آموزش

تلرانس گذاری هندسی

برای نقشه قطعات مکانیکی

براساس استاندارد ISO

بهار ۱۳۸۲

مرتضی کمالزاده

تهیه: مرتضي كمالزاده – بهار ۱۳۸۲

همّیت

در تمامی سازمانها ، برای افزایش کارآیی افراد و بالا بردن روحیه و خلاقیت سعی در ایجاد نوعی تعصّب قسمتی (ویا صنفی) میشود بطوریکه روی نام شرکت ، محصول تولیدی ،لباس کار و 000 تعصب ایجاد میشود بطوریکه:

" هرچه هست نزد ماست و ما بهترین هستیم"

واین برگرفته از فرهنگ صنعتی متداول دنیا است

ولی به محض ورود به حیطه مسائل ملّی ، فرهنگی و هر آنچه مربوط به خودمان است ، نحوه برخورد معکوس میشود و نوعی از خود گریزی نمایان میشود بطوریکه:

" هرچه هست نزد دیگران است و ما هیچ نداریم"

همین روحیه ، که علت‌العلل همه رُکوُدها و حتی پس‌رفتهای ما است توسط نخبگان خودگریزدیگر طلب از بیرون مرزها به فرهنگ ایرانی وارد شده است.

بگفته بزرگی:

" ابتدا فکر کنید که میتوانید سپس سعی کنید که بتوانید"

با این باور است که اختراعات بزرگی نمایان میشود.

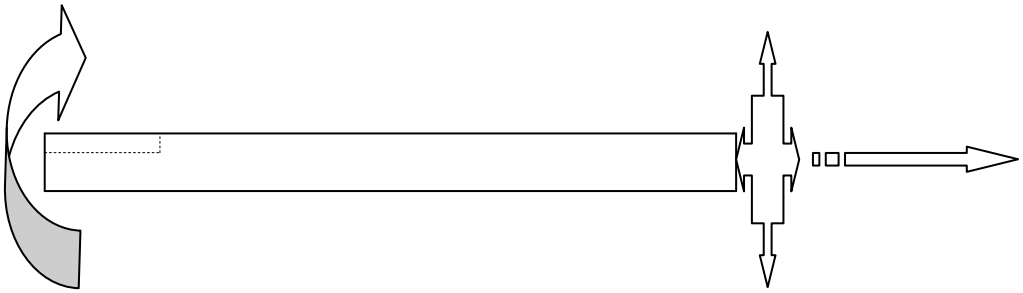
بسمه تعالی

اندازه و تلرانس گذاری نقشه(برای سیستم ISO)

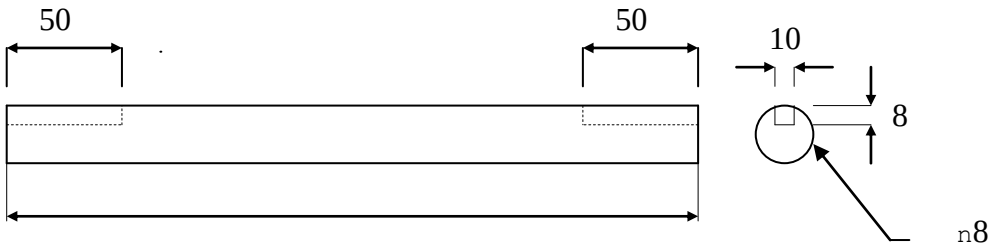
آنچه در دنیای صنعتی عامل پیشرفت و جذب مخطب بیشتری است ، نحوه ارتباط برقرار کردن با جهان پیرامون است ودراین مقوله ، طراحی اجزاء مکانیکی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.
طراح برای انتقال فکر خود به دیگران ملزم به رعایت زبان خاصی است که درقالب نقشه فنی قطعه نمایان میشود ولذا برای اینکه طراح بتواند ظرایف فکر خود را به دیگری منتقل کند بایستی به زبان تلرانس گذاری احاطه کامل داشته باشد از طرفی مخاطب طراح (مجری طرح) نیز باید به این زبان احاطه کامل داشته باشد.
لذا از اینجاست که اهمیت اندازه‌گذاری و تلرلنس گذاری مشخص میشود.
دراین نوشتار هدف ارائه این موضوع به زبانی ، ساده و روان است.

بخش اول

در اینجا با یک مثال وارد موضوع میشویم.
فرض کنید که از شما خواسته شده است که یک محور را بشکل زیر طراحی کنید. این محور از یک طرف به موتور واز طرف دیگر به پروانه متصل شده است.



در زیر نقشه محور با ابعادی مناسب (بطور فرضی)نشان داده شده است.

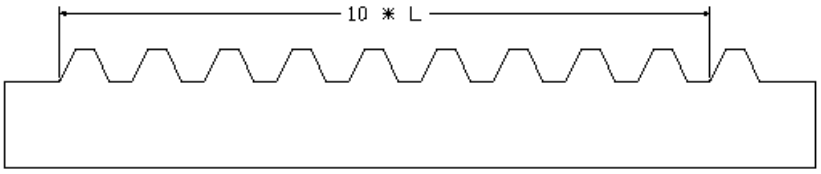


220

حال سوال اینجاست که آیا کار طراح در اینجا خاتمه یافته است؟
قطعاً جواب منفی است چرا که محاسبات نیرویی و انطباق پذیری قطعه با قطعات مجاور الزاماتی را بوجود می‌آورد که تغییر شکل هندسی قطعه را در دامنه مقادیر ابعادی محدود می‌کند.

محدودیتها شامل مقدار خطای لنگی محور ، تقارن ، راستی و استوانه‌ای و000 محور است.
به عبارت دیگر ،طراح جنس و قطر و 000 محور را برای حالتی در نظر میگیرد که مثلاً مشخصه کمانش آن کمتر از 0/1 میلیمتر باشد.
پس زمانیکه نقشه شامل تمامی دامنه‌های مجاز برای تغییرات ابعادی و هندسی باشد ، قابل ارائه برای ساخت ویا بازرسی (کنترل قطعه) میباشد.
پاره‌ای اصطلاحات در این مبحث مطرح است که باید در ابتدا توضیح داده شود.

1 -اندازه طراحی: مقادیریست که هدف طراح است امّااین اطلاعات برای ساخت براحتی قابل استفاده نیست.



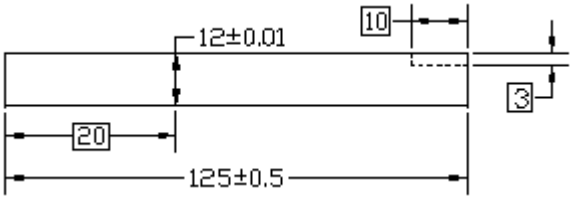
در اینجا فاصله دندانه‌های یک قطعه (دنده شانه‌ای) نشان داده شده است که باید (L) باشد.

2-اندازه اسمی: این مقادیر بیشتر به یک نماد برای معرفی است تا یک مقدار واقعی .
مثال: ورق فولادی به ضخامت **6/0** میلیمتر در بازار مشهور به ورق **60** است ویا قطر پیچ M 8 دقیقاً برابر 8 میلیمتر نمی‌باشد.

2 -اندازه واقعی: مقداری است غیرقابل دسترسی ، که هرچه دستگاه اندازه‌گیری دقیق‌تر شود به آن نزدیکتر میشویم ولی در هر صورت غیر قابل دسترسی است.

3 -به عبارت دیگر مقدار آن خارج از حیطه علم بشر است وتنها در علم الاهی است.

4 -اندازه محلی: مقداری است که مربوط به یک نقطه مشخص باشد.



در این مثال اندازه 12 با خطای ±0/01 مربوط به نقطه‌ای بفاصله 20 از انتهای قطعه است.

5- اندازه مطلق: که معمولاً داخل مستطیل قرار میدهند (یا یک عدد بدون خطا (تلرانس) است).

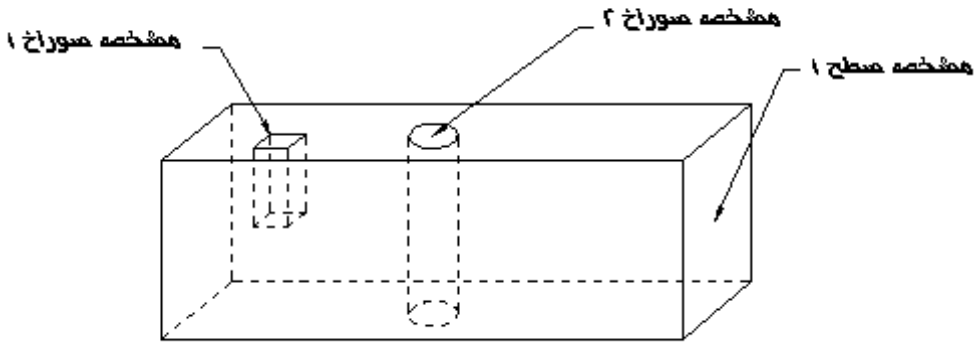
6- عدم قطعیت مقادیر اندازه‌گیری شده: مربوط به دستگاه است وبیانگر مقدار خطای احتمالی در مقادیر اندازه گیری شده توسط دستگاهی خاص است.

توجه شود که این خطا مستقل از کاربر است. خطای قرائت و تغییرات دمایی و 000 جداگانه باید بررسی شود.

7- بُعد :بیانگر یک مشخصه هندسی قطعه است مانند قطر ،طول ، ضخامت ، ارتفاع و 000

8- اندازه : بیانگر مقدار کمّی یک بُعد از قطعه است . مانند محوری بطول یک متر L = 1000 mm

9- مشخصه : اشکال هندسی تشکیل دهنده یک قطعه مانند سوراخ ، شکاف ، رویه ساده خارجی و 000 قطعه است.

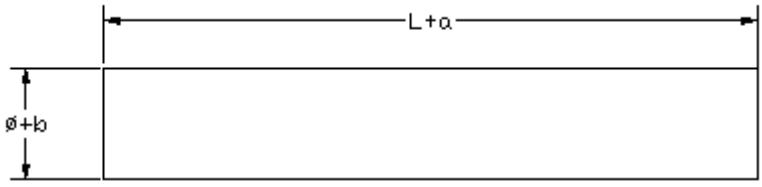


10- محور قطعه : خطی که از مرکز هندسی قطعه عبور نماید مانند خط مرکز یک لوله پلاستیکی

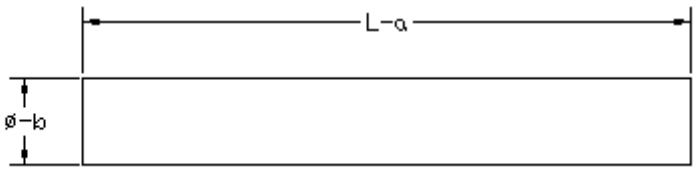
11- صفحه تقارن : صفحه‌ای که قطعه را به دو قسمت آینه‌ای تقسیم نماید.

12- رویه خارجی : فصل مشترک قطعه با فضای بیرون که محیط بر قطعه است.

