Clearance
22	لکه های مسطح روی غلنک هاناشی ازسرخوردن به دلیل راه اندازی های سریع	غلنک هابصورت چشمی بررسی شوند درصورت مشاهده لکه های عمیق برینگ تعویض شود اطمینان حاصل شودکه بارموردنیاز روی برینگ اعمال می شود

Solution code	علل	راه حل عملی
25	خمیدگی محور در اثر قطر نامناسب پله shoulder روی شافت	محور دوباره تراشکاری شود تا تمرکز تنش ازبین برود ممکن است نیاز به یک پله طوقی باشد ابعاد را با مقادیر توصیه شده توسط کارخانه سازنده چک کنید 
26	پله شافت با اب بند تماس دارد	پله روی محور در محل قرار گرفتن مجدد ماشین شود قطر پله شافت با مقدار توصیه شده توسط کارخانه سازنده چک شود 
27	مهار ناکافی بریتگ در داخل هوزینگ بریتگ 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 اب بند بریتگ	پله داخل هوزینگ مجدد ماشینکاری شود 
29	تابدار شدن کنس داخلی ومحور	پله شافت مجدد ماشین کاری شود تامهار لازم انجام شود 
30	تابدار شدن هوزینگ بریتگ وکنس خارجی بریتگ	پله هوزینگ مجدد ماشین کاری شود تامهار لازم انجام شود 

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

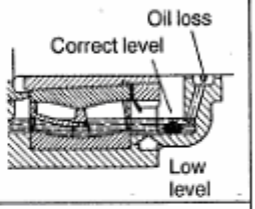
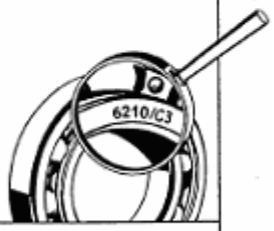
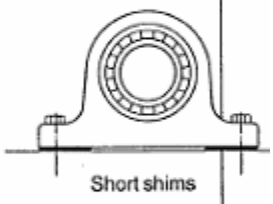
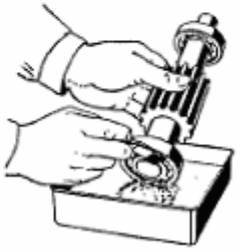
Solution code	علل	راه حل عملی
37	شاخک های لاک واشربابرینگ تماس پیدامی کنند	لاک واشربیرون اورده شود شاخک هاصاف شوندیانبوشود 
40	نصب غلط ضربه زدن روی برینگ	برینگ تعویض شود هرگزدرحین نصب به هیچ یک ازقطعات برینگ ضربه زده نشود ازیک بوش استفاده شود 
41	نحوه کارکلیه اجزامتحرک یک دستگاه به عملکردیاتاقان ها بستگی دارد	تمامی قطعات متحرک دستگاه باید بادقت چک شود 
42	افرسودگی زیاداب بندهای تماسی باعث نشتی روغن یاورودالودگی به هوزینگ برینگ می شود	اب بندفرسوده تعویض شود 
43	زیادبودن کلرنس یاناقان باعث ایجادلرزش می شود	ازبرینگ باکلرنس داخلی مناسب استفاده شود برای کم کردن لرزش بااعمال بارهای فنری روی کنس خارجی برینگ های ازاد استفاده شودتاحرکت های شعاعی و محوری گرفته شوند 
44	دستگاه می لرزد	بالانس قطعات متحرک چک شوند دستگاه دوباره بالانس شود 

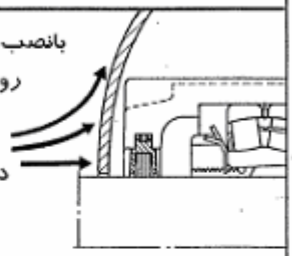
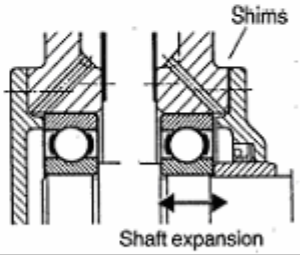
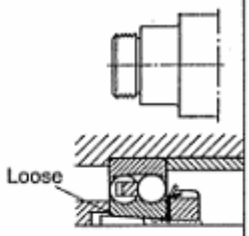
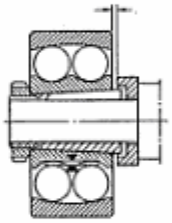
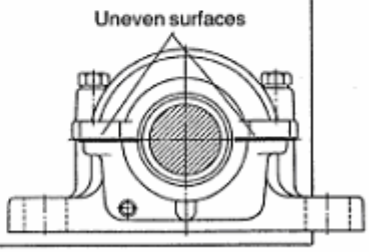
Solution code	علل	راه حل عملی
46	تغییرشکل دادن شافت ومجموعه بریتگ ناشی ازحرارت	برای نصب بریتگ روی محور با شعله شفط اطراف ان گرم شود برای ممانعت ازتغییرشکل داد ازتمرکز شعله دریک نقطه ممانعت شود بریتگ تغییررنگ داده بایدعوض شود 
47	زیادبودن قطرنشیمن گاه بریتگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کنس داخلی وکم شدن کلرنس داخلی میشود	شافت سنگ زده شودتاانطباق مناسب بین کنس داخلی ومحوربوجوداید اگرامکان سنگ زدن نیست ازبریتگ بالقی شعاعی بیشتراستفاده شود 
50	تغییرشکل پیداکردن قطرداخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس ان که باعث می شودکنس خارجی در داخل ان بچرخد	باپرس کردن بوش بوش استیل، مجددابااتراشکاری باقطرمناسب سایزگردد
51	لرزش بریتگ درمواقعی که دستگاه درسرویس نمی باشد	غلنک هادقیقابررسی شوند برای دستگاه های یدک بال بریتگ ها بهترازرولربریتگ ها دربرابرارتعاشات مقاومت می کنند

Symptom "C" – تعویض های زودبه زود

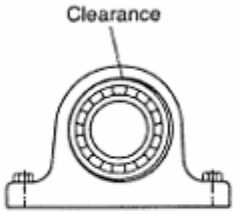
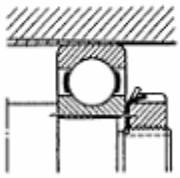
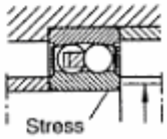
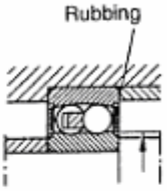
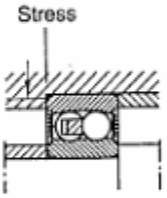
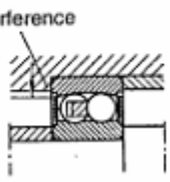
1	مناسب نبودن نوع گریس یاروغن برای شرایط عملیاتی	برای تعیین روانکار مناسب باکارخانه سازنده تماس بگیرید مطمئن شوید که نوع گریس تغییرنکرده است

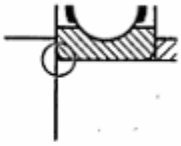
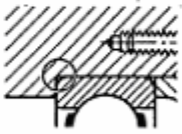
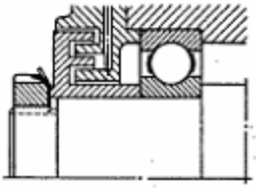
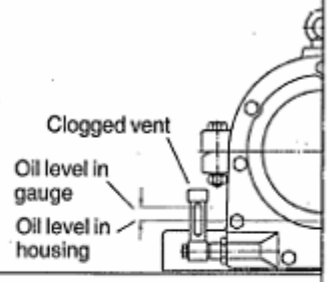
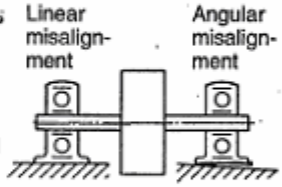
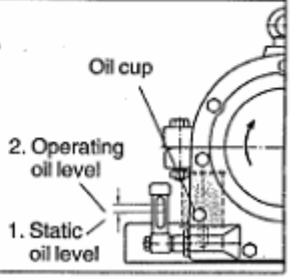
Symptom "C" (cont.) – تعویض های زودبه زود

Solution code	علل	راه حل عملی
2	سطح روغن ممکن است دراثرخرابی اب بند پایین بودن سطح روغن پایین رفته باشد ناکافی بودن گریس درداخل هوزینگ	سطح روغن تانصف پایین ترین ساچمه برینگ رسانده شود Fill housing 1/3 to 1/2 with grease. 
4	ناکافی بودن لقی داخلی یاناقان برای شرایط عملیاتی بخصوص درمواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کنس داخلی برینگ وکم شدن لقی می شود	لقی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگرازلقی داخلی اطمینان حاصل شد ازبرینگ باکلرنس داخلی بیشتراستفاده شود Normal to C3 or C3 to C4. 
5	واردشدن ذرات سنگریزه وگرد وغباروالودگی های دیگرداخل هوزینگ برینگ	هوزینگ برینگ تمیزشود اب بندهای کهنه تعویض یا طراحی ان بهبود داده شود
6	اب اسید رنگ یامواد خورنده دیگروارد هوزینگ برینگ می شود	برای بهبودوضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ درقسمت پشت هوزینگ نصب شود
7 8 9 39 48	خارج ازمرکزبودن قطرداخلی هوزینگ پیچیدگی وتغییرشکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطرداخلی هوزینگ برینگ	چک کردن قسمت داخلی هوزینگ ودر صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان ازمسطح بودن تکیه گاه برینگ شیمزهازیرتمامی سطح تکیه گاه برینگ راپرکرده باشند 
10	قبل ازاسمبل کردن هوزینگ برینگ براده هاودیگرکثیفی ها بیرون اورده نشده است	هوزینگ برینگ بادقت تمیزشود وروغن ان نیزتعویض گردد 

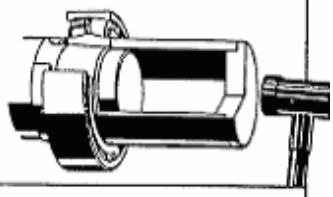
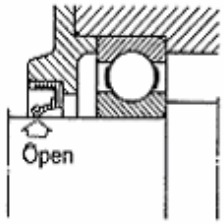
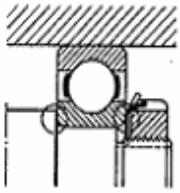
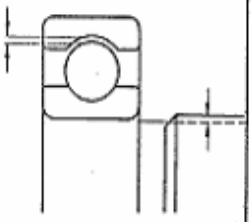
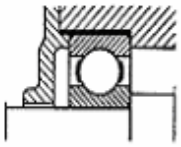
Solution code	علل	راه حل عملی
11	عبورجریان هواباعث ایجادنشتی روغن می شود	بانصب بافل می توان جریان هوارامنحرف نمود روی یاتاقان نبایداختلاف فشاروجوددداشته باشد درصورت امکان ازگریس استفاده شود 
15	Cross location.	بااستفاده ازشیمزکلرنس مناسب بین هوزینگ‌وکنس خارجی بدست می اید 
16	دوبرینگ ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس برینگ ها توام باانبساط طولی زیادمحور	کاورهای هوزینگ برینگ هاهردوبه سمت یک طرف حرکت داده شود. درصورت امکان برای کم کردن حرکت محوری‌شافت پشت کنس خارجی فنرنصب شود
17 18	قطرشافت خیلی کم است اداپتورسیلیوبه اندازه کافی محکم نمی شود	بانعمیرشافت انطباق مناسب برای ان درنظرگرفته شود مجدداداپتور سیلیوروی شافت نصب شودتاازقفل شدن ان اطمینان حاصل شود 
19	ادپتورسیلیوخیلی سخت سفت می شود	لاک نت وسیلیوشل شود مجدداان رابه اندازه کافی محکم کنید تاروی محورمهارشود ولی اطمینان حاصل کنید برینگ به راحتی می چرخد 
20	نشتی روغن ازهوزینگ های دوتکه ای تلفات زیاد روغن	استفاده ازیک لایه گسکت نشتی راقطع می کند ازشیمزاستفاده نشود درصورت لزوم هوزینگ برینگ تعویض شود 

Symptom "C" (cont.) – علل تعویض زودبه زودبرینگ

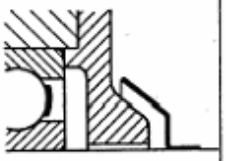
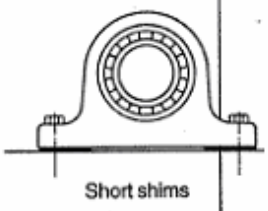
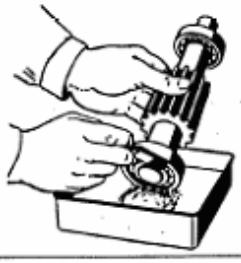
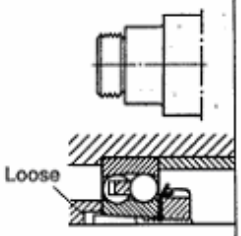
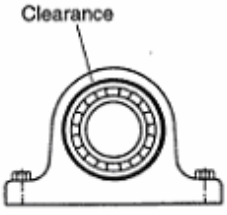
Solution code	علل	راه حل عملی
21 49	نابالانسی قطرداخلی هوزینگ زیاداست	دستگاه مجددابالانس شود هوزینگ باهوزینگ سایزمناسب تعویض شود 
23 24	توزیع غیریکنواخت نیرو روی برینگ به دلیل غیریکنواخت بودن نشیمن گاه محوریاداخل هوزینگ	تعمیرمحورهوزینگ یاهردوبرای رسیدن به انطباق مناسب امکان نیازبه محوریاهوزینگ نووجوددارد 
25	خمیدگی محوردراثرقطرنامناسب پله shoulder روی شافت	محوردوباره تراشکاری شودتامرکزتنش ازبین برود ممکن است نیازبه یک پله طوقی باشد ابعادرابامقادیرتوصیه شده توسط کارخانه سازنده چک کنید 
26	پله شافت بااب بند تماس دارد	پله روی محوردرمحل قرارگرفتن مجددا ماشین شود قطرپله شافت بامقدارتوصیه شده توسط کارخانه سازنده چک شود 
27	مهارناکافی برینگ درداخل هوزینگ برینگ باعث تغییرشکل(تنش)کنس خارجی می شود	باماشین کاری هوزینگ تمرکزتنش حذف می شود ابعادرابامقادیرتوصیه شده چک کنید 
28	نابدارشدن اب بندبرینگ	پله داخل هوزینگ مجددا ماشینکاری شود 

Solution code	علل	راه حل عملی
29	تابدارشدن کنس داخلی ومحور	 پله شافت مجدداماشین کاری شود تامپارلازم انجام شود
30	تابدارشدن هوزینگ برینگ وکنس خارجی برینگ	 پله هوزینگ مجدداماشین کاری شود تامپارلازم انجام شود
31 38	اب بلددواریا flinger باقطعات ثابت تماس پیدامی کند	 کلرنس سیل دوارچک شود تا وضعیت تماس مشخص شود وضعیت هم محوری چک شود
32	عدم روغنکاری ناشی ازصحیح نبودن سطح روغن داخل هوزینگ برینگ	 تمیزکردن مسیرهای مسدودبطرف vent و oil gauge
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	 تصحیح هم محوری باقراردادن شیمزیر برینگ ها قراردادن شیمزکامل زیرهوزینگ ها اطمینان ازهم محوری شافت ها
35 36	بالاتریاپایین ترقرارگرفتن Constant oil level cup درجهت مخالف جهت دوران برینگ قرار گرفته است	 سطح استاتیک روغن نبایدبیشترازوسط پایین ترین رولرباشد جهت cup بایددرجهت دوران یاناقان باشد طبق شکل روبرو

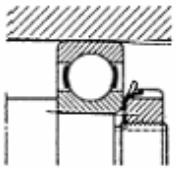
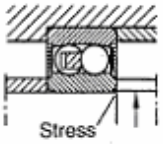
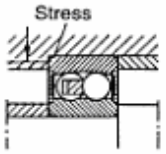
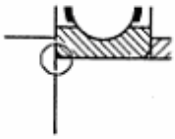
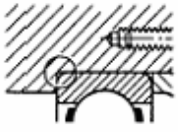
Symptom "C" (cont.) – خرابی زودبه زودیاتاقان ها

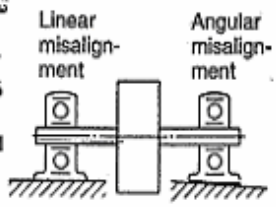
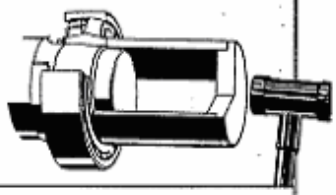
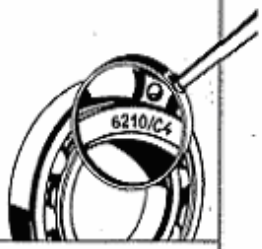
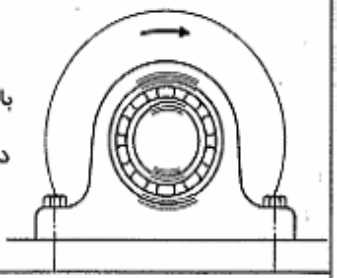
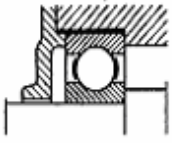
Solution code	علل	راه حل عملی
40	نصب غلط ضربه زدن روی بلرینگ	بلرینگ تعویض شود هرگزدرحین نصب به هیچ یک ازقطعات بلرینگ ضربه زده نشود ازیک بوش استفاده شود 
42	فرسودگی زیاداب بندهای تماسی باعث نشتی روغن یاورودالودگی به هوزینگ بلرینگ می شود	اب بندفرسوده تعویض شود 
45	پله شافت یا هوزینگ بلرینگ یاسطح لاک نت که باسطح نشیمن گاه بلرینگ درتماسند ناصاف هستند	سطوح باماشین کاری بایدصاف وبرهم عمودشوند 
47	زیادبودن قطرنشیمن گاه بلرینگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کنس داخلی وکم شدن کلرنس داخلی میشود	شافت سنگ زده شودتاانطباق مناسب بین شافت وکنس داخلی ایجادشود، درصورتی که امکان سنگ زدن وجود نداشته باشدازبلرینگ باکلرنس بیشتر استفاده شود 
50	تغییرشکل پیداکردن قطرداخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس ان که باعث می شودکنس خارجی در داخل ان بچرخد	باپرس کردن بوش بوش استیل مجددابا تراشکاری باقطرمناسب سایزگردد 

