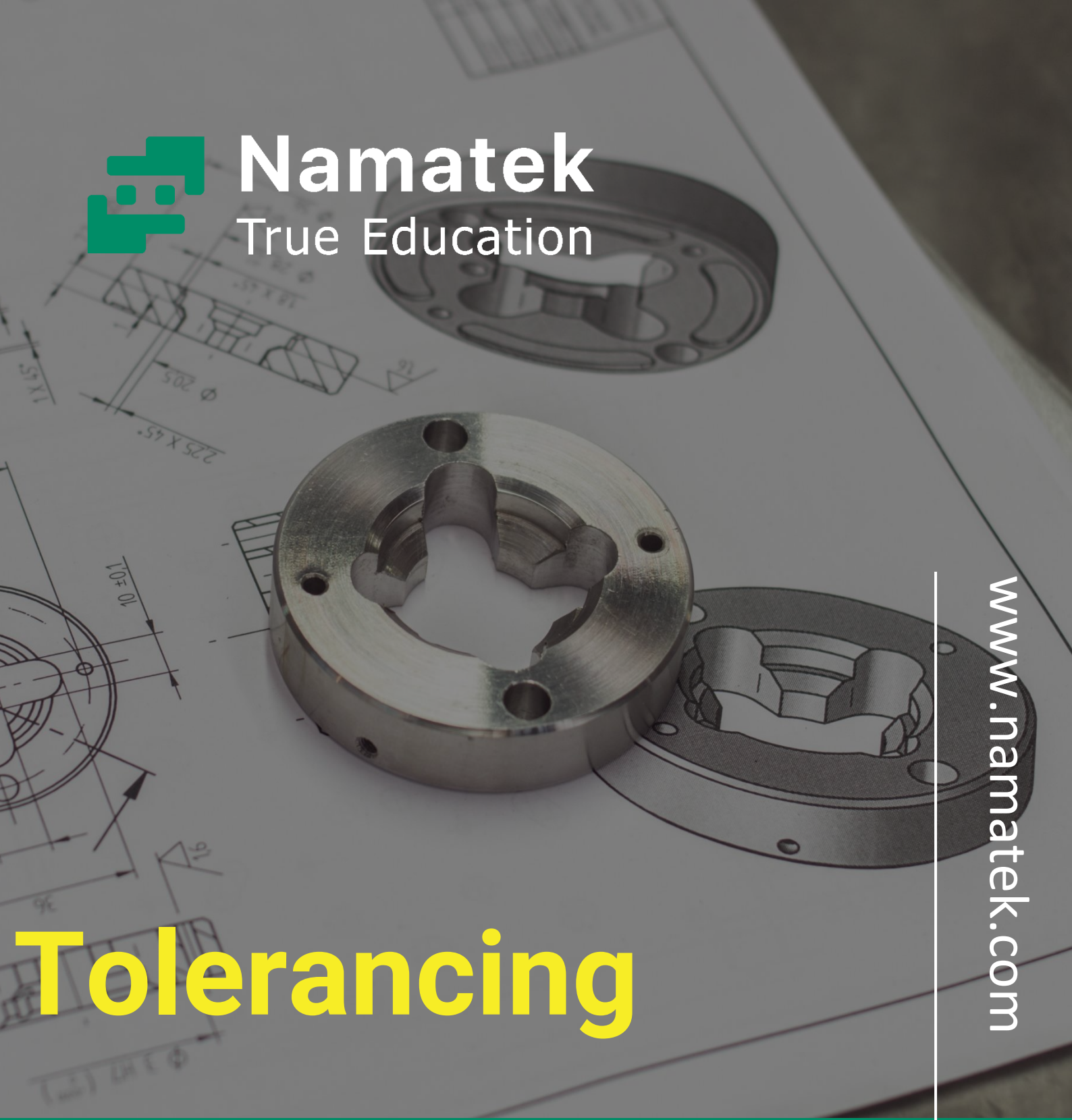


Namatek
True Education

Tolerancing

www.namatek.com

تلرانس گذاری

فهرست مطالب

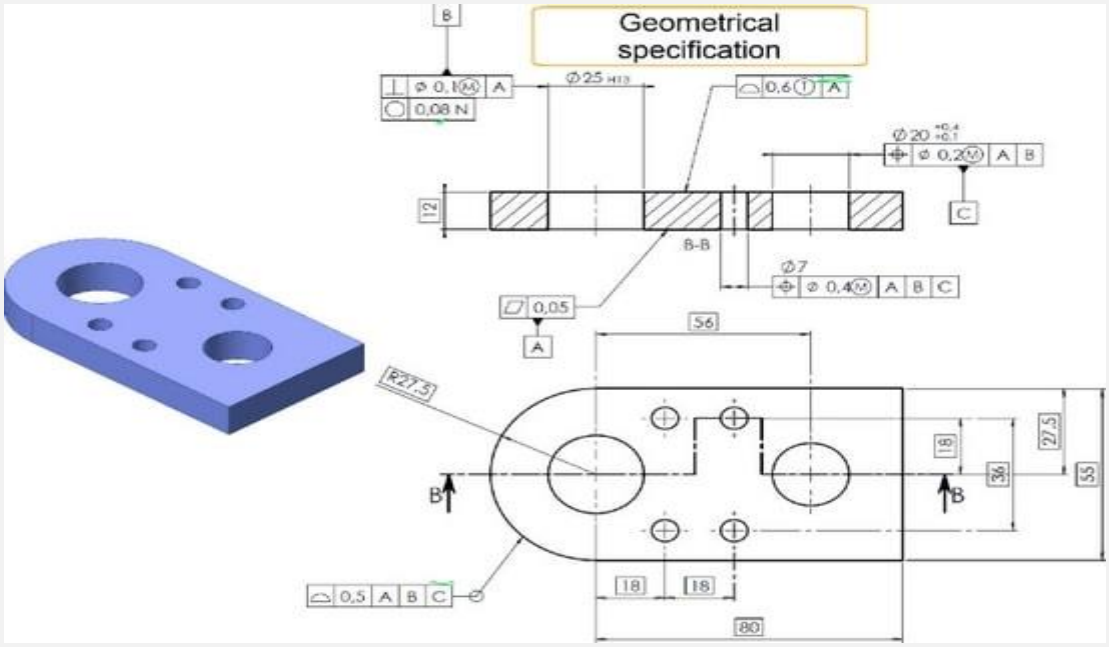
۱. مشخصات هندسی محصول چیست؟
۲. تلرانس گذاری هندسی و ابعادی چیست؟
۳. تلرانس حدی (Limit Tolerance) چیست؟
۴. تعاریف و اصطلاحات مهم تلرانس گذاری
۵. استاندارد ملی آمریکا در تلرانس گذاری هندسی (GD&T)
۶. مشخصه قطعه چیست؟
۷. تلرانس فرم چیست؟ (Form Tolerance)
۸. تلرانس راستا چیست؟ (Orientation Tolerance)
۹. تلرانس مکان چیست؟ (Location Tolerance)