13- مشخصه ایده آل : یک شکل فرضی است ومطابق تعریف ریاضی آن مشخصه است. مثلاً یک



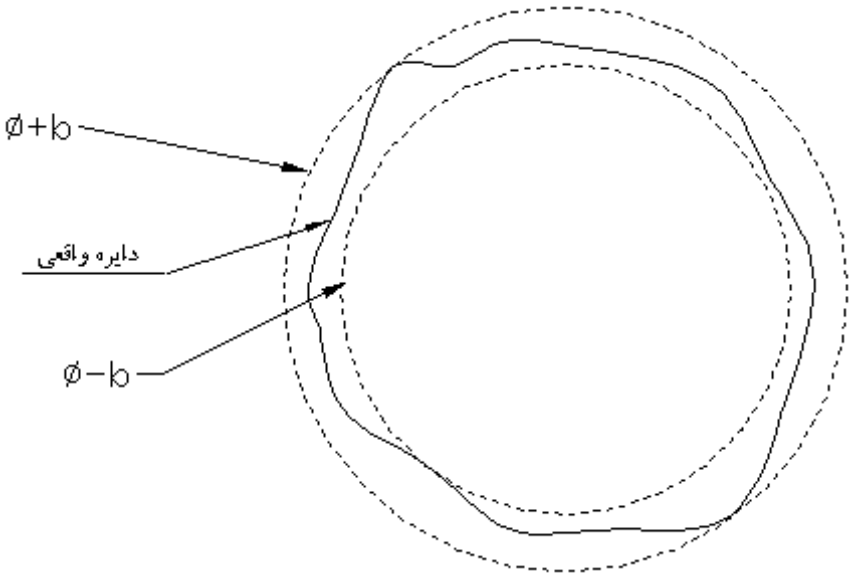
قطعه با حداکثر ابعاد



قطعه با حاقل ابعاد

محور بطول L±a و بقطر n ±b میتواند هر مقدار طولی در دامنه L-a ≤L≤L+a و قطر n -b≤ n ≤ n +b (توجه شود که حالت تساوی در نامساوی‌های فوق از نظر آماری بی معنی است)بگیرد و اشکال زیر را میتواند داشته باشد.

ولی در حداکثر مواد شکل قطعه ، بحالت یک دایره کاملاً گرد نزدیک میشود که حالت آن مشخه ، ایده‌آل است (یک دایره کامل با خطای گردی صفر).



13- رویه داخلی : فصل مشترک قطعه با فضایی که بر آن محیط است بطوریکه به آن رویه ، قطعه محیط باشد.

14- درجه آزادی : قابلیت امکان تغییر وضعیت قطعه در فضا ، که میتواند شش حالت (سه جابجایی و سه چرخش)

15- شرط حداقل مواد : بیانگر وضعیت ابعادی یک مشخصه است به این معنی که یک مشخصه (مانند سوراخ) با چه ابعاد مُجازی منجر به کمترین وزن برای قطعه میشود (یک سوراخ به قطر 10±0/5 در حالت 10/5 در حالت حداقل مواد است).

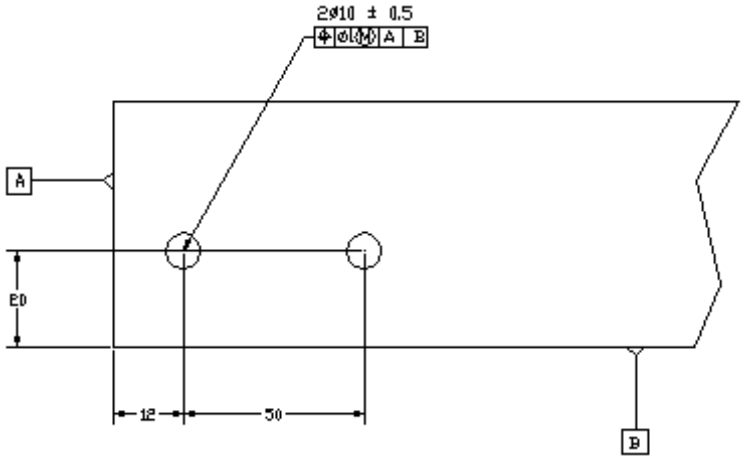
16- شرط حداکثر مواد : بیانگر وضعیت ابعادی یک مشخصه است به این معنی که یک مشخصه (مانند سوراخ) با چه ابعاد مُجازی منجر به بیشترین وزن برای قطعه میشود (یک سوراخ به قطر 10±0/5 در حالت 9/5 در حالت حداکثر مواد است).

نکته: شرط حداکثر مواد در حالتی مطرح میشود که:

1 -مونتاژ پذیری قطعه مهم باشد.

2 -لقی تحت کنترل نباشد.

مثال: قطعه زیر را در نظر بگیرید



میخواهیم این قطعه را توسط پیچ به قطعه دیگری متصل نماییم.

در اینجا از تغییر دهنده m استفاده شده است (که بیانگر شرط حداکثر مواد است) که میگوید تلرانس هندسی n1 برای حالتی معتبر است که سوراخ در حداکثر مواد قرار دارد یعنی:

n1 mm است اگر n9/5 باشد پس اگر n10 یا n10/5 باشد سهولت مونتاژ پذیری بیشتر میشود پس در این حالت میزان خطای مجاز موقعیت (n1) می‌تواند بیشتر شود.

برای محاسبه خطای مجاز موقعیت در صورتیکه مانع مونتاژپذیری قطعه هم نشود بصورت زیر محاسبه میشود که مابه التفاوت مقدار ابعادی از حالت حداکثر مواد به خطای مجاز موقعیت ، اضافه میشود.

لذا خواهیم داشت:

خطای موقعیت مجاز 1 میلیمتر است اگر قطر سوراخ 9/5 میلیمتر باشد یعنی

$$1+ \mathrm{I}\, nm - ni \,\mathrm{I} = 1 + \mathrm{I}\, 9/5 - 9/5 \,\mathrm{I} = 1$$

خطای موقعیت مجاز 1/5 میلیمتر است اگر قطر سوراخ 10 میلیمتر باشد یعنی

$$1+ \mathrm{I}\, nm - ni \,\mathrm{I} = 1 + \mathrm{I}\, 9/5 - 10 \,\mathrm{I} = 1/5$$

خطای موقعیت مجاز 2 میلیمتر است اگر قطر سوراخ 10/5 میلیمتر باشد یعنی

$$1+ \mathrm{I}\, nm - ni \,\mathrm{I} = 1 + \mathrm{I}\, 9/5 - 10/5 \,\mathrm{I} = 2$$

در اینجا مهم نیست که پیچ در حین بسته‌شدن در کجای سوراخ قرار میگیرد فقط داخل سوراخ باشد کافی است ونیاز نیست که فاصله سوراخ از طرفین باسوراخ یکسان باشدبه عبارت دیگر نیاز نیست که لقی کنترل شود.

برعکس در حالت حداقل مواد l ، علاوه بر مونتاژ پذیری ، لقی نیز تحت کنترل است.

در مثال فوق ، چنانچه دو سوراخ مذکور برای موقعیت‌دهی به دومین راهنما (به عنوان مثال با قطر n9 ±0/5) استفاده شوند

D	n9 l	A	B

در اینجا قطر سوراخ در حالت حداقل مواد l برابر 10/5 است لذا j/

خطای موقعیت مجاز 1 میلیمتر است اگر قطر سوراخ 10/5 میلیمتر باشد یعنی

1+ I n l - n i I = 1 + I 10/5 -10/5 I = 1

خطای موقعیت مجاز 1/5 میلیمتر است اگر قطر سوراخ 10 میلیمتر باشد یعنی

1+ I n l - n i I = 1 + I 10/5 -10 I = 1/5

خطای موقعیت مجاز 2 میلیمتر است اگر قطر سوراخ 10/5 میلیمتر باشد یعنی

1+ I n l - n i I = 1 + I 10/5 -9/5 I = 2

در اینجا بطوریکه مشاهده شد با بزرگتر شدن لقی (بزرگتر شدن قطر سوراخ در حالت ثبوت قطر محور) خطای مجاز موقعیت کاهش می‌یابد و با کاهش قطر سوراخ (کاهش لقی) ضمن حفظ مونتاژ پذیری ، خطای موقعیت افزایش می‌یابد..

17- صفحه مماسی: بیانگر صفحه‌ای است که روی نقاط برجسته یک مشخصه قرار گیرد.

18- تلرانس ابعادی: دامنه تغییرات مجاز یک بعد است و مربوط به ابعاد قطعه میباشد.

19- مبناء : مشخصه‌ای که در یک قطعه مهم میباشد و بقیه مشخه‌ها نسبت به آن اندازه‌گیری میشوند.

20- تلرانس هندسی: دامنه تغییرات مجاز فرم یک مشخصه است و مربوط به هندسه قطعه میباشد.

21- ناحیه تلرانسی: ناحیه‌ای که یک مشخصه مجاز است که در آن قرار داشته باشد مثل مرکز یک سوراخ

22- پوسته مونتاژی: یک پوسته مجازی است که شکل آن ایده‌آل است و با بیرونی ترین نقاط سطح یک قطعه (مثل داخل یک سوراخ یا روی یک محور)

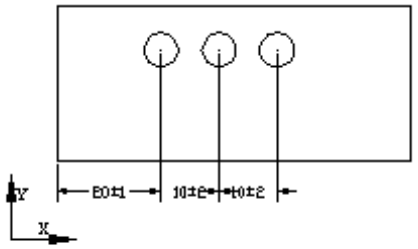
دستگاه اندازه گیری

دو نوع دستگاه اندازه گیری وجود دارد

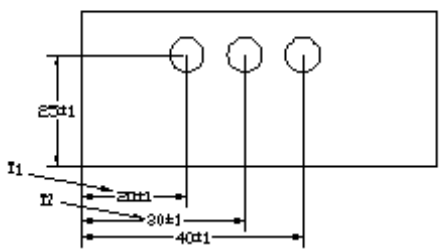
×- دستگاه اندازه گیری مختصاطی

××- دستگاه اندازه گیری هندسی

1- دستگاه اندازه گیری مختصاطی که مقادیر در فضاء ، در امتدادهای X و Y و Z داده میشود.



نقشه زیر در این سیستم تهیه شده است که منجر به بروز خطای انباشتگی میشود.



تهیه: مرتضي كمالزاده — ؛

چراکه در نقشه فوق ، خطای مجاز موقعیت سوراخ‌های a و b و c بترتیب برابر :

$$a \text{ و } b \begin{cases} \Delta X & 2 \\ \Delta Y & 2 \end{cases} \qquad b \text{ و } c \begin{cases} \Delta X & 6 \\ \Delta Y & 2 \end{cases} \qquad c \begin{cases} \Delta X & 10 \\ \Delta Y & 2 \end{cases}$$

است. لذا برای پرهیز از خطای انباشتگی ، باید از روی آن ، نقشه اجرائی (شماره 2) تهیه شود.

$$1 = 1 \quad T \Longrightarrow 2 = (20 \Longrightarrow +10) \pm 1 \qquad T \Longrightarrow 2 = 30 \pm 1$$

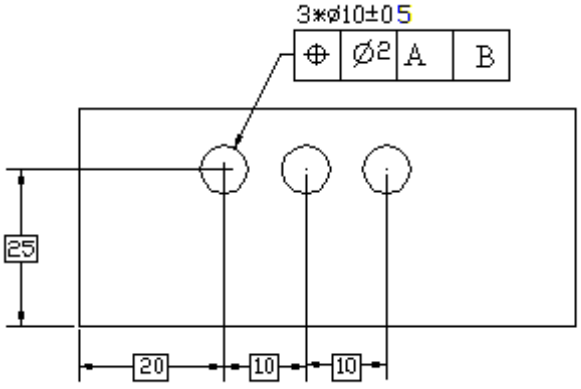
$$T2 = T0 - T1 \qquad 2-$$

مزایا و محدودیتها

نقشه های تهیه شده در این دستگاه ، بسیار ساده و آسان است و برای تهیه نقشه قطعات ساده بسیار مناسب است ولی چنانچه قطعه کمی پیچیدگی داشته باشد ، نیاز به توضیحات متنی شدیداً افزایش می‌یابد(وخطاهای متنی نیز همواره با آن خواهد بود).

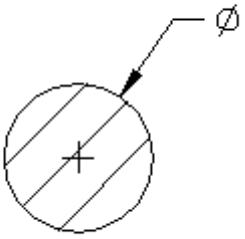
دستگاه اندازه‌گیری هندسی

نقشه مثال قبلی در این دستگاه بصورت زیر نشان داده میشود.