Symptom "D" – علل لرزش بریرنگ ها

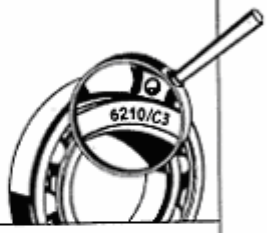
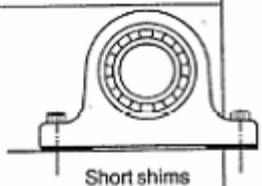
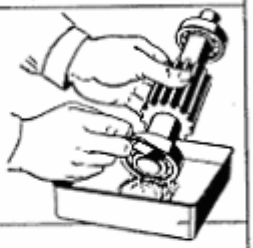
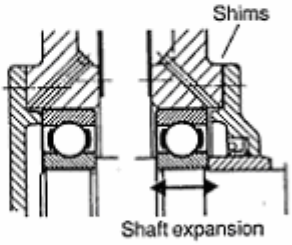
Solution code	علل	راه حل عملی
5	واردشدن ذرات سنگریزه وگرد وغباروااللودگی های دیگرداخل هوزینگ بریرنگ	هوزینگ بریرنگ تمیزشود اب بندهای کهنه تعویض یا طراحی ان بهبود داده شود
6	اب اسید رنگ یامواد خورنده دیگروارد هوزینگ بریرنگ می شود	برای بهبودوضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ درقسمت پشت هوزینگ نصب شود 
7 8 9 39	خارج ازمرکزبودن قطرداخلی هوزینگ پیچیدگی وتغییرشکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطرداخلی هوزینگ بریرنگ	چک کردن قسمت داخلی هوزینگ ودر صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان ازمسطح بودن تکیه گاه بریرنگ شیمزهازیرتمامی سطح تکیه گاه بریرنگ راپرکرده باشند 
10	قبل ازاسمبل کردن هوزینگ بریرنگ براده هاودیگرکثیفی ها بیرون اورده نشده است	هوزینگ بریرنگ بادقت تمیزشود وروغن ان نیزتعویض گردد 
17 18	قطرشافت خیلی کم است اداپتورسیلیوبه اندازه کافی محکم نمی شود	بانعمیرشافت انطباق مناسب برای ان درنظرگرفته شود مجدداداپتور سیلیوروی شافت نصب شودتاازقفل شدن ان اطمینان حاصل شود 
21 49	نابالانسی قطرداخلی هوزینگ زیاداست	دستگاه مجددابالانس شود هوزینگ باهوزینگ سایزمناسب تعویض شود 

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

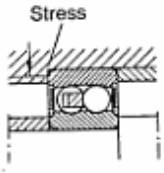
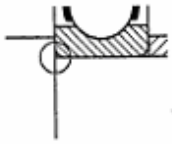
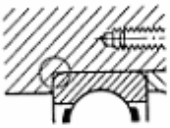
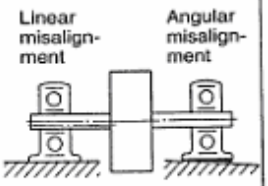
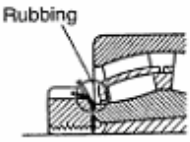
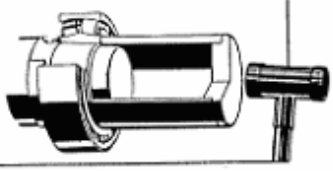
Solution code	علل	راه حل عملی
22	لکه های مسطح روی غلنک هاناشی ازسرخوردن به دلیل راه اندازی های سریع	غلنک هابصورت چشمی بررسی شوند درصورت مشاهده لکه های عمیق برینگ تعویض شود اطمینان حاصل شود که بارموردنیاز روی برینگ اعمال می شود
23 24	توزیع غیریکنواخت نیرو روی برینگ به دلیل غیریکنواخت بودن نشیمن گاه محوریاداخل هوزینگ	تعمیرمحورهوزینگ یاهردوبرای رسیدن به انطباق مناسب امکان نیازبه محوریاهوزینگ نووجوددارد 
25	خمیدگی محوردراثرقطرنامناسب پله shoulder روی شافت	محوردوباره تراشکاری شودتامرکزتنش ازبین برود ممکن است نیازبه یک پله طوقی باشد ابعادرابامقادیرتوصیه شده توسط کارخانه سازنده چک کنید 
27	مهارناکافی برینگ درداخل هوزینگ برینگ باعث تغییرشکل(تنش)کنس خارجی می شود	باماشین کاری هوزینگ تمرکزتنش حذف می شود ابعادرابامقادیرتوصیه شده چک کنید 
29	تابدارشدن کنس داخلی ومحور	پله شافت مجددامامشین کاری شود تامهارلازم انجام شود 
30	تابدارشدن هوزینگ برینگ وکنس خارجی برینگ	پله هوزینگ مجددامامشین کاری شود تامهارلازم انجام شود 

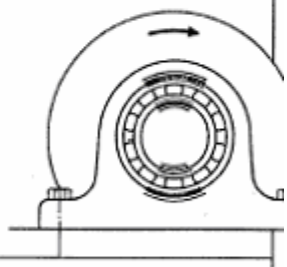
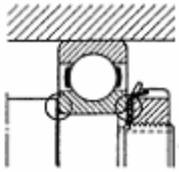
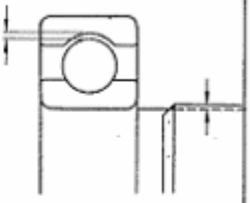
Solution code	علل	راه حل عملی
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	تصحیح هم محوری باقراردادن شیمززیر پرینگ ها قراردادن شیمز کامل زیرهوزینگ ها اطمینان ازهم محوری شافت ها 
40	نصب غلط ضربه زدن روی پرینگ	پرینگ تعویض شود هرگزدرحین نصب به هیچ یک ازقطعات پرینگ ضربه زده نشود ازیک بوش استفاده شود 
43	زیادبودن کلرنس پرینگ باعث افزایش لرزش می شود	لقی داخلی پرینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگرازلقی داخلی اطمینان حاصل شد ازپرینگ باکلرنس داخلی کمتر استفاده شود Normal to C3 or C3 to C4. 
44	دستگاه می لرزد	بالانس قطعات متحرک چک شوند دستگاه دوباره بالانس شود 
50	تغییرشکل پیداکردن قطرداخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس ان که باعث می شود کنس خارجی در داخل ان بچرخد	باپرس کردن بوش بوش استیل مجددابانتراشکاری باقطرمناسب سایز گردد 

Symptom "E" – عدم رضایت از عملکرد تجهیزات

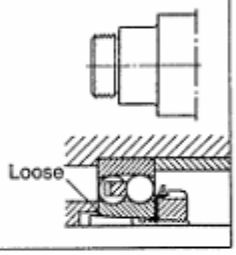
Solution code	علل	راه حل عملی
4	ناکافی بودن لقی داخلی یاناقان برای شرایط عملیاتی بخصوص درمواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کنس داخلی بریتگ وکم شدن لقی می شود	لقی داخلی بریتگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگرازلقی داخلی اطمینان حاصل شد ازبریتگ باکلرنس داخلی بیشتراستفاده شود Normal to C3 or C3 to C4. 
5	واردشدن ذرات سنگریزه وگرد وغباروالودگی های دیگرداخل هوزینگ بریتگ	هوزینگ بریتگ تمیزشود اب بندهای کهنه تعویض یا طراحی ان بهبود داده شود
6	اب اسید رنگ یامواد خورنده دیگروواردهوزینگ بریتگ می شود	برای بهبودوضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ درقسمت پشت هوزینگ نصب شود
7 8 9 39 48	خارج ازمرکزبودن قطرداخلی هوزینگ پیچیدگی وتغییرشکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطرداخلی هوزینگ بریتگ	چک کردن قسمت داخلی هوزینگ ودر صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان ازمسطح بودن تکیه گاه بریتگ شیمزهازیرتمامی سطح تکیه گاه بریتگ راپرکرده باشند  Short shims
10	قبل ازاسمبل کردن هوزینگ بریتگ پراده هاودیگرکثیفی ها بیرون اورده نشده است	هوزینگ بریتگ بادقت تمیزشود وروغن ان نیزتعویض گردد 
15	Cross location.	باستفاده ازشیمزکلرنس مناسب بین هوزینگ‌وکنس خارجی بدست می اید 
16	دوبریتگ ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس بریتگ ها توام باانبساط طولی زیادمحور	کاورهای هوزینگ بریتگ هاهردوبه سمت یک طرف حرکت داده شود. درصورت امکان برای کم کردن حرکت محوری‌شافت پشت کنس خارجی فنرنصب شود

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

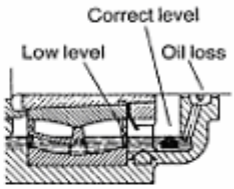
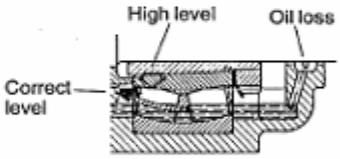
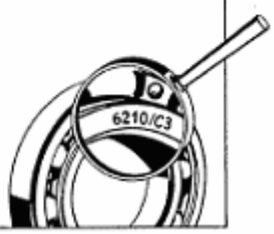
Solution code	علل	راه حل عملی
27	ساپورت نامناسب هوزینگ برینگ باعث تابدارشدن کنس خارجی می شود	باماشین کاری هوزینگ تمرکزتنش حذف می شود ابعادرابامقادیرتوصیه شده چک کنید 
29	تابدارشدن کنس داخلی ومحور	پله شافت مجدداماشین کاری شود تامپارلازم انجام شود 
30	تابدارشدن هوزینگ برینگ وکنس خارجی برینگ	پله هوزینگ مجدداماشین کاری شود تامپارلازم انجام شود 
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	تصحیح هم محوری باقراردادن شیمززیر برینگ ها قراردادن شیمزکامل زیرهوزینگ ها اطمینان ازهم محوری شافت ها 
37	شاخک های لاک واشرباپرینگ تماس پیدامی کنند	لاک واشرپیرون اورده شود شاخک هاصاف شوندیانوشود 
40	نصب غلط ضربه زدن روی برینگ	برینگ تعویض شود هرگزدرحین نصب به هیچ یک ازقطعات برینگ ضربه زده نشود ازیک بوش استفاده شود 

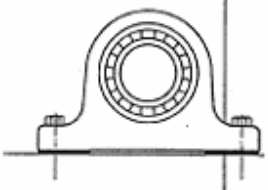
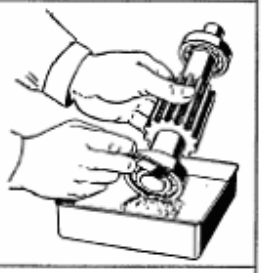
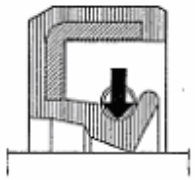
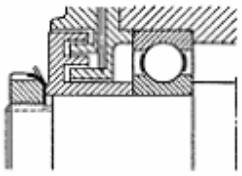
Solution code	علل	راه حل عملی
43	زیادبودن کلرنس برینگ هاباعث افزایش لرزش می شود	لقی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگرازلقی داخلی اطمینان حاصل شد ازبرینگ باکلرنس داخلی کمتر استفاده شود C3 to Normal or C4 to C3
44	دستگاه لرزش دارد	بالانس قطعات متحرک چک شوند دستگاه دوباره بالانس شود 
45	پله شافت یا هوزینگ برینگ یاسطح لاک نت که باسطح نشیمن گاه برینگ درتماسند ناصاف هستند	تعمیرمحورهوزینگ یاهردوبرای رسیدن به انطباق مناسب امکان نیازبه محوریاهوزینگ نووجوددارد 
47	زیادبودن قطرنشیمن گاه برینگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کنس داخلی وکم شدن کلرنس داخلی میشود	شافت سنگ زده شودتاانطباق مناسب بین شافت وکنس داخلی ایجادشود، درصورتی که امکان سنگ زدن وجود نداشته باشدازبرینگ باکلرنس بیشتر استفاده شود 
50	تغییرشکل پیداکردن قطرداخلی هوزینگ به دلیل نرم بودن جنس ان که باعث می شود کنس خارجی در داخل ان بچرخد	باپرس کردن بوش بوش استیل مجددااباتراشکاری باقطرمناسب سایزگردد
51	لرزش برینگ درمواقعی که دستگاه درسرویس نمی باشد	غلنک هادقیقابررسی شوند برای دستگاه های پدک بال برینگ ها بهترازرولربرینگ ها دربرابرارتعاشات مقاومت می کنند

Symptom "F" – لق بودن برینگ روی شافت

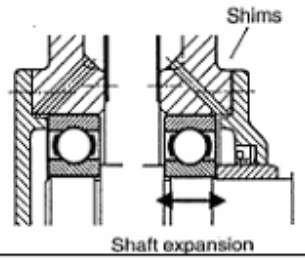
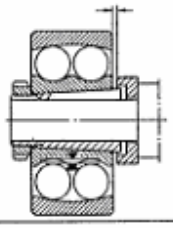
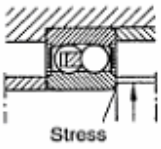
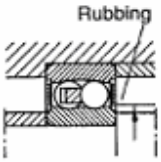
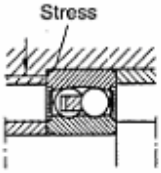
Solution code	علل	راه حل عملی
17 18	قطرشافت خیلی کم است اداپتورسیلیوبه اندازه کافی محکم نمی شود	بانعمیرشافت انطباق مناسب برای ان درنظرگرفته شود مجدداداپتور سیلیوروی شافت نصب شودتاازقفل شدن ان اطمینان حاصل شود 

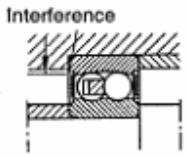
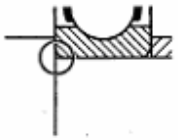
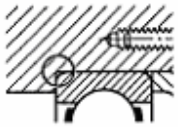
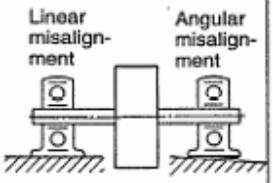
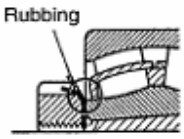
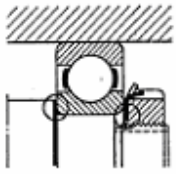
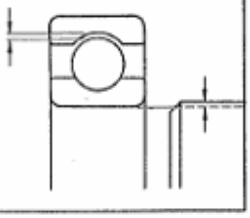
Symptom "G" – شافت به سختی می چرخد

1	مناسب نبودن نوع گریس یاروغن برای شرایط عملیاتی	برای تعیین روانکار مناسب باکارخانه سازنده تماس بگیرید مطمئن شوید که نوع گریس تغییرنکرده است
2	سطح روغن ممکن است دراثرخرابی اب بند پایین بودن سطح روغن پایین رفته باشد ناکافی بودن گریس درداخل هوزینگ	سطح روغن داخل هوزینگ بایدتاوسط پایین ترین ساچمه برینگ تنظیم شود 1/2 تا 1/3 هوزینگ برینگ بایداز گریس پرشود 
3	بالابودن سطح روغن زیادبودن مقدار گریس درداخل هوزینگ این عوامل باعث تلاطم روغن گرم کردن یاناقان ونشتی روغن می گردد	گریس تخلیه شودونصف هوزینگ باگریس پرشود برای روانکارروغن سطح روغن تاوسط پایین ترین ساچمه رسانده شود 
4	ناکافی بودن لقی داخلی یاناقان برای شرایط عملیاتی بخصوص درمواردی که شافت گرم می شود این باعث انبساط کلس داخلی برینگ وکم شدن لقی می شود	لقی داخلی برینگ چک شود که درست انتخاب شده باشد اگرازلقی داخلی اطمینان حاصل شد ازبرینگ باکلرنس داخلی بیشتراستفاده شود Normal to C3 or C3 to C4. 

Solution code	علل	راه حل عملی
5	واردشدن ذرات سنگریزه وگرد وغیرواالودگی های دیگرداخل هوزینگ برینگ	هوزینگ برینگ تمیزشود اب بندهای کهنه تعویض یا طراحی ان بهبود داده شود
6	اب اسید رنگ یامواد خورنده دیگروارد هوزینگ برینگ می شود	برای بهبود وضعیت اب بندی یک عدد سیل shield محافظ درقسمت پشت هوزینگ نصب شود
7 8 9 39 48	خارج ازمرکزبودن قطرداخلی هوزینگ پیچیدگی وتغییرشکل هوزینگ یکنواخت نبودن تکیه گاه هوزینگ کم بودن قطرداخلی هوزینگ برینگ	چک کردن قسمت داخلی هوزینگ ودر صورت لزوم تصحیح قطر اطمینان ازمسطح بودن تکیه گاه برینگ شیمزهازیرتمامی سطح تکیه گاه برینگ راپرکرده باشند  Short shims
10	قبل ازاسمبل کردن هوزینگ برینگ براده هاودیگرکثیفی ها بیرون اورده نشده است	هوزینگ برینگ بادقت تمیزشود وروغن ان نیزتعویض گردد 
12	قسمت تماسی اب بندخشک شده نیروی فنری اب بندزیاداست	تعویض اب بندبااب بندی که دارای فنرمناسب است روغنکاری اب بند 
13 31 38	اب بنددواریا flinger باقطعات ثابت تماس پیدامی کند	کلرنس سیل دوارچک شود تا وضعیت تماس مشخص شود وضعیت هم محوری چک شود 

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

Solution code	علل	راه حل عملی
15	Cross location.	بااستفاده ازشیمز کلرنس مناسب بین هوزینگ_وکنس خارجی بدست می اید 
16	دوبرینگ ثابت روی یک محور ناکافی بودن کلرنس برینگ ها توام باانبساط طولی زیادمحور	کاورهای هوزینگ برینگ هاهردوبه سمت یک طرف حرکت داده شود. درصورت امکان برای کم کردن حرکت محوری شافت پشت کنس خارجی فنرنصب شود
19	ادپتورسیلیوخیلی سخت سفت می شود	 لاک نت وسیلیوشل شود مجددااان رابه اندازه کافی محکم کنید تاروی محورمهارشود ولی اطمینان حاصل کنید برینگ به راحتی می چرخد
25	خمیدگی محوردراثرقطرنامناسب پله shoulder روی شافت	 محوردوباره تراشکاری شودتاتمرکزتنش ازبین برود ممکن است نیازبه یک پله طوقی باشد ابعادرابامقادیرتوصیه شده توسط کارخانه سازنده چک کنید
26	پله شافت بااب بند تماس دارد	 پله روی محوردرمحل قرارگرفتن مجددامانشین شود قطرپله شافت بامقدارتوصیه شده توسط کارخانه سازنده چک شود
27	مهارناکافی برینگ درداخل هوزینگ برینگ باعث تغییرشکل(تنش) کنس خارجی می شود	 باماشین کاری هوزینگ تمرکزتنش حذف می شود ابعادرابامقادیرتوصیه شده چک کنید