www.namatek.com

به عنوان یک مهندس ساخت و تولید، استفاده از تلرانس گذاری در نقشه‌های مهندسی بسیار اهمیت دارد. تلرانس گذاری به ما کمک می‌کند تا مطمئن شویم که قطعات تولیدشده دقیقاً به اندازه و شکل مورد نیاز هستند.

این کار باعث کاهش هدر رفت مواد و زمان تولید می‌شود و همچنین از این طریق اطمینان حاصل می‌شود که قطعات مونتاژ شده به درستی کار خواهند کرد. همچنین، استفاده از تلرانس گذاری می‌تواند به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش کیفیت کمک کند.

مشخصات هندسی محصول چیست؟



مشخصات هندسی محصول یا به‌صورت مخفف مُهندم (Geometrical Product Specification) زبان علامتی بین المللی ای است که برای بیان تلرانس‌های نقشه‌های فنی به کار می‌رود. مهندم در شماری از استانداردهای منتشرشده ایزو، سازمان بین المللی استانداردسازی، تعریف شده است.

تدوین استانداردهای مهندم برعهده کارگروه فنی ایزو کاف ISO TC ۲۱۳) 213) است.

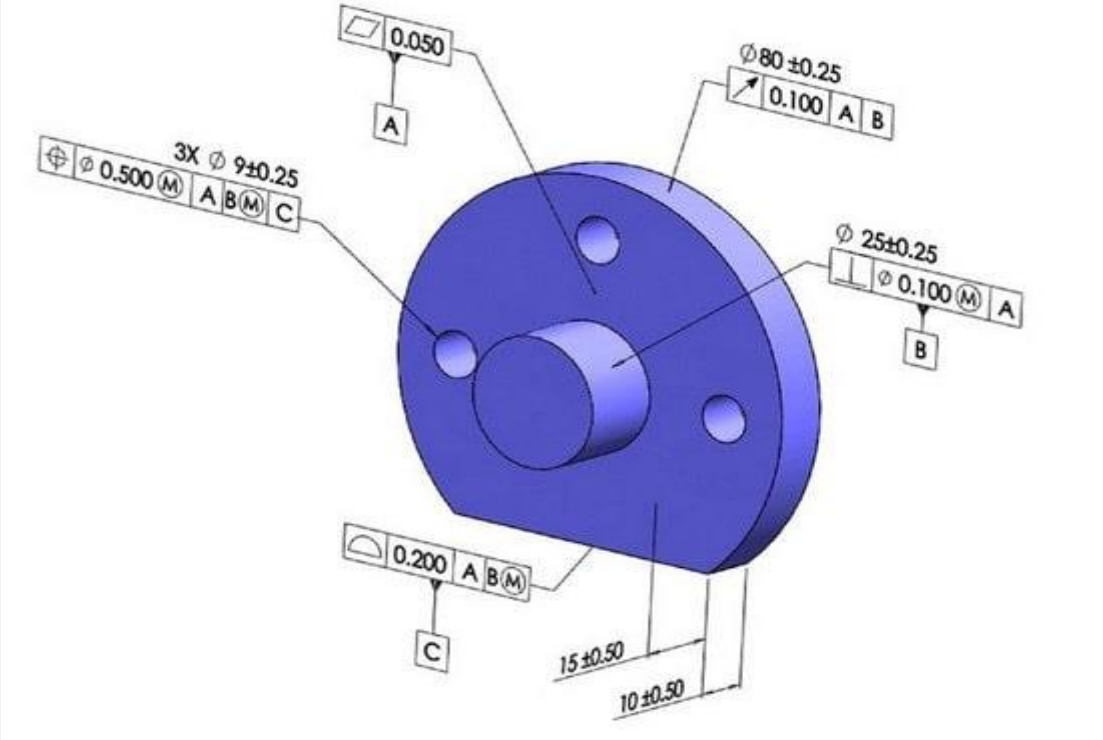
مهندم زیربنای تولید و تبادل بین المللی است به این معنا که نقشه ای که به این زبان در کشوری تهیه شده باشد در کشوری در سوی دیگر دنیا قابل فهم و قطعه آن قابل ساخت است، بی‌آنکه طراح و سازنده قطعه هیچ زبان مشترکی جز زبان مهندم داشته باشند.