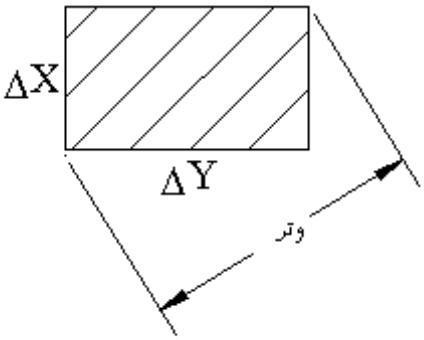


بدینترتیب نیاز به توضیحات متنی

(ودر نتیجه مشکلات مربوطه را) ندارد ولی استفاده از این روش نیاز به آموزش دارد.
نکته: در مثال قبلی موقعیت سوراخ در حالت مختصاتی داخل یک مربع یا مستطیل به ابعاد $\Delta X \times \Delta Y$ میتواند قرار گیرد.. ولی در حالت هندسی ، مرکز سوراخ داخل یک دایره می‌تواند جابجا شود که در شکل زیر نشان داده شده است.



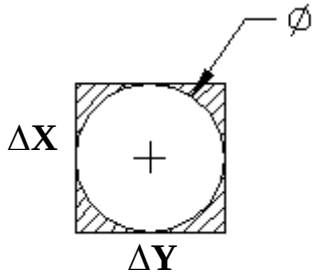
ناحیه تلرانسی در حالت هندسی



ناحیه تلرانسی در حالت مختصاطی

هرچه ناحیه تلرانسی بزرگتر باشد به معنی کاهش ضایعات (حالتی که مشخصه خارج از اندازه باشد) و کاهش هزینه است و هر چه کوچکتر باشد بینگر دقت بیشتر است.
با روی هم قرار دادن دو ناحیه تلرانسی(در حالتی که ΔX و ΔY برابر باشند) مشخص میشود.

بدینترتیب در نقاط هاشور خورده خطا در دایرهای محیطی به قطر $n = 2/8$ قرار دارد لذا این مناطق ، منطقه‌های خطر هستند.
بعبارت دیگر ، اگر انحراف از موقعیت بمیزان $R = 1/4$ مجاز است پس ناحیه تلرانسی مجاز $n = 2/8$ صحیح است و نه 2×2 ، واز طرف دیگر اگر انحراف از موقعیت ، بمقدار $R=1$ صحیح است پس باز هم $n = 2$ برای بیان ناحیه تلرانسی مناسب است و ± 1 در گوشه ها عملاً به معنی $\pm 2/8$ است که نامطلوب است.



$\Delta X + \Delta Y =$

قوانین تلرانس هندسی

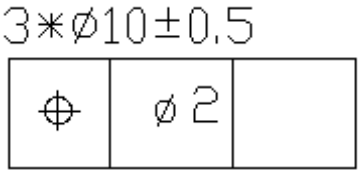
در بکاربردن و تفسیر تلرانسهای هندسی و نیز بکارگیری فرمانهای اندازه‌گیری ، ضوابطی وجود دارد که در قالب دو قانون آمده است.

قانون اول:که به اصل تیلور معروف است میگوید که برای تعریف یک مشخصه ، چنانچه فقط تلرانس ابعادی تعریف شده باشد ، در آن محدوده ، مشخصه هر شکلی میتواند بخود بگیرد امّا در حداکثر مواد ، شکل آن همان مشخصه ایده‌آل خواهد شد.

طراحی فرمانها براین اصل استوار است و فرمانها خود به شکل ایده‌آل در حالت حداکثر مواد هستند امّا فرمانهای نرو (Not Go) دیگر تابع شکل مشخصه نیست.

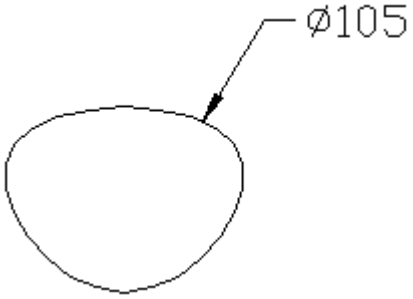
قانون دوم: اگر توسط یک تغییر دهنده (مانند m ، l ، p و سایر تغییر دهنده‌ها که بعداً توضیح داده خواهد شد)بین تلرانس ابعادی و هندسی ارتباطی برقرار نشود ایندو از هم مستقل خواهند بود.

در مثال قبلی اگر داشته باشیم



مقادیر ابعادی و هندسی از هم مستقل خواهند بود و لذا برای هر سه حالت n10/5 و n10/0 و n9/5 که مجاز نیز هستند مقدار خطای موقعیت ، مقدار ثابت n1 خواهد بود.

در مواردیکه یک بعُد در حداکثر مقدار خود ، نیاز نیست که یک مشخصه ایده‌آل باشد در جدول نقشه مربوطه عبارت ISO8015 ذکر میشود.



مثال: چنانچه قطعه زیر که بطور اغراق آمیزی ناموزون ترسیم شده است توسط ساعت اندازه‌گیری ، خطای گردی آن اندازه‌گیری شود ، ممکن است خطای بیش از 5 میلیمتر داشته باشد در حالت m که n105 است خطای شکل (خطای فرم) آن صفر نباشد امّا، فقط رعایت ابعادی آن کفایت نماید از عبارت ISO 8015 ذیل نقشه استفاده میشود.

محاسبه اندازه بحرانی برای طراحی فرمانها

در طراحی فرمانهای برو ، آنچه که مهم است ابعاد قسمت اصلی فرمان (عنصر کنترل کننده فرمان) است که در حالت حداکثر مواد ، مطابق ذیل محاسبه میشود:

خطای مجاز هندسی ± اندازه بُعد در حالت حداکثر مواد = اندازه بدترین حالت

چنانچه عنصر کنترلی فرمان محیط بر مشخصه کنترل شونده باشد از علامت جمع و چنانچه محاطی باشد از علامت تفریق استفاده میشود.

n 21/4 ± 0/1

مثال: مطلوب است اندازه بدترین حالت برای محوری بصورت زیر

b	n0/05m

اندازه بدترین حالت	b	n
21/55	0/05	21/5
21/55	0/15	21/4
21/55	0/25	21/3

n 21/4 ± 0/1

مثال: مطلوب است اندازه بدترین حالت برای سوراخی بصورت زیر

b	n0/05m

اندازه بدترین حالت	b	n
21/25	0/05	21/3
21/25	0/15	21/4
21/25	0/25	21/5

نکته: در طراحی فرمانها بایستی که مقدار سایش را نیز در نظر گرفت که خود تابع استانداردهای مربوطه میباشد.

قبل از ورود به موضوع اصلی ، لازم است که فرق بیت خطای شکل هندسی و عیوب سطحی بیان شود در جدول زیر تفاوت بیت کیفیت سطح که در فرآیندهای مختلف تولیدی ، متفاوت است با دقت شکل هندسی آورده شده است.

روش اندازه‌گیری	علت ایجاد شدن	ابعادی	نوع خطا
باید کل سطح بررسی شود	1-سایش ابزار 2-تغییرشکل قطعه یا ماشین در حین فرآیند 3-سختی غیریکنواخت قطعه	$\frac{\text{عرض}}{\text{عمق}} > 1000$	خطای شکل
با بررسی قسمتی از سطح قابل اندازه‌گیری است	1-لنگی ماشین 2-ناپایداری فرآیند	$100 < \frac{\text{عرض}}{\text{عمق}} < 1000$	اعوجاج
با بررسی قسمت کوچکی از سطح قابل اندازه‌گیری است	1-شکل نوک ابزار 2-پیشروی 3-قابلیت ماشینکاری	$\frac{\text{عرض}}{\text{عمق}} < 150$	زبری

خطای شکل

این خطاها به چهار دسته‌تقسیم میشوند

1 -خطای شکل (Form Tolerance)

2 -خطای امتداد (Orientation Tolerance)

3 -خطای مکان (Position Tolerance)

4 -خطای انحناء (Profile Tolerance)

انواع خطاهای شکل عبارتند از:

1- خطای راستی (Straightness Tolerance) با علامت u

2- خطای تختی (Flatness Tolerance) با علامت c

3- خطای گردی (Circularity Tolerance) با علامت e

4- خطای استوانه‌ای (Cylindricity Tolerance) با علامت g

انواع خطاهای امتداد عبارتند از:

1- خطای توازی (Paralletism Tolerance) با علامت f

2- خطای تعامد (Perpendicularity Tolerance) با علامت b

3- خطای زاویه (Angularity Tolerance) با علامت a

انواع خطاهای مکان عبارتند از:

1- خطای موقعیت (Position Tolerance) با علامت j

2- خطای تقارن (Symetry Tolerance) با علامت ⌯

3- خطای هم‌محوری (یا هم‌مرکزی) (Coaxiality(Cocentricity) Tolerance) با علامت ◎

انواع خطاهای انحناء عبارتند از:

1- خطای انحناء خط (Profile-line Tolerance) با علامت ⌒

2- خطای انحناء سطح (Profile-surface Tolerance) با علامت ⌓

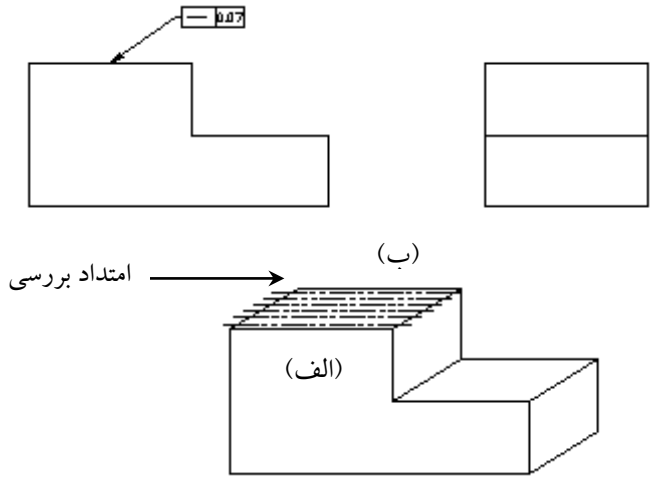
حال نتوضیح انواع خطاها پرداخته خواهد شد.

خطای شکل

خطای راستی

⏤

تعریف:بیانگر راستی و در یک امتداد بودن نقاطتشکیل دهنده خط سازنده یک سطح (مانند نقاط سازنده یال یک استوانه) است. در اینجا میزان انحراف یک نقطه از آن خط در مقایسه با سایر نقاط همان خط معنی دارد . بعبارت دیگر بررسی راستی ، نیازبه مبناء ندارد.



در شکل فوق چونکه خط

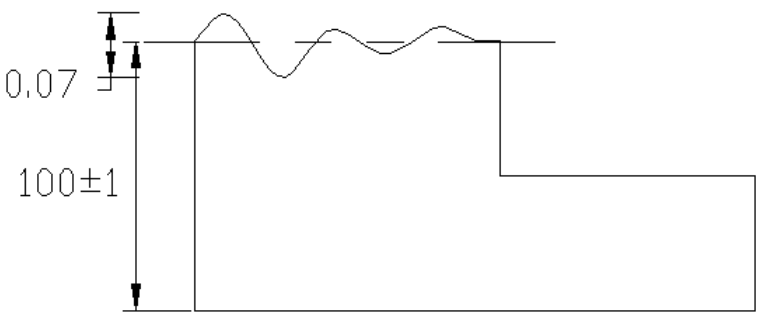
تلرانس روی ضلع (الف) گذارده شده است پس ملاک ، بررسی میزان خطا در خطوط موازی آن ضلع روی سطح مربوطه روی سطح مربوطه است.

ناحیه تلرانسی : فاصله دو خط راست و موازی از هم به فاصله (0/07 در مثال فوق) مشخص از یکدیگر

بدینترتیب

حالات زیر

مجاز است.



نحوه اندازه‌گیری : چونکه مستلزم مبناء نیست لذا برای بررسی هر خط ، روی سطح مورد نظر بایستی که ابتدا در دو نقطه روی آن سطح ، ساعت ساعت اندازه‌گیری را صفر نمود ، سپس در طول آن توسط ساعت ، قطعه را بررسی نمود و دامنه حرکت عقربه ساعت (Full indicator Movement که به اختصار FIM است) نباید از خطای مجاز بیشتر باشد.

روشهای مختلفی از جمله استفاده از قطعات V شکل ثابت و قابل تنظیم برای صفر نمودن ساعت روی قطعه بکار برده میشود.