Solution code	علل	راه حل عملی
28	تابدارشدن اب بلدبرینگ	پله داخل هوزینگ مجدداماشینکاری شود 
29	تابدارشدن کنس داخلی ومحور	پله شافت مجدداماشین کاری شود تامپارلازم انجام شود 
30	تابدارشدن هوزینگ برینگ وکنس خارجی برینگ	پله هوزینگ مجدداماشین کاری شود تامپارلازم انجام شود 
33 34	صحیح نبودن وضعیت هم محوری	تصحیح هم محوری باقراردادن شیمززیر برینگ ها قراردادن شیمزکامل زیرهوزینگ ها اطمینان ازهم محوری شافت ها 
37	شاخک های لاک واشربابرینگ تماس پیدامی کنند	لاک واشربیرون اورده شود شاخک هاصاف شوندیانوشود 
45	توزیع غیریکنواخت نیرو روی برینگ به دلیل غیریکنواخت بودن نشیمن گاه محورياداخل هوزینگ	تعمیرمحورهوزینگ یاهردوبرای رسیدن به انطباق مناسب امکان نیازبه محوریاهوزینگ نووجوددارد 
47	زیادبودن قطرنشیمن گاه برینگ روی شافت باعث انبساط بیشتر کنس داخلی وکم شدن کلرنس داخلی میشود	شافت سنگ زده شودتاانطباق مناسب بین شافت وکنس داخلی ایجادشود، درصورتی که امکان سنگ زدن وجود نداشته باشدازبرینگ باکلرنس بیشتر استفاده شود 

علل واقدامات اصلاحی برای رفع عیوب برینگ ها

عیوب		علل احتمالی	اقدامات اصلاحی
سرو صدا	صدای فلزمانند	بارغیرعادی	بهبود انطباقات لقی های داخلی پیش بارموقعیت پله هوزینگ برینگ و ....
		نصب غلط	بهبوددردقت ماشین کاری ودقت درهم محوری شافت وهوزینگ یاروش های نصب
		ناکافی بودن یانامناسب بودن روانکار	تعویض روغن یاانتخاب نوع دیگر
		تماس قطعات متحرک	تغییرلاییرینت سیل ها
	صدای متناوب	خوردگی یاایجادخط روی شیارها	تعویض یاتمیزکاری هوزینگ بهبوداب بندی واستفاده ازروانکارتمیز
		کجل شدن	تعویض برینگ ودقت بیشتردرجابجاکردن ان
		کجل شدن شیارها	برینگ تعویض شود
	صدای غیرعادی	کلرنس زیاد	بهبودانطباق کلرنس و پیش بار
		ورودموادخارجی	تعویض یاتمیزکردن برینگ بهبوداب بندواستفاده ازروانکارتمیز
		کجل کردن بال ها	برینگ تعویض شود
افزایش درجه حرارت غیرعادی		زیادبودن مقداردروغن	مقدارگریس کم شودونوع مناسب گریس انتخاب شود
		ناکافی بودن یانامناسب بودن روغن	شارژروانکاریاانتخاب نوع بهتر
		بارغیرعادی	بهبود انطباقات، لقی های داخلی، پیش بار وموقعیت پله هوزینگ برینگ
		نصب غلط	بهبوددقت های ماشینری وهم محورکردن شافت وهوزینگ ودقت نصب وروش های نصب
		خزش روی سطوح بالا بودن اصطکاک اب بند	تصحیح اب بندها تعویض برینگ تصحیح مسائل نصب وانطباقات
ارتعاشات (خارج ازمرکزی محوری)		سختی	برینگ تعویض شودودرهنگام جابجاکردن برینگ دقت شود
		پوسته شدن	برینگ تعویض شود
		نصب غلط	وضعیت عمودبودن بین پله محوروهوزینگ یاقسمت جانبی اسپیسر تصحیح شود
		نفوذذرات خارجی	برینگ تمیزیاتعویض شودواب بندبهبودداده شود
نشتی تغییررنگ روغن		زیادبودن مقداردروغن واغشته بودن ان به موادخارجی یاذرات ساینده	مقداردروغن کم شودواز گریس شل تراستفاده شود برینگ یاگریس تعویض شودهوزینگ وقطعات تمیزشوند

مسائل ارتعاشی برینگ های غلتکی

ارتعاشات برینگ های غلتکی معمولا به دلیل عیوبی است که روی سطوح کنس های داخلی وخارجی بال هاو غلتک ها و همچنین قفسه(Cage)های انها بوجودمی آید. یک برینگ خراب می تواند چندین فرکانس ارتعاشی داشته باشد که برخی ازاین فرکانس ها مرتبط با شکل هندسی برینگ و برخی دیگربصورت اتفاقی Random و درفرکانس های بالارخ می دهد.

فرکانسهای ارتعاشی یک برینگ خراب عبارتند از :

۱- فرکانس قفسه(Cage یا Retianer).

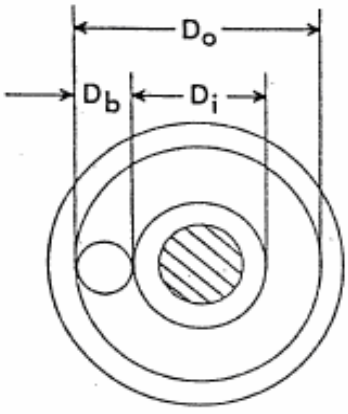
۲- فرکانس گذردور غلتک ها(BallوRoller).

۳- فرکانس گذر غلتک ها روی کنس داخلی.

٤- فرکانس گذر غلتک هاروی کنس خارجی.

فرمول ها وروش محاسبه فرکانس های دورانی فوق درجدول زیراورده شده است

محاسبهٔ 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: $F_{(ball)} = \frac{D_o}{D_b} \times \frac{D_i}{D_i + D_o} \times RPM$

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

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

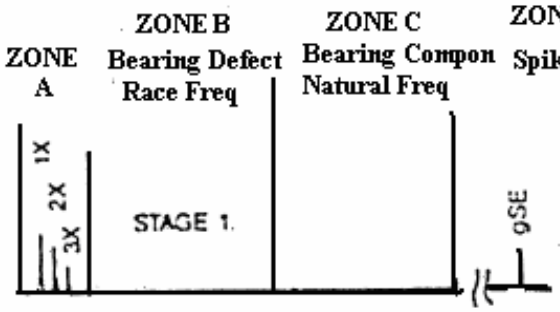
Where D_i = Diameter of inner race
D_o = Diameter of outer race
D_b = Diameter of ball
M = Number of balls in bearing
RPM = Shaft RPM
F = Frequency in CPM of the defect

این فرکانس های دورانی با توجه به ابعادهندسی بارینگ قابل محاسبه هستند . البته فرکانس های دورانی محاسبه شده به دلیل سرخوردن 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 بارینگ ها را مشخص می کنندکه از این مطلب برای مطالعه و علت خرابی بارینگ ها استفاده می شودکه ذیلا به شرح انهاپرداخته می شود..

دراسپکترام های زیرباندهای متعددفرکانسی که خراب بارینگ درانهااتفاق می افتدنشان داده شده است .

چهارباندفرکانس خرابی دربارینگ های غلتکی



فرکانس طبیعی بارینگ واجزاان =Fn

فرکانس های خرابی بارینگ ها

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

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

$$BSF = \frac{P_d}{2B_d}\left[1 - \left(\frac{B_n}{P_d}\right)^2(\cos\theta)^2\right] \times RPM$$

$$FTF = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{B_d}{P_d}\cos\theta\right) \times RPM$$

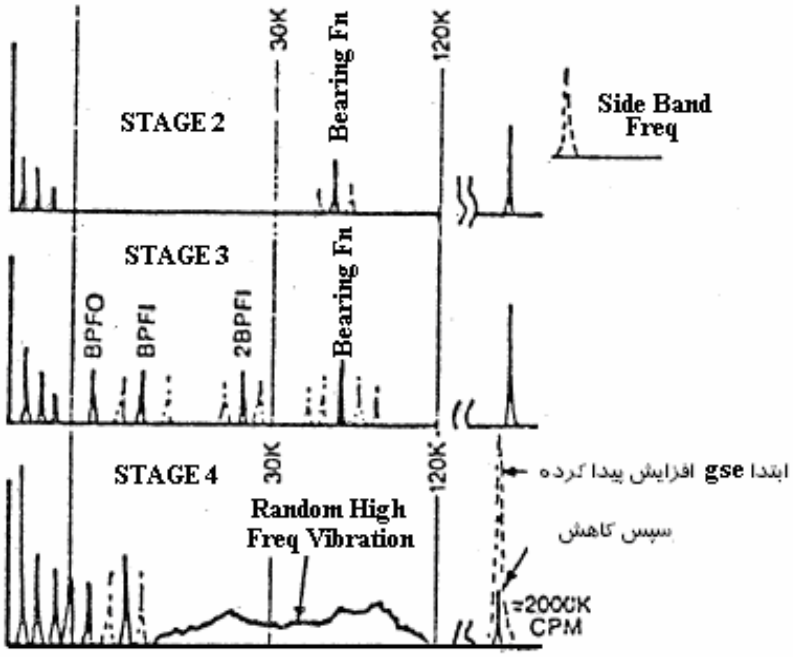
که دران

N_b = تعدادرولرها یاساچمه ها

B_d = قطررولرها برحسب میلیمتر

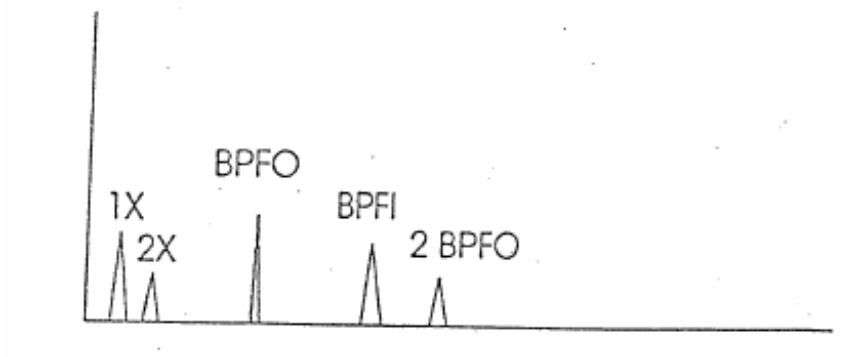
P_d = قطرگام برینگ برحسب میلیمتر

θ = زاویه تماس برحسب درجه

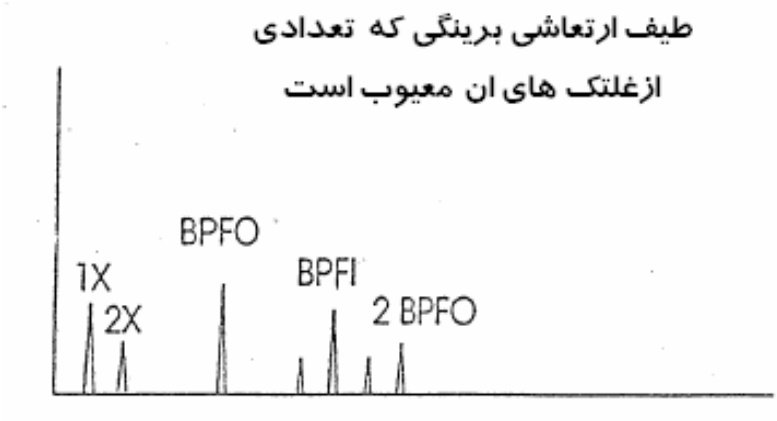


باتوجه به فرکانس های بدست امده ازروابط قبل وبررسی طیف های ارتعاشی می توان پی به علل خرابی این نوع بارینگ ها بردکه ذیلا به انها اشاره می شود:

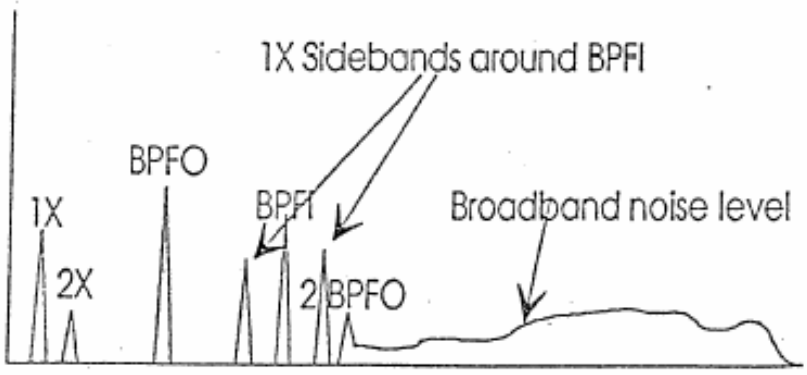
۱-اگر فرکانس غالب ارتعاشی اندازه گیری شده ازطیف های ارتعاشی مربوط بـه کـنس داخلـی بـال برینـگ باشدبه احتمال زیاد علت خرابی به دلیل نیروهـای ارتعاشـی داخلـی اعمـال شـده روی رتـور نظیرنابالانسـی, توربولانس سیال, خمیدگی محور و..... اتفاق افتاده است.



۲- اگر فرکانس غالب ارتعاشی اندازه گیری شده ازطیف های ارتعاشی مربوط به غلتک ها باشد احتمالاخرابی می تواندناشی از روغنکاری ناقص,داغ کردن و یا وجودجریانات الکتریکی باشد که از برینگ عبور می کندو ...



۳-اگر فرکانس غالب ارتعاشی اندازه گیری شده روی طیف های ارتعاشی مربوط به کنس خارجی بال برینگ باشد احتمالا علت خرابی ناشی ازلرزش زمینه, هم محورنبودن دستگاه و..... بوده است.



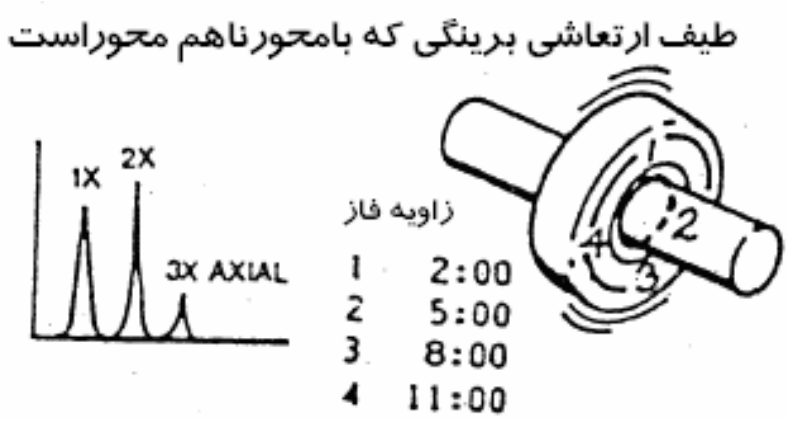
.

یک مشکل جزئی روی کنس های داخلی و یا خارجی یک برینگ می تواند ارتعاشاتی با فرکانس گذرای غلطک(Ball Pass Freqency) ایجاد کندکه با پیشروی عیب مسئله حاد تر شده و عیوب دیگررانیز باعث شود و متعاقبا باعث افزایش تعداد فرکانس ها و عریض شدن پهنای باند فرکانس ها گرددکه این اجزا فرکانسی می توانند توسط نیروهای نابالانسی در دور شافت ویا نیروهای دیگر مدوله شده و تعداد فرکانس های بیشتر مجموع و اختلاف(Sum-and–Difference Ferquency)را به و جود اورند.

برای مثال فرض کنید ماشینی در دور ۲٤۰۰ RPM کار می کند و فرکانس گذر روی کنس داخلی۲۲۳۰۰ RPM محاسبه شده است دراین حالت ماشین ارتعاشات درهر دو فرکانس مذکور را نشان خواهد داد اما تجربه نشان داده که فرکانس های مجموع CPM (2400+22300=24700) وفرکانس اختلاف بین این دو نیز CPM 22300-2400=19900وجودخواهدداشت. اثر مدوله شدن تا وقتی که اسپکترام فرکانس به صورت یک سری اجزاء فرکانسی که پهنای باندنسبتا وسیعی راایجاد می کنند در بیاید ادامه پیداخواهدکرد.

ارتعاشات ناشی ازناهم محوری بال برینگ ها روی محورMisaligned Bearing

قطعاتی که روی محور نصب می شوند مثل بال برینگ ها کوپلینگ هاوبخصوص هوزینگ برینگ ها و..... نیزحتما باید با محوراصلی هم محور باشند در غیر این صورت حتی با هم محوربودن کوپلینگ ها باز هم نشانه های ارتعاشات ناهم محوری وجودداردکه البته درچنین مواردی ارتعاشاتی که ایجاد می شود ممکن است فقط روی یک طرف ماشین به وجود آیدو لرزش طرف دیگر ماشین کم باشد. ازشایع ترین نوع Missalignment ناهم محوری بال برینگ ها روی شافت است که معمولا به دلیل رعایت نکردن تولرانس های نصب خمیدگی محوروتراشکاری نادرست محورو سیلیو ویابیش ازاندازه سفت کردن پیچی که برای لاک کردن سیلیو روی محوراستفاده شده ویا استفاده کردن ازپیچ نامناسب(استفاده از-L Screwبجای Cup-Screw)بوجودمی ایدوباعث حرکت پیچشی (Twisting) بااختلاف زاویه فاز۱۸۰ درجه ای دربالاوپایین برینگ (یا کناره ها)وهمچنین افزایش ارتعاشات محوری همان برینگ وغالبا درفرکانس های دوبرابردورمی شودکه باهم محوری کوپلینگ ها یا بالانس کردن مشکل حل نخواهدشدوبایدیاتاقان باز ومجددابه روش صحیح نصب گردد.



تعیین وضعیت یا تاقانهای غلطکی Bearing Condition

برینگ های غلتکی یاتاقان هائی هستند که دارای طول عمر محدود و مشخص می باشند ومعمولا پس از اتمام طول عمر آنها باید تعویض گردند.ولی درحین کارمی توان انهاراچک نمود وبابررسی وضعیت ارتعاشی انهانسبت به ادامه کاریا تعویض انها 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 بر داشتن اجزا غلتکی(ساچمه ها ورولرها) است که دراثرروغنکاری ناقص ویااعمال نیروهای اضافی روی انها می تواندانفاق بیفتدو در اثرتغییر ساختمان هندسی برینگ, درزما نی که سطوح اسیب دیده با هم درگیر می شوند باعث تولید ارتعاشات و ضربه های لحظه ای (شوک) درفرکانس های بالا شوند.

تاکنون هیچ استاندارد یا راهنمای معتبری درمورد رو ش اندازه گیری و جدول ارزیابی برای تعیین وضعیت این نوع برینگ ها در سطح بین المللی ارائه نشده ولی در همه روش هااز اندازه گیری فرکانس های بالاو شوک پالس ها استفاده می شود.البته هر کمپانی سازنده دستگاه های انالایزرارتعاشی تحت یک کمیت مخصوص به خود,آن راارزیابی می کند . میزان ارتعاشات یک برینگ سالم نسبت به سایر قسمت های ماشین الات بسیار کمتر است. درمراحل اولیه پیدایش عیب در برینگ ارتعاشات هنوز هم ممکن است انقدر کم باشد که درارتعاشات ناشی از قطعات گم شود اهمیت این بحث دران است که اندازه گیری میزان کلی سرعت یا شتاب ارتعاشات غالبا عیوب برینگ را تا زمانی که عیب به مرحله بحرانی نرسیده باشد نشان نمی دهند بنابراین اندازه گیری یا مونتیور 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 فرکا نس های طبیعی قطعات مختلف را تحریک می کنندوباعث افزایش ارتعاشات می شوند .