مهندم روشی نسبتاً نو در مشخصه دهی نقشه‌ها است. این روش، توسعه طبیعی روش قدیمی‌تر بعدگذاری و تلرانس گذاری هندسی (GD&T) است و بنیان آن بر رفع ناقطعیتی‌ها (Uncertainties) و وضع قوانین و معیارهایی برای مشخصات نقشه، متناسب با نیازهای فناوری‌های نو است.

در حوزه مشخصات هندسی، این نظام تأکید دارد بر:

- مهار انحراف‌های درشت مشخصه‌ها (هر یک از اجزای هندسی قطعه، مثل یک سطح تخت یا یک سوراخ) با تلرانس گذاری اندازه ای و هندسی
- مهار انحراف‌های ریز آن‌ها با تعریف بافت سطح (زبری، موج داری، خواب) و نقایص سطح

تلرانس گذاری هندسی و ابعادی چیست؟



Geometrical Dimensioning and Tolerancing (GD&T) یا همان تلرانس گذاری هندسی و ابعادی، نظامی برای تعریف و انتقال منظور طرح و تلرانس‌های مهندسی است که به مهندسان و سازندگان کمک می‌کند تا انحرافات در فرآیندهای تولید را به طور بهینه مهار کنند.

امریکا با استاندارد ASME Y14.5 بیشترین نقش را در توسعه این نظام دارد. این استاندارد، در کنار استانداردهای مهندم ایزو (ISO GPS)، طی چند دهه اخیر، یگانه مراجع موجود در جهان برای تلرانس گذاری محصولات اند.

تلرانس حدی (Limit Tolerance) چیست؟

از اواخر سده ۱۷۰۰ تا اواخر دهه ۱۹۳۰ میلادی، یعنی در حدود یک و نیم قرن، نحوه ای از مشخصه دهی به نام تلرانس گذاری حدی که با نام‌های دیگری مثل تلرانس گذاری مختصاتی و تلرانس گذاری ± و تلرانس گذاری ابعادی نیز مصطلح است، نظام مشخصه دهی حاکم بر نقشه‌های مهندسی بود.

تلرانس گذاری حدی عبارت است از تلرانس گذاری با استفاده از یک بُعد اسمی و درج حدود مجاز انحراف از آن مثلاً (۱۰ -۰٫۲/+۰٫۱) یا با استفاده از حدود مجاز بُعد (مثلاً ۱۰٫۷/۱۰٫۵).

در این نظام، مشخصه‌های قطعه عموماً از طریق ابعاد خطی تلرانس گذاری شده عمودبرهم و ابعاد زاویه ای تلرانس گذاری شده تعیین مکان می‌شوند. سازمان‌های معتبر استانداردسازی ملی و بین المللی سال‌ها است که ادامه پشتیبانی از روش‌های تلرانس گذاری حدی را ناممکن یافته اند.

چرا تلرانس ابعادی ناکافی است؟

ایزو از اوایل دهه نود میلادی مصمم شد که به طور کلی، جز در مورد مفهوم «اندازه»، پیشبرد نظام بعدگذاری و تلرانس گذاری خطی را متوقف سازد و در استانداردهای بَعدی خود، از تلرانس گذاری مثبت/منفی در الزام‌های کارکردی فاصله و شعاع و زاویه پشتیبانی نکند؛ زیرا به این نتیجه رسید که ایجاد معیارهای قانونی واضح برای مهار این مشخصه‌های قطعه با تلرانس گذاری ± ناممکن است.

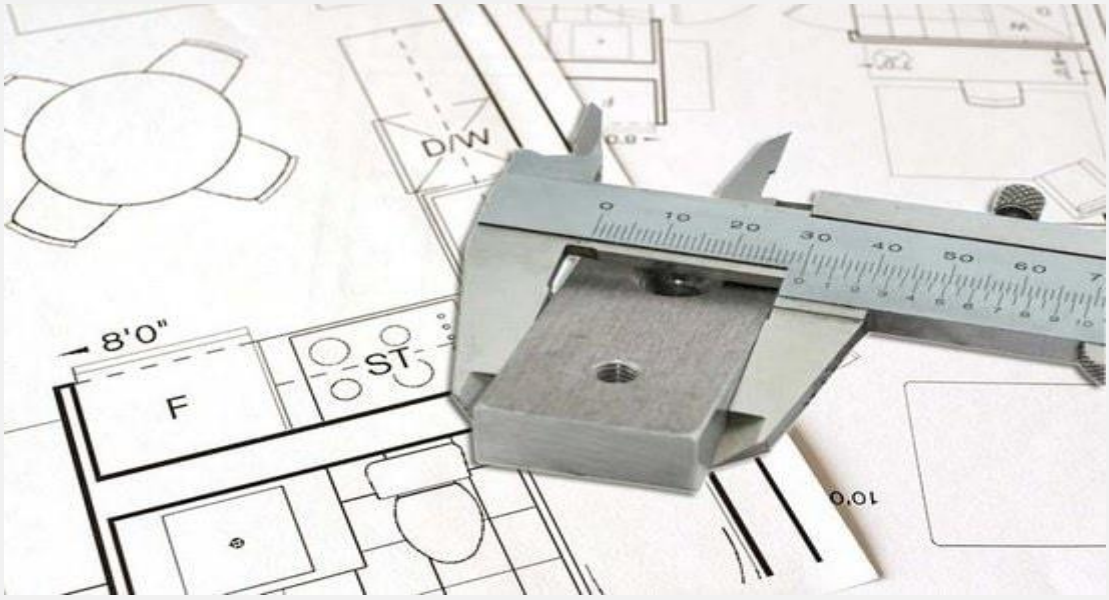
مهم‌ترین ایرادی که بر تلرانس گذاری حدی وارد است ابهام آمیز بودن آن است. ابهام در مشخصات، نقشه را دستخوش دگرخوانی و تفسیرهای چندگانه می‌کند که پیامد آن، نه فقط در مرحله طراحی، در ساخت و بازرسی کیفی قطعات نیز سبب ساز مشکلات می‌شود.