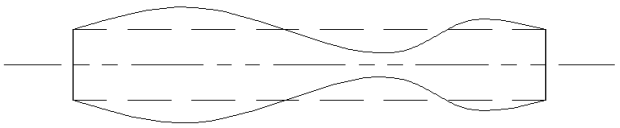
روش دیگر استفاده از خطکش فلزی (ستّاره) و تیغه‌های اندازه‌گیری (فیلتر) و سیمهای باقطر مشخص است(البته استفاده از تیغه یا سیم‌های نازک مشکلات اجرایی دارد).

در اینجا چهار نکته وجود :

1 -در خصوص یک سطح ، خطای هندسی مجاز همیشه باید کوچکتر از خطای ابعادی مجاز است.

2 -اگر یک بُعد ، تلرانس هندسی نداشته باشد ، هر شکلی را میتواند در محدوده مجاز خطای ابعادی ، بخود بگیرد.

3 -اگر سطح یک قطعه راست باشد ، محور آن نیز راست است ولی عکس آن ممکن است صحیح نباشد.



سطح راست نیست ولی محور راست است

4 -ناحیه تلرانسی راستی

برای یک محور ، یک استوانه است زیرا که محور در همه طرف ممکن است خطا داشته باشد.

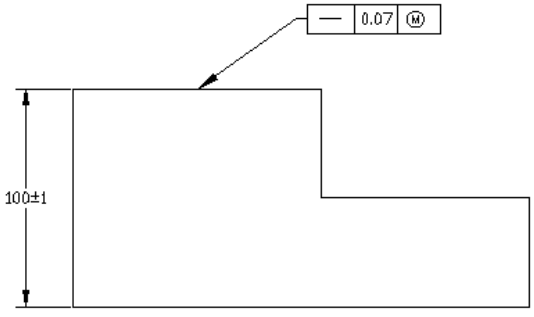
در صنعت ، باتوجه به شرایط کارگیری قطعات ، خطاهای مجاز معنی پیدا میکند لذا اگر در مورد قطعه‌ای (مشخصه‌ای) ، انطباق با قطعات مجاور (مونتاژپذیری(مهم باشد ویا قطعه نقش هدایت قطعات دیگر را داشته باشد ، خطا های مجاز تغییرخواهد کرد.

استاندارد ISO در اینجا از تغییر دهنده‌ها استفاده میکند که در انواع زیر هستند

تغییر دهنده‌ها در ISO (Modifiers)

1 -تغییر دهنده حداکثر مواد m

با استفاده از این تغییر دهنده برای مثال راستی داریم



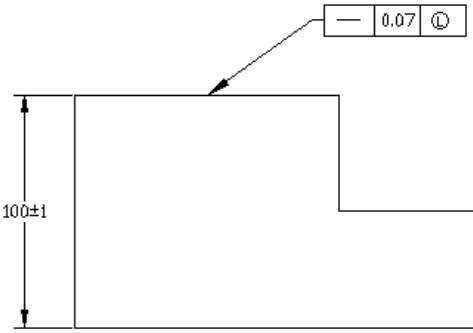
تفسیر آن این است که مقدار خطای مجاز

راستی در حالت حداکثر مواد برای بُعد مربوطه (یعنی حالت 101 میلیمتر) 0/07 است پس هرچه از 101 فاصله گرفته شود ، خطای مجاز هندسی بیشتر میشود یعنی:

خطای مجاز هندسی	خطای مجاز ابعادی
0/07	101
1/07	100
2/07	99

2- تغییر دهنده حداقل مواد L

در مثال فوق خواهیم داشت



که بیانگر خطای هندسی مجاز 0/07 برای حالت حداقل مواد برای بُعد مربوطه است که 99 میلیمتر است. پس هرچه از 99 فاصله گرفته شود ،

خطای مجاز هندسی بیشتر میشود یعنی:

خطای مجاز هندسی	خطای مجاز ابعادی
0/07	99
1/07	100
2/07	101

3- تغییر دهنده حداقل مواد { (Reciprocity)

درمثال فوق اندازه بُعد موردنظر داخل محدوده مجاز 100 ○ اندازه ○ 99 در نظرگرفته شد و همواره تغییرات ابعادی به خطای هندسی مجاز اضافه میشد ولی با استفاده از این تغییر دهنده تعامل بین خطاهای هندسی و ابعادی دو طرفه میشود و مثلاً برای حالت m خواهیم داشت

خطای مجاز هندسی	خطای مجاز ابعادی
0	101/07
0/07	101
1/07	100
2/07	99

و برای حالت l بدست می‌آید که

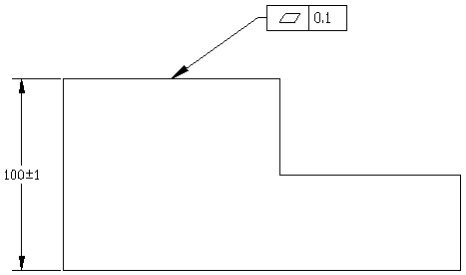
خطای مجاز هندسی	خطای مجاز ابعادی
0	98/93
0/07	99
1/07	100
2/07	101

4- تغییر دهنده صفحه تماسی (Tangential plane) $

5 -تغییر دهنده ناحیه تلرانسی تصویر شده (Projected tolerance zone) p

موارد 4 و 5 در ادامه توضیح داده خواهد شد.

خطای تختی



تعریف: در قبل راستی برای یک خط تعریف شد تختی همان تعریف راستی است لیکن برای سطح ناحیه تلرانسی ، دو صفحه موازی است به فاصله معین

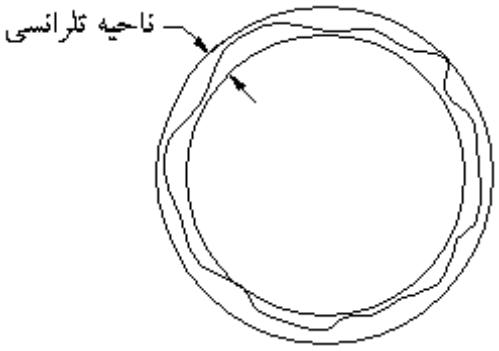
روش اندازه‌گیری: با استفاده از یک قطعه V شکل ثابت و دو عدد قابل تنظیم ، باید ساعت اندازه‌گیری حداقل روی سه نقطه واقع در سطح مورد نظر صفر شود ، سپس FIM ساعت باید مساوی یا کمتر از خطای تختی مجاز باشد.

خطای گردی

تعریف : میزان شباهت شکل هندسی قطعه به دایره (در مقطع مورد نظر)را نشان میدهد.

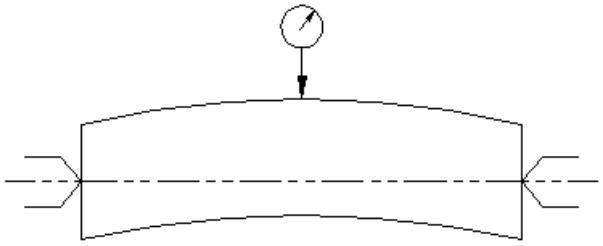
ناحیه تلرانسی : فاصله شعاعی دو دایره هم‌مرکز است.

روش اندازه‌گیری :روش دستی ندارد و باتجهیزات پیشرفته قابل اندازه‌گیری است ملی با برخی روشها میتوان قطعه تاییدکرد.



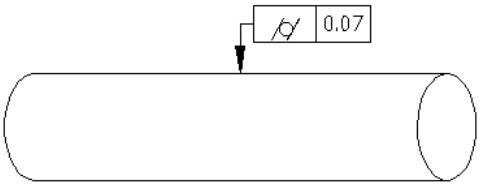
از جمله با استفاده از قطعات V و ساعت اندازه‌گیری ، که اگر میزان FIM روی قطر مورد بررسی کمتر از خطای گردی مجاز باشد قطعه قبول است ولی اگر بیشتر از حد باشد ، الزاماً قطعه معیوب نیست.

چنانچه قطعه‌ای با خطای راستی به روش دستی فوق بررسی شود ، مردود میشود در صورتیکه اثر خطای راستی در قالب خطای گردی بروز کرده‌است.



خطای استوانه‌ای

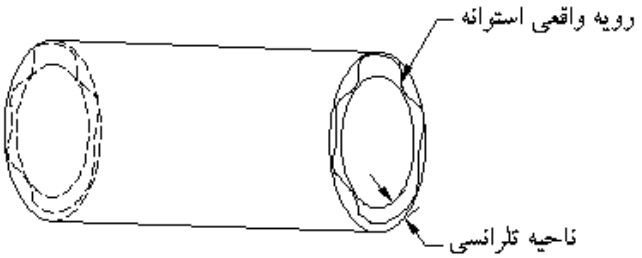
تعریف : با توجه به تعریف شکل هندسی استوانه ، برای بررسی دقت شکل قطعه است و مجموع خطای گردی و راستی را همزمان مورد توجه قرار میدهد..



نکته : با تعریف فوق ، یک مخروط هم میتواند خطای استوانه‌ای ناچیزی داشته باشد اما تغییرات قطر در طول استوانه از طریق خطای ابعادی ، بررسی می‌شود.

ناحیه تلرانسی : فاصله شعاعی دو استوانه هم‌محور که استوانه منظور داخل آن قرار داشته باشد.

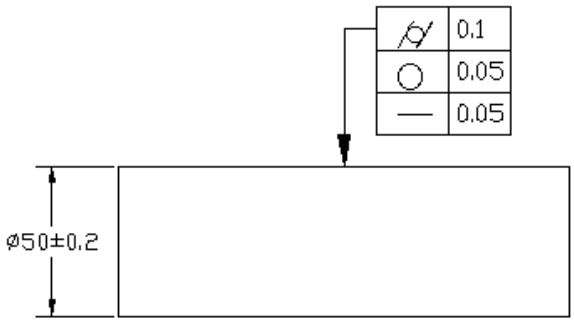
نکته : با توجه به شرایط کارکرد قطعه ، ممکن است که خطای استوانه فقط در برخی موقعیتها ی خاص از قطعه مورد نظر باشد.



روش اندازه‌گیری :با توجه به اینکه اندازه‌گیری همزمان در سه بُعد (در طول یال و روی محیط دایره) انجام شود ، بطور دستی بسیار مشکل است و عملاً قابل انجام نیست.

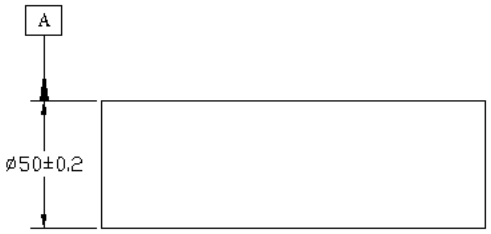
ولی چنانچه لنگی کل (بعداً توضیح داده خواهد شد) مساوی ویا کمتر از خطای استوانه‌ای مجاز باشد ، قطعه قابل قبول است در غیر اینصورت نمی‌توان قطعه را تایید یا مردود کرد.

نکته : ممکن است طراح برای اطمینان بیشتر از صحت شکل هندسی قطعه ، سهم خطای گردی ویا راستی را از خطای استوانه‌ای محدود کند که هریک از آنها بتنهایی در غیاب دیگری ، کل خطای استوانه‌ای مجاز را بخود بگیرد.



چونکه برای مطالعه خطاهای امتداد دانستن مفهوم مبناء لازم است در اینجا انواع آنها آورده شده‌است.

مبناء باعلامت نشان داده میشود در مثال زیر محور استوانه مبنائ بنام A است.

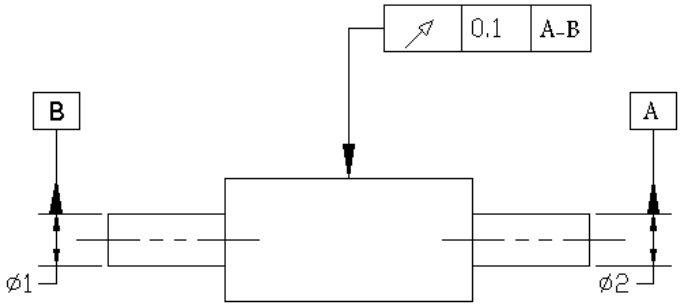


نام مبناء کلیه حروف انگلیسی میتواند باشد ولی برای جلوگیری از خطا ، بهتر است از حروف I,Q,O,X و Z استفاده نشود.