وضعیت برینگ های غلتکی بر اساس اندازه گیری شوک پالس ها و ارتعاشات ماشین بدست می ایدکه بااستفاده از سنسور ارتعاشی شتاب سنج با فرکانس تشدید بالا(تقریبا ۳۲KHZ) اندازه گیری می شودکه برای حذف ارتعاشات فرکانس های بالا و پایین ماشین و هرگونه عامل مزاحم الکترونیکی درمحدوده فرکانس های بالا سیگنال حاصله از یک فیلتر میان گذر با محدوده فرکانس عبوری ۶۰KHz-۱۵ عبور داده می شود که بعد از این محل , لزوما تنها شوک پالس ها در سیگنال اندازه گیری شده باقی می ماند. برای اندازه گیری وضعیت برینگ های غلتکی باید تا حد ممکن اندازه گیری به محل برینگ نزدیک باشد وترجیحا روی حلقه کنس بیرونی برینگ باید انجام شود .

کمیتی است که کارخانه IRD برای تعیین موقعیت برینگ های غلتکی معرفی می کندGSE یا اسپایک انرژی است که این کمیت پالس های انرژی ارتعاشی است که در فرکانس های بالا درمدت زمانی بسیارکوتاه اندازه گیری می شود .

اسپایک انرژی به دلایل زیرنیزمی تواند درماشین الات حادث شود:

الف – عیوب سطحی در قطعات برینگ های غلطگی و چرخ دنده ها .

ب- تماس فلز بافلز (Rub&Impact) .

ج-نشت بخار ویا هوای فشار بالا .

د-کاویتا سیون (Cavitation) .

اگر چه اسپایک انرژی اساسا 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 gSE-که واحدشتاب است بیان می شود (دستگاههای آنالیز ارتعاشاتIRD 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 اید وباعث ایجاد ارتعاشات راندومی(ارتعاشاتی که دریک محدوده تقریبا 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 ا نرژی را تحریک کند نیروهای ضربه ای یا Spikeها هستند که توسط بیرینگ معیوب (یا چرخ دنده) ایجادمی شود.

برای اندازه گیری اسپایک انرژی با تنظیم ارتعاش سنج روی فیلتر بالا گذر (High Pass) باعث می شودکه فرکانس های ارتعاشی زیر ۵۰۰Hz (۳۰۰۰۰CPM) 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 برینگ 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 دردسترس نیست باید بااندازه گیری وثبت ان ودنبال نمودن روندتغییرات درواحدزمان طبق تجربه عملی نحوه ارتباط دادن این اندازه گیری ها با خراب شدن بیرینگ به دست اید تا از روی اندازه گیری میزان اسپایک انرژی بتوان وضعیت سلامت برینگ رامشخص نمود.

مثلا ممکن است به دلیل مشاهده افزایش ناگهانی اسپایک انرژی تصور شود که خرابی بیرینگ هرآن پیش خواهد آمد ولی اگراندازه گیری هم زمان شتاب یا سرعت هیچگونه افزایش قابل ملاحظه ای در ارتعاشات نشان نداده باشد باید این طورفکرشود که ممکن است افزایش ناگهانی اسپایک انرژی درنتیجه تغییری در شرایط عملیاتی ماشین پیش آمده باشد نه از خراب شدن ناگهانی برینگ.

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 و وضعیت ماشین نمایش میدهد.

	VIBRATION lEVELS			
	Disp	Vel	Accel	SE
Machine Condition				
Macchine 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 ٤ حالت از ٥ حالت زیاد بوده است ولی فقط در دو مورد مشکل برینگی وجوددارد.

حدودمجاز مقدار انرژی اسپایک

اگرچه چندین فاکتور مختلف وجود دارد که می تواند درمیزان اسپایک انرژی تغییراتی را باعث شود. با این حال وبه طورکلی ارتباط خوبی بین مقادیر اندازه گیری شده و میزان شدت عیب وجوددارد.به علت وجودچنین تغییراتی روش توصیه شده برای تعیین وضعیت بیرینگ استفاده از روش های مقایسه (Comparsion) و تغییرات با زمان Trend است تا تکیه به مقادیر مطلق در چارت های شدت اسپایک انرژی.

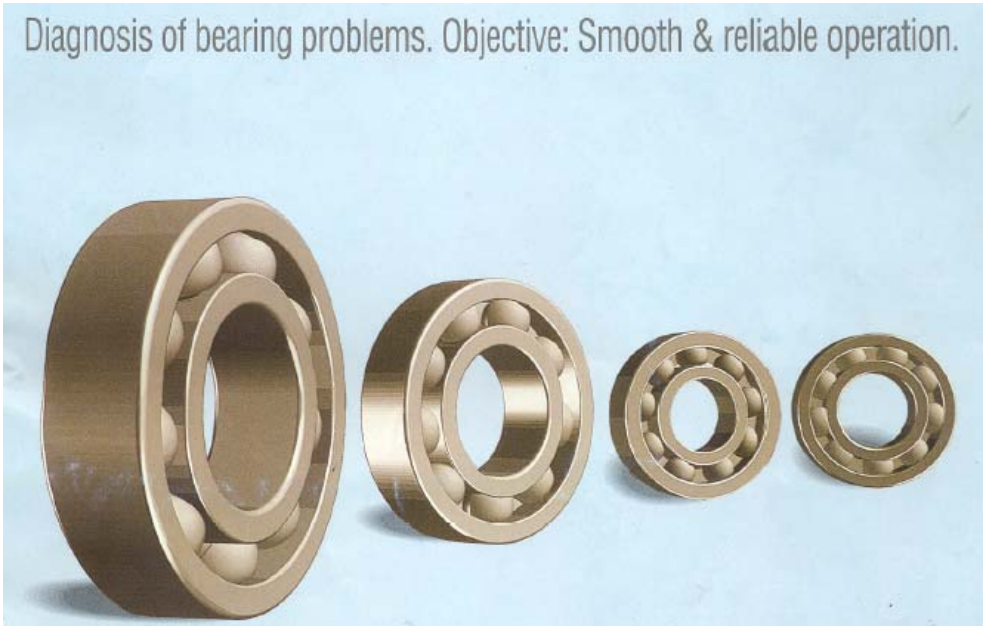
مقادیر مطلق درچارت های شدت ارتعاشات می تواند درتعیین وضعیت برینگ سودمند باشد ولی باید تجربه اپراتور روی ماشین آلات خود که به روش مقایسه تغییرات با زمان توسعه یافته است نیز در تصمیم گیری دخالت داده شود .درروش مقایسه ای مقادیر انرژی اسپایک روی برینگ های مشابه روی تعداد مختلفی ازماشین الات مشابه اندازه گیری می شود. برای بیرینگ های سالم مقادیر اندازه گیری

شده در یک بردمحدودی قرار خواهد گرفت و برینگ هائی که دارای مقادیر اسپایک انرژی بـالائی باشـند خارج ازاین محدوده قرار میگیرند .

معیار دیگر برای تعیین معیار قضاوت روش Trending است که درایـن روش مقـادیر اسـپایک انـرژی یـک ماشین مشخص بطور پریودیک اندازه گیری می شود اگر هیچ تغییر قابل ملاحظه ای در طول یـک زمـان طولانی ایجاد نشود مثلا ۳ تا ۶ ماه این بیانگر انست که بیرینگ ها در شرایط خوبی هستند بنـابراین میـزان اسپایک انرژی اندازه گیری شده معیار مناسبی درمورد سالم بودن یانبودن برینگ های ماشین خواهد بود .

دردستگاه های دیگرانالایزرارتعاشاتی نیزازکمیتی تحـت عنـوان Baering Conditionاسـتفاده مـی شـودکه برای تعیین وضعیت برینگ ازان استفاده می شود.برای تعیینBearing Condition نیزبـافیلترنمودن امـواج ارتعاشی فرکانس پایین امـواج فرکـانس بالاجـدامی شـوندوباانجام پروسـه هـائی روی انهاوضـعیت برینـگ مشخص می شود.کارخانجات سازنده تجهیزات انالیزارتعاشات هرکدام پروسـه ای رابـرای خودتعریـف مـی کنندکه باپروسه های تعریف شده درکارخانجات دیگرمتفاوت است .

تشخیص عیوب ومسائل بوجودآمده روی برینگ های غلتکی



بطورکلی اگربرینگ های غلتکی به درستی مورداستفاده قرارگیرندبه طول عمرپیش بینی شده توسط کارخانه سازنده برینگ می رسندولی غالبادراثراشتباهات اجتناب ناپذیردچارمشکل می شوند.به غیرازخستگی مسائل دیگری که باعث خرابی برینگ هامی شوندعبارتنداز:نصب غلط, جابجائی وحمل ونقل غلط,نقصان روانکاری, ورودجسام خارجی ,تولیدحرارت غیرعادی و.....برای مثال مواردی که باعث خط افتادن روی سطوح حرکتی غلتک هامی شودشامل:نقصان روغنکاری, استفاده ازروانکارنامناسب, سیستم روانکاری معیوب ,ورودجسام خارجی داخل برینگ ,خمیدگی بیش ازحدشافت یاترکیبی ازمواردفوق است.

اگرتمامی حالات قبل وبعدازخرابی مثل چگونگی کاربرد وضعیت راه اندازی شرایط محیط کاری و.....معلوم باشدپیدایش عیوب احتمالی بهترتعیین می شوندوباانجام یک اقدام اصلاحی لازم عیوب احتمالی تعیین وباانجام یک اقدام صحیح خرابی های مشابه کاهش داده می شوندوازخط افتادن مجددان جلوگیری می شود

دراین بخش به توضیح مشاهدات عینی طیف تقریباوسیعی ازمعایب بوجودامده روی برینگ های غلتکی وهمچنین علل بوجوداورنده انها پرداخته می شودکه می تواندکمک بسیارموثری درامرنگهداری این قطعات جهت بالابردن طول عمرانهاداشته باشدزیرادربسیاری ازمواردبه دلیل ارتعاشات بالا که غالبا هم درفرکانس های بالا اتفاق می افتداجباراباید برینگ تعویض شودوبرینگ جدیدنیزدارای طول عمری بسیارکمترازطراحی می شودکه علت ان ممکن است مربوط به خودبرینگ نباشدومشکل درجای دیگرنهفته باشدکه بابررسی بیشترودقیق ترقطعات مختلف برینگ امکان شناسائی مشکل فراهم می شود.

شکل های پیوست نیزمی توانندکمک بسیارموثری برای شناسائی علل خرابی هاباشند.

کچل شدن

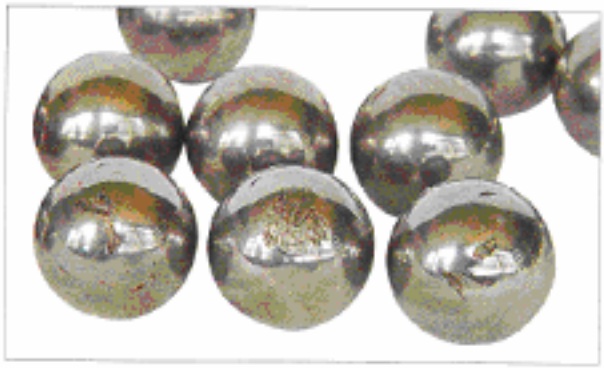
وضعیت عیب	علت احتمالی	اقدامات اصلاحی
پوسته شدن وقتی اتفاق می افتد که تکه های ریزی ازسطوح بسیارصاف کنس های داخلی یاخارجی یاغلتک ها دراثر خستگی سطوح کنده شوند که نتیجه ان ناصافی وزبری درتار و پود برینگ می شود	باربیش ازحد مسائل نصب بارهای گشتاوری ورود ذرات خارجی یانفوذ اب نامناسب بودن کلرنس داخلی برینگ نامناسب بودن اندازه شافت یاهوزینگ ناپید گی هوزینگ خمید گی زیادمحور مسائل ناشی ازخورد گی زنگ زد گی خورد گی حفره ای	نحوه انتخاب وشرایط بارچک شود نحوه نصب بهبوددادہ شود مکانیزم اب بندی بهبوددادہ شودتاذرات خارجی واردنشوند ازروغن یاگریس باویسکوزیته مناسب استفادہ شود روش روغنکاری بهبوددادہ شود کلرنس داخلی برینگ چک شود اندازه های شافت وبرینگ چک شود

قطعه:کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه:پوسته شدن بصورت مورب درطول رینگ
علت:هم محورنکردن شافت وهوزینگ برینگ هنگام نصب

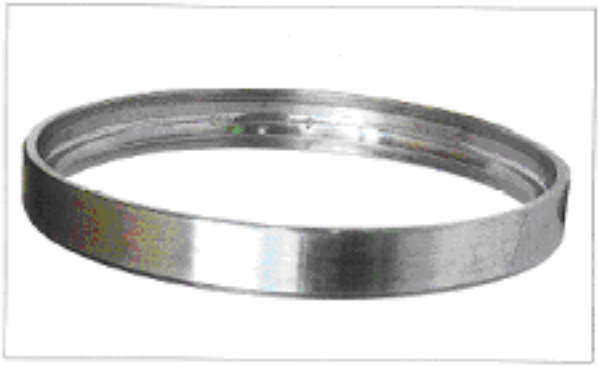
قطعه:کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه: پوسته شدن درقسمت اطراف نیمه محل حرکت ساچمه ها اتفاق افتاده
علت:روانکاری ناقص ناشی ازورودرسوبات خنک کننده به طرف هوزینگ

قطعه:کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه:پوسته شدن برینگ داخلی روی دایره گام ساچمه
علت:گودی ناشی ازلرزش درهنگامی که دستگاه درسرویس نبوده

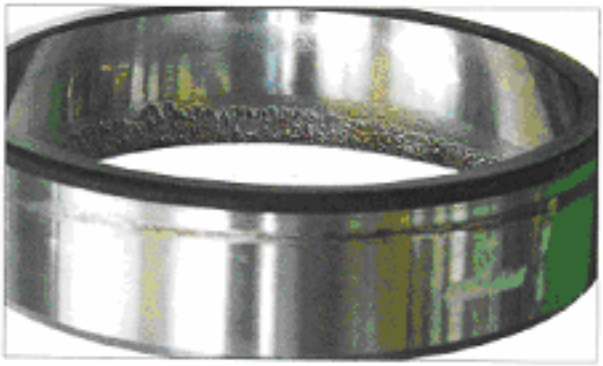
قطعه کنس داخلی یک بال برینگ شیارعمیق
نشانه:پوسته شد ن برینگ داخلی روی دایره گام ساچمه
علت:گودی ناشی ازبارضربه ای هنگام نصب



قطعه:ساچمه های شکل قبلی
نشانه: پوسته شدن سطح ساچمه ها
علت:فرورفتگی ناشی ازلرزش درحالت استاتیکی



قطعه:کنس خارجی شکل قبلی
نشانه: پوسته شدن درمحل شیاردایره گام ساچمه ها
علت:فرورفتگی ناشی ازلرزش درحالت استاتیکی



قطعه:کنس خارجی برینگ قبلی
نشانه: پوسته شدن تنهاروی یک ردیف ازمحل های عبورساچمه ها
علت:زیادبودن باردرجهت محوری

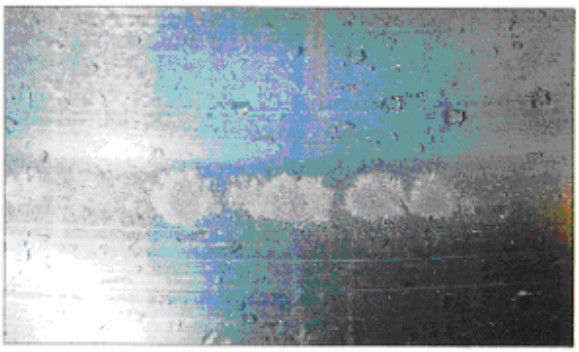
قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه: پوسته شدن تنهاروی یکی ردیف ازمحل های عبورساچمه ها
علت:زیادبودن باردرجهت محوری

قطعه:رولرهای یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه: پوسته شدن بصورت محوری روی سطوح رولرهاتفاق افتاده
علت:خراش هادرائرخطاهای نصب اتفاق افتاده

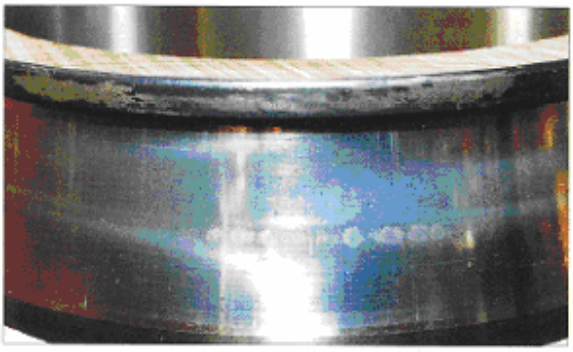
قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه: پوسته شدن تنهاروی یک ردیف ازمحل های عبورساچمه ها
علت:روغنکاری ناقص

پوست انداختن peeling

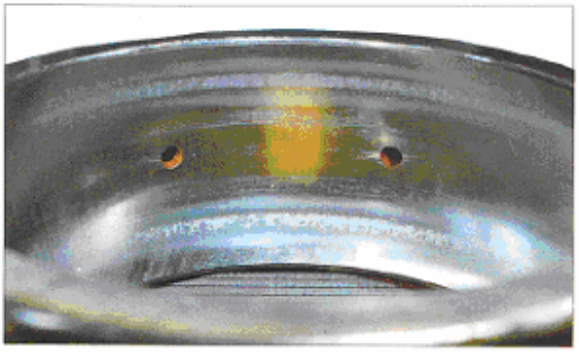
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
وقتی لکه های تیره ای(ابری شکل) با حالت سائید گی درخشان روی سطح ایجاد می شود ازاین لکه هاترک های خیلی ریزی به عمق ۵تا۱۰میکرون ایجاد می شودوذرات ریزبرروی ان می افتند وپوسته شدن وسیع ترمی شود	روانکارنامناسب واردشدن ذرات خارجی داخل روغن ناصاف شدن سطوح به دلیل روانکاری ناقص ناصاف بودن رولرها	انتخاب روانکارمناسب بهبوددادن مکانیزم اب بندی بهبوددادن سطوح صیقلی رولرها



قطعه:بزرگ نمایی شده شکل قبل



قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
علامت:پوست انداختن هابصورت دایره مانند در قسمت وسط سطح کنس داخلی ایجادشده است
علت:روانکاری ناقص