این مسئله هم اینکه در درون سازمان موجب سردرگمی خواهد شد و هم در فرآیند کار تأمین کنندگان و مشتریان تأثیرات سوء خواهد گذاشت.

تعریف شفاف و قطعی مشخصات طرح در نقشه‌ها از آن جهت مهم است که داشتن درکی روشن از خواسته طراح موجب می‌شود که هم سازنده از عهده تنظیم و جاری سازی فرایند مناسب و درعین حال ارزان قیمت، برآید و هم اینکه مهندس کیفیت قادر به تدوین برنامه اندازه گیری ای خواهد شد که منتهی به تصمیمی اطمینان بخش در مورد تطابق محصول با مشخصات طراحی شود.

تعاریف و اصطلاحات مهم تلرانس گذاری

تعریف اندازه (Size)



اندازه خصوصیت بُعدی مشخصه اندازه دار است.

مشخصه‌های اندازه دار متعارف عبارت اند از استوانه (مثل میله و سوراخ)، پهنه (مثل تیغه و شیار)، کُره، گوه، مخروط.

اندازه دو قسم است:

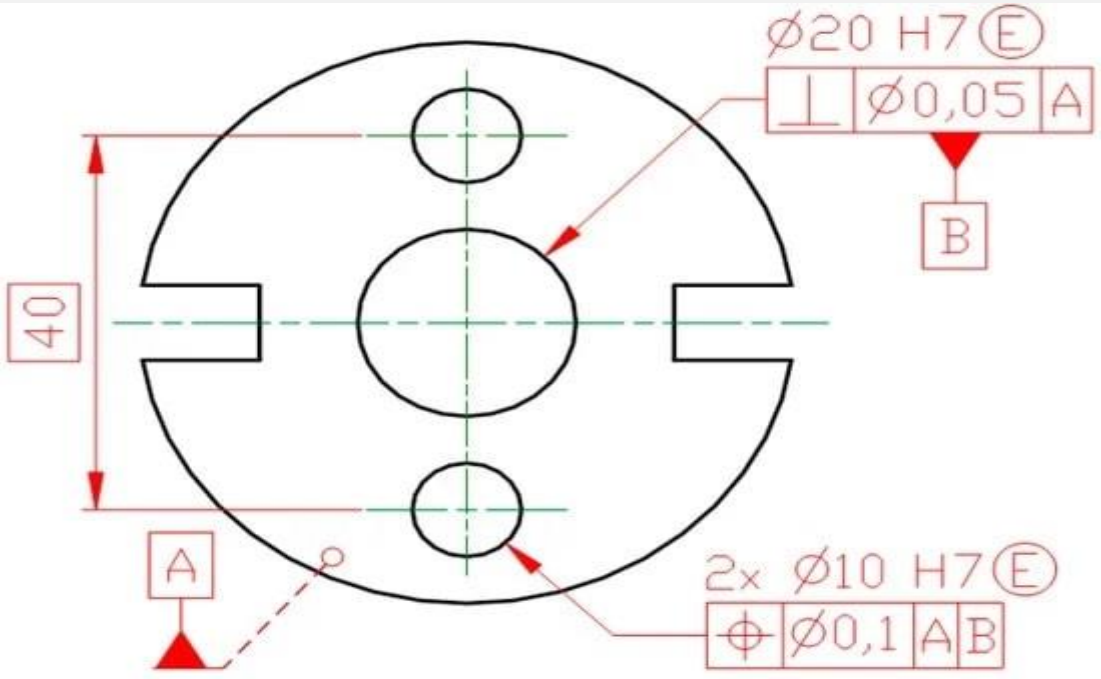
- اندازه خطی (مثل قطر میله یا سوراخ و پهنای تیغه یا شیار)
- اندازه زاویه ای (مثل زاویه گوه و مخروط)

قطعه کار تولیدشده انحرافاتی از فرم هندسی ایده‌آل نشان می‌دهند. مقدار واقعی اندازه یک مشخصه اندازه‌دار به انحرافات فرم و نوع خاص اندازه به‌کاررفته بستگی دارد.

نوع اندازه ای که باید برای یک مشخصه اندازه دار به کار رود به عملکرد قطعه کار بستگی دارد. ایزو ۱۴۴۰۵ تعاریف متعددی از اندازه را، متناسب با کارکردهای مختلف، استاندارد کرده است.

تعریف پیش فرض اندازه در استاندارد ایزو، اندازه دونقطه ای است.