تعریف : مبناء میتواند یک نقطه ، خط ، صفحه ویا هر سطح هندسی باشد که در صورت لزوم از آن اندازه‌گیری میشود ویا تلرانسهای هندسی نسبت به آن مشخص میگردد.

مبناء ممکن است یک شیء هندسی فرضی (مانند محور یک سوراخ) باشد.

مبناء مشترک : در شکل زیر برای بررسی لنگی قطعه ، مبناء مشترک A و B است که در نقشه بصورت زیر می‌آید.

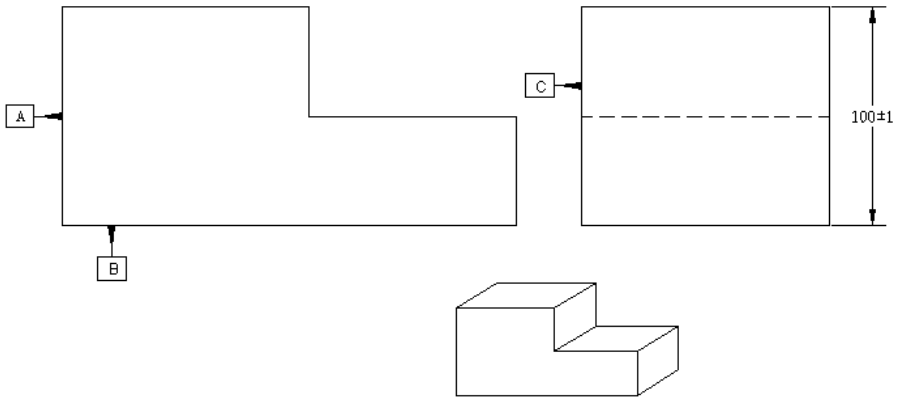


انواع سیستمهای مبنایی

1 -سیستم مبنایی سه صفحه‌ای

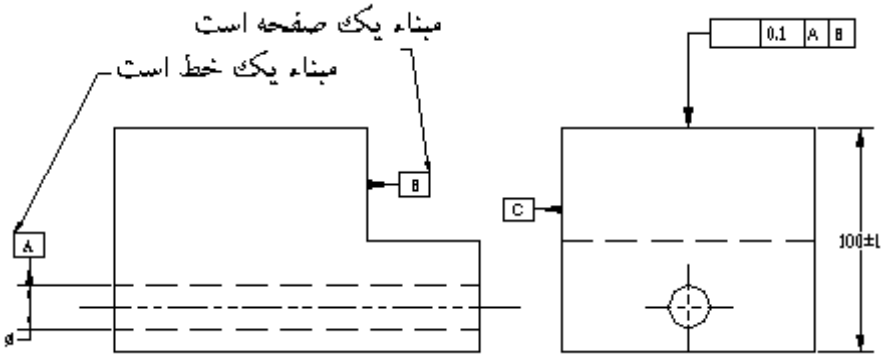
2 -سیستم مبنایی غیر سه صفحه‌ای

درسیستم مبنایی سه صفحه‌ای، سه صفحه متعامد معروف به X , Y, Z هستند.

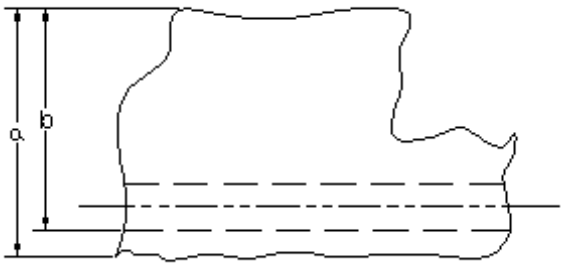


در سیستم مبنایی غیر سه صفحه‌ای ، مبناء ممکن است هر شیء هندسی مانند صفحه ، محور و 000 باشد.

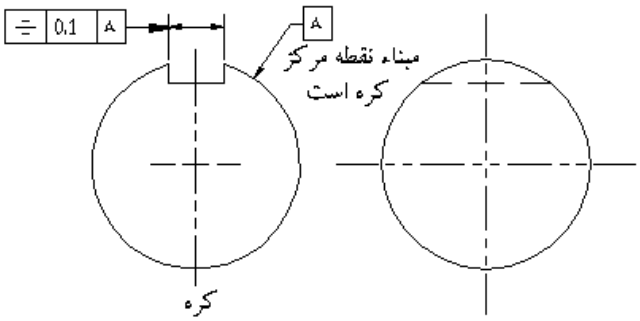
در مثال زیر باید موقعیت سطح منظور با مبناء A خطای 0/1 داشته باشد و این اندازه‌گیری زمانی باید بررسی شود که



قطعه بر روی سطح B مستقر شده‌است و اندازه در جهت مقابل سطح B و موازات آن سطح منظور استکه این مطلب در شکل آمده است.

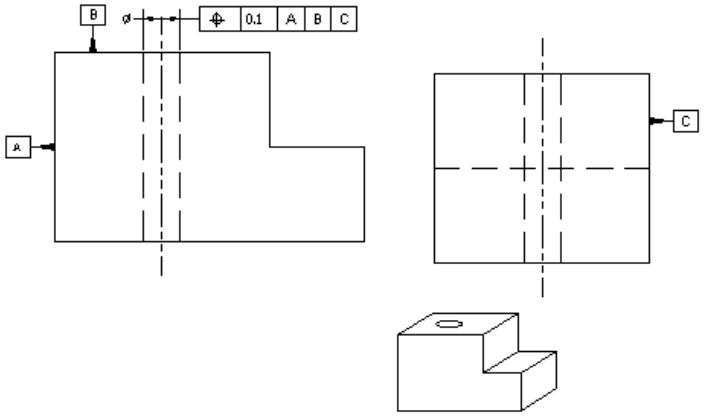


در شکل مقابل مبناء یک نقطه است.

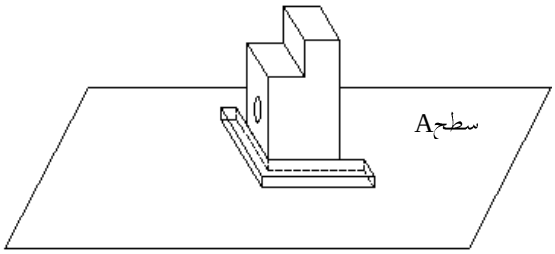


ترتیب بکارگیری مبناها

در مثال زیر موقعیت سوراخ با مقادیر 10 و 50 مشخص شده‌است وترتیب مبناها A و B و C استلذا بایستی فاصله سوراخ در حالتی ابتدا قطعه روی سطح A استقرار یافت به

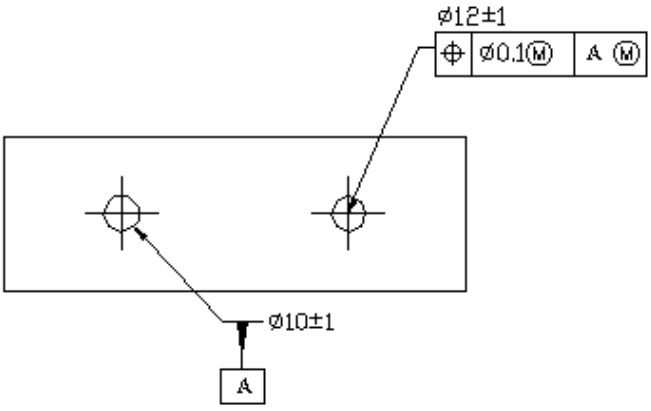


یک لبه گونیا نسبت به A که بیانگر نقش B است ، حداقل در دو نقطه تکیه نماید و سپس به یک لبه گونیا دیگر که معرف C است حداقل در یک نقطه بچسبد. حال باید مقادیر 10 و 50 از مرکز سوراخ تا سطح A و گونیای C اندازه‌گیری شود.



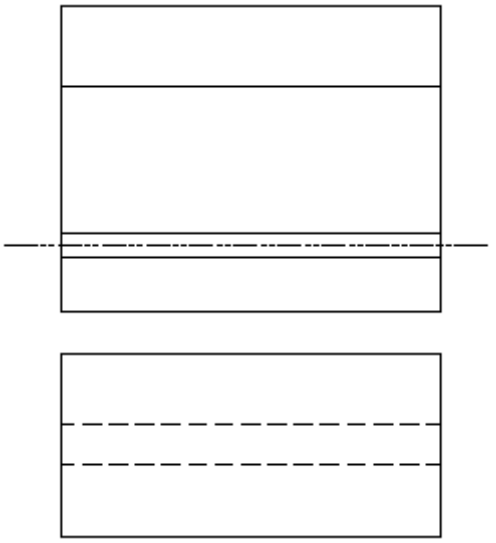
نکته:اگر یک تغییر دهنده در جلوی عدد n0/1 بیایدبیانگر آنست که در حلتی خاص که آن تغغیر دهنده بیان میکند ، عدد خطا 0/1 است لذا 0/1 برای حالت دیگر باید بررسی شود واز طرفی اگر یک تغییر دهنده جلو یک مبناء باشد ، بیانگر اینست که مبناء در حالتی خاص ، که فرضی نیز است ، نقش مبناء برای موضوع را دارد که در مثال زیر آمده است.

در اینجا سوراخ A در حالت قطر n11 مبناء است.



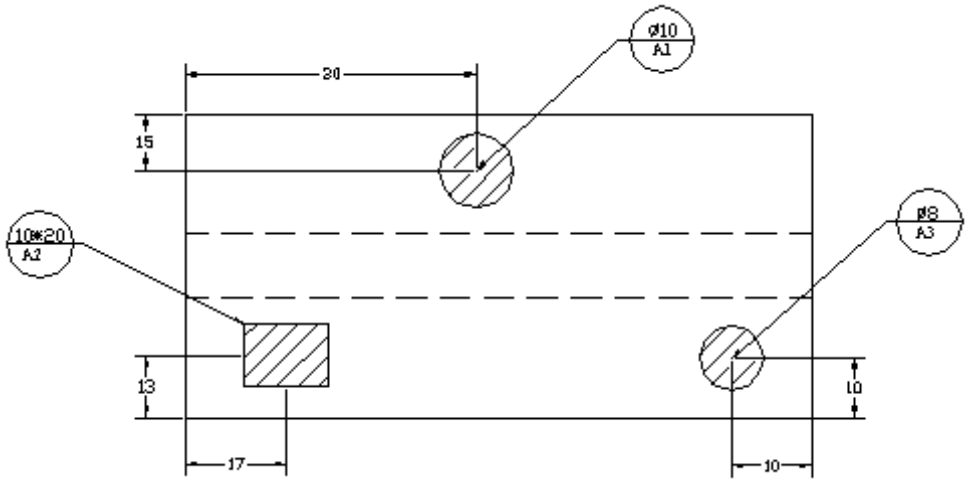
مبناءهای جزئی (Partial Datums)

بطوریکه تا اینجا گفته شد ، مبناءها ، کل یک مشخصه مانند یک سطح ، محور یک سوراخ ویا 000 بود .امّا گاهی بنا به کاربرد قطعه ، قسمتی مشخص از یک سطح و یا یک مشخصه ، ملاک و معیار اندازه‌گیری است که آن موقعیت روی نقشه معین شده است.



در مثالهای زیر موضوع نمایش داده شده‌است.

موقعیت مبناء جزئی روی نقشه مشخص میشود و ابعاد و نام ، داخل یک دایره نوشته میشود که با خطی به مبناء جزئی مذکور روی نقشه متصل میشود. در نیمه بالایی دایره ، ابعاد مبناء و در نیمه پایینی ، نام آن نوشته میشود.