قطعه:کنس خارجی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:پوسته شدن درنزدیکی لبه کنس داخلی روی محیط کنس ایجادشده است
علت:روانکاری ناقص

قطعه: رولرهای برینگ شکل قبل
نشانه:پوسته شدن دایره ای شکل روی قسمت وسط رولرهاایجادشده است
علت:روانکاری ناقص

خط افتادن Scoring

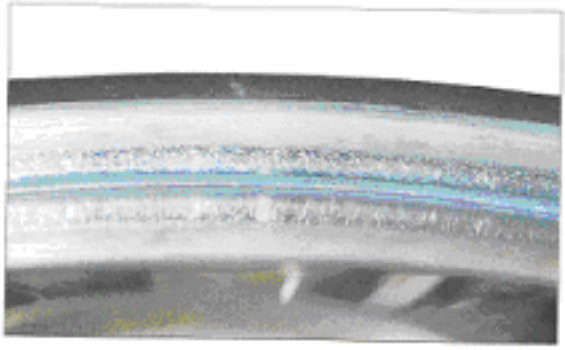
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
خط افتادن عبارتست ازصدمه خوردن سطح دراثرجمع شدن ذرات ریزکه باچرخش نامناسب روغن باموقعیت عملیاتی بین سطوح قرامی گیرند خسارت هابصورت راه راه روی محیط سطح کنس .هاوغلنک هاظاهرمی شوند روی رولرهاخسارت بصورت سیکلوئیدی است وروی سطوح راه راه بصورت پشکه ای عمل می کند	افزایش بار افزایش پیش بار روغنکاری ناکافی گیرافتادن ذرات بین سطوح کنس های داخلی وخارجی خمیدگی محور عدم دقت درسایزشافت وهوزینگ	مقدارباررچک شود پیش بارگذاری تنظیم شود روغن وروش روغنکاری بهبودداده شود شافت وهوزینگ چک شود

قطعه:رولرهای شکل قبلی
خط افتادن روی انتهای سطوح غلنک ها
علت:تغییرات شتاب ناگهانی

قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ پشکه ای
نشانه:خط افتادن روی کنس داخلی بصورت شیاری
علت:تغییرات شتاب ناگهانی

علت

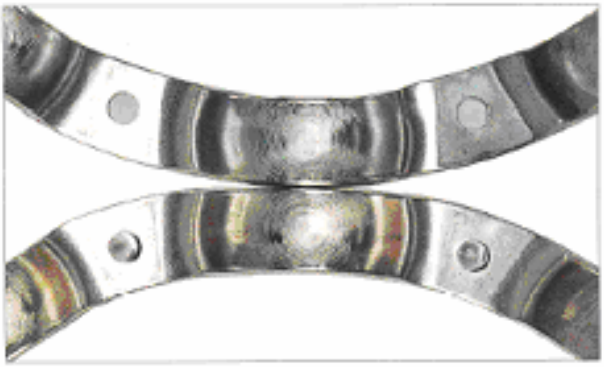
قطعه: رولرهای یک رولربرینگ دوردیفه استوانه ای
نشانه:خط افتادن روی سطح خارجی رولرها
علت :روغنکاری ناقص ونیروی محوری زیاد



قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ مخروطی
نشانه:خط افتادن روی سطح کنس داخلی
علت: ذرات فرسایشی باروغن مخلوط وباعث شکسته شدن
فیلم روغن وافزایش بارشده است

قطعه : رولرهای شکل قبل
نشانه : خط افتادگی روی سطح رولرها
علت:محبوس شدن ذرات روی سطوح وافزایش بارمحوری

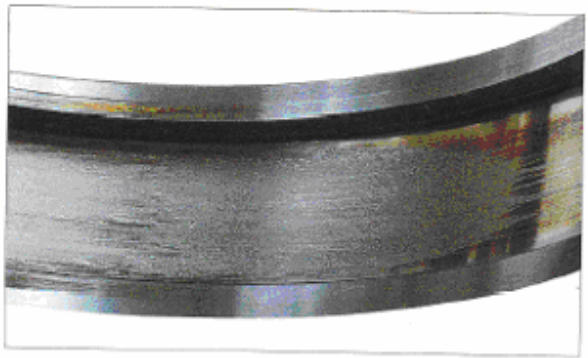
قطعه :کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:خط افتادگی راه راه روی کنس داخلی
علت:کیرافتادن ذرات خارجی روی سطوح وافزایش بارمحوری



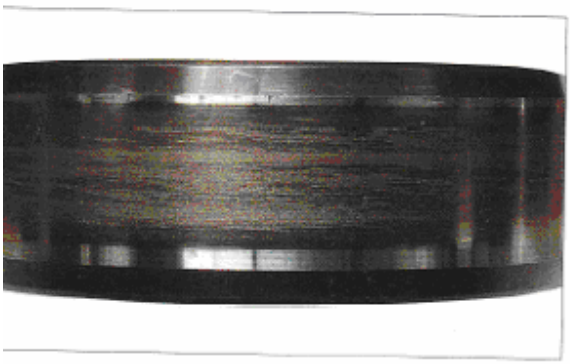
قطعه:قفسه یک بال برینگ شیارعمیق
نشانه:خط افتادن روی قسمت قفسه یاکیج برینگ
علت:ورود ذرات

Smearing زپرشدن سطوح

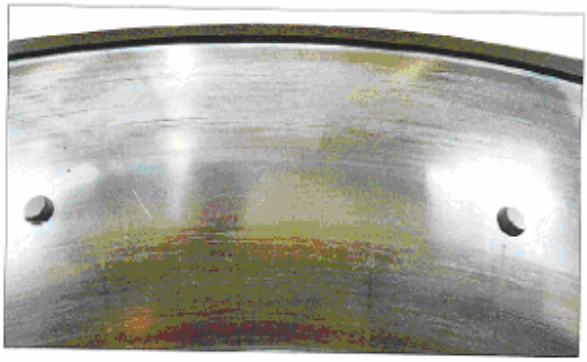
وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
زپرشدن سطوح به دلیل تجمع ذرات ریزبین قطعات برینگ ایجاد می شود و در اثر شکسته شدن فیلم روغن ولغزش بوجود می اید. همچنین زپرشدن سطوح ناشی از ذوب شدن اجسام هم ایجاد می شود	بارسبک و دور بالا تغییر ناگهانی شتاب نامناسب بودن روغن ورود اب	پیش بار گذاری تصحیح شود کلرنس برینگ بهبود یابد از روغن مناسب استفاده شود روش روغنکاری بهبود داده شود سیستم اب بندی بهبود داده شود



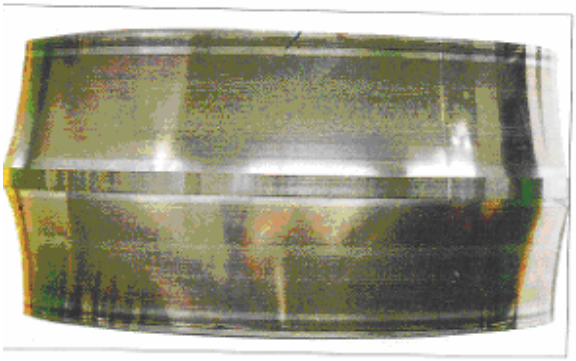
قطعه:کنس خارجی برینگ قبلی
نشانه: زپرشدگی روی محیط وسطوح داخلی اتفاق افتاده
علت:به دلیل زیادبودن مقدار گریس داخل هوزینگ برینگ



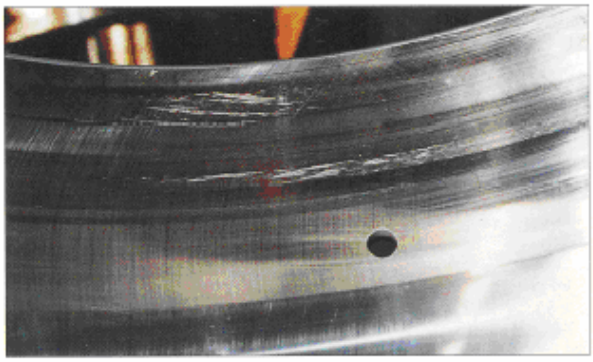
قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه: زپرشدن محیط وسطوح داخلی اتفاق افتاده
علت:به دلیل زیادبودن مقدار گریس داخل هوزینگ برینگ



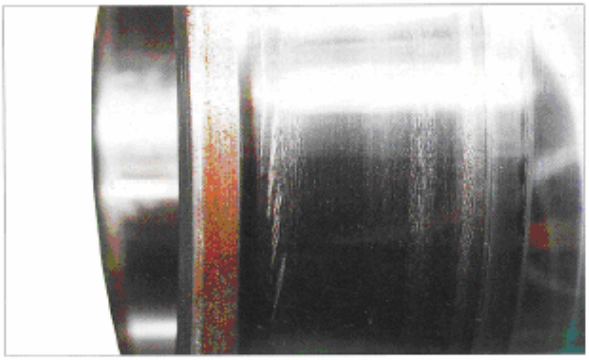
قطعه: کنس خارجی برینگ قبلی
نشانه:زپرشدگی روی محیط وسطوح خارجی
علت:روانکاری ناقص



قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:زپرشدگی روی محیط وسطوح خارجی
علت:روانکاری ناقص



قطعه:کنس خارجی برینگ قبلی
نشانه:زبرشد گی محیطی روی سطح کنس خارجی
علت: روغنکاری ناقص

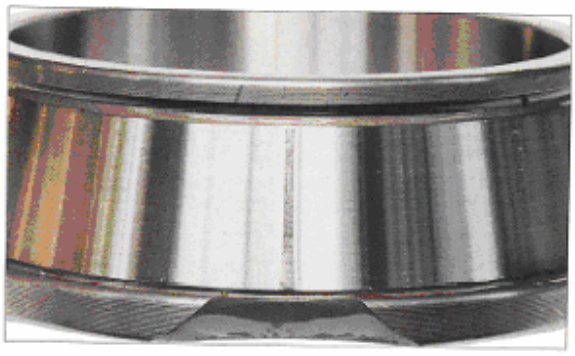


قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:زبرشد گی مختصر روی سطح کنس داخلی بصورت محیطی
علت: روغنکاری ناقص

قطعه:رولرهای شکل قبلی
نشانه:زبرشد گی روی مرکزسطح رولرهااتفاق افتاده است
علت: روغنکاری ناقص

شکستگی Fracture

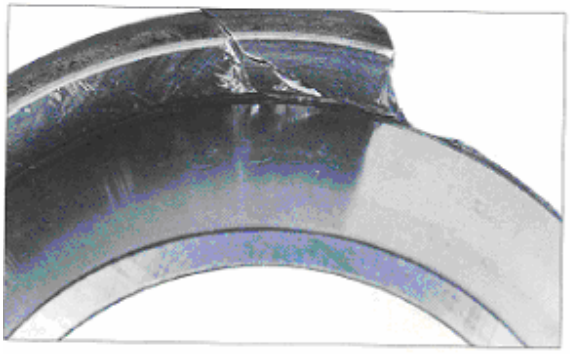
اقدامات عملی	علل احتمالی	وضعیت خرابی
نحوه نصب بهبوددادہ شود(استفاده از تجهیزات نصب) نحوه اعمال باربهبودیابد هنگام نصب به نحوه مهارکردن یاتاقان توجه شود	ضربات ناشی از نصب باراضافی اشکالات حمل ونقلی	شکستگی ناشی ازخردشدن ذرات کوچک است که دراثرافزایش باربابارهای ضربه ای براجزا برینگ واردمی شود



قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ مخروطی
نشانه : شکستگی روی صورت پشت مخروطی بوجودامده
علت:شوک زیادهنگام نصب

قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ دوردیفه استوانه ای
نشانه:شکستگی دروسط اتفاق افتاده
علت:اعمال نیروی اضافی هنگام نصب

قطعه:کنس خارجی یک رولربرینگ سوزنی
نشانه:شکستگی درلبه کنس خارجی اتفاق افتاده است
علت:رولرهاتحت باززیادقرارگرفته اند زیادبودن باریا غیریکنواخت اعمال شدن ان روی رولرهاباعث شکسته شدن لبه هامی شود



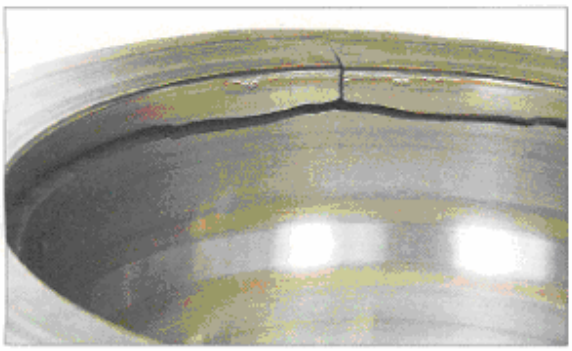
قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای تراست
نشانه:شکستگی روی لبه بزرگ اتفاق افتاده
علت:تغییردادن بار

ترک ها Cracks

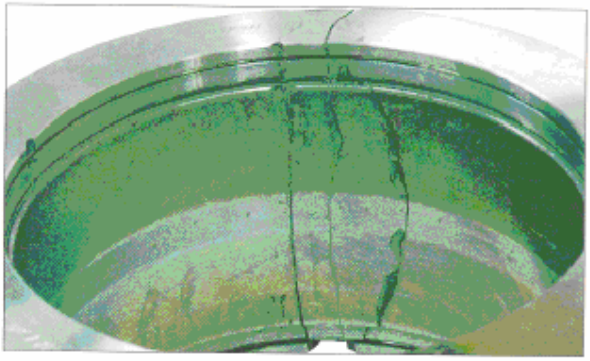
اقدامات عملی	علل احتمالی	وضعیت خرابی
تصحیح انطباقات هنگام نصب چک کردن وضعیت بار بهبوددادن روش نصب ازشافت بازاویه مخروط مناسب استفاده شود	زیادبودن interference زیادبودن باروبارهای ضربه ای توسعه یافتن پوسته شدن تولیدحرارت وسایش ناشی ازتماس بین اجزاوکنس ها تولیدحرارت ناشی ازخزش کاملا استوانه ای نبودن شافت دقیق نبودن زاویه مخروطی شافت عدم تطابق شافت ومحورناشی اززیادبودن شعاع پله شافت	ترک هائی که درکنس هاورولرها ایجادمی شوددراثراستفاده مداوم تحت این شرایط منتهی به ترک‌های بزرگتروشکستگی خواهدانجامید

قطعه:رولرهای یک رولربرینگ مخروطی تراست
نشانه:ترک های حرارتی روی سطح بزرگتررولرها اتفاق افتاده
علت:حرارت ایجادشده ناشی ازلغزیدن رولرهاروی کنس داخلی
همراه باروغنکاری ناقص

قطعه:کنس خارجی یک رولربرینگ استوانه ای دوردیفه
نشانه :ترک های حرارتی روی سطح بیرونی رولرهااتفاق افتاده
علت:تولید گرمای غیرعادی ناشی ازلغزش تماسی بین رولرها
وسطح کنس خارجی

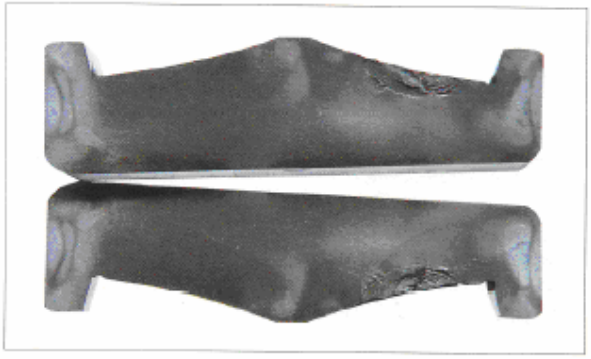


قطعه:کنس ، خارجی یک رولربرینگ استوانه ای دوردیفه
نشانه:ترک ها دراثرپوسته شدن اولیه روی سطوح تماسی
درجهت محیطی ومحوری توسعه پیدانموده است
علت:توسعه پوسته شدن ناشی ازشوک



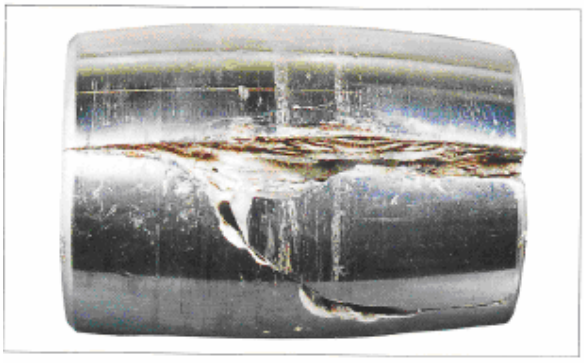
قطعه:کنس خارجی یک رولربرینگ استوانه ای که کنس خارجی ان می چرخیده است
نشانه:ترک خوردگی سطح کنس خارجی به طرف داخل کنس پیشرفت کرده است

قطعه:سطح کنس خارجی برینگ قبلی
نشانه:ترک هاروی سطح خارجی ایجادشده
علت:سایش سطحی وتولیدحرارت ناشی ازثابت ماندن کنس خارجی



قطعه: برشی دیگرازکنس داخلی شکل قبلی
نشانه:منشاان مستقیماناشی ازسطح عبورورولرهااست

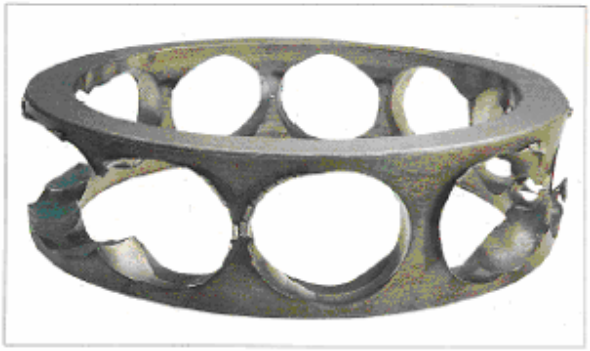
قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:ترک هادرجهت محوری روی سطح کنس
علت:اعمال تنش های بیش ازحدناشی ازاختلاف دمای زیاد بین شافت وکنس داخلی



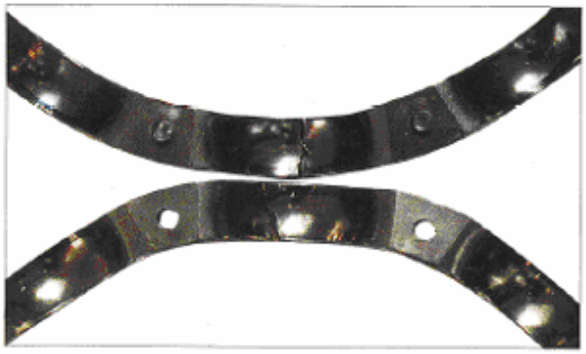
قطعه :رولرهای یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:ترک خوردگی درجهت محوری روی سطوح رولرها

