مقدارفشردگی فنرنسبت به حالتHot Testبسته به موقعیت بیشتریاکمترمی شودتاپس ازاین که کل انبساط حرارتی انجام شدنیروی فشردگی ناشی ازانبساط حرارتی حذف شودوتنهانیروی ناشی ازوزن لوله هاعایق ووزن مایع داخل لوله روی هنگراعمال شود.لازم به ذکراست هنگری که درسرویس است بایدازحالت قفل خارج گرددتابتواندوظیفه خودرابه خوبی انجام دهد.

لازم به توضیح است که هر Spring Hanger دارای Data sheet ای است که کلیه مشخصه های فوق اعم از میزان انبساط طولی لوله ها و جهت حرکت آنهاونیروئی که روی آن اعمال می شود(شامل وزن لوله ومایع داخل آن و وزن عایق) در آن قید شده وکلیه تنظیمات در کار گاه ها طبق آن انجام می شود .

برای رسیدن به یک هم محوری مناسب وایده آل قبل ازانجام هرکاری باید مواردعنوان شده فوق موردبررسی کارشناسانه قرارگیردودرصورتی که مشکلی وجوددارد مرتفع شوددرغیراین صورت بامشکل مواجه خواهیدشد.

روش های هم محور کردن دودستگاه

برای هم محور کردن دستگاه ها بسته به اندازه دستگاه ، دور، نوع کاپلینگ استفاده شده ، فاصلهٔ کاپلینگ ها ، قطر کاپلینگ ها ، موقعیت و حساسیت دستگاه،نوع مکانیکال سیل استفاده شده و ... از روش های متعددی استفاده می شود که عبارتنداز: :

هم محوری به روش تیغ اره ای و استفاده از فیلر گیج

هم محوری با استفاده از تراز و نخ

هم محوری با استفاده از ساعت های اندازه گیر

هم محوری با استفاده از دستگاههای لیزری

که ذیلابه توضیح هرکدام ازروش های فوق پرداخته می شود

هم محوری به روش تیغ اره و فیلر گیج

این روش معمولاً برای دستگاه های کوچک غیرحساس که دارای کاپلینگ های نوع بسته و یا ضخامت زیادند (در حدچند سانتی) مورد استفاده قرار می گیرد . روش کار به این صورت است که لبهٔ صاف یک تیغه (تیغ اره) را روی سطوح بالایی و کناری کاپلینگ ها قرار می گیرد و آنقدر تغییرات در صفحهٔ افق و قائم ایجاد می نمائیم(با حرکت دادن Jack Bolt هاوتغییرات شیمز های زیر پایه ها)تا لبه های کاپلینگ ها ولبه تیغ اره در دو جهت(افق و قائم) کاملاً بر هم مماس شوند(برای تنظیم Offset) .

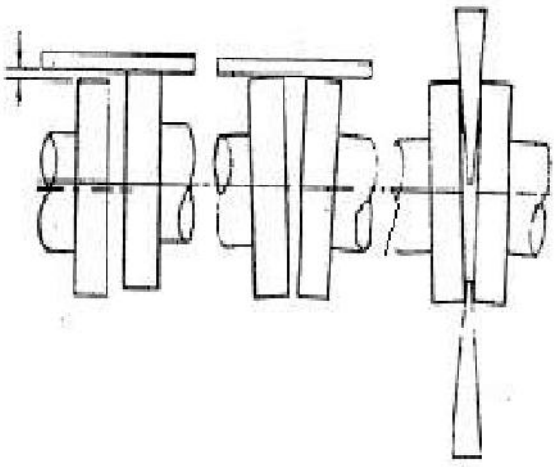
در این روش باید:

۱- قطر کوپلینگ ها کاملا با هم مساوی باشند

۲-ضخامت کوپلینگ ها به اندازه کافی ضخیم باشد که بتوان آن را یک سطح در نظر گرفت .

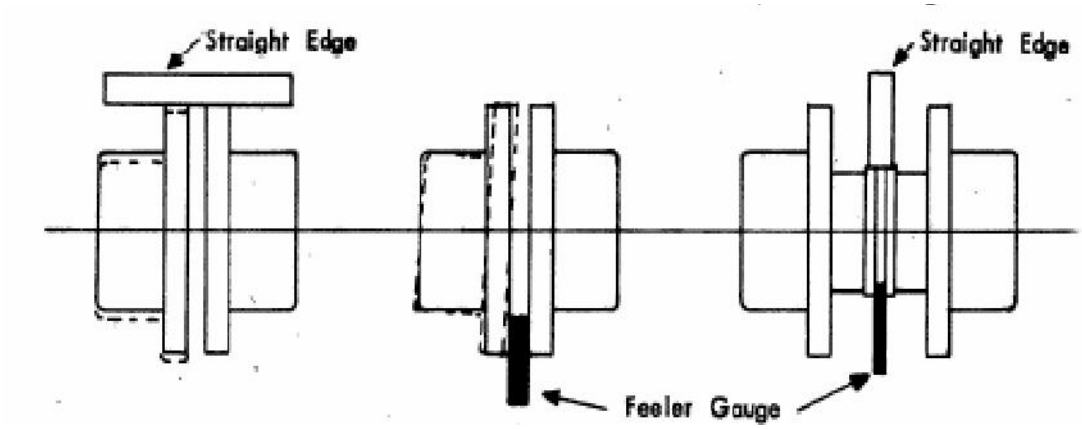
۳-بایدلبه های کوپلینگ ها نیز کاملا صاف وبا محور موازی باشند(خارج از مرکزی نداشته باشند).

٤-کوپلینگ هانبایدبصورت خارج ازمرکزنصب شده باشند



در این روش موازی بودن کوپلینگ ها با استفاده از بلوک های کاملا موازی و فیلر زدن فاصله های بین بلوک و کوپلینگ ها در محیط اطراف کوپلینگ اندازه گیری و سپس با اعمال تغییرات لازم در صفحات افق

وقائم(با حرکت Jack Bolt وتغییرات شیمز زیر پایه ها)این فاصله ها کاملا یکنواخت شده و دو کوپلینگ با هم موازی می شوند.

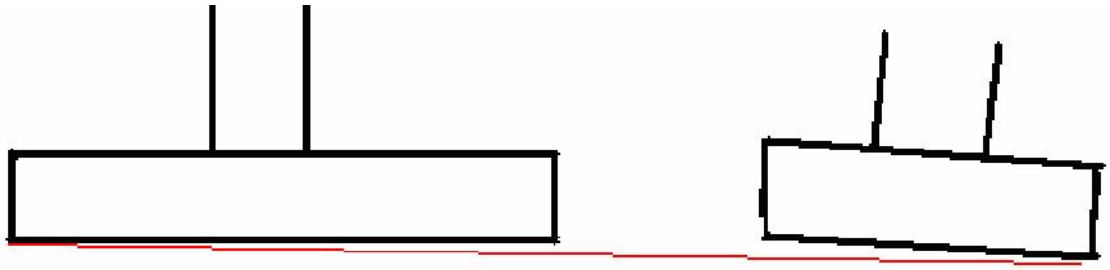


از این روش معمولا برای هم محوری کردن Gear Coupling هم که فاصله بین آنها کم است(در بعضی موارد ترکیبی از این روش وروش اول)و در موقعیت هایی که فاصله کوپلینگ ها کم است استفاده می شود.

هم محوری با استفاده از تراز و نخ

ازاین روش معمولاً برای هم محوری کردن چرخ تسمه ها و چرخ زنجیر های افقی و یا قائم استفاده می شود و برای حالتی که قطر پولی ها به اندازهٔ کافی بزرگ باشند یا برای فواصل زیاد دقت نسبتاً خوبی دارد. روش کار به این صورت است که نخ روی دو نقطه از پولی ها(در دو صفحه) مماس شده وکاملا کشیده شده وبا تغییرات لازم در صفحات افق وقائم روی دستگاه ها تمام نقاط پولی ها وچرخ تسمه ها با نخ مماس می شوند. در چرخ تسمه ها وچرخ زنجیر های افقی نیز با تراز کردن دو چرخ در یک صفحه کار انجام می شود .

درشکل زیرشمائی ازاین روش نشان داده شده است.