انسانها ذاتاً عزت‌طلب هستند اما بواسطه رسوخ فرهنگ جدید طی صدساله اخیر ،عزتی در خود نمی‌بینیم. لذا قابلیت ارتقاء را در خود نمی‌بینیم . بدین علت برای بالا بردن خود سعی در پایین آوردن دیگران میکنیم.

در زمان توزیع فرصت‌ها ، نمی‌گویم که به من بدهید چونکه این قابلیتها را دارم ، بلکه میگویم به دیگری چرا دادید و چنین است و چنان نیست.

در خصوص همگان قضاوت میکنیم و از قضاوت دیگری در مورد خود گریزان.

اگر اصل براین گذارده شود که:

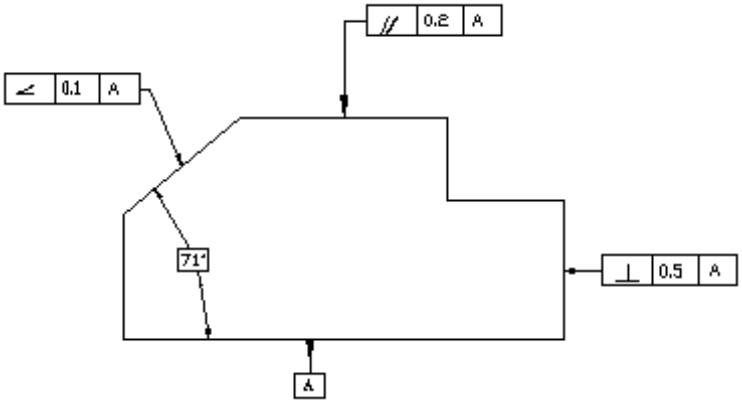
" همه خوبند مگر خلاف آن ثابت شود "

و ضعف از خود ماست نقطه آغاز پیشرفت فردی و سپس جامعه است و منجر به رقابت سالم و مورد پسند شرع مقدَس ، بجای حسادت‌های بچه‌گانه میشود.

خطای راستا

هدف در اینجا ، بررسی وضعیت مشخصه نسبت به مبناء مورد نظر میباشد.

این خطا به سه نوع تقسیم‌بندی شده‌است که در ادامه آورده شده‌است.

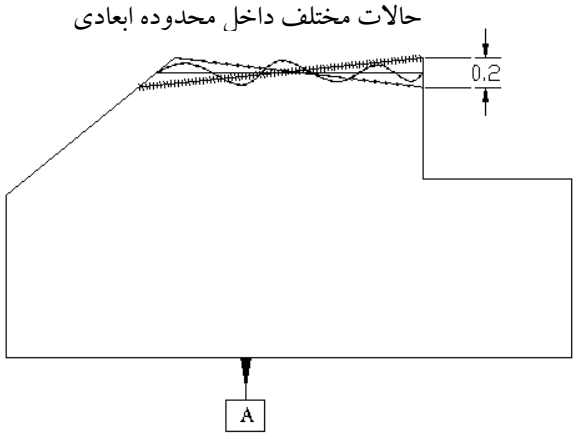


خطای توازی

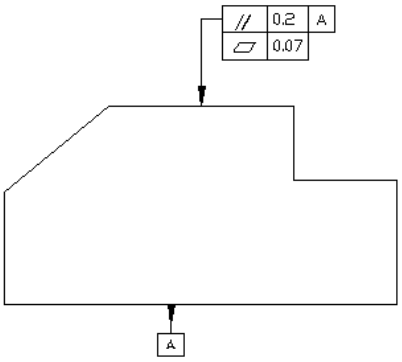
تعریف: بررسی تختی یا راستی یک مشخصه نسبت یه یک مبناء است.

توازی یک سطح ، بررسی آن سطح نسبت به مبناء است.

ناحیه تلرانسی: فاصله دو صفحه موازی با مبناء است که مشخصه بین آن دو صفحه هر حالتی را میتواند بخود بگیرد. که برای مثال فوق داریم:



روش اندازه‌گیری: در حقیقت ساعت اندازه‌گیری باید نسبت به مبناء صفر شود و سپس روی سطح حرکت کرده و FIM آن روی سطح مورد نظر (عملاً در تعداد نقاطی مشخص) اندازه‌گیری میشود.



نکته: ممکن است طراح برای اطمینان از کیفیت قطعه ، سهم خطای تختی یا راستی را از توازی مشخص

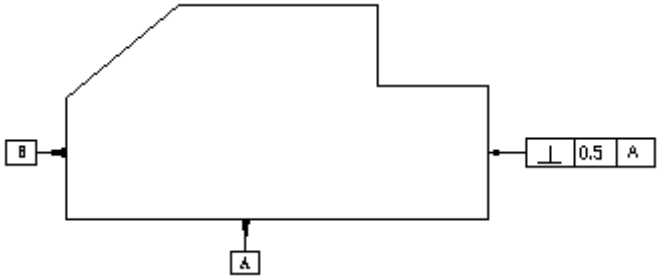
کند ، مانند:

خطای تعامد

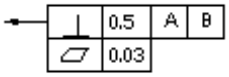
تعریف: برای بیان تعامد یک مشخصه (سطح ، محور و 000) با یک مبناء میباشد.

ناحیه تلرانسی: از جمله روشهای بررسی این خطا ، برای تعامد دو سطح ، قرار دادن قطعه با سطح مبناء روی میز صافی و سپس حرکت ساعت اندازه‌گیری روی سطح مورد بررسی در امتداد عمود بر مبناءاست. برای بررسی تعامد محور با سطح یا محور با محور ویا 000 از روشهای مناسب مربوطه استفاده میشود.

نکته : معمولاً برای افزایش دقت و تکرار پذیری اندازه‌گیری ، مبناء دوم نیز معرفی میگردد که در خصوص شکل مجاور کاربرد مبناء B این است که برای بازرسی ، باید قطعه از پشت به یک گونیای عمود بر سطح میز صافی بچسبد و سپس بازرسی انجام شود.

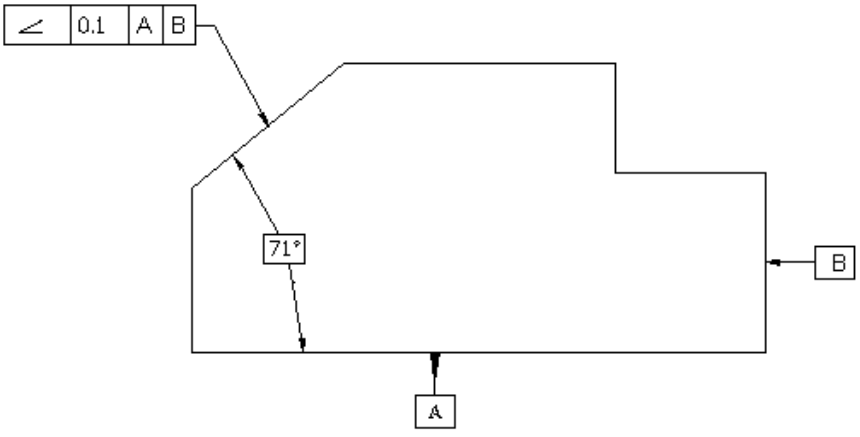


در اینجا نیز خطای تختی مطرح است که طراح برای اطمینان از کیفیت قطعه ، ممکن است سهم خطای تختی را از تعامد مشخص کند مثلاً در مثال فوق ممکن است داشته‌باشیم :



خطای زاویه (Angularity)

تعریف: خطای زاویه یک مشخصه را با مبناءمیرساند.



ناحیه تلرانسی: فاصله دو صفحه موازی که با مبناء زاویه مورد نظر را دارد.

روش اندازه‌گیری: میتوان سطح مبناء قطعه را روی یک سطح شیب دار ، با شیبی به مقدارزاویه قطعه ، قرار داد و سپس با حرکت ساعت روی سطح مربوطه در امتداد شیب ، خطای زاویه بدست می‌آید که FIM ساعت حداکثر میتواند برابر با خطای تعامد باشد.

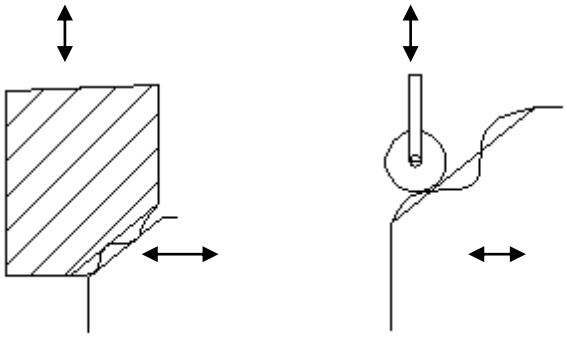
در اینجا نیز برای انجام صحیح اندازه‌گیری و ایجاد قابلیت تکرار پذیری ، مبناء دوم مطرح میشود.

سطح شیب‌دار میتواند یک میز سینوسی باشد.

در اینجا نیاز است که با یکی دیگر از تغییر دهنده‌ها بنام تغییر دهنده مماسی آشنا شوی

تغییر دهنده مماسی

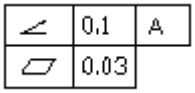
اگر قطعه نشان داده $شده در مثال فوق ، برای هدایت یک بادامک ساچمه‌ای (مثل بادامک تحریک یک حسگر یا میکروسوئیچ)و یا کشوئی قالب باشد.انتظارات از سطح فرق میکند.



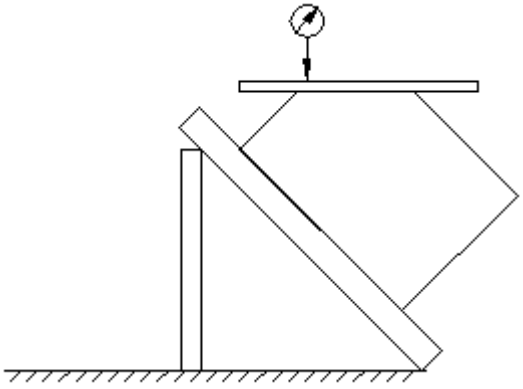
در حالت اول تخنی اهمت پیدا میکند

و در اصل شکل سطح با تمام

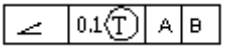
فرورفتگی‌هایش بر عملکرد قطعه موثر است. لذا ممکن است طراح مقدار خطای تختی را محدود کند



ولی در حالت تختی اهمیت ندارد و آنچه مهم است سطح تماسی فرضی است که همان برجستگی‌های سطح است. در این حالت برای اندازه‌گیری خطا علاوه بر موارد پیش گفته ، یک صفحه تخت با سطوح دو طرف موازی ، روی سطح شیب‌دار قرار میگیرد و سپس حرکت ساعت روی آن انجام میشود و در این حالت FIM باید کمتر از خطای زاویه باشد.



در این حالت عبارت تلرانسی ، بدین صورت



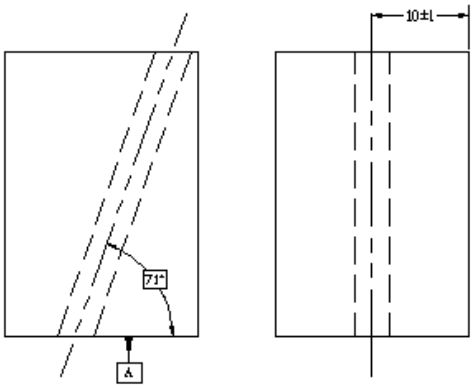
است:

نکته: بعلت مشکلاتی که در تعریف این تغییردهنده وجود دارد ISO آنرا نیاورده است و مطلبی نیز برای آن منتشر ننموده است اما میتوان از آن استفاده کرد.ولی در استاندارد ANSI از آن استفاده میشود.

در حالت ، استفاده از زاویه سنج پیشنهاد میشود.

بررسی خطای زاویه محور با سطح

برای اندازه‌گیری خطای محور سوراخ باید یک پین جذب داخل سوراخ جازد بطوریکه از طرف دیگر سوراخ نیز بیرون بزند و سپس مطابق قبل اندازه‌گیری انجام میشود.