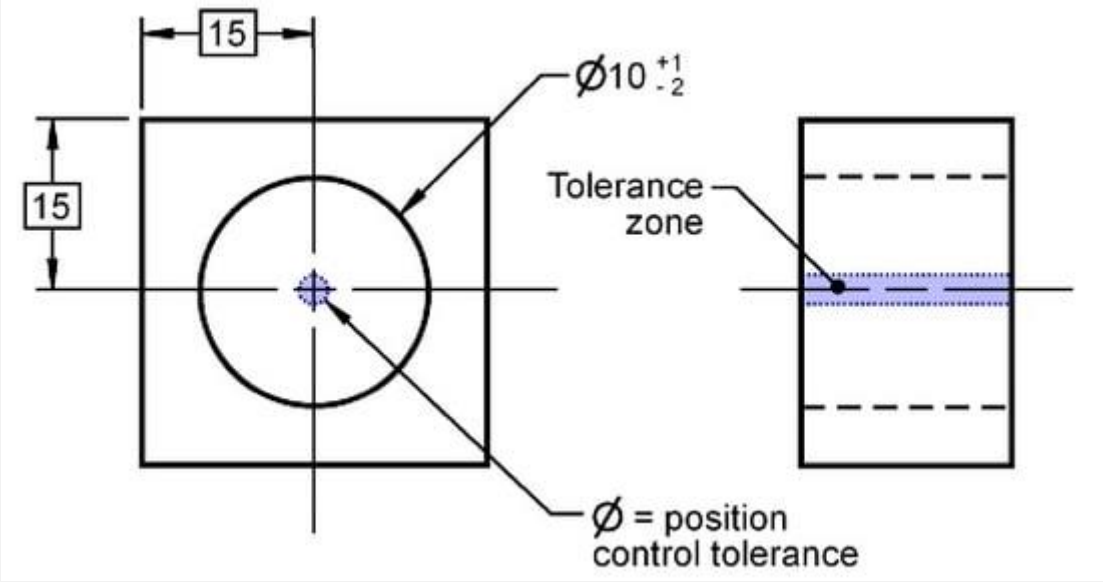
تلرانس هندسی (Geometrical Tolerance)



تلرانس هندسی حد مجاز انحراف هندسی مشخصه از تعریف اسمی اش است. انحراف‌های هندسی در استاندارد ایزو ۱۱۰۱ در ۱۴ نوع شناسایی شده اند که در ٤ طبقه جای می‌گیرند.

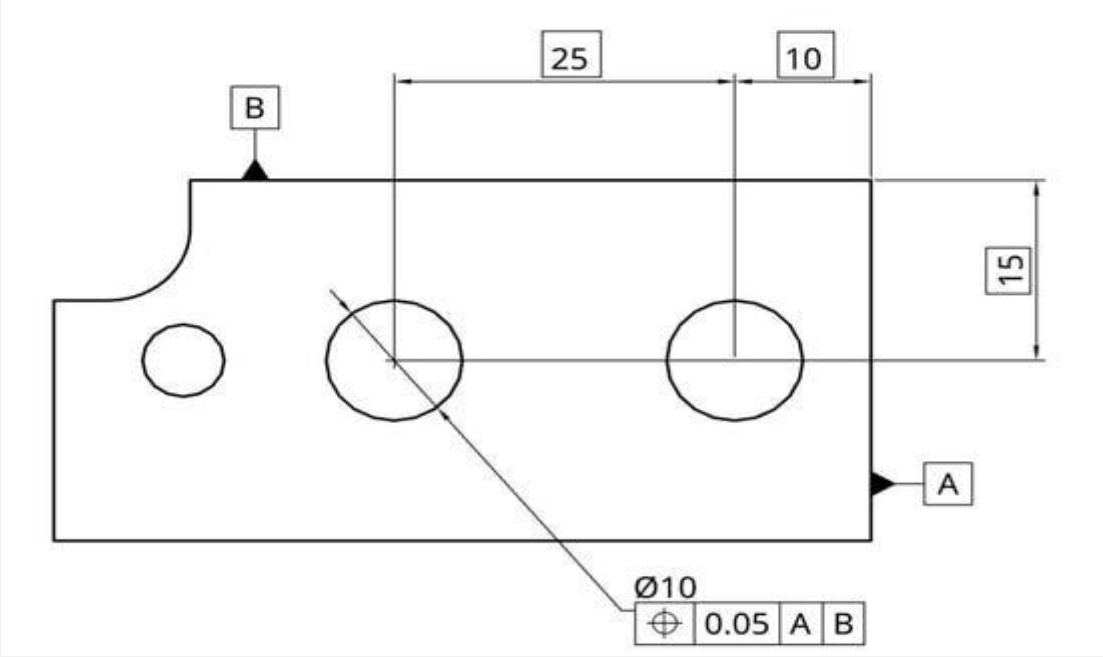
طبقه	علامت	معنی	توضیح
فرم (Form)		راستی (Straightness)	مشخصه مهاری (Toleranced feature) اسمی خطی راست است
		تختی (Flatness)	مشخصه مهاری اسمی سطحی تخت است
		گردی (Roundness)	مشخصه مهاری اسمی خطی دایره ای است
		استوانگی (Cylindricity)	مشخصه مهاری اسمی سطحی استوانه ای است
		پروفیل سطح (Surface profile)	تلرانسی با این علامت و بدون ارجاع به مبنا تلرانس فرم محسوب می‌شود مشخصه مهاری اسمی سطح است
		پروفیل خط (Line profile)	تلرانسی با این علامت و بدون ارجاع به مبنا تلرانس فرم محسوب می‌شود مشخصه مهاری اسمی خط است
راستا (Orientation)		توازی (Parallelism)	مشخصه مهاری اسمی سطحی تخت یا خطی راست است
		تعامد (Perpendicularity)	مشخصه مهاری اسمی سطحی تخت یا خطی راست است
		زاویه داری (Angularity)	مشخصه مهاری اسمی سطحی تخت یا خطی راست است
		پروفیل سطح (Surface profile)	تلرانسی با این علامت و با ارجاع به مبنا(ها)یی که فقط درجات آزادی دوَرانی را قفل می‌کنند تلرانس راستا محسوب می‌شود. مشخصه مهاری اسمی سطح است
		پروفیل خط (Line profile)	تلرانسی با این علامت و با ارجاع به مبنا(ها)یی که فقط درجات آزادی دوَرانی را قفل می‌کنند تلرانس راستا محسوب می‌شود. مشخصه مهاری اسمی خط است
مکان (Location)		موقعیت (Position)	مشخصه مهاری اسمی سطحی تخت یا خطی راست یا یک نقطه است
		هم محوری (Coaxiality)	مشخصه مهاری اسمی خطی راست است
		هم مرکزی (Concentricity)	مشخصه مهاری اسمی یک نقطه است
		تقارن (Symmetry)	مشخصه مهاری اسمی سطحی تخت یا خطی راست یا یک نقطه است
		پروفیل سطح (Surface profile)	تلرانسی با این علامت و با ارجاع به مبنا(ها)یی که درجات آزادی انتقالی و دوَرانی را قفل می‌کنند تلرانس مکان محسوب می‌شود. مشخصه مهاری اسمی سطح است
		پروفیل خط (Line profile)	تلرانسی با این علامت و با ارجاع به مبنا(ها)یی که درجات آزادی انتقالی و دوَرانی را قفل می‌کنند تلرانس مکان محسوب می‌شود. مشخصه مهاری اسمی خط است
لنگی (Run-out)		لنگی کل (Total run-out)	مشخصه مهاری اسمی استوانه یا سطح تخت است
		لنگی دایره ای (Circular un-out)	مشخصه مهاری اسمی مجموعه ای از دایره‌هاست