هم محوری با استفاده از ساعت های اندازه گیر

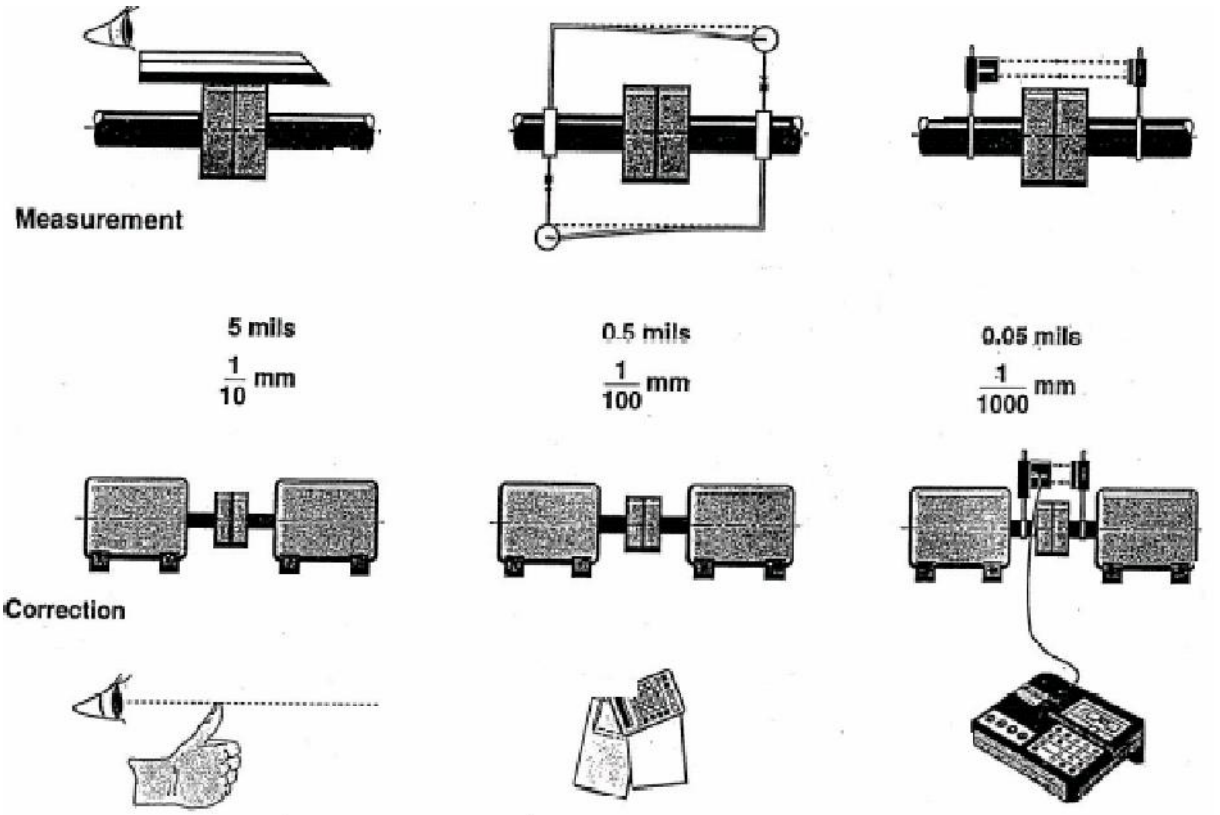
در این روش مقادیر انحراف دو محور نسبت به همدیگر در دو صفحه افق وقائم توسط ساعت های اندازه گیر Dial Gage اندازه گیری می شود و سپس ازطریق محاسباتی یا ترسیمی مقادیر حرکت های مورد نیاز محاسبه وروی پایه ها اعمال می شود.

درفصل های بعدی بطورمفصل انواع روش های هم محوری باساعت های اندازه گیرهمراه باروابط ریاضی ومحاسباتی آن بطورمفصل موردبحث قرارمی گیرد.

هم محوری با استفاده از دستگاه های لیزری

در این روش که ازپیشرفته ترین ودقیق ترین روش های هم محوری میزان انحراف دو محور نسبت به همدیگر توسط انحرافی که در اثر چرخش دو محور روی سطح برخورد پرتو لیزر بوجود می آید از طریق یک سیستم کامپیوتری با دقت زیاد محاسبه و نتایج نهایی حرکت های اصلاحی پایه های ماشین در سطوح افق و قائم توسط نرم افزاری که به همین منظورطراحی شده محاسبه و بر روی صفحهٔ کامپیوتر نمایش داده می شود که در قسمت انتهایی این جزوه شرح بیشترآن داده شده است .

در شکل های زیر انواع روش ها ووسائلی که برای هم محور کردن ماشین آلات در مراکز صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند با هم مقایسه سده ومزایا ومعایب و محدودیت های ومیزان دقت هر کدام نشان داده شده است.

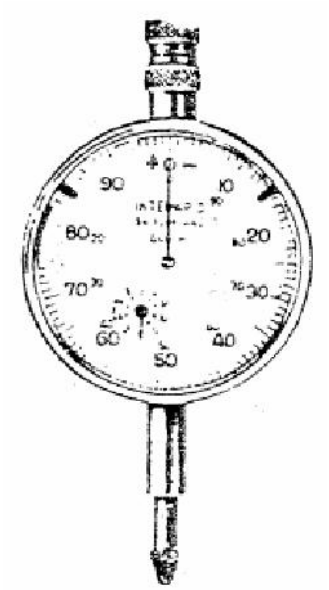


با توجه دقت خوب وبالای ساعت های اندازه گیر در کاربردهای صنعتی در مباحث این کتاب سعی شده است انواع آرایش ها و متدهای هم محور سازی با ساعت های اندازه گیر مورد بحث وبررسی قرار گیرد .

ساختمان و اصول کار ساعت های اندازه گیر

از آنجائی که ساعت های اندازه گیر از اساسی ترین ومعمول ترین وسایل برای هم محور کردن دستگاه ها هستند آشنائی با آن کاملاً ضروری می باشد .

شکل زیر شمائی از این وسیله را نشان داده است .



در قسمت پایین ساعت های اندازه گیر میلهٔ حساسی وجود دارد که به آن پلانجرPlunger گفته می شودومی تواند در جهت های بالا و پایین حرکت کند (با چرخش محور ناهم محور ی یا کج بودن شافت باعث حرکت آن می شود). که حرکت پلانجر توسط چرخ دنده های داخلی به دو عقربهٔ کوچک و بزرگ مستقل منتقل می شود و مقدار حرکت انجام شده آن براحتی قابل قرائت می باشد . ضمناً پلانجر به توسط فنری که در زیر آن است همیشه به سمت بیرون رانده می شود .وقتی پلانجربطرف ساعت اندازه گیرحرکت کند(طول آن کم شود)عقربه ساعت درجهت مثبت حرکت می کندووقتی پلانجربه سمت بیرون بیایدعقربه ساعت درجهت منفی می چرخدوعددقرائت شده یک عددمنفی خواهدبود.

ساعت اندازه گیر ابزاریست بسیار دقیق و حساس که باید از ضربه زدن به آن اکیداً خوداری شود و به هیچ وجه برای مدت طولانی در معرض نور مستقیم خورشید یا جاهای خیلی گرم قرار نگیرد و حداکثر مراقبت از آن به عمل اید .

معایب ساعت های اندازه گیر

با توجه به مزایای ساعت های اندازه گیر واستفاده از آن در اکثر صنایع این دستگاه ها دارای معایبی نیز می باشند که ذیلا به شرح آن پرداخته می شود که در انجام عملیات هم محوری باید مد نظر قرار گیرد:

۱-وجود کمانش درپایه ساعت

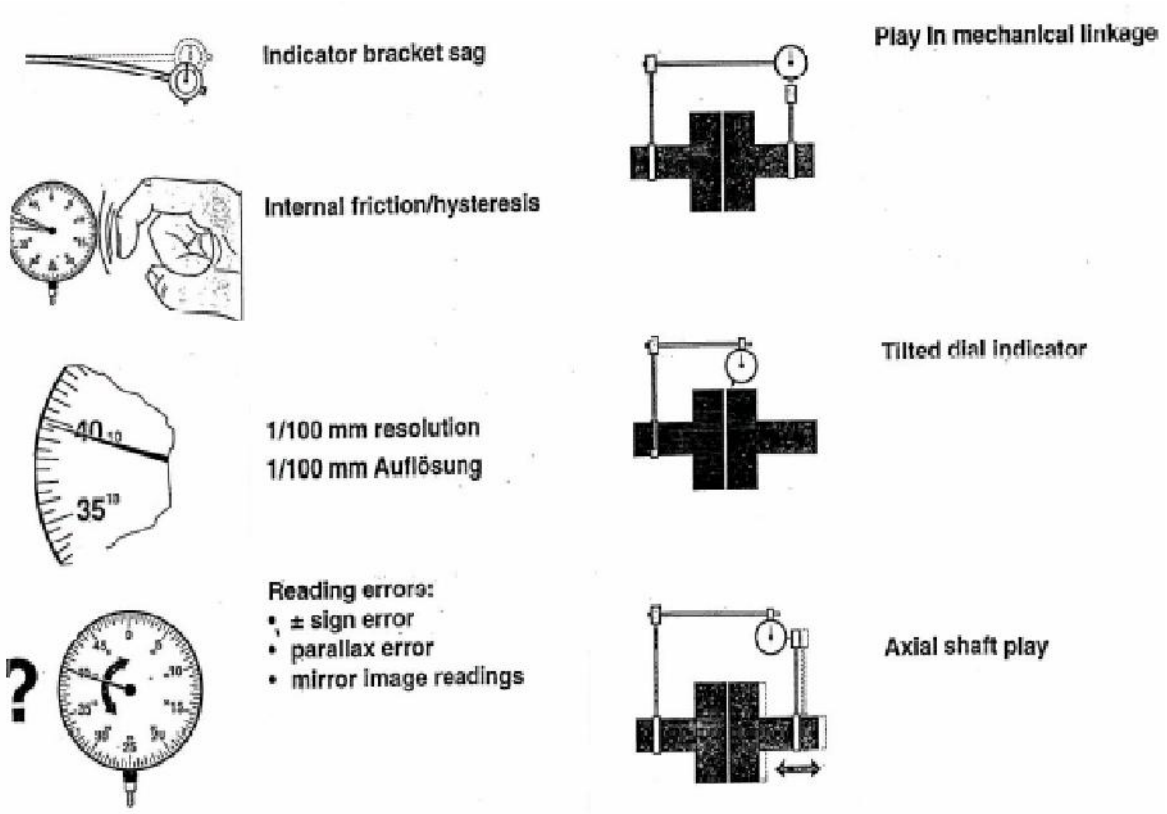
۲-گیر کردن چرخ دنده ها

۳-خطاهای ناشی از خواندن اعداد(مثبت ومنفی خطای دیدو ....)

٤-احتمال حرکت در سیستم های اهرم بندی

۵-تاثیر گذاری حرکت های محوری

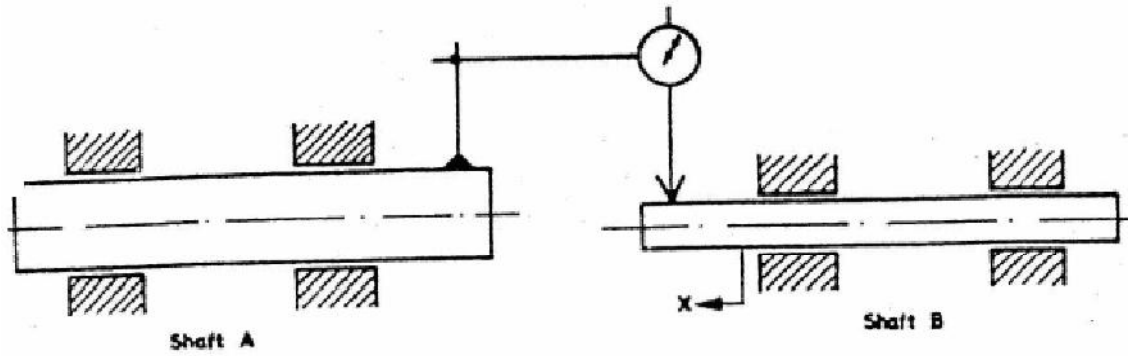
۶-خطاهای ناشی از عمود نبودن پلانجر



ارتباط اعداد قرائت شده با انحرافات واقعی

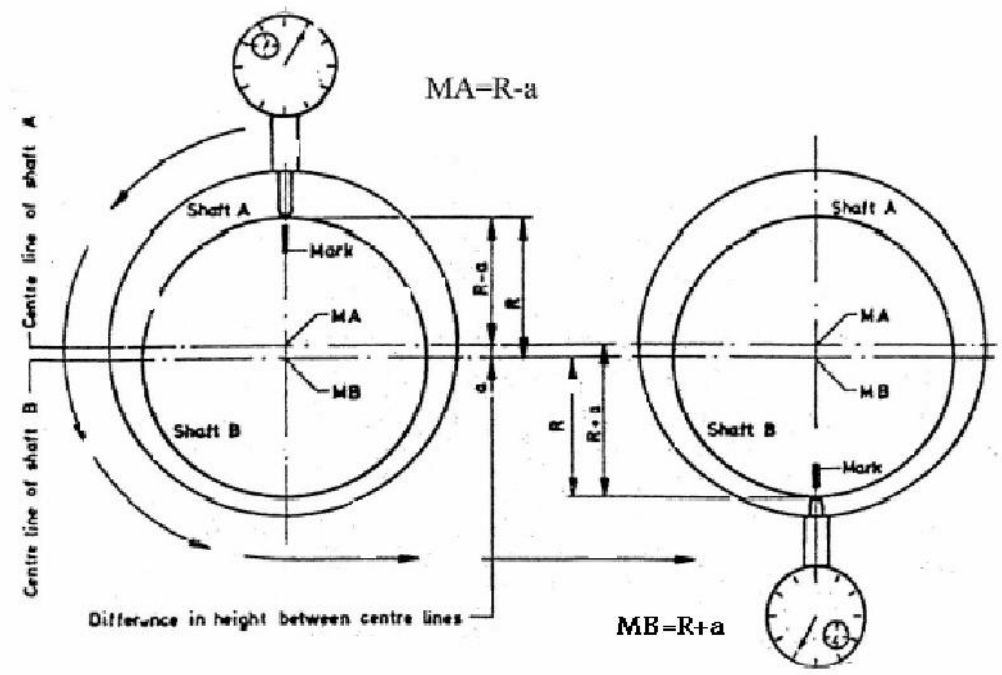
با توجه به اینکه در همهٔ روش های Alignment حداقل یکی از ساعت های اندازه گیر جهت اندازه گیری انحراف محور روی لبهٔ خارجی کاپلینگ قرار می گیرد . لازم است ارتباط اعداد قرائت شده با میزان انحراف واقعی محور توضیح داده شود .

شکل زیر دو محور را نشان می دهد که قطرهای آنها با هم متفاوت است وبه اندازهaباهم اختلاف سطح دارندوپایه ساعت اندازه گیر روی شافت Aنصب شده است .



جهت تفهیم بهتر نمای مقابل شکل فوق در زیر نشان داده شده است . اگر فاصلهٔ نوک پلانجر تا خط ا لمرکزین شافت B (نقطه MB) با حرف R نشان داده شود و فاصلهٔ بین خط ا لمرکزین شافت ها (نقطهٔ MA و نقطهٔ MB) با حرف a(انحراف واقعی) نشان داده شود فاصلهٔ نوک پلانچر تا نقطهٔ MA برابر خواهد بود با :

MA=R-a



اگر شافت های A وB را با هم ۱۸۰ درجه بچرخانیم فاصلهٔ پلانچر تا نقطهٔ A برابر R+a خواهد بود.پس وقتی که ساعت اندازه گیر در بالا ترین نقطه (ساعت ۱۲) قرار دارد فاصله R-a است و موقعی که ساعت اندازه گیر در پایین ترین نقطه (ساعت ۶) قرار گیردفاصله R+a است(که این اختلاف توسط اندازه گیر اندازه گرفته می شود) که اختلاف آن برابر 2a است که این مقداردو برابر انحراف واقعی محور است پس نتیجه گیری می شود اعدادی که از روی ساعت های اندازه گیر قرائت می شود دو برابر مقدار انحراف واقعی محور هااست. لازم به توضیح است که اگر پلانچرساعت اندازه گیر به سمت داخل حرکت کند ساعت اندازه گیر عدد مثبت را نشان می دهد و اگر به سمت بیرون حرکت کند عدد منفی را نشان می دهد .

انواع روش های هم محوری با استفاده از ساعت های اندازه گیر

با توجه به وضعیت دستگاههایی که باید با همدیگر هم محور شوند از لحاظ چرخش محورها فاصلهٔ کاپلینگ ها قطر کاپلینگ ها ، وضعیت حرکت محورها و ... از ساعت های اندازه گیر با آرایش های مختلف زیر جهت انجام هم محوری استفاده می شود :

۱-روش Face & Round

۲-روش Two Face & Round

۳-روش Face – Face Distance

٤-روش Reverse

لازم به توضیح است برای انجام عملیات هم محوری روی ماشین آلات یکی ازدستگاههاثابت درنظر گرفته می شودکه به آن ماشین ثابتStationary Machine گفته می شودوماشین مقابل آن که به آن ماشین متحرک M.T.B.M(Machine To Be Moved)گفته می شودنسبت به آن هم محورمی گردد.