ممکن است ناحیه تلرانسی ، یک استوانه باشد ،چرا که یک خط ممکن است به هر طرف انحراف پیدا کند و از طرفی اندازه حاکم بر نمای جانبی قطعه ، نیز مطلق باشد.مثلاً در مثال فوق بجای 10 ± 1 داشتیم

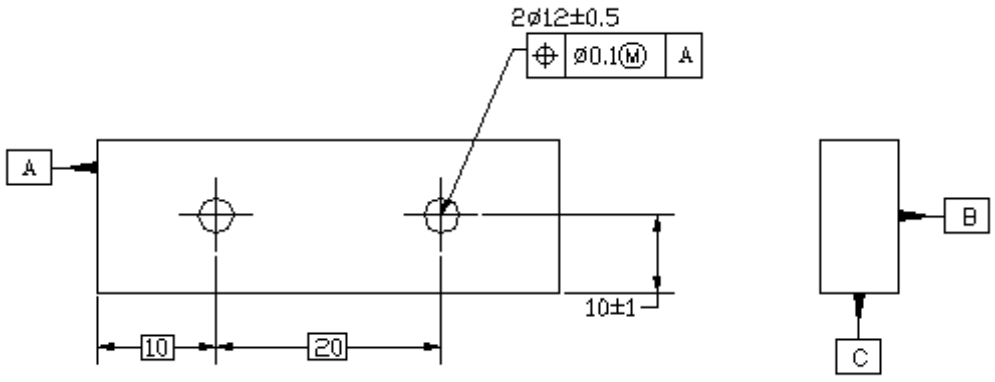
10 و عبارت تلرانسی نیز | a | n0/1 | A | B | باشد.

این حالت برای خطای راستی تعامد بین خط و مبناء نیز مطرح است.

خطاهای مکان (Location)

خطای موقعیت (Position)

تعریف: ابتداً به معنی موقعیت | j | مکانی است ولی باتوجه به موقعیتی که مشخصه با مبناء دارد ممکن است معنی تعامد و یا توازی را نیز بدهد.



ناحیه تلرانسی: میتواند فاصله دو صفحه موازی و یا قطر یک استوانه باشد که در عبارت تلرانسی مشخص میشود.

ناحیه تلرانسی یک استوانه که در حالت حداکثر مواد سوراخ ، قطر آن 0/1 میلیمتر است.

در مثال فوق اگر عبارت تلرانسی بصورت | j | n0/1 | B | باشد معنی تعامد را میدهد چونکه محور مزبور عمود برمبناء B است.

در مثال فوق اگر عبارت تلرانسی بصورت | j | n0/1 | C | باشد معنی توازی را میدهد که محور سوراخ بین دو صفحه به فاصله 1 میلیمتر میتواند قرار داشته باشد چرا که محور سوراخ با مبناء C موازی است.

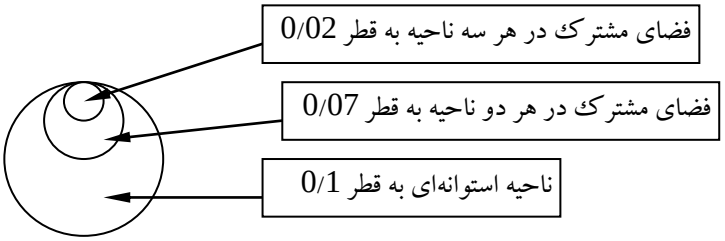
گاهی ممکن است چند عبارت بصورت

2 n12±0/05

j	n0/1	A	B	C
j	n0/07	B		
j	n0/02			

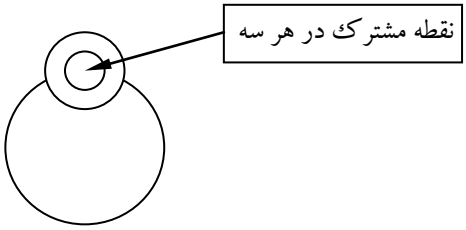
که عبارت تلرانسی اول بیانگر موقعیت در حالتیکه قطعه توسط سه سطح تثبیت شده است وعبارت تلرانسی دوم بیانگر تعامد و. عبارت تلرانسی سوم بیانگر توازی است.
عبارت سوم به معنی توازی محور دو سوراخ (یا هر تعداد سوراخ)نسبت به هم است که باید یک سوراخ را مبناءگرفت و بقیه را نسبت به آن سنجید. n0/02

توجه شود که در ISO نواحی تلرانسی موقعیت ، تعامد و توازی سوراخ‌ها در تعامل با یکدیگر به صورت زیر است که هریک داخل ناحیه قبلی باید قرار داشته باشد و ناحیه بعدی باید از ناحیه قبلی خارج نشود.



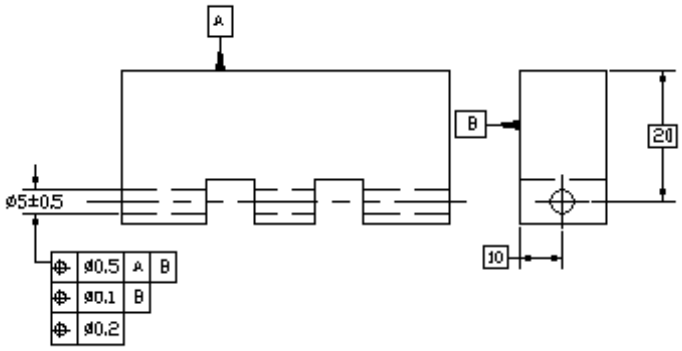
در ISO

در ANSI مراکز نواحی استوانه‌ای باید داخل ناحیه استوانه‌ای n 0/1 باشد.

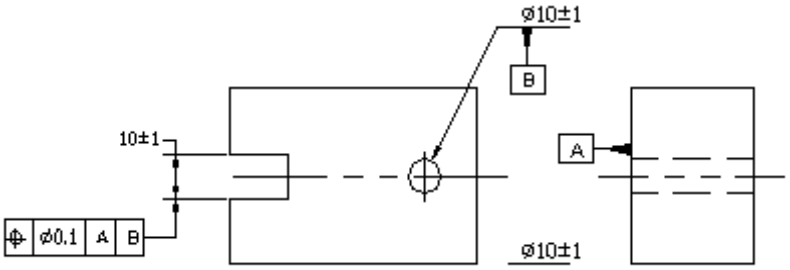


در ANSI

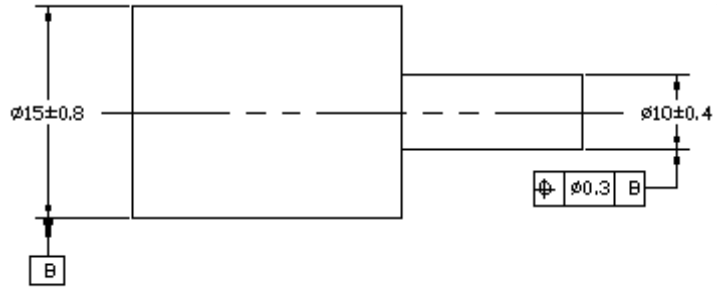
در شکل زیر عبارت تلرانسی ⌖ n0/02 معنی هم‌محوری سوراخها را میدهد به عبارت دیگر اگر مبناء در یک عبارت تلرانس مکانی داده نشود یعنی آن مشخصه نسبت به خودش سنجیده میشود.



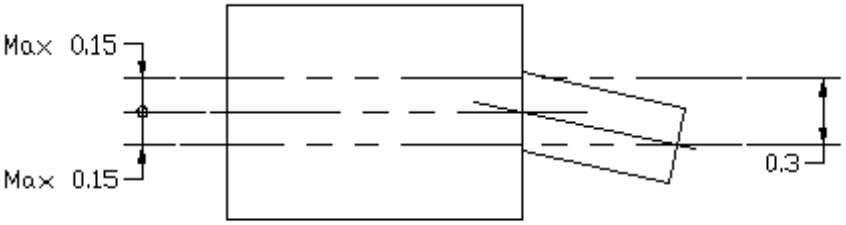
درشکل مقابل عبارت تلرانسی ⌖ n0/1 A B معنی تعامد صفحه تقارن شکاف با سطح A را میدهد و از طرفی ناحیه تلرانسی آن که دو صفحه موازی به فتصله 0/1 از هم و عمودبر صفحه A هستند ، نیز باید از محور B به یک فاصله باشند ، یعنی هر صفحه موازی به فاصله 0/05 از آن باشد.



بعبارت دیگر زمانیکه یک مشخصه (مثل صفحه تقارن شکاف) بایدمنطبق بر مبناء باشد ناحیه تلرانسی بطور مساوی حول مبناء توزیع شود.



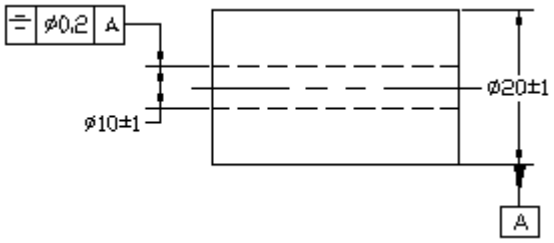
در این مثال ، محور استوانه با قطر کوچکتر باید منطبق بر محور استوانه با قطر بزرگتر با دقت 0/3 (ویا 0/15 از هر طرف) باشد که ناحیه تلرانسی آن بصورت زیر است.



تقارن (Symetry)

تعریف: بیانگر | i | تقارن مشخصه حول مبناء است.

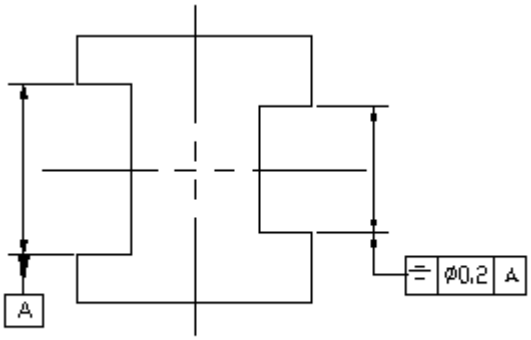
ناحیه تلرانسی: بصورت متقارن حول مبناء است.



عبارت تلرانسی | i | n0/2 | A |

یعنی محور سوراخ داخل استوانه‌ای به قطر

0/2 به مرکزیت A میتواند جابجایی داشته باشد.

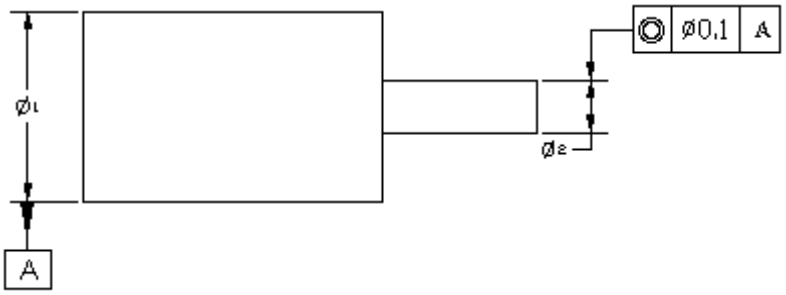


تقارن شیار کوچک نسبت به صفحه تقارن شیار بزرگ

هم محوری Coaxiality

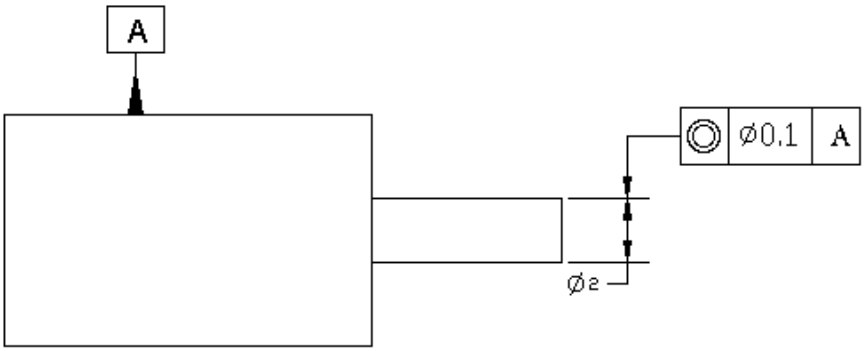
تعریف: برای بررسی | ◎ | موقعیت محور یا مرکز یک مشخصه با محوری دیگر ، که مبناء است ، تعریف شده است.