Damage مسائل قفسه

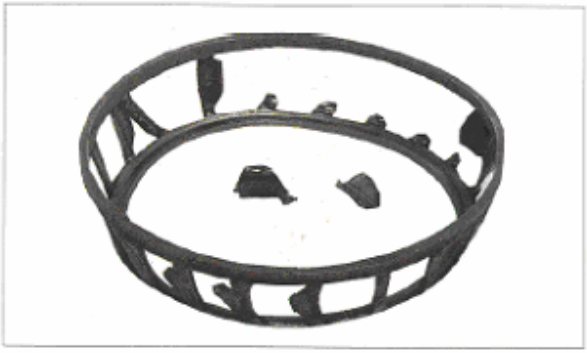
اقدامات عملی	علل احتمالی	وضعیت خرابی
روش مونتاژ چک شود درجه حرارت جهت چرخش ووضعیت بارچک شود لرزش کاهش داده شود یک نمونه کیج انتخاب شود روش روغنکاری ونوع روغن چک شود	مسائل نصب(ناهم محوری برینگ) نقل وانتقال غلط بارهای لحظه ای سنگین شوک ولرزش زیاد افزایش دوروتغییرناگهانی شتاب روغنکاری ناقص بالارفتن درجه حرارت	خسارت های ایجادشده روی قفسه هاشامل تغییرشکل دادن، شکستگی .سایش .تغییرشکل کناره های سطوح .راهنمای سطوح وسایش درمحل قرارگیری رولرهااست



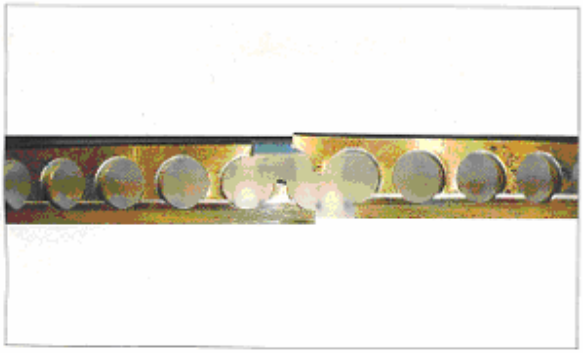
قطعه:قفسه یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه:شکسته شدن پایه های بین غلتک های یک کیج چدنی ماشین کاری شده
علت:اعمال بارغیرعادی روی کیج ناشی ازناهم محوری بین کنس های داخلی وخارجی درزمان نصب



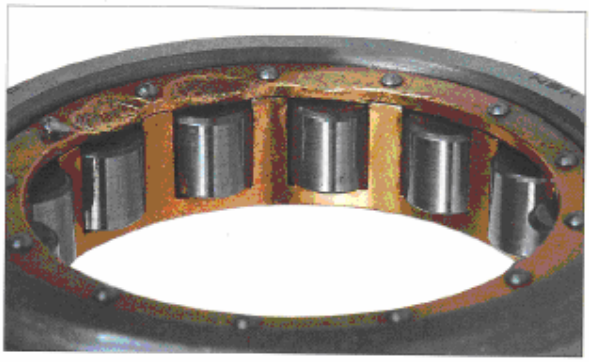
قطعه:قفسه یک بال برینگ شیارعمیق
نشانه:شکسته شدن کیج استیل پرچ شده



قطعه:قفسه یک رولربرینگ مخروطی
نشانه:شکستگی ستون کیج

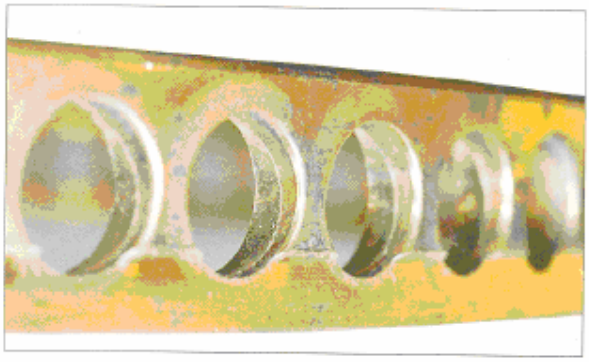


قطعه:قفسه یک بال برینگ تماس ، زاویه ای
نشانه:شکستگی کیج برنجی ماشینکاری شده بامقاومت بالا

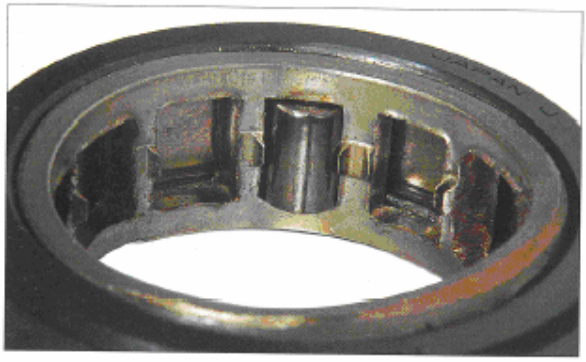


قطعه:قفسه یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه:تغییرشکل دادن قسمت سطح کناری یک کیج براسی ماشین شده مقاوم
علت:شوک زیادهنگام نصب

قطعه:قفسه یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه:تغییرشکل دادن کیج پرس شده فولادی
علت:بارضربه ای ناشی ازحمل ونقل غلط



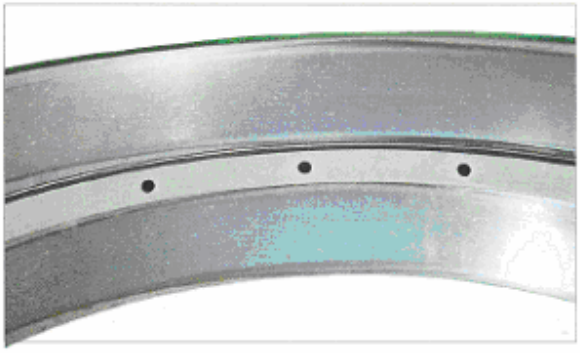
قطعه:قفسه یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه:سایش درقسمت پله سطح بیرونی ومحل حفره های یک کیج برنجی ماشین کاری شده مقاوم



قطعه:قفسه یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه:تغییرشکل سایش یک کیج برنجی ماشین شده مقاوم

Denting گودشدگی

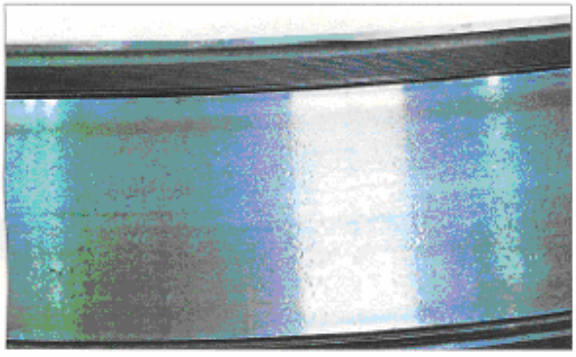
اقدامات عملی	علل احتمالی	وضعیت خرابی
شستشوی هوزینگ برینگ بهبوددادن مکانیزم اب بندهوزینگ فیلترکردن روغن بهبودنحوه نصب وروش های نگهداری وحمل ونقل	ذرات فلزی که بین سطوح وغلنک هاگیرمی کنند افزایش بارروی برینگ شوک های ناشی ازنصب غلط وحمل ونقل	وقتی ذرات ریزفلزی بین غلنک هاگیرمی افتدپدیده گودشدن روی سطوح کنس ها یاغلنک هاتفاق می افتد.همچنین درحالت سکون ماشین دراثرشوک های ناشی ازنصب نیزدرنقاط مختلف می تواند اتفاق بیفتد



قطعه:کنس خارجی یک رولربرینگ مخروطی دوردیفه
نشانه:تورفتگی روی سطح
علت:گیرافتادن ذرات بین سطوح

قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ مخروطی دوردیفه
نشانه : ناصاف شدن سطح
علت:گیرافتادن ذرات بین سطوح

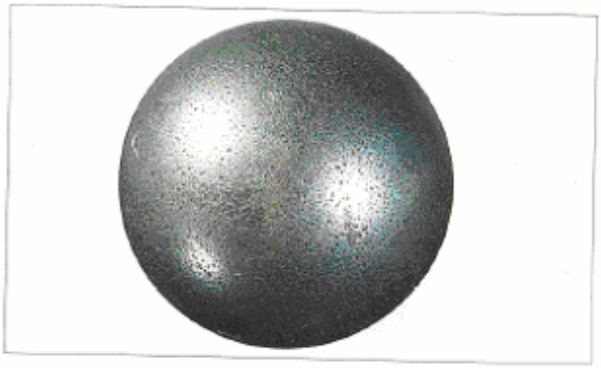
قطعه:رولرهای برینگ شکل قبلی
نشانه:تورفتگی ریزودرشت روی تمامی سطوح داخلی
علت:گیرافتادن ذرات بین سطوح



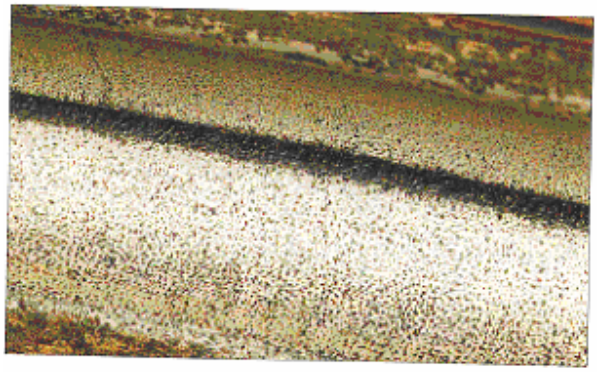
قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ مخروطی
نشانه:تورفتگی ریزودرشت روی تمامی سطوح داخلی
علت:گیرافتادن ذرات بین سطوح

Pitting کنده شدن

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
کنده شدن سطوح شامل حفره ای شدن سطوح صاف اجزابرینگ وکنس های ان است	ذرات معلق درروغن زنگ زدگی روغنکاری ناقص	بهبوددادن مکانیزم اب بندی فیلترکردن روغن استفاده ازروان کننده مناسب



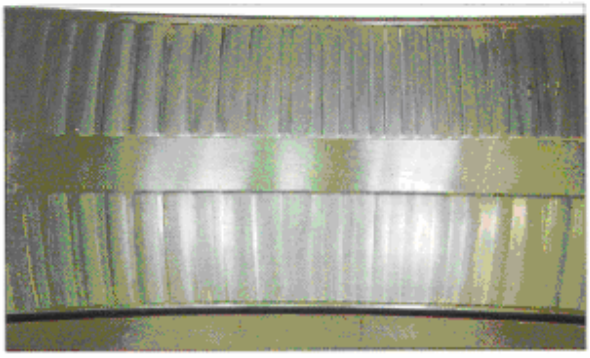
قطعه:ساچمه های شکل قبل
نشانه : وجودحفره روی ساچمه ها



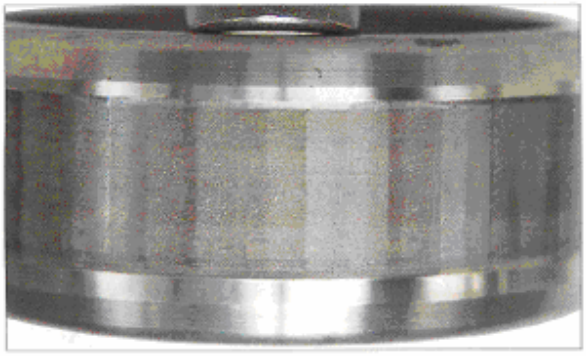
قطعه : کلس بیرونی یک برینگ چرخان
نشانه:حفره ای شدن سطوح داخلی
علت:زنگ زدگی درداخل یک تورفتگی

Wear سایش

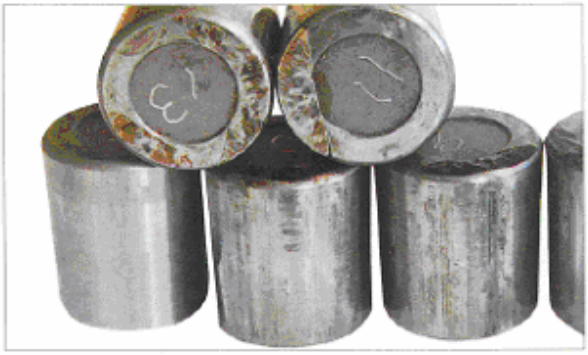
اقدامات عملی	علل احتمالی	وضعیت خرابی
بهبوددادن مکانیزم اب بندی تمیزکاری هوزینگ برینگ فیلترکردن روغن چک کردن نوع روغن وروش روغنکاری چک کردن هم محوری	نفوذذرات خارجی گردوغبار وخوردگی الکتریکی روغنکاری ناقص لغزش ناشی ازحرکت غیریکنواخت رولرها	سایش پدیده خرابی سطوح ناشی ازاصطکاک لغزشی درسطوح کنس ها رولرها قسمت انتهائی سطح رولرها سطوح برجسته سوراخ های کیج و.....است



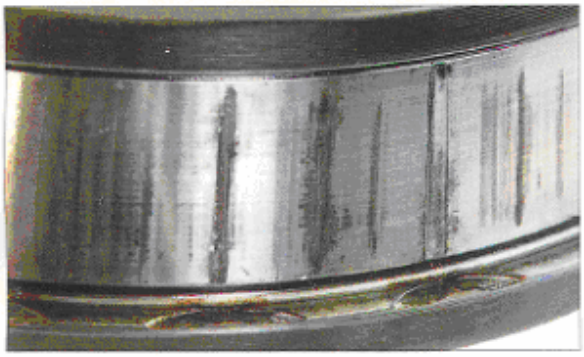
قطعه کنس خارجی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:فرسایش موجی شکل بصورت گودی وبلندی درقسمت بارسطوح
علت:ورودذرات بین قطعات ووجودلرزش درزمانی که دستگاه ازسرویس خارج است



قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه:عامل بوجوداورنده حفره های زیاددراثرخوردگی الکتریکی بصورت موجی شکل است
علت :خوردگی های الکتریکی



قطعه: رولرمربوط به برینگ شکل قبلی
نشانه:فرسایش پله ای شکل روی سطح بالائی رولر
علت:توسعه سایش ناشی ازبارزیادروی برینگ درحالت سکون است

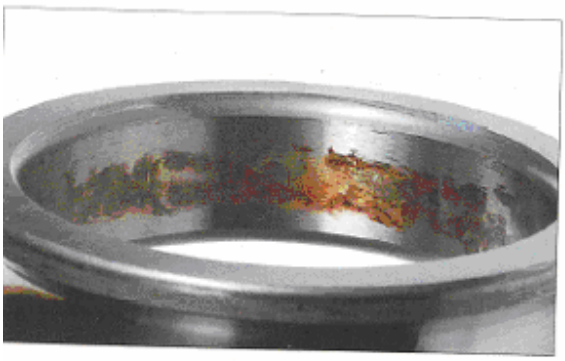


قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ مخروطی دوردیفه
نشانه فرسایش سطح وفرسایش پله روی لبه سطح کنس
علت:توسعه سایش ناشی ازبارزیادروی برینگ درحالت سکون است

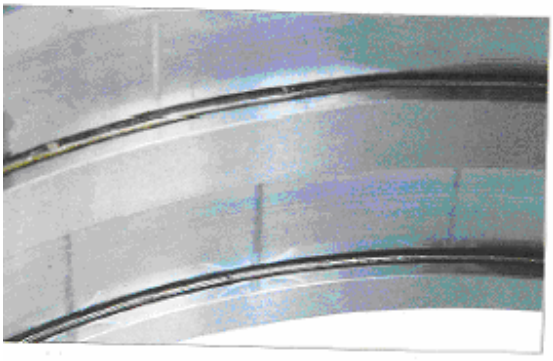
سایش Fretting

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
سایش وقتی اتفاق می افتد که دوسطح به کرات روی هم لغزیده شوند . سایش دربین سطوح تماسی وقسمت سطح تماس غلتک هاباکنس هانیزاتفاق می افتد خوردگی سایشی نیزنموداری برای توصیف قرمزشدن خرمائی شدن سیاه شدن اجزا است	روغنکاری ناقص ارتعاش بادامنه کم ناکافی بودن انطباق interference	استفاده ازروغن مناسب اعمال پیش بارگذاری preload چک کردن انطباقات interference fit مالیدن روغن بین سطوح تماسی

قطعه:کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه:توجه شود که سایش درقسمت قطرداخلی سطح ایجادشده است
علت: ناکافی بودن انطباق



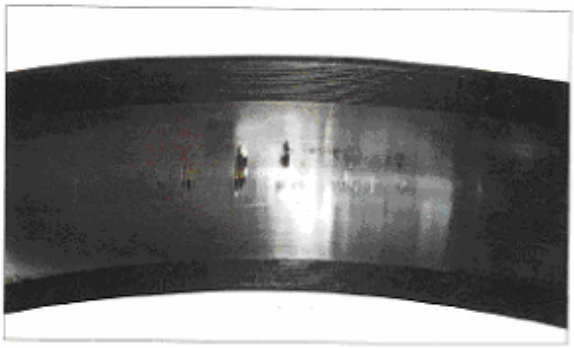
قطعه:کنس داخلی یک بال برینگ شیارعمیق
نشانه:سایش ، روی قسمت داخلی سطح کنس داخلی اتفاق افتاده است



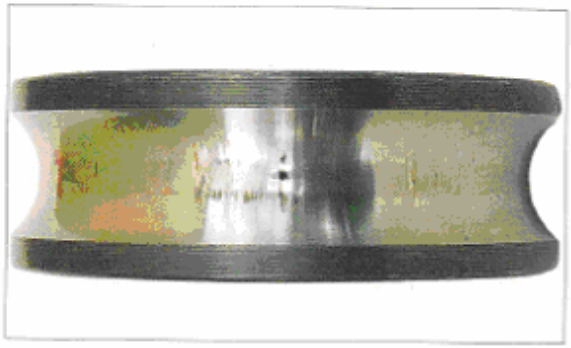
قطعه:کنس خارجی یک رولربرینگ استوانه ای دوردیفه
نشانه : سایش درقسمت سطح تماس رولرهاباکنس اتفاق افتاده است