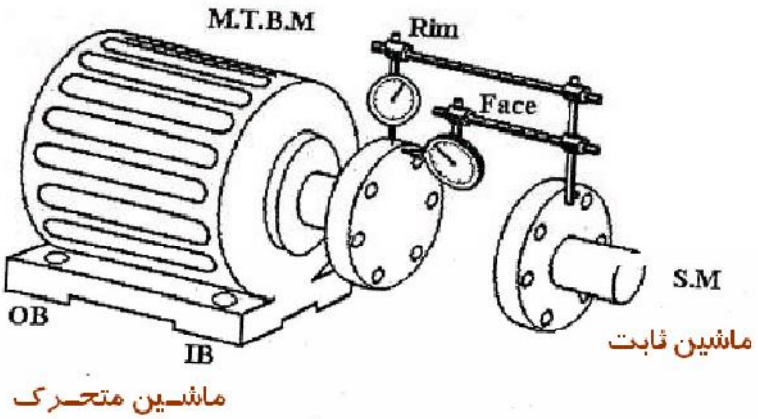
که ذیلا به توضیح هر کدام از این روش ها می پردازیم.

هم محورکردن کوپلینگ ها به روش Face & Round

همینطورکه درشکل زیرملاحظه می شوددر این روش از دو عدد اندازه گیر ساعتی که یکی از آنهاروی صورت کوپلینگ Face و دیگری روی لبهٔ کاپلینگRound قرار می گیرد استفاده می شود

دراین روش هردوساعت اندازه گیر درقسمت بالا(ساعت ۱۲)صفرمی شودوباچرخاندن ۱۸۰درجه ای کوپلینگ هادرقسمت پایین مقدارانحراف روی ساعت قرائت می شودکه عددقرائت شده ازروی ساعتی که روی Faceک.پلینگ بسته شده بسته به علامت آن(مثبت یامنفی)مقدار انحراف زاویه ای کوپلینگ هایاAngularity(بازیابسته بودن کوپلینگ ها)رانشان می دهدوساعتی که روی لبه یاRoundکوپلینگ بسته شده میزان انحراف بالاوپایین بودن کوپلینگ هارانشان می دهدکه باانجام محاسبات وتغییراتی که روی پایه های ماشین داده می شوداین انحرافات به صفررسانده می شودکه نتیجه آن هم محورشدن دوماشین خواهدشدکه درصفحات بعدی بطورمفصل تری راجع به آن صحبت خواهدشد

عمدتا این یک روش سنتی و شاید عمومی ترین روشی است که در اکثر جاها مورد استفاده قرار می گیرد شرایط کاربرد مخصوص به خودرادارد که ذیلا به مزایا ومعایب این روش پرداخته می شود.



مزایای روش Face & Round

این روش در ماشین آلاتی که شافت های آنها خیلی سنگین است و براحتی قادر به چرخیدن نیستند (مثل میل لنگ کمپرسورهای رفت و برگشتی) روش بسیار مناسبی است.

این روش برای موقعیت هایی که قطر کاپلینگ ها نسبت به فاصلهٔ آنها (فاصلهٔ Spacer) بیشتراست نسبت به روش های دیگر دارای دقت بالاتری است .

استفاده ازاین روش در ماشین های کوچک با کاپلینگ های بسته از روش Reverse راحت تراست و دارای دقت بالاتری است.

درک فیزیکی آن(تجسم وضعیت کوپلینگ ها) راحت تر از روشReverse است.

محدودیت های روش Face & Round

روی دستگاه هایی که محور آن قادر به چرخیدن نیست ممکن است خارج از مرکز بودن کاپلینگ یا خمیدگی شافت یا ناصافی های روی سطوح و لبه های کاپلینگ ها روی دقت هم محوری (اعداد خوانده شده) تاثیر بگذارد و ایجاد خطا نماید .

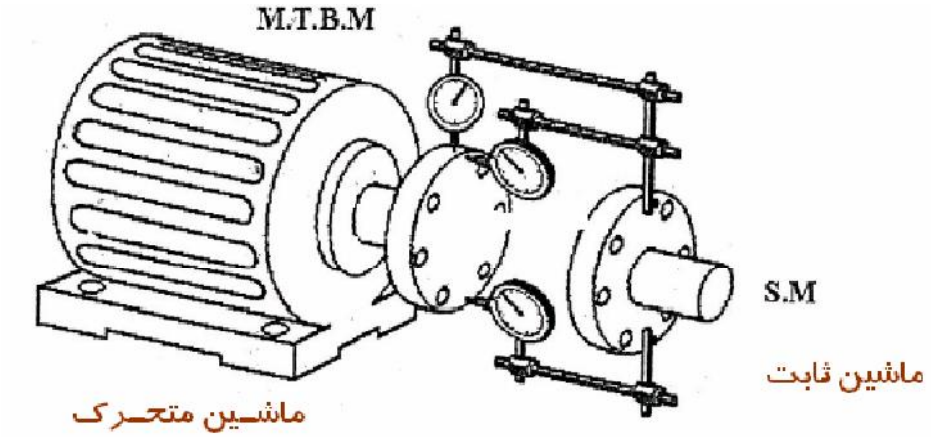
در جاهایی که شافت دارای حرکت محوری باشد این حرکت می تواند روی عدد خوانده شده از ساعت اندازه گیری که روی سطح کاپلینگFace بسته می شود تاثیر بگذارد و ایجاد خطا کندکه برای حذف کردن حرکت محوری از انحرافات زاویه ای کوپلینگ ها یا باید از روش دو Face. ویک Roundاستفاده شود یا اینکه در موقعیت تنظیم یا قرائت ساعت های اندازه گیر محور به منتهی الیه یک سمت حرکت داده می شود که البته این کار برای ماشین های با شافت های سنگین یاچرخ دنده ها ممکن است ایجاد خطا کند.

برای کاپلینگ های با قطر کم و فاصلهٔ زیاد دقت هندسی این روش نسبت به روش Reverse کمتر است.

محاسبات ترسیمی این روش پیچیده تر از روش Reverse است .

هم محورکردن کوپلینگ ها به روش Two Face & Round

این روش دقیقاً با روش قبلی یکسان می باشد ولی برای این که تاثیرحرکت های محوری شافت روی انحرافات زاویه ای کوپلینگ ها(ناهم محوری زاویه ای)حذف شود بجای استفاده از یک ساعت اندازه گیر روی سطح کوپلینگFace از دوساعت اندازه گیر که با ۱۸۰ درجه اختلاف نصب می گردند استفاده می شود.

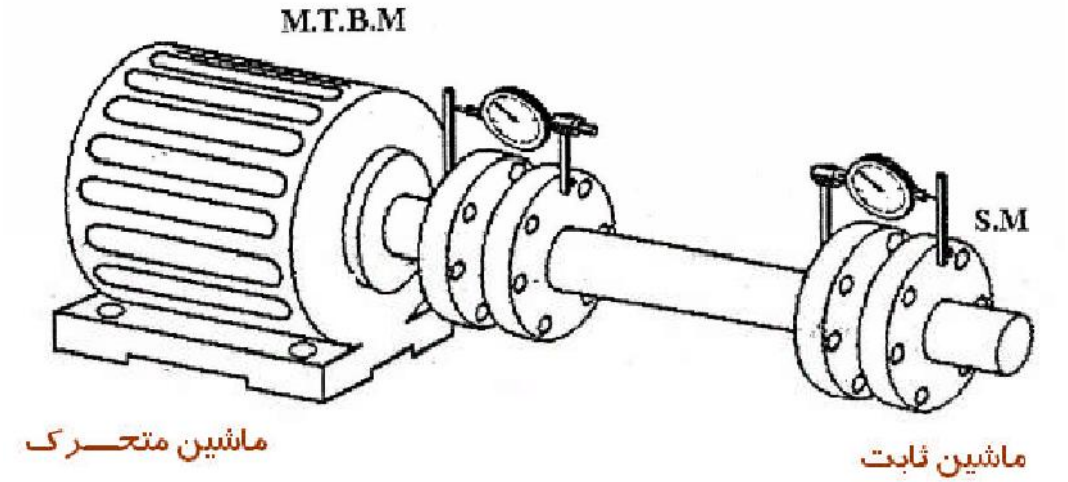


باعنایت به این که موقعیت ساعت هائی که روی Faceبسته می شود۱۸۰ درجه باهم اختلاف دارند درصورتی که شافت هاحرکت محوری نداشته باشنداعدادقرائت شده روی ساعت های اندازه گیری که روی Faceبسته می شوندپس ازچرخش ۱۸۰درجه ای شافت اعدادقرائت شده روی هردوساعت اندازه گیرروی Faceعددمساوی ولی مختلف العلامه(یکی از آنهامثبت ودیگری منفی) خواهدبودکه مقدارFaceنصف اختلاف آنهامی شود(بطورمثال درصورتی که اعدادخوانده شده ۱۰+و۱۰-باشدنصف اختلاف آنها $\frac{-۱۰ - (+۱۰)}{۲} = -۱۰$ یا ۱۰-خواهدشدکه دقیقامثل روش Face&Roundاست ولی درصورتی که درحین چرخش شافت هاحرکت محوری هم وجودداشته باشدباعنایت به این که مقدارحرکت محوری به

هردوساعت اضافه یا کم می شود مقدارFaceواقعی دو محور برابر با نصف اختلاف اعداد خوانده شده از روی ساعت های اندازه گیر در موقعیت اندازه گیری است .