ناحیه تلرانسی: استوانه‌ای با قطر مشخص حول مبناء است.



تهیه: مرتضی

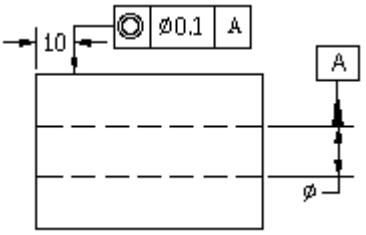
با توجه به اینکه 1- هم‌محوری فقط برای بررسی خطای دو محور با یکدیگر است
2- ناحیه تلرانسی همواره استوانه است.
لذا گاهی نقشه فوق بصورت زیر داده میشود.



خطای هم‌محوری در موارد زیر مطرح است:

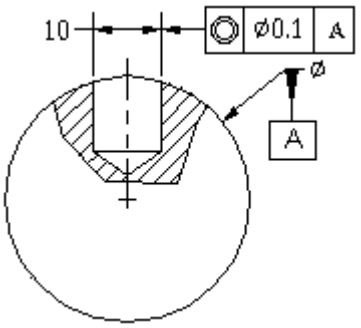
1- خطای موقعیت مرکز دایره با محور (Cocentericity)

مرکز دایره (سطح مقطع استوانه) در موقعیت نشان داده شده با محور استوانه (A)



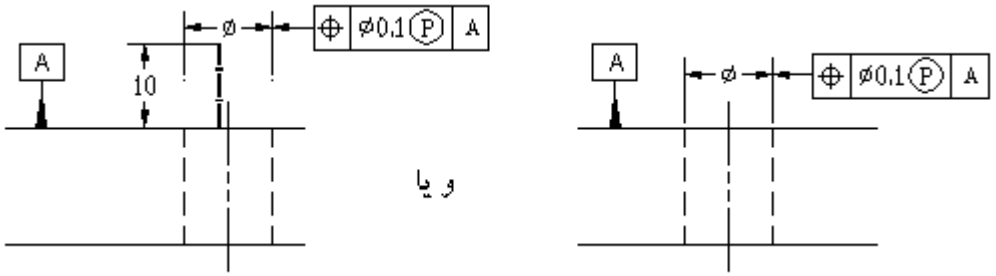
2- خطای موقعیت محور با مرکز

که مبناء مرکز کره است و مشخصه مورد بررسی خط محور یک سوراخ استوانه‌ای

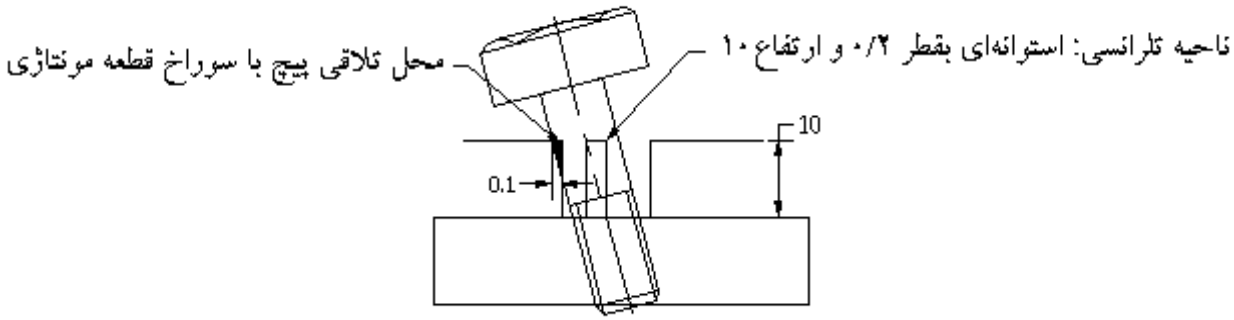


3- مرکز یک دایره با مرکز دایره مبناء

در ورق‌های با ضخامت پایین که دیگر تعامد سوراخ مطرح نیست، قطعه دو بُعدی فرض میشود. لذا در واشرها ، سوراخ وسط ودایره بیرونی قطعه ، دایره بدون ضخامت فرض میشود.
در اتصال سوراخ‌ها توسط پیچ و مهره ، گاهی از تغییر دهنده p استفاده میشود که به انحاء مختلفی روی نقشه نشان داده میشود.



کاربرد تغییردهنده p در این مثال بدین معنی است که چنانچه استوانهای به قطر 0/1 و ارتفاع 10 میلیمتر داخل آن استوانه قرار گیرد نباید این محور یالهای استوانه را قطع کند و به اصطلاح از دیواره استوانه خارج شود.
کاربرد این تغییر دهنده در شکل زیر نشان داده شده است.
چنانچه ناحیه تلرانسی بیش از حد مجاز باشد تلاقی قطعه با پیچ پیش می‌آید. در مثال قبلی ، خطای

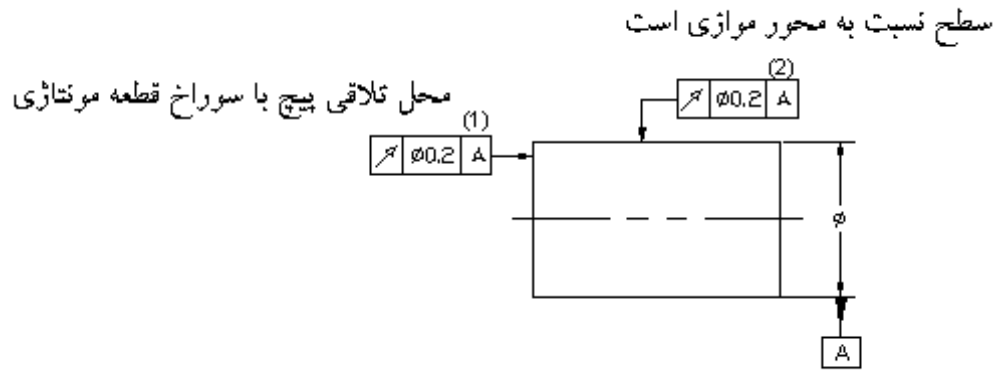


مجاز قطر 0/1 بود.چونکه خطا 0/2 است لذا پیچ در محل مربوطه بسته نخواهد شد.

لنگی Runout

لنگی ساده Simple Runout h

تعریف: برای بیان تقارن یک سطح نسبت به یک محور (زاویه بین آندو از صفر تا 90° میتواند باشد) ، بکار برده میشود.
لنگی ساده برای بررسی تقارن دوایری از سطح مربوطه نسبت به محور یا مرکز مبناءمربوطه است که میزان عدم تقارن هردایره نسبت به خودش سنجیده میشود.



در عبارت تلرانسی (1) ، ساعت اندازه‌گیری روی یک نقطه از سطح صفر میشود و قطعه 360° دوران میکند که FIM باید بیشتر از 0/1 شود و سپس با جابجا کردن ساعت روی یک دایره دیگر از سطح ، همان عمل تکرار میشود و مجدداً FIM ساعت باید بیشتر از 0/1 نشود واین عمل برای کل سطح (به تعدادیکه این اطمینان حاصل شود که سطح از مطلوبیت کافی برخوردار است) انجام میشود.

روی این سطح لنگی بیانگر تعمد سطح (1) نسبت به محور است.

ناحیه تلرانسی: این ناحیه برابر فاصله دو صفحه موازی عمود بر محور مبناء است.

در ناحیه (2) همین عمل روی سطح انجام میشود و اینجا باید 0/2 o FIM باشد.

روی این سطح لنگی بیانگر مجموع خطاهای گردی و هم‌مرکزی است.

ناحیه تلرانسی: این ناحیه برابر فاصله دو دایره هم مرکز به مرکزیت مبناء است.

لنگی کل Total Runout

تعریف: لنگی ساده بیانگر [t] تقارن دوایری مختلف حول مراکز خود بطور مستقل است ولی درلنگی کل تمامی دوایر، متّحدالمرکز یا محور ، هستند و تفاوت دورترین نقطه به نزدیکترین نقطه از مرکز یا محور سطح ، خطای لنگی کل است.

لذا برای شکل فوق ، برای سطح (1) کنگی کل برابر با تعامد کل سطح نسبت به مرکز است t = b و برای سطح (2) ، لنگی کل برابر t = e+r+u است.

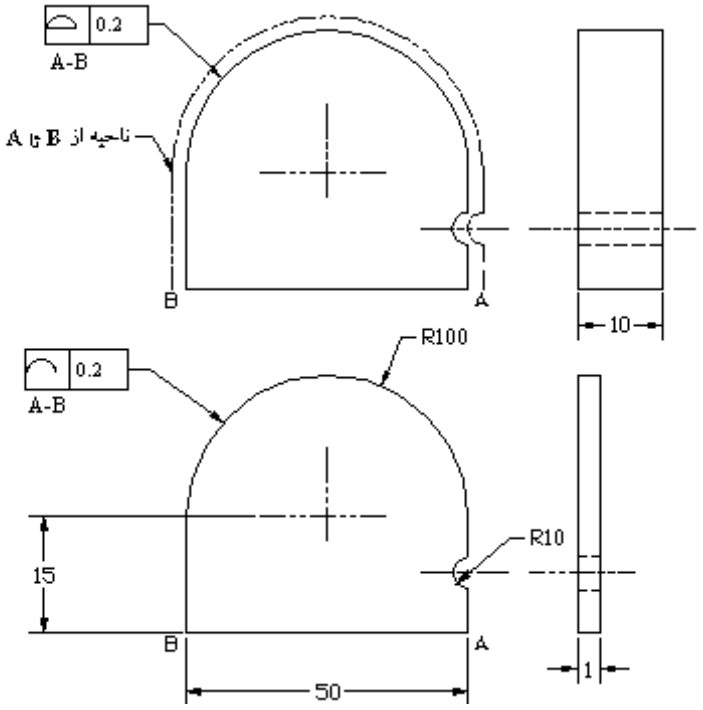
ناحیه تلرانسی برای حالت (1) ، فاصله دو صفحه موازی عمود برمحور مبناء است.

ناحیه تلرانسی برای حالت (2) ، فاصله دو استوانه متحدالمحور مبناء است.

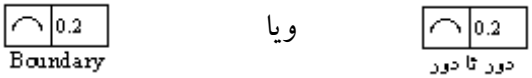
خطای انحناء Profile

تعریف: با استفاده از [k] [d] عبارتهای تلرانس هندسی که تا اینجا توضیح داده شد

میتوان یک مشخصه را تعریف کرد ولی با این تعریف ، میتوان چندین مشخصه را تعریف نمود دو نوع خطای انحناء خط (دو بُعدی) و سطح (سه بُعدی) وجود دارد.



در شکل مقابل عبارت A الی B نشان میدهد خطای مجاز 0/2 برای مشخصه‌های بین A الی B صادق است و اگر برای مشخصه‌ای خاص باشد پیکان عبارت تلرانسی بدون زیرنویس ، روی آن مشخصه گذارده میشود و اگر برای تمام کناره قطعه باشد به یکی از دو صورت زیر آورده میشود.



ناحیه تلرانسی: در دو طرف حاشیه اصلی که نوک پیکان روی آن است بطور مساوی تقسیم شده است.
خطای انحناء بسته به موقعیّتی که روی قطعه قرار گرفته معانی مختلفی از 11 نوع تلرانس هندسی گفته شده تاکنون را بخود میگیرد.

وسلام

کمالزاده

۸۲/۳/۲۸

در هنگامه مسخ ارزشها

روزگاری بر مردمان خواهد آمد که جز سخن‌چین را ارج نمی نهند و جز بدکا را خوش نمی‌دارند و جز ناتوان را عادل نمی‌پندارند.

در آن روزگار کمک به نیازمندان را خسارت ، و پیوند با خویشان را منت‌گذاری و عبادت را وسیله‌ای برای برتری جویی بر دیگران می‌دانند.

نهج‌البلاعه-حکمت102