ناحیه تلرانسی (Tolerance Zone)



اساس تلرانس‌های هندسی بر ناحیه‌های تلرانسی است. برای مشخصه‌های قطعه و مکان و راستای نسبی آن‌ها ناحیه‌های تلرانسی ای تعریف می‌کنیم که آن مشخصه‌ها باید در درون آن‌ها ساکن باشند و آن ناحیه‌های تلرانسی را به بعضی مشخصه‌های دیگر قطعه (مبناها) پیوند می‌دهیم. به این ترتیب، مهار هندسی قطعه را به دقت در دست می‌گیریم.

بُعد نظری مطلق (Theoretical Exact Dimension)



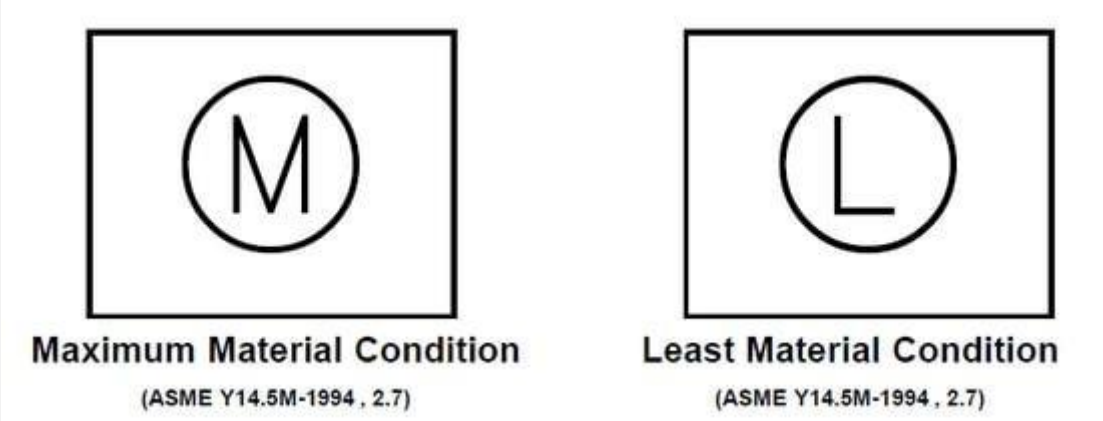
مبنا و دستگاه مبنایی ابزارهایی در اختیارمان می‌گذارند که با آن‌ها نشان می‌دهیم کدام مشخصه‌های قطعه، مرجع تلرانس (یعنی نقطه آغاز تلرانس) را به وجود می‌آورند.

لیکن ما به ابزار دیگری هم نیاز داریم که با آن بتوانیم در قطعه فاصله‌های اسمی و اندازه‌ها را بیان کنیم.

آن ابزار بُعد نظری مطلق است. بُعد نظری مطلق را در درون قابی مستطیلی نشان می‌دهند و مدل زاویه‌ای آن را همراه با علامت ° (درجه) و مدل طولی آن را، مانند مقادیر عددی، ساده می‌نویسند. بُعد نظری مطلق مقدار عددی‌ای است که از آن برای آرایش دادن ناحیه‌های تلرانسی نسبت به یکدیگر و نسبت به مبناها استفاده می‌کنیم.

ابعاد نظری مطلق هیچ تلرانسی ندارند و مشمول تلرانس‌های عمومی هم نمی‌شوند. در استاندارد امریکا به این بُعد Basic Dimension یا بُعد پایه می‌گویند.

الزام مواد (Material Requirement)



در مشخصه‌های اندازه دار، الزاماتی که برای تضمین کارکرد قطعه ضروری اند در بسیاری مواقع وابسته اند به ترکیبی از اندازه مشخصه‌های منفرد با موقعیت و راستای نسبی آن‌ها.

به بیان دیگر، گاهی میزان مجاز موقعیت یا راستای مشخصه‌ها بستگی به این دارد که قطر قطعه ساخته شده، چقدر از قطر حد بیشینه/کمینه مواد مشخصه دور است.