هم محورکردن کوپلینگ ها به روش Face – Face Distance

این روش معمولاً برای مواردی که فاصلهٔ دو دستگاه زیاد است و از شافت های رابط بلند Spoolبرای کوپله کردن دستگاهها استفاده می شود (مثل سیستم انتقال قدرت برج های خنک کننده) کاربرد دارد. که مزایا و معایب وشرایط کاربرد آن به شرح زیر است.



مزایای روش Face –Face Distance

۱-برای حالت هایی که فاصلهٔ بین دو کاپلینگ خیلی زیاد است(در حد چند متر) مورد استفاده قرار می گیرد

۲-دقت این روش تحت تاثیر Spoolبا طول زیادقرار نمی گیرد .

محدودیت های روش Face- Face Distance

۱-مواقعی که رابط یا Spool برداشته شود این روش کارآیی ندارد .

۲-دقت هندسی این روش از روش های دیگر کمتر است .

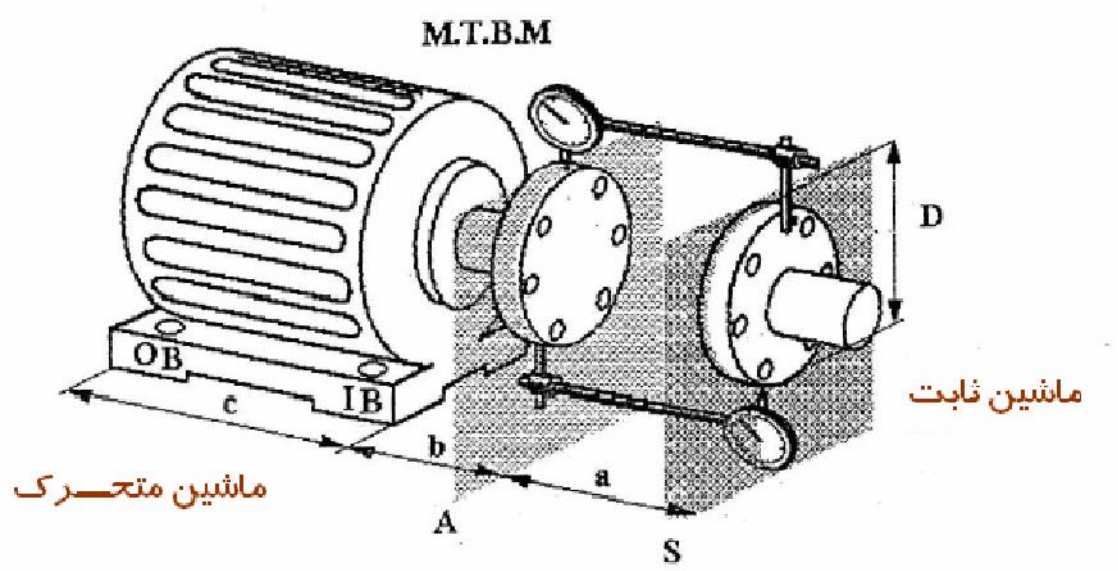
۳-حرکت های محوری روی دقت الایی تأثیر می گذارد .

٤-این روش فقط برای جاهایی که فاصله دستگاهها خیلی زیاد باشد مورد استفاده قرار می گیرد و در جاهای دیگر منسوخ است .

۵- وزن زیاد Spool باعث عدم امکان هم محوری دقیق می شود .

هم محورکردن کوپلینگ ها به روش Reverse

در اغلب موارد برای کاربرد های صنعتی این روش نسبت به روش های دیگر ترجیح داده می شود و نسبت به روش های دیگردارای دقت بالایی می باشد .همینطورکه درشکل زیرملاحظه می شوددراین روش از دو عددساعت اندازه گیر که روی لبه های کاپلینگ هاRoundنصب می شودویک ازآنهادرموقعیت ساعت ۱۲ودیگری درموقعیت ساعت۶روی صفرتنظیم می شوند(درشرایطی که عملیات هم محوری درصفحه قائم انجام می شود)وپس ازچرخاندن ۱۸۰درجه ای کوپلینگ هامقدارانحراف ساعت های اندازه گیردرموقعیت ساعت۹و۱۲قرائت می شود(درشرایطی که هم محوری درصفحه افق اندازه گیری می شودساعت هادرموقعیت ساعت ۳و۶اندازه گیری می شود).



دراین روش هرکدام ازساعت های اندازه گیرمقدارانحراف امتدادیک محوررانسبت به لبه کوپلینگ ماشین مقابل آن نشان می دهدکه بااستفاده ازروابط ریاضی مربوطه وروش های ترسیمی مقدارحرکتی که روی پایه هادرصفحات افق وقائم لازم است محاسبه وباتصحیح آن به شرایط هم محوری مطلوب خواهیم رسید.

البته این روش نیزمزایاومعایب مربوط به خودرادارادکه ذیلا به شرح آن پرداخته می شود.

مزایای روش Reverse

۱-چون هر دو شافت با هم می چرخد بنابراین خارج از مرکز بودن کاپلینگ ها و ناصافی سطح کاپلینگ ها خطائی روی اعدادقرائت شده ازروی ساعت های اندازه گیرنداردواز دقت هم محوری نمی کاهد (پلانجرروی یک نقطه ازکوپلینگ می ماند).

۲-برخلاف روش های قبلی دقت هم محوری تحت تاثیر حرکت محوری شافت قرار نمی گیرد .

۳- در این روش حتی بدون دیسکاپل کردن دستگاه می توان هم محوری کرد.

که البته این می تواند باعث صرفه جویی در وقت برای باز کردن اتصالات مربوط به سیستم های روغنکاری کاپلینگ های دنده ای شود بعلاوهٔ اینکه وضعیت Hot Align سریع تر مشخص می شود .

٤- دقت هندسی این روش در واحدهای صنعتی از روش های دیگر بیشتر است .

۵- مقادیر ناهم محوری زاویه ای Angularity بدون بستن ساعت اندازه گیر روی سطح کاپلینگ ها بدست می آید.

۶ - خیز سیستم اهرم بندی ساعت های اندازه گیر Bracket Sagment خیلی راحت تر ازحالتی که ساعت اندازه گیر روی سطح کاپلینگ بسته می شوند بدست می آید .

محدودیت های روش Reverse

۱-برای موقعیت هایی که فاصله کاپلینگ ها خیلی کم باشد این روش دقت زیادی ندارد . مگر اینکه پایه های ساعت های اندازه گیر از کاپلینگ ها دورتر بسته شود (محدودهٔ اندازه گیری وسیع تر شود).

۲-در این روش هر دو کاپلینگ باید با هم بچرخند و برای موقعیت هایی که یکی از کاپلینگ ها به سختی می چرخد یا اصلاً نمی چرخد استفاده از آن امکان پذیر نیست .

۳-در جاهائی که قطر کاپلینگ ها نسبت به فاصلهٔ آنها بیشتر باشد دقت هندسی آن از روش قبلی کمتر است و در این حالت روش Face & Round مناسب تر ودارای دقت بیشتری است است .

٤-اگر فاصلهٔ کاپلینگ ها خیلی زیاد باشد به دلیل افزایش خیز ناشی از وزن اهرم بندی ساعتهای اندازه گیر درصد خطاها ا فزایش پیدا می کند .

ولذاهنگام انجام هم محوری بسته به وضعیت ماشین هاوکوپلینگ های آنهابایدازروش مناسب آن شرایط استفاده نمود.

مقدمات لازم جهت انجام هم محوری

قبل از انجام Prealignmentدستگاه ها وماشین آلات, برای جلو گیری از مسائل و مشکلات بعدی بهتر است موارد مشروحه ذیل مورد بازدید و بررسی اولیه قرار گیرد:

۱-فوندا سیون باید از لحاظ مناسب بودن ابعاد، ترک نداشتن، کرمو نبودن و نوع بتون استفاده شده. بررسی گردد

۲-وضعیت شاسی Base plate از لحاظ موارد زیر باید به دقت مورد بازدید و بررسی قرار گیرد.

الف-باید اطمینان حاصل شود که شاسی صلبیت کافی داشته باشد

ب-قسمت هایی ازشاسی که محل قرارگرفتن پایه های ماشین است باید مسطح باشدو پیچیدگی نداشته باشد

پ-بایدازپربودن فاصله بین شاسی و فونداسیون اطمینان حاصل شود (این کاربا ضربه زدن درموقعیت های مختلف شاسی انجام می شودتااز پر بودن زیر آن وچسبندگی گروت بین شاسی وفونداسیون اطمینان حاصل شود).