سختی کاذب False Brinelling

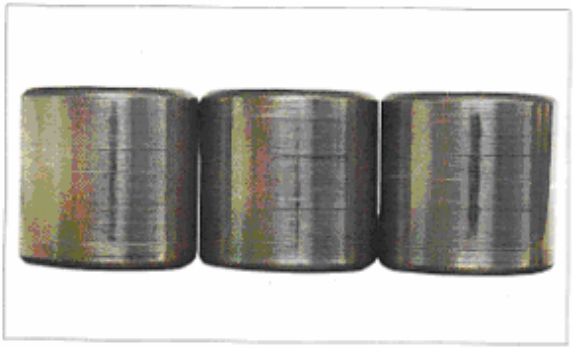
اقدامات عملی	وضعیت خرابی	علل احتمالی
درحین کارشافت وهوزینگ بریتگ بادقت جابجاشود کنس های داخلی وخارجی جداگانه بسته بندی وجابجاشوند باپیش بارگذاشتن لرزش کاهش داده شود ازروغن مناسب استفاده شود	نوسان ولرزش یاتاقان ساکن درحین حمل ونقل حرکت ونوسان بادامنه کم روانکاری ناقص	این پدیده ازجمله انواع سایش است که باعث ایجادنقاط گودبصورت‌دندانه ای است می کند که علت ان ناشی از فرسایش ایجادشده دراثر لرزش ونوسانات درنقاط تماس بین قطعات گردنده و شیار محل حرکت رولرهااست



قطعه : کنس بیرونی بریتگ قبلی
نشانه: سختی کاذب روی سطوح اتفاق می افتد
علت : ارتعاشات ناشی ازمنابع خارجی زمانی که ماشین در سرویس نیست



قطعه : کنس داخلی یک بال بریتگ شیارعمیق
نشانه سختی کاذب روی سطوح اتفاق می افتد
علت : ارتعاشات ناشی ازمنابع خارجی زمانی که ماشین در سرویس نیست



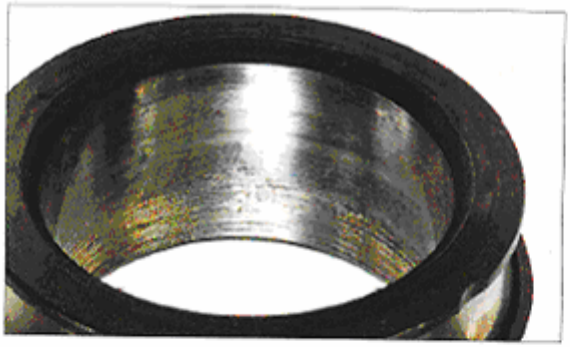
قطعه:رولرهای یک رولربریتگ استوانه ای
نشانه سختی کاذب روی سطوح اتفاق می افتد
علت:لرزش ازمنبع خارجی درحالت سکون

قطعه کنس خارجی یک بال بریتگ تراست
نشانه: سختی کاذب روی سطوح اتفاق می افتد
علت:ارتعاشات مکرربادامنه کم

خزش Creep

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
خزش دربرینگ ها ناشی ازلغزش نسبی سطوح نسبت به یکدیگر است که باعث ایجادلقی درسطوح انطباقی می نماید خزش باعث ایجادسطحی درخشان وصیقلی می نماید	ناکافی بودن تداخل یالقی به اندازه کافی سفت نبودن سیلیو	تداخل چک شودوازچرخیدن برینگ ممانعت شود اصلاح میزان سفت بودن سیلیو مسائل مربوط به شافت وهوزینگ بررسی شوند اعمال پیش باردرجهت محوری محکم کردن کنس داخلی روی سطح نشیمن گاه روی سطوحی که روی هم نصب می شوندیک لایه رِوغن زده شود

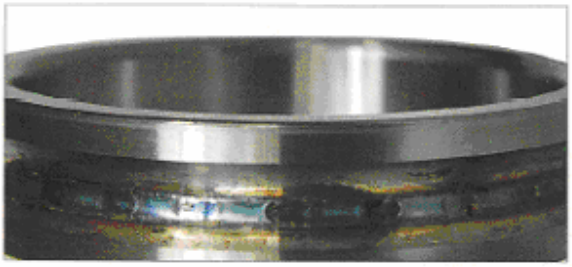
قطعه:کنس خارجی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:خزش درقسمت سطح خارجی تمام رینگ اتفاق افتاده
علت:ازادبودن کنس خارجی درداخل هوزینگ برینگ



قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:خزش همراه باسائید گی سطح داخلی کنس
علت:تداخل interference ناکافی

Seizure جوش خوردگی

اقدامات عملی	علل احتمالی	وضعیت خرابی
بررسی روغن وروش روغنکاری بررسی مناسب بودن نوع برینگ بررسی تداخل لقی برینگ ومحکم بودن قطعات بهبودمکانیزم اب بندی چک کردن طراحی شافت وهوزینگ بهبودشرایط نصب	روغنکاری ناقص بالابودن بار وزیادبودن پیش بار بالابودن دور کم بودن لقی های داخلی ورود اب یاذرات خارجی عدم دقت درساخت شافت وهوزینگ خمیدگی محور	هنگامی که درجه حرارت برینگ درحین کاربصورت ناگهانی تغییر می کندبرینگ تغییررنگ می دهد وسپس کنس هاورولرهانرم ذوب تغییرشکل واسیب می بینند



قطعه :کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه:کنس ها درقسمت حرکت ساچمه هاتغییرشکل می دهندوذوب می شوند
علت:زیادبودن پیش بار

قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ بشکه ای
نشانه:سطح کنس تغییررنگ داده وذوب شده است وذرات فرسایشی قفسه وعلتک ها به سطوح می چسبند
علت:روغنکاری ناقص

قطعه:کنس خارجی برینگ شکل قبل
نشانه:کنس ها درقسمت حرکت ساچمه هاتغییرشکل می دهندوذوب می شوند
علت:زیادبودن پیش بار

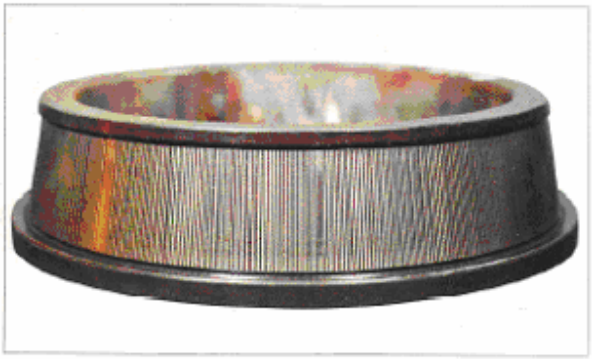
قطعه:رولرهای برینگ شکل قبل
نشانه:تغییررنگ وذوب شدن سطح رولرهاوچسبیدن ذرات فرسایشی جداشده ازقفسه روی سطح رولرها
علت:روغنکاری ناقص

قطعه:ساچمه هاوقفسه برینگ شکل قبل
نشانه:ذوب شدن قفسه تغییررنگ وذوب شدن ساچمه ها
علت:زیادبودن پیش بار

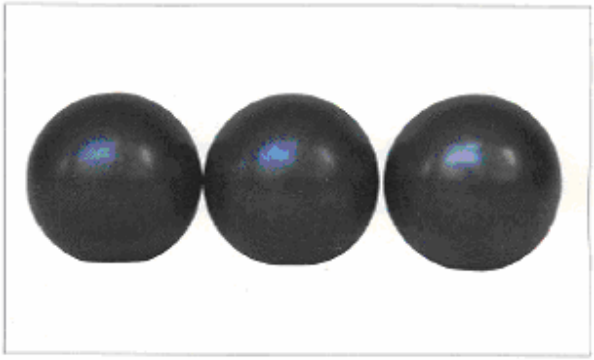
خوردگی الکتریکی Electrical Corrosion

اقدامات عملی	علل احتمالی	وضعیت خرابی
مدارهای الکتریکی بایدبه گونه ای طراحی شوند که ازجریان پیداکردن ان ازبین کنس هاجلوگیری شود عایق کردن برینگ	این خوردگی ناشی ازاختلاف پتانسیل بین کنس های داخلی وخارجی بوجودمی اید	وقتی جریان الکتریکی ازیک برینگ عبورمی کندازبین کنس های داخلی وخارجی که روغن نیزازانهاعبورمی کندجرقه وسوختگی بوجود می اید ونقاط تماسی بصورت موضعی ذوب می شوندوشیارهای موج مانندی ایجادمی شود که باچشم غیرمسلح نیزقابل رویت است این فرورفتگی نشان دهنده ذوب توسط جرقه است

قطعه:رولرهای شکل قبل
نشانه: خوردگی بصورت شیارهای موازی روی سطح رولرها



قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ مخروطی
نشانه:خوردگی بصورت خط های موازی روی سطح کنس مشاهده می شود

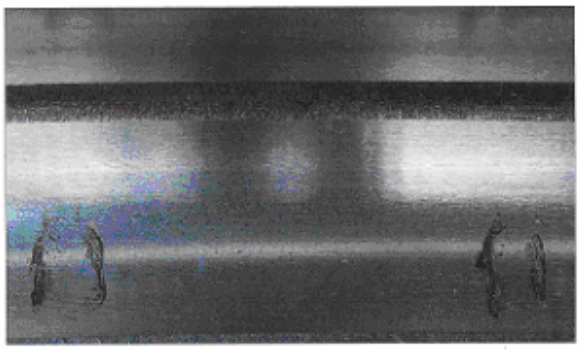


قطعه:ساچمه های یک بال برینگ شیارعمیق
نشانه:خوردگی الکتریکی رنگ کدردارد که سطح ساچمه هاراپوشش می دهد

قطعه:کنس داخلی یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه:خوردگی الکتریکی نواری همراه باحفره هائی روی کنس ایجادمی کند

Rust and Corrosion زنگ زدگی وخوردگی

وضعیت خرابی	علل احتمالی	اقدامات عملی
زنگ زدگی وخوردگی بریتگ حفره هائیروی سطح واجزا گردنده ان ایجادمی کندکه ممکن است روی اجزاچرخنده به طرف سطوح دیگر، ماشین پرتاب شود	ورودگازهای خورنده یااب روغنکاری مناسب تر تشکیل اب نشتی ناشی ازکندانس شدن بخارات رطوبت ودرجه حرارت بالا درحالت استاتیکی نقصان درسیستم جلوگیری ازنفوذ گردوغبار هنگام حمل ونقل بهبودوضعیت انبار بهبودحمل ونقل	بهبودمکانیزم اب بندی بررسی روش روغنکاری استفاده ازموادضدزنگ درزمانی که بریتگ درحال سکون است بهبودسیستم انبارونگهداری بهبودسیستم حمل ونقل



قطعه :کنس خارجی یک بریتگ

نشانه: زنگ زدگی روی کنس درمحل حرکت ساچمه ها

علت:کندانس شدن رطوبت درحالت استاتیکی

قطعه:کنس خارجی یک رولربریتگ مخروطی

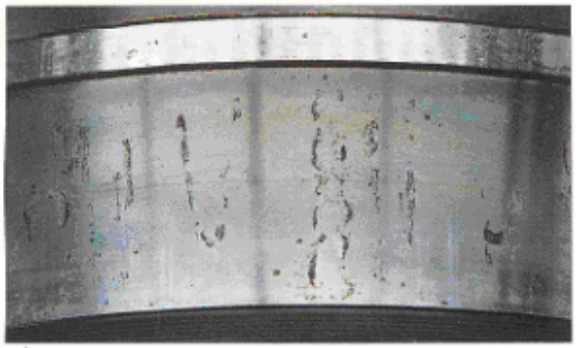
نشانه:زنگ زدگی روی سطح لبه ها ومحل ساچمه ها

علت:نقصان روغنکاری ناشی ازورود اب

قطعه:رولرهای یک رولربریتگ بشکه ای

نشانه:زنگ زدگی روی سطح تمامی ساچمه ها

علت:کندانس شدن رطوبت درحین انبارداری



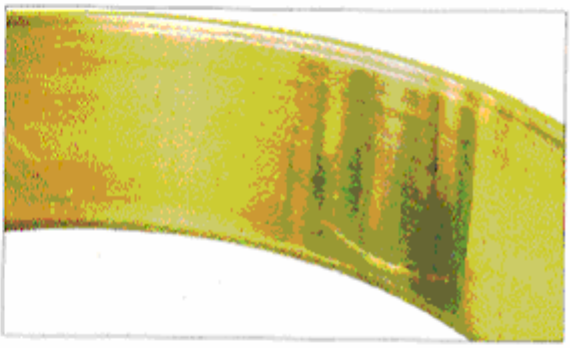
قطعه:کنس داخلی یک رولربریتگ بشکه ای

نشانه:زنگ زدگی روی سطح محل حرکت رولرها

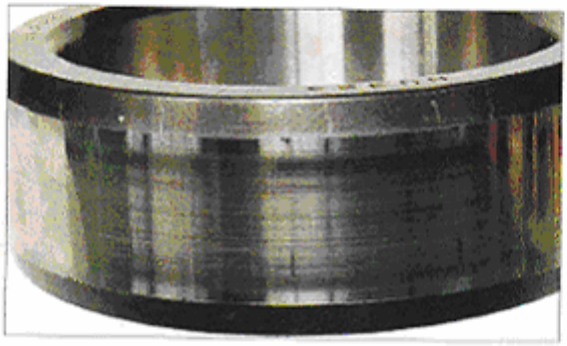
علت:ورود اب به داخل روغن

معایب نصب Mounting Flaws

اقدامات عملی	علل احتمالی	وضعیت خرابی
استفاده ازابزارمناسب اجتناب ازضربه زدن استفاده ازماشین پرس درمرکزقراردادن کنس هاهنگام نصب	کج قرارگرفتن کنس های داخلی وخارجی درحین جازدن یابیرون اوردن برینگ اعمال ضربه به یاتاقان درموقع نصب وبیرون اوردن برینگ	خراش هائی بصورت خط صاف روی سطح کنس هایاغلتک هاکه درحین جازدن یابیرون اوردن برینگ ایجادشده است



قطعه :کنس خارجی یک رولربرینگ استوانه ای دوردیفه
نشانه:شیارهای محوری درمحل حرکت رول هاروی سطح کنس
علت:گج جارفتن کنس هاهنگام نصب

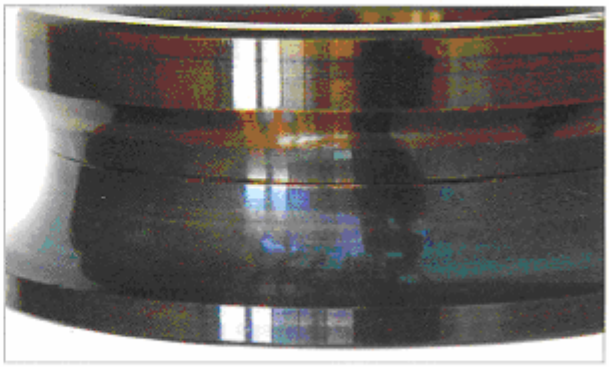


قطعه :کنس داخلی یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه :خراش های طولی درداخل کنس
علت:گج جارفتن کنس هاهنگام نصب

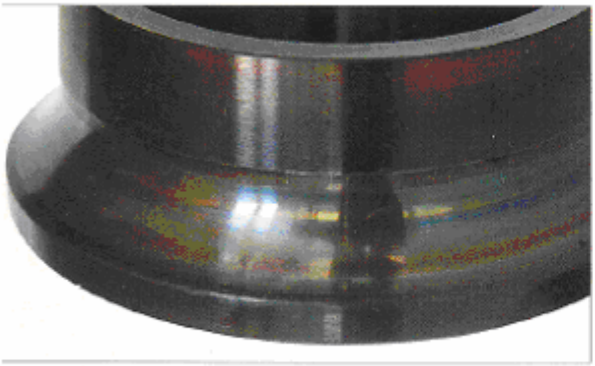
قطعه:رولرهای یک رولربرینگ استوانه ای
نشانه :خراش های طولی درداخل کنس
علت:گج جارفتن کنس هاهنگام نصب

Discoloration تغییررنگ

Damage Condition	Possible Cause	Countermeasure
تغییررنگ قفسه اجزاغلتکی ومسیرحرکت ساچمه هاروی کنس ناشی ازعکس العمل روغنکاری ودرجه حرارت بالا	روغنکاری ناقص درجه حرارت بالا لکه های روغن ناشی ازمسائل روانکاری	روش روغنکاری بهبودیابد



قطعه:کنس داخلی یک بال برینگ چهارنقطه تماسی
نشانه:ابی یاارغوانی رنگ شدن سطح کنس
علت:حرارت تولیدشده ناشی ازروغنکاری ناقص



قطعه:کنس داخلی یک بال برینگ تماس زاویه ای
نشانه:ابی یاارغوانی رنگ شدن سطح کنس
علت:حرارت تولیدشده ناشی ازروغنکاری ناقص

خرابی قفسه هاCage Damage

وقتی قفسه هااسیب می بینندپیداکردن علت ان به این راحتی نیست زیراهمیشه هم زمان بااان قطعات دیگربرینگ نیزاسیب دیده اندواین باعث مشکل شدن تشخیص علت خرابی می گردد.

علل اصلی خرابی قفسه هاشامل :

۱-ارتعاشات Vibration

۲-دوربالا Excessive Speed

۳- سایش Wear

٤- مسدودشدن Blockage

۶-ناهم محوری Misalignment است.

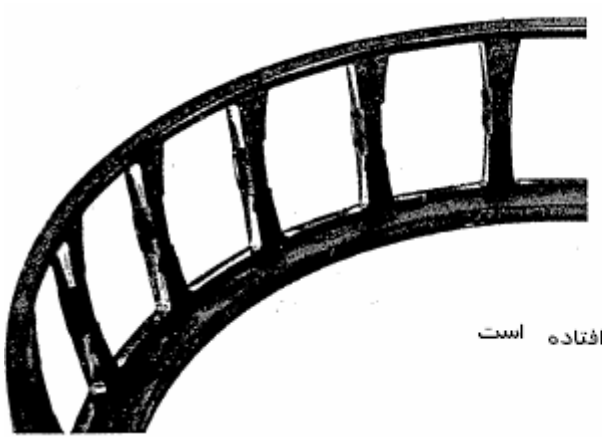
وقتی یک برینگ درمعرض ارتعاشات زیادقرارمی گیردنیروهای داخلی افزایش پیدامی کنندوباعث خستگی وایجادترک دربدنه قفسه می شوندودیریازوداین ترک هاباعث اسیب دیدن قفسه می شوددراین گونه مواردبایدازبرینگ های باقفسه مخصوص استفاده شود .

اگربرینگی بادوری بالاترازحدطراحی قفسه کارکندنیروهای داخلی زیادمنجربه شکسته شدن قفسه می گردندکه دراین گونه شرایط عملیاتی نیزکارخانجات برینگ سازی برینگ های بادوربالاطراحی ودرمعرض فروش قرارمی دهند.