مواردی از قبیل تضمین هم‌گذاری (Assemble) نرمادگی‌های عبوری، تضمین حداقل ضخامت دیواره‌ها، تضمین تداخل در نرمادگی‌های تداخلی (فشاری)، تضمین پوشش اضافه تراش و مواردی دیگر جزو این کارکردها هستند. مثلاً، قطعه ای را در نظر بگیرید که دو میله دارد که باید با دو سوراخ قطعه ای دیگر به صورت عبوری جفت شوند.

میله‌ها فقط در صورتی با سوراخ‌ها جفت خواهند شد که اندازه و فرمشان درست باشد، در سمت درستی باشند و در فاصله درستی از یکدیگر قرار گرفته باشند.

اما معلوم است که اگر اندازه میله‌ها متمایل به حد پایین تلرانس (یعنی دور از حد بیشینه مواد) باشد، دراین صورت، میله‌ها مجازند بیش از پیش از فاصله ایده‌آلشان دور شوند و همچنان با سوراخ‌ها جفت شوند.

به همین شکل، اگر کاملاً با هم موازی باشند، در مقایسه با حالتی که سمت گیری یکسانی ندارند، مجازند از فاصله ایده‌آلشان بازهم دورتر شوند. به این ترتیب، می‌بینیم که در مجموعه مشخصه‌هایی که در هم‌گذاری دخالت دارند، الزام کارکردیْ ترکیبی از چند الزام هندسی است.

مهندم تعدادی ابزار دارد که با آن‌ها می‌توان این الزام‌های ترکیبی را به کار برد.

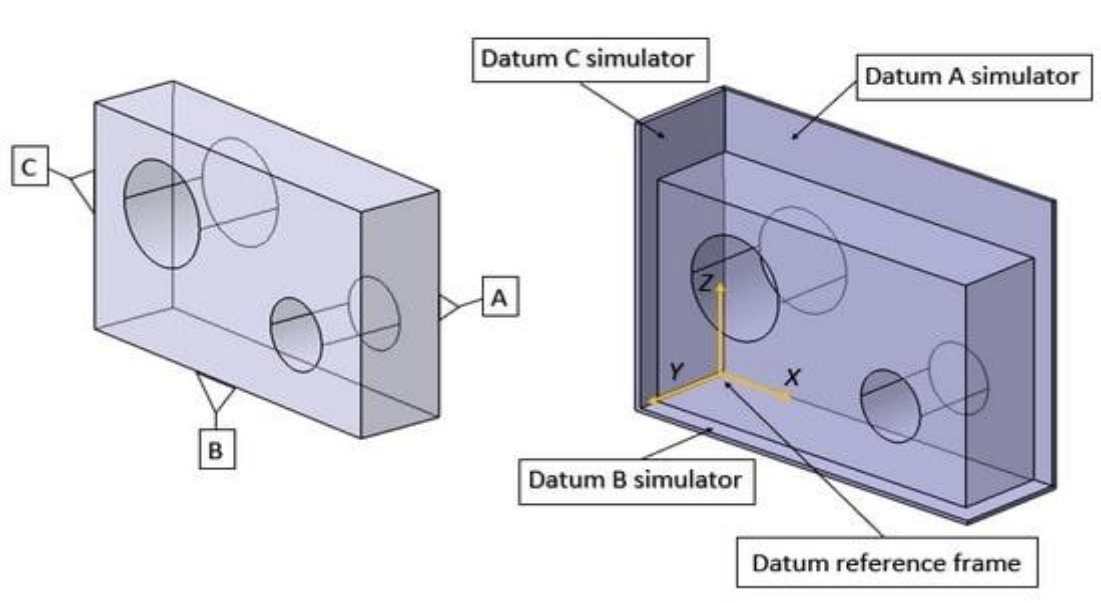
الزام بیشینه مواد (Maximum Material Requirement) با علامت M و الزام کمینه مواد (Least Material Requirement) با علامت L جزو این ابزارها هستند.

مزیت این ابزارها در آن است که با استفاده از آن‌ها می‌شود تلرانسی ایجاد کرد که امکان بدهد از تلرانس بلااستفاده یک الزام، مثل اندازه، در الزام دیگری، مثل موقعیت، کاملاً همسو با الزام‌های کارکردی، استفاده کرد.

انتقال تلرانس از یک الزام به الزام دیگر به این معناست که ساختن قطعه با این تلرانس‌ها ساده‌تر و ارزان‌تر از حالت پیش‌فرض می‌شود.

استاندارد امریکا این‌ها را Maximum Material Condition (MMC) و Least Material Condition (LMC)می‌نامد.

تلرانس گذاری قطعات ناصلب یا انعطاف پذیر(Non-Rigid Or Flexible Parts)



F علامتی است که در ایزو ۱۰۵۷۹ تعریف شده است. با این اصلاح کننده (Modifier)می‌توان قطعه ای را هم در حالت رها (Free State) و هم در حالت مقید (Constrained Condition) تلرانس گذاری کرد. چنانچه ISO 10579-NRدر نقشه درج نشده باشد، همه الزامات در وضعیت رهایی قطعه اعمال می‌شوند.

با درج ISO 10579-NR این پیش‌فرض تغییر می‌کند، به‌گونه‌ای که همه الزامات در حالت مقید معینی اعمال می‌شوند که باید آن را در نقشه ذکر کرد.

تلرانس اندازه ای (Size Tolerance)

تلرانس حدی ای که به اندازه مشخصه اندازه دار اعمال می‌شود را تلرانس اندازه ای می‌نامند.

الزام خط (Line Requirement)

الزامی که بر یک خط یا مجموعه ای از خطوط منفرد روی سطح قطعه اعمال می‌شود. تلرانس‌های راستی و گردی نمونه‌هایی از الزام‌های خط اند. الزام خط را الزام دوبعدی نیز می‌گویند.

الزام سطح (Surface Requirement)

الزامی که بر سطح اعمال می‌شود، نه بر یک یا چند خط.

تلرانس‌های تختی و استوانگی نمونه‌هایی از الزام‌های سطح اند.

به الزام سطح الزام سه بعدی نیز می‌گویند.

درجه آزادی (Degree of Freedom)

پارامتری که موقعیت قطعه یا موقعیت و وضعیت ناحیه تلرانسی را توصیف می‌کند. هر شیئی شش درجه آزادی موقعیتی دارد.

این درجات آزادیْ مکان شیء را به صورت مختصات دستگاه مختصاتی دکارتی و راستای آن را به صورت دوَران‌های حول سه محور دستگاه مختصاتی توصیف می‌کنند. علاوه بر این، بعضی ناحیه‌های تلرانسی درجات

آزادی ذاتی ای دارند که به آن‌ها امکان می‌دهد برای برازیدن به مشخصه مهاری تنظیم شوند، مثل قطر میانین ناحیه تلرانسی استوانگی.

درجات آزادی سه گانه انتقالی مکان شیء را به صورت مختصات دستگاه مختصاتی دکارتی توصیف می‌کنند و درجات آزادی دوَرانی راستای آن را در قالب دوَران‌های حول سه محور دستگاه مختصاتی.

1) درجه آزادی انتقالی (Translatory Degree Of Freedom)

درجه آزادی ای است که در یکی از جهات X یا Y یا Z اجازه حرکت خطی می‌دهد. برخلاف درجه آزادی دوَرانی.

2) درجه آزادی دوَرانی (Rotatory Degree Of Freedom)

درجه آزادی ای است که اجازه دوَران حول محور X) یا Y یا (Z می‌دهد. برخلاف درجه آزادی انتقالی.

3) درجه آزادی بی اثر(Redundant Degree Of Freedom)

در ناحیه‌های تلرانسی، درجه آزادی ای است که تغییر مقدار آن تغییری در ناحیه تلرانسی ایجاد نمی‌کند. به طور مثال، ناحیه تلرانسی استوانه ای دو درجه آزادی بی اثر دارد: حرکت در امتداد محور ناحیه تلرانسی و دوَران حول آن محور.

4) درجه آزادی اثرگذار(Non-Redundant Degree Of Freedom)

در ناحیه‌های تلرانسی، درجه آزادی ای است که تغییر مقدار آن باعث تغییر ناحیه تلرانسی می‌شود.

تلرانس بی رابطه (Unrelated Tolerance)

تلرانسی است که ارجاع به مبنا ندارد. این تلرانس‌ها عبارت اند از تلرانس‌های فرم (راستی، تختی، گردی، استوانگی، پروفیل سطح، پروفیل خط).

تلرانس بارابطه (Related Tolerance)

تلرانسی است که به مبنا ارجاع می‌کند. این تلرانس‌ها عبارت اند از تلرانس‌های راستا (توازی، تعامد، زاویه داری، پروفیل سطح، پروفیل خط) و تلرانس‌های مکان (موقعیت، هم محوری، تقارن، پروفیل سطح، پروفیل خط)

1) تلرانس بارابطه ثابت (Related Tolerance Fixed)

تلرانسی است که تمام درجات آزادی اثرگذار آن به واسطه ارجاعات به مبناها قفل شده اند. موقعیت، پروفیل سطح و پروفیل خط تلرانس‌هایی اند که می‌توانند ناحیه تلرانسی ثابت داشته باشند. هم محوری و تقارن همواره تلرانس‌های ثابت اند.

2) تلرانس بارابطه سیار (Related Tolerance Mobile)

تلرانسی است که بعضی درجات آزادی اثرگذار آن، و نه تمامی آنها، به واسطه ارجاعات به مبناها قفل شده اند. تلرانس‌های راستا تلرانس‌های سیارند و تلرانس‌های مکان (جز هم محوری و تقارن که همواره ثابت اند) می‌توانند تلرانس سیار باشند.

اندازه دونقطه‌ای (Two-Point Size)

اندازه دونقطه‌ای ساده ترین تعریف اندازه و از انواع اندازه‌های موضعی است؛ زیرا از جایی به جای دیگر مشخصه اندازه دار تغییر می‌کند و مستقل از فرم مشخصه اعمال می‌شود.

اندازه دونقطه‌ای عبارت است از فاصله بین دو نقطه متقابل در مشخصه اندازه دار. براساس ایزو ۱-۱۴۴۰۵ تفسیر تلرانس بُعدی به طور پیش فرض بُعد دونقطه‌ای است.

اندازه فراگیر (Global Size)

اندازه فراگیر، برخلاف اندازه موضعی، اندازه‌ای است که می‌توان آن را توصیف کل مشخصه با یک مقدار واحد دانست. مهم‌ترین اندازه‌های فراگیر عبارت اند از اندازه بیشینه محاطی، اندازه کمینه محیطی، اندازه کمترین مربعات.

ثبوت سوراخ، ثبوت میله (Hole Basis, Shaft Basis)

در تلرانس گذاری با شناسه‌های ایزو (ISO 286) دو نظام وجود دارد: ثبوت سوراخ و ثبوت میله.

در صورت استفاده از ثبوت سوراخ، همه سوراخ‌ها با یک شناسه تلرانسی واحد(مثلاً H8) مشخص می‌شوند.