ت-بایدازاندازه طول پیچ های پایه ماشین هااطمینان حاصل شودزیرادربعضی ازمواردبلندبودن طول پیچ هاباعث جک کردن شاسی شده وعلاوه برتغییرشکل دادن شاسی باعث نرسیدن به شرایط هم محوری مطلوب خواهدشد

۳-بررسی وضعیت سیستم لوله کشی وشناسائی تنش های سیستم لوله کشی از لحاظ:

الف- موازی بودن و هم محور بودن فلنج های ورودی و خروجی پمپ با فلنج های سیستم لوله کشی ب- مناسب بودن فاصله بین آنها (به اندازه ضخامت یک گسکت)

پ- بررسی وضعیت تنش ها روی بدنه پمپ از طریق اندازه گیری انحرافات ایجاد شده روی ساعت های اندازه گیر در حین باز وبسته کردن فلنج ها (که روی دو نقطه از کوپلینگ نصب شده است)

لازم به توضیح است برای اطمینان از تنش های اضافی سیستم لوله کشی روی دستگاه ساعت های اندازه گیرروی کوپلینگ هانصب وروی صفرتنظیم می شوندوسپس اقدام به بازکردن فلنج هامی شودکه که درحین انجام این اقدام مقدار انحرافات اعمال شده روی ساعت های اندازه گیرنباید بیشتر از 0.003 اینچ باشد.

ت-بررسی وضعیت سیستم های لوله کشی داخلی روی خود دستگاه اعم از لوله کشی سیستم های خنک کاری Cooling مسیرهای ورودی و خروجی Lube Oil و Seal Oil که باید به راحتی و بدون ایجاد تنش به یکدیگر متصل شده باشند.

ث-اطمینان ازعدم تنش کابل برق به الکتروموتور

تمیز کاری سطوح قرار گیری دستگاه ها روی Base Plateتمیز کاری شیمزها و محیط اطراف دستگاه.

٤-بررسی امکان جابجایی دستگاه در صفحات افق و قائم (بودن چند میلی متر شیمز زیر پایه ها و آزدی حرکت ماشین با حرکت دادن Jack Boltها ومناسب بودن سایز پیچ پایه ها)وفاصله بین کوپلینگ ها.

۵-استفاده از شیمزهای مناسب از لحاظ جنس، مقاومت در مقابل زنگ زدگی و خوردگی و مناسب بودن ابعاد آن و تمیزبودن آنها.

۶-اطمینان از تنظیم بودن نگهدارنده های فنری و آزاد بودن آنها

۷-شناخت کلی ماشین از لحاظ:

الف- درجه حرارت کاری دستگاه

ب-نوع یاتاقان به کار رفته در دستگاههائی که باهم کوپله می شوند

پ-کلرنس یاتا قانها (شعاعی و محوری)

ت-دور دستگاه

ث- نوع آب بند استفاده شده

ج- وضعیت آرایشی تر است برینگ های نوع تماس زاویه ای

چ- در نظر گرفتن تولرانس های مناسب برای شرایط کاری مورد نظر.

۸-انتخاب روش مناسب هم محوری با توجه به وضعیت کوپلینگ ها، نوع ماشین و ... جهت کم کردن خطاهای اندازه گیری و پیدا کردن بهترین روش هم محوری.

۹-استفاده از تجهیزات مناسب اعم از سیستم های اندازه گیری, ابزارهای کاری (تورک متر و میکرومتر) و ابزارهای شیمزبری و استفاده از آچارهای سایز مناسب)

۱۰-حذف نمودن نیروهای اضافی روی دستگاه چه در حین کار و یا در پایان کار (متناسب سفت کردن پیچ ها با استفاده از تورک متر و حذف نیروهای اضافی ناشی از Jack Bolt ها) و اعمال نکردن ضربات چکش در حین کار روی پایه ها و دیگر نقاط و.....

مسائلی که قبل از هم محوری باید مد نظر قرار گیرند Prealignment

قبل ازشروع عملیات هم محوری دستگاه ها برای جلو گیری از دوباره کاری ها وجلو گیری ازاتلاف وقت بهتر است موارد زیر بادقت چک شوند.

۱-چک کردن ساعت های اندازه گیر

۲-چک نمودن خیز ساعت های اندازه گیر Braket Segment

۳- چک نمودن وضعیت محورها و کوپلینگ ها

٤- چک نمودن لقی پایه ها Soft Foot

۵-درنظر گرفتن کلرنس برینگ ها

که ذیلابه شرح آنهاپرداخته می شود.

روش چک کردن ساعت های اندازه گیر

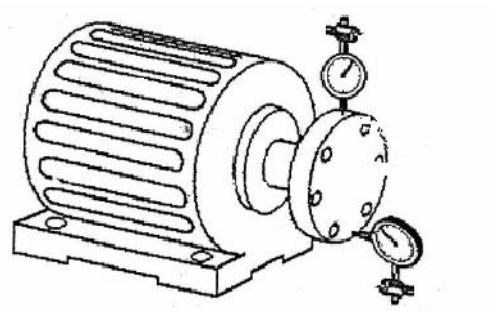
قبل ازشروع کارهم محوری ساعت های اندازه گیرباید از نظرموارد زیرموردبررسی قرارگیرندتااطمینان حاصل شود که اعدادقرائت شده مقدارانحراف واقعی نامحوری هستنددرغیراین صورت کارهم محوری مدت زیادی طول خواهد کشیدومحاسبات ریاضی جواب نخواهدداد.

۱- بایدازسالم بودن فیزیکالی ساعت های اندازه گیراطمینان حاصل نمود(آزاد بودن وگیر نداشتن).

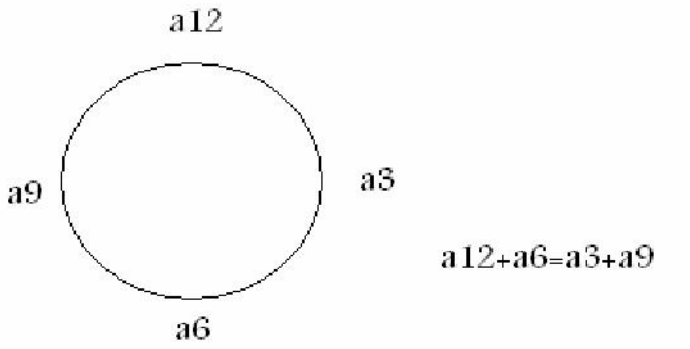
۲-بایدازهم واحد بودن (یعنی هردوساعتی که استفاده می شوداینچی یامیلیمتری باشند)اطمینان حاصل نمود

۳-بایدازمحکم بسته شدن (گیره هاوپایه ها)ساعت هااطمینان حاصل نمود

٤-بایدازعمود بودن پلانجر روی محل قرار گیری آن روی محور وروی سطح کوپلینگ اطمینان حاصل نمود.



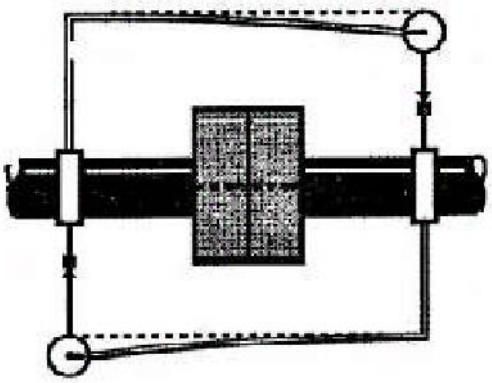
جهت اطمینان از نصب صحیح, ساعت های اندازه گیر روی دستگاه بسته می شوند و در موقعیت ساعت ۱۲ روی صفر تنظیم می شوند و با چرخاندن محور میزان انحرافات در موقعیت های ساعت ۳و۶و۹ قرائت می شود که اگر مجموع جبری اعداد قرائت شده در موقعیت های ۳و۹ با اعداد قرائت شده در موقعیت ساعت ۶ مساوی (یا اختلاف آن خیلی کم)باشد ساعت های اندازه گیر مشکلی ندارندو اعداد قرائت شده مقدار واقعی نا هم محوری را نشان می دهد و در غیر این صورت احتمال مسائل نصب و یا خرابی ساعت ها باید با دقت بیشتری بررسی شود.



روش چک نمودن خیز ساعت های اندازه گیر Braket Segment

نیروی ناشی از وزن ساعت اندازه گیر (بالاخص وقتی از ساعت های اندازه گیر بزرگ استفاده شود) و سیستم اهربندی باعث تغییر شکل و خمیدگی میله ها شده وموجب می شود نیروی جاذبه زمین ساعت اندازه گیر را به سمت خود بکشد یعنی پلانجر ساعت اندازه گیر در موقعیت ساعت ۶ به سمت پایین حرکت کند و ساعت اندازه گیر یک عدد منفی را نشان دهد (ودر موقعیت ساعت ۱۲وزن ساعت روی پلانجر فشار آورده و باعث می شود که ساعت اندازه گیر یک عدد مثبت را نشان دهد)که به این تغییر شکل خیزSagment می شود.

خیزباعث انحراف ساعت اندازه گیر شده وبا انحراف واقعی ناشی از هم محوری ترکیب می شودو باعث ایجاد خطا در محا سبات Alignment. می شود.



جهت حذف این تاثیرات روی اعداد خوانده شده از ساعت های اندازه گیر باید اولا مقدار آن اندازه گیری شود و به اندازه آن روی عددی که از روی ساعت پایینی (ساعت ۶) خوانده شده اضافه و در موقعیت ساعت ۱۲ از عدد قرائت شده کم شود(یعنی جمع جبری عدد خوانده شده از روی ساعت اندازه گیر بعلاوه یا منهای خیز ساعت)

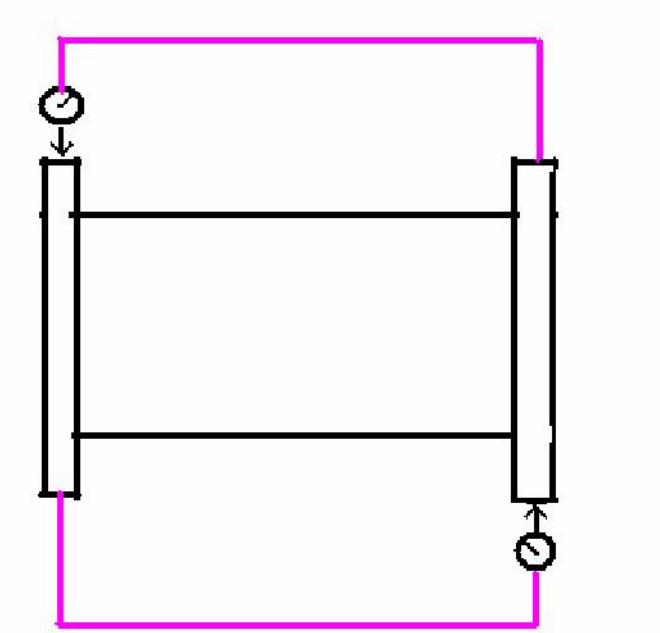
البته خیز ساعت بیشترین تاثیر را در صفحه قائم (ساعت ۱۲ و ۶) دارد و در جهت افقی (۳ و ۹) تاثیر زیادی روی ساعت های اندازه گیر ندارد و وقتی فاصله کوپلینگ ها زیاد می شود و نیاز به اهرم بندی با طول زیاد می باشد میزان خیز نیز افزایش پیدا می کند (بخصوص در هم محوری به روش Reverse این اعداد بصورت مثبت و منفی در می آیند.) و باعث ایجاد خطاهای فاحشی در عمل هم محوری می شوندانداره گیری خیزساعتی که رویFaceکوپلینگ بسته می شودبه راحتی قابل اندازه گیری نیست.

روش اندازه گیری خیز ساعت

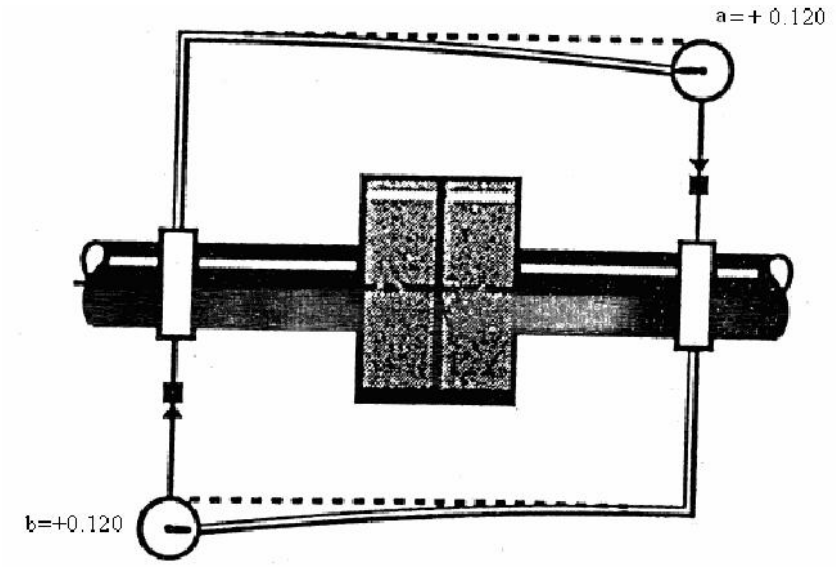
وقتی میزان انحرافات(ناشی از نا هم محوری) توسط ساعت های اندازه گیر قرائت گردید باید اثرات ناشی از خیز ساعت ها نیز در آنها اعمال شود تا میزان انحرافات واقعی نا هم محوری بدست آیند. در عمل باید سیستم اهرم بندی کاملاً صلب, محکم و قوی باشد و برای فواصل زیاد نیز تقویت گردد تا تاثیر نیروی جاذبه زمین بر آن به کمترین حد ممکن برسد ولی با توجه به اینکه این انحرافات حتی در فواصل کم و ساعت های اندازه گیر استاندارد نیز وجود دارد باید اندازه گیری ومشخص شوند.

چندین راه جهت تعیین خیز ساعت ها وجود دارد که بهترین و کاربردی ترین روش آن استفاده از یک لوله صلبMandrel است (که یک زائده روی آن جوش شده است و یک زائده متحرک که می تواندروی شافت بلغزد و در هر موقعیتی ثابت شود نیز روی آن قرار گرفته باشد).

روش کار به این صورت است که ابتدا ساعت های اندازه گیر روی موقعیت مربوطه بسته می شودو اهرم بندی های آن تنظیم می شود سپس سیستم اهرم بندی از قسمت کوپلینگ باز شده و روی Mandrel نصب می شود و زائده متحرک زیر پلانجر آن قرار می گیرد در این حالت در ساعت ۱۲ ساعت اندازه گیر روی صفر تنظیم می شود و سپس مجموعه شافتMandrel و ساعت اندازه گیر با هم ۱۸۰ درجه چرخانده می شوند و انحراف ساعت در موقعیت ساعت ۶ اندازه گیری می شود که این مقدار انحراف خیز ساعت می باشد و باید در محاسبات مد نظر قرار گیرد.



مثال: فرض کنید در شکل زیر ساعت های اندازه گیر a و b به ترتیب در ساعت ۶ و ۱۲ صفر شده اند دو شافت با همدیگر به اندازه ۱۸۰ درجه چرخش می نمایند یعنی ساعت a در موقعیت ساعت ۱۲ قرار می گیرد و عدد0 0.12+ = (۱۲)aاینچ و ساعت b در موقعیت ساعت ۶ قرار می گیرد و عدد b (6)=+0.120 اینچ را می دهد. اگر خیز ساعت را به روش فوق اندازه گیری کرده باشیم و خیز ساعت اندازه گیر 0.010اینچ باشد (البته اگر دو ساعت یکسان باشند مقدار خیز را برای هر دو یکسان در نظر می گیریم) مقدار واقعی انحراف محور در نقطه a(۱۲) برابر اینچ 0.120-0.010=0.110+ و در نقطه b(۶) 0.120+0.010=+0.130 اینچ می باشد که با اعداد قبلی کاملاً متفاوت است.

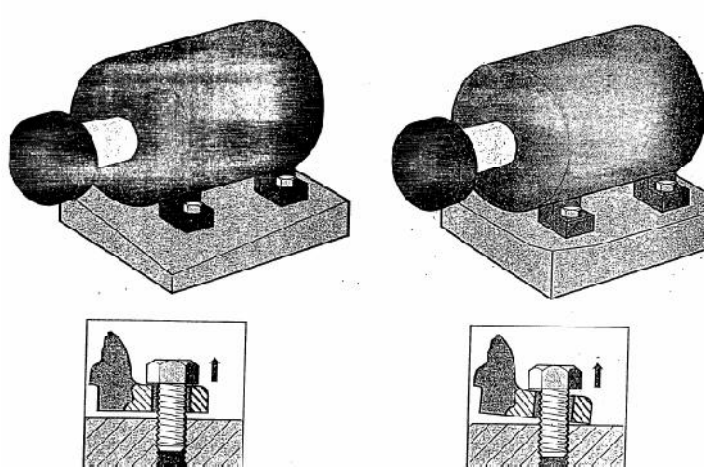


روش چک نمودن وضعیت محورها و کوپلینگ ها

قبل از انجام عملیات هم محور سازی باید وضعیت کوپلینگ ها روی لبه هـاRound و سـطوح داخلـی Face ونقاط مختلف شافت با استفاده از ساعت های اندازه گیر کاملاً چک گردند.روش کاربه این صـورت اسـت کـه ساعت اندازه گیردریک نقطه روی صفرتنظیم می شود(موقعیت ساعت۱۲)وسپس باچرخانـدن شـافت میـزان انحرافات درموقعیت های ساعت ۳و۶و۹قرائت ویادداشت می شود . اگر میزان انحرافات قرائـت شـده(اوتـی کوپلینگ ها) بیشتر از چند هزارم اینچ باشد(برای دورها ی تا 1500 حد اکثر 0.004 اینچ وبرای دورهای بالا تـر حداکثر 0.002 اینچ)باید اقدامات اصلاحی جهت تصحیح کوپلینگ هایاشافت)انجام شود همچنین نقـاط مختلـف شافت از لحاظ خمیدگی باید مورد بررسی قرار گیرند و در صـورت لـزوم محورهـا صـاف True یـا تعـویض گردد.

لقی پایه Soft Foot

وقتی پایه های یک دستگاه (یا تمامی سطح هر کدام از پایه ها) بطور کامل روی محل قـرار گیـری آن روی شاسیBase Plateقرار نگیرد (زیر یکی از پایه ها یا قسمت هایی از زیر پایه ها خالی باشـد) سـفت کـردن پـیچ مربوط به آن پایه باعث تغییر شکل در پایه ها و بدنهٔ دستگاه می شود که به این وضعیت لقـی پایـهSoft Foot گفته می شودولذالازم است قبل ازانجام عملیـات هـم محـورکردن مواردفـوق شناسـائی بررسـی واقـدامات اصلاحی موردنیازبرای رفع آن انجام شوددرغیراین صورت علاوه برمسائلی که می تواندروی یاتاقان هاسیل ها وفاصله هوائی بین رتورواستاتورو.....بوجود آوردباعث مـی شوددرهربارشـل وسـفت کـردن پـیچ هـای پایـه اعدادقرائت شده ازروی ساعت های اندازه گیرتغییر کندوامکان رسـیدن بـه هـم محـوری مطلـوب درزمـان مناسب فراهم نشود.



انواع Soft Foot

بسته به نحوه قرار گیری پایه های دستگاه روی Padstallیا Base plateلقی پایه به انواع زیـر تقسیم بنـدی می شود:

۱-Parallel Soft Foot (که دراین حالت زیر یک پایه ازماشـین بـصورت مـوازی خـالی اسـت وبـاقراردادن شیمزباضخامت مناسب زیرپایه می توان آن رااصلاح نمود)

۲- Angular Soft(دراین حالت نحوه تماس یکی بابیشترازپایه های ماشین وpad Stallبصورت زاویه ای است وبایدبااستفاده ازفیلر گیج کمترین مقداروبیشترین مقدارآن اندازه گیری شودو گاهاباتعبیه شیمزبصورت نصفه ای زیرپایه هاقابل اصلاح است ودرصورتی که زیرتمامی پایه هااین مشکل وجوداشته باشدبایدکف پایه ماشینکاری شود)

۳-Twist Soft Foot (پیچیدگی ویا تاب برداشتگی پایه یا محل قرار گیری آن که دراین حالت مقدارفیلری که زیرقسمت های مختلف پایه می رودغیریکنواخت است)

٤-Induced Soft Foot(لقی پایه تحریک شده که مربوط به پایه هانیست وعامل خارجی دارد)

در حالت Induced Soft Foot نیروهای جانبی مثل کابل های برق الکتروموتورها یا تنش های ناشی از سیستم لوله کشی موجب تغییر شکل بدنه ماشین Deformation می شوند.

عواملی که باعث Soft Foot می شوند:

۱- کوتاه یا بلند بودن ارتفاع پایه های دستگاه که این مشکل در حین ریخته گری و ساخت یا ماشین کاری ناقص کف پایه ها بوجود می آید.

۲- ناصاف بودن Base Plate و Pad Stall به دلیل پوسیدگی شاسی ,جدا شدن گروت, مسائل جوشکاری, خستگی فلزات, تنش های حرارتی, خالی بودن زیرشاسی و.....

۳- کثافات وگردو غبارهایی که زیر پایه ها بصورت اسفنج مانند در می آیند .

٤- تمیز نبودن شمیزها

۵-نامساوی بودن مقدار شیمزها

۶- زیاد بودن تعدادشیمزها

۷- فنریت داشتن شیمزها(به دلیل جنس نا مناسب آنها)و.....

۵- جوشکاری روی پایه های الکتروموتورها و پیچیدگی پایه ها نیز باعث لقی پایه بین بدنه الکتروموتور و پایه های مربوطه و همچنین بین پایه و محل قرار گیری روی شاسی می شود.

مسائل ناشی از Soft Foot

۱- تغییر شکل و شکسته شدن پایه ها و پیچیدگی و Deformation بدنه دستگاه.

۲-خمیدگی شافت در اثر پیچیدگی بدنه دستگاه.

۳-بهم خوردن وضعیت Center Line هوزینگ برینگ ها (نا هم محوری های داخلی)وخرابی های زود رس یاتاقان ها وبوجود آمدن مسائل ارتعاشی روی دستگاه.

٤-به هم خوردن فاصله های هواییAir Gap بین رتور و استاتور الکتروموتورها (در نقاط مختلف) و ایجاد نیروهای نامتعادل الکتریکی که باعث ایجاد لرزش می شوند.

۵-به هم خوردن وضعیت Alignment در هر بار باز و بسته کردن پیچ ها که باعث گیج شدن نفرات هم محوری کار می گردد.

روش های اندازه گیری Soft Foot

الف- با استفاده از فیلر گیج

ب- بااستفاده از ساعت های اندازه گیر

پ-بااستفاده ازدستگاههای لیزری

دراکثرمواقع حذف Soft Footازروی دستگاه بسیارمشکل است وبایدبه روش های فوق آن راشناسائی نمودونسبت به انجام اقدامات اصلاحی اقدام کردکه ممکن است مدت زمان زیادی برای آن صرف شود.

روش چک کردنSoft Foot با استفاده از ساعت های اندازه گیریاسیستم های لیزری

دراین روش ساعت های اندازه گیر(یا تجهیزات لیزری) روی کوپلینگ های دو دستگاه نصب می شود(غالبادرصفحه افق)وسپس یکی ازپیچ های پایه ماشین شل می شودمقدار انحراف بوجود آمده روی آن پایه اندازه گیری وثبت می کرددوسپس این کارروی بقیه پایه هانیزانجام می شودوسپس به تجزیه وتحلیل اعدادقرائت شده پرداخته می شودوپایه ای که زیر آن خالی است شناسائی می شودوباتوجه به وضعیت ناهم محوری اقدام به قراردادن شیمززیرپایه هامی شودوسپس عملیات مجدداتکرارمی شودتابه نقطه ای رسیده شودکه اعدادقرائت شده ازروی ساعت های اندازه گیردرحدمجازبرسد.

روش چک کردنSoft Foot با استفاده از فیلر گیج

در مواردی که حذف لقی پایه باقراردادن شیمززیرپایه ها ممکن نباشدازاین روش استفاده می شود پس از تمیز کاری سطوح پایه ها و Pad Stallها دستگاه بدون وجود شیمز روی Base Plate قرار می گیرد و فاصله بین نقاط مختلف هر کدام از پایه ها با محل نشیمن گاه شان روی شاسی (در نقاط مختلف) اندازه گیری و یادداشت می شودوسپس اطلاعات جمع آوری شده موردتجزیه وتحلیل قرارمی گیرد.

در صورتی که Soft Foot خیلی پیشرفته و یا پیچیده نباشد با قرار دادن شیمز با ضخامت مناسب زیر پایه های معیوب مشکل مرتفع می گردد ولی گاهاً مسائل ناشی از Soft Foot بسیار پیچیده می شوند که برای تصحیح آن نیاز به صرف وقت و هزینه زیاد جهت تعویض Base plate تعویض Pad stall وتعویض پایه های الکتروموتورها و سنگ زدن آنها می باشد که این کار معمولا روی ماشین تراش های دروازه ای انجام می شود.

لازم به توضیح است که طبق توصیه اکثریت مراجع ذیصلاح حداکثرمقدارمجاز Soft Foot برای دستگاهها و ماشین آلات صنعتی بین 0.003- 0.002 اینچ می باشد.

در نظر گرفتن کلرنس برینگ ها درمحاسبات

در رابطه با رشد حرارتی دستگاهها در فصول بعدی صبحت خواهد شد ولی مسئله حائز اهمیت دیگر تاثیرات کلرنس برینگ ها ی نوع بوشی روی شرایط هم محوری است Sleeve Bearing که با توجه به اینکه درحین چرخش فشار هیدرودینامیکی روغن باعث حرکت محوربه سمت بالا (بصورت خارج ازمرکزی) می شودباید این حرکت ها درحین Alignment همراه با مسائل رشد حرارتی درصفحات افق وقائم در نظر گرفته شوند .