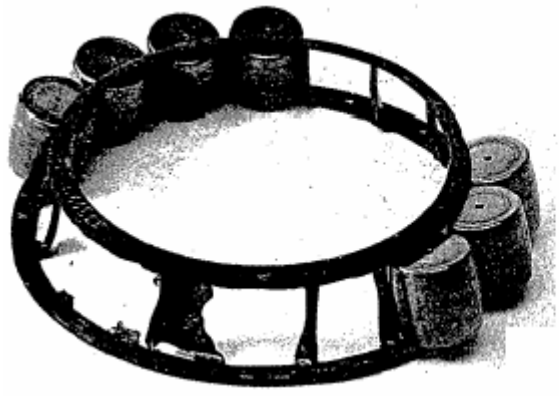
روانکاری ناقص یاورودذرات فرسایشی نیزمی توانندمنجربه ایجادسایش درقفسه برینگ شوند.دربرینگ های غلتکی بایدازاصطکاک لغزشی ممانعت شودهرچندجلوگیری ازلغزش بین غلتک هاوقفسه اجتناب ناپذیراست بنابراین وقتی روانکاری ناقص باشد قفسه اولین قسمتی است که تحت تاثیرسایش قرارمی گیردوازانجائی که قفسه هاازفلزات نرم ترساخته می شوندسایش درانهازودتراتفاق می افتدوهرچه اندازه حفره های داخل قفسه بزرگترمی شودنیروهای داخلی افزایش پیدامی کنندومنجربه صدمه دیدن قفسه برینگ می شوند.

درصورت ورودذرات خارجی ساینده درداخل برینگ نیزنتیجه همین خواهدشد

تجمع ذرات جامدبین غلتک هامی تواندمنجربه نفوذانهابین غلتک هاوقفسه وجام شدن انهاومنجربـه خـراب شدن قفسه گردد .هرچه ذرات درشت ترباشندامکان واردشدن انهابین قطعات برینگ کمترمی شـودوحتی قفسه می تواندتحت بارهای سنگین تری هم کارکند.



سائیدگی این قفسه به دلیل روانکاری ناقص اتفاق افتاده است



علت خرابی قفسه مقابل ناشی از
جام شدن(مسدودشدن) غلتک هااست

جدول عیب یابی برینگ های غلتکی

Damage name	Location (Phenomenon)	Cause: Handling: Stock-Shipping	Handling: Mounting	Bearing surrounding: Shaft Housing	Bearing surrounding: Sealed device Water-Debris	Bearing surrounding: Temperature	Lubrication: Lubricant	Lubrication: Lubrication method	Load: Excessive load Impact load	Load: Moment	Load: Ultra small load	Speed: High speed, High acceleration & deceleration	Speed: Shaking-Vibration Stationary	Bearing Selection	Remarks
1. Flaking	Raceway, Rolling surface		○	○	○		○	○	○	○				○	
2. Peeling	Raceway, Rolling surface				○		○	○			○	○			
	Bearing outside surface (Rolling contact)			○*	○		○	○							*Mating rolling part
3. Scoring	Roller end face surface, Rib surface		○	○	○		○	○	○	○		○			
	Cage guide surface, Pocket surface		○		○		○	○							
4. Smearing	Raceway, Rolling surface				○		○	○			○	○			
5. Fracture	Raceway collar, Rollers	○	○	○					○	○					
6. Cracks	Raceway rings, Rolling elements		○	○		○			○	○					
	Rib surface, Roller end face, Cage guide surface (Thermal crack)			○				○	○	○					
7. Cage damage	(Deformation), (Fracture)		○	○					○	○					
	(Wear)		○		○		○	○	○	○		○			
8. Denting	Raceway, Rolling surface, (Innumerable small dents)				○			○							
	Raceway (Debris on the rolling element pitch)	○	○						○				○		
9. Pitting	Raceway, Rolling surface				○		○	○							
10. Wear	Raceway, Rolling surface, Rib surface, Roller end face		○		○		○	○							
11. Fretting	Raceway, Rolling surface	○	○	○			○	○	○			○	○		
	Bearing outside & bore, side surface (Contact with housing and shaft)		○	○					○						
12. False brinelling	Raceway, Rolling surface	○					○	○					○		
13. Creep	Fitting surface		○	○		○	○*	○*	○			○			*Clearance fit
14. Seizure	Raceway ring, Rolling element, Cage		○	○	○		○	○	○	○		○		○	
15. Electrical corrosion	Raceway, Rolling surface		○*	○*											*Electricity passing through the rolling element
16. Rust and corrosion	Raceway ring, Rolling element, Cage	○	○		○	○	○	○							
17. Mounting flaws	Raceway, Rolling surface		○	○											
18. Discoloration	Raceway ring, Rolling element, Cage					○	○	○							

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
C contact ball bearing with a contact angle
D of 40° and a reinforced ball and cage
E assembly
23022 CC – spherical roller bearing with improved roller guidance and thus lower friction
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
NU 205 EC – single row cylindrical roller bearing with reinforced roller and cage assembly and increased axial load carrying capacity

SKF

توضیحاتی درباره پیشوندهاوپسوندهای 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)

SKF

توضیحاتی درباره پیشوندهاوپسوندهای 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 (supersedes C6)

Q55 Q5 + Q05

Q66 Q6 + Q06

مقاومت دربرابردرجه 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/mm²}	Tensile Strength (MPa) {kgf/mm²}	Yield Point (MPa) {kgf/mm²}	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
Cast Iron — 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.

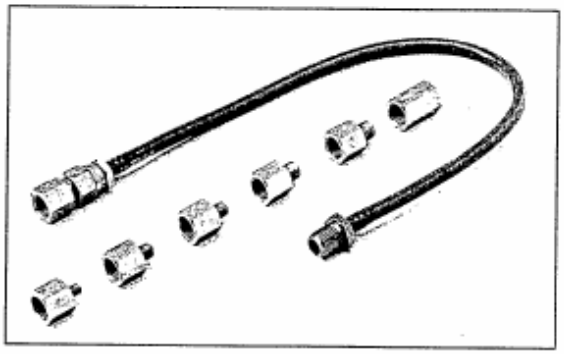
5 *SNR Automatic Lubricator*

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 cm³ or .03 ozfl)	Daily quantity	SNR automatic lubricator replacement frequency (125 cm³ or 4.2 ozfl)
100 to 120 mm	4 pump strokes per day	3 to 4 cm³ (.10 to .14 ozfl)	1 month
80 to 100 mm	2 pump strokes per day	2 cm³ (.07 ozfl)	2 months
65 to 80 mm	8 to 10 pump strokes per week	1,5 cm³ (.05 ozfl)	3 months
50 to 65 mm	8 to 10 pump strokes every other week	0,7 cm³ (.025 ozfl)	6 months
Below 50 mm	8 to 10 pump strokes per month	0,3 cm³ (.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) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance						
over	incl.	low	high							
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

SKF

Shaft fits (continued)

Shaft Diameter d		Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}		Deviations of shaft diameter, resultant fits Tolerances											
				f6		g6		g5		h8		h6		h5	
Nominal				Deviations (shaft diameter) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance											
over	incl.	low	high												
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

SKF

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				Deviations (shaft diameter) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance													
over	incl.	low	high														
mm		µm		µm													
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

SKF

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				Deviations (shaft diameter) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance											
over	incl.	low	high												
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

SKF

Recommended fits

Shaft fits (continued)

Shaft Diameter d		Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}		Deviations of shaft diameter, resultant fits Tolerances											
				n5		n6		p6		p7		r6		r7	
Nominal				Deviations (shaft diameter) Theoretical interference/clearance											
over	incl.	low	high	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

SKF

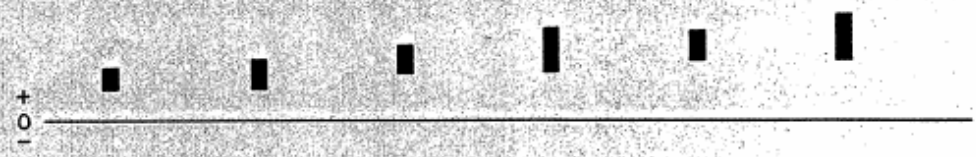
Shaft fits (continued)

Shaft Diameter d		Bearing Bore diameter tolerance Δ_{dmp}		Deviations of shaft diameter, resultant fits Tolerances											
				n5		n6		p6		p7		r6		r7	
Nominal				Deviations (shaft diameter) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance											
over	incl.	low	high												
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	+198	+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

SKF

Recommended fits

Shaft fits (continued)



Shaft Diameter d		**Bearing** Bore diameter tolerance Δ_{dmp}		**Deviations of shaft diameter, resultant fits** Tolerances											
				n5		n6		p6		p7		r6		r7	
Nominal				Deviations (shaft diameter) Theoretical interference/clearance											
over	incl.	low	high	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

SKF

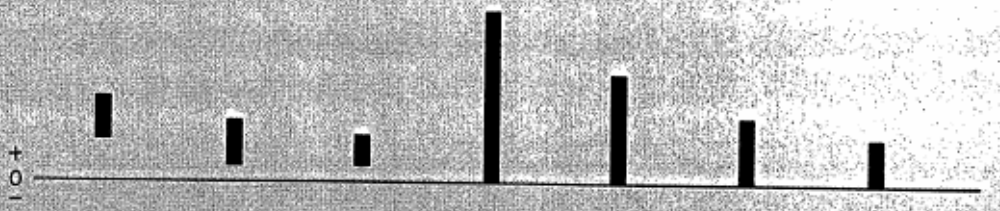
Nominal diameter Shaft seating Bearings bore		Modified shaft diameter deviations for use with inch-size bearings to give same degree of clearance/interference as tolerances											
		g6		h6		j5		j6		js6		k5	
over	incl.	high	low	high	low	high	low	high	low	high	low	high	low
mm		µm											
10	18	+2	−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									
		k6		m5		m6		n6		p6	
over	incl.	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

SKF

Recommended fits

Housing fits

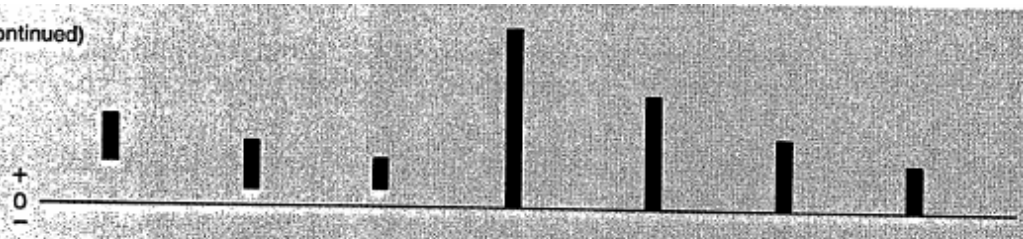


Housing Bore diameter D		Bearing Outside diameter tolerance Δ_{Dmp}		Deviations of housing bore diameter, resultant fits Tolerances													
				F7		G7		G6		H10		H9		H8		H7	
Nominal				Deviations (housing bore diameter) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance													
over	incl.	high	low														
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	+36	+71	+12	+47	+12	+34	0	+140	0	+87	0	+54	0	+35
				−36	−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

SKF

Housing fits (continued)



Housing Bore diameter D		Bearing Outside diameter tolerance Δ_{Dmp}		Deviations of housing bore diameter, resultant fits Tolerances													
				F7		G7		G6		H10		H9		H8		H7	
Nominal				Deviations (housing bore diameter) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance													
over	incl.	high	low														
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

SKF

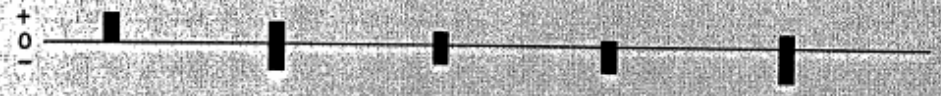
Housing fits (continued)

Housing Bore diameter D		Bearing Outside diameter tolerance Δ_{Dmp}		Deviations of housing bore diameter, resultant fits Tolerances													
				H6		J7		JS7		J6		JS6		K6		K7	
Nominal				Deviations (housing bore diameter) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance													
over	incl.	high	low														
mm		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
10	18	0	−8	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
18	30	0	−9	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
30	50	0	−11	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
50	80	0	−13	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
80	120	0	−15	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
150	180	0	−25	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
180	250	0	−30	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
315	400	0	−40	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
400	500	0	−45	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

The values given for the diameter range up to and including D = 150 mm do not apply to taper roller bearings and thrust bearings

SKF

Housing fits (continued)



Housing Bore diameter D		Bearing Outside diameter tolerance Δ_{Dmp}		Deviations of housing bore diameter, resultant fits Tolerances									
				H6		JS7		JS6		K6		K7	
Nominal				Deviations (housing bore diameter) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance									
over	incl.	high	low										
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

SKF

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) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance											
over	incl.	high	low												
mm		µm		µm											
6	10	0	−8	−12 +12 +10	−3 −5 −3	−15 +15 +12	0 −8 −5	−16 +16 +14	−7 −1 +1	−19 +19 +16	−4 −4 −1	−21 +21 +19	−12 +4 +6	−24 +24 +21	−9 +1 +4
10	18	0	−8	−15 +15 +13	−4 −4 −2	−18 +18 +15	0 −8 −5	−20 +20 +18	−9 +1 +3	−23 +23 +20	−5 −3 0	−26 +26 +24	−15 +7 +9	−29 +29 +26	−11 +3 +6
18	30	0	−9	−17 +17 +14	−4 −5 −2	−21 +21 +18	0 −9 −6	−24 +24 +21	−11 +2 +5	−28 +28 +25	−7 −2 +1	−31 +31 +28	−18 +9 +12	−35 +35 +32	−14 +5 +8
30	50	0	−11	−20 +20 +17	−4 −7 −4	−25 +25 +21	0 −11 −7	−28 +28 +25	−12 +1 +4	−33 +33 +29	−8 −3 +1	−37 +37 +34	−21 +10 +13	−42 +42 +38	−17 +6 +10
50	80	0	−13	−24 +24 +20	−5 −8 −4	−30 +30 +25	0 −13 −8	−33 +33 +29	−14 +1 +5	−39 +39 +34	−9 −4 +1	−45 +45 +41	−26 +13 +17	−51 +51 +46	−21 +8 +13
80	120	0	−15	−28 +28 +23	−6 −9 −4	−35 +35 +30	0 −15 −10	−38 +38 +33	−16 +1 +6	−45 +45 +40	−10 −5 0	−52 +52 +47	−30 +15 +20	−59 +59 +54	−24 +9 +14
120	150	0	−18	−33 +33 +27	−8 −10 −4	−40 +40 +33	0 −18 −11	−45 +45 +39	−20 +2 +8	−52 +52 +45	−12 −6 +1	−61 +61 +55	−36 +18 +24	−68 +68 +61	−28 +10 +17
150	180	0	−25	−33 +33 +26	−8 −17 −10	−40 +40 +32	0 −25 −17	−45 +45 +38	−20 −5 +2	−52 +52 +44	−12 −13 −5	−61 +61 +54	−36 +11 +18	−68 +68 +60	−28 +3 +11
180	250	0	−30	−37 +37 +29	−8 −22 −14	−46 +46 +36	0 −30 −20	−51 +51 +43	−22 −8 0	−60 +60 +50	−14 −16 −6	−70 +70 +62	−41 +11 +19	−79 +79 +69	−33 +3 +13
250	315	0	−35	−41 +41 +32	−9 −26 −17	−52 +52 +40	0 −35 −23	−57 +57 +48	−25 −10 −1	−66 +66 +54	−14 −21 −9	−79 +79 +70	−47 +12 +21	−88 +88 +76	−36 +1 +13
315	400	0	−40	−46 +46 +35	−10 −30 −19	−57 +57 +44	0 −40 −27	−62 +62 +51	−26 −14 −3	−73 +73 +60	−16 −24 −11	−87 +87 +76	−51 +11 +22	−98 +98 +85	−41 +1 +14
400	500	0	−45	−50 +50 +38	−10 −35 −23	−63 +63 +48	0 −45 −30	−67 +67 +55	−27 −18 −6	−80 +80 +65	−17 −28 −13	−95 +95 +83	−55 +10 +22	−108 +108 +93	−45 0 +15
500	630	0	−50	−70 +70 +57	−26 −24 −11	−96 +96 +80	−26 −24 −8	−88 +88 +75	−44 −6 +7	−114 +114 +98	−44 −6 +10	−122 +122 +109	−78 +28 +41	−148 +148 +132	−78 +28 +44

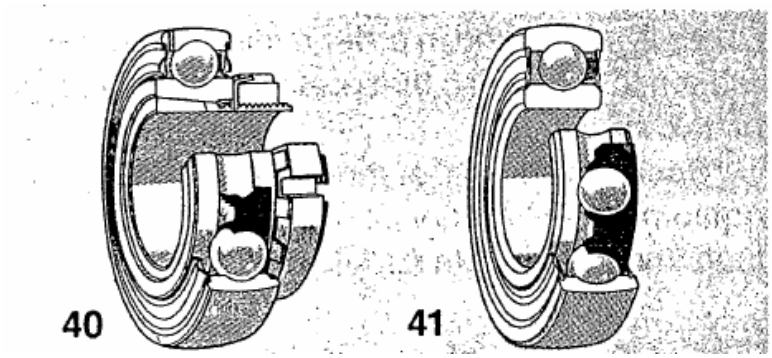
The values given for the diameter range up to and including D = 150 mm do not apply to taper roller bearings and thrust bearings

SKF

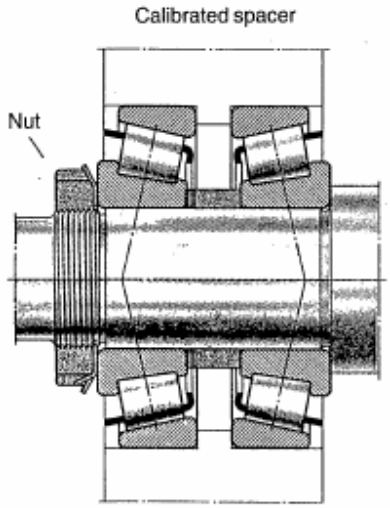
Housing fits (continued)

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) Theoretical interference/clearance Probable interference/clearance											
over	incl.	high	low												
mm		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

SKF



with adapter sleeve (40)
with normal inner ring (41)



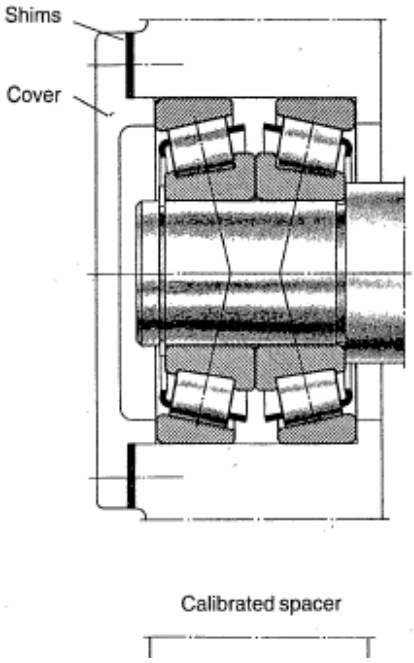
adjustment. If clearance is too small, the inner ring has to be withdrawn and adjusted again.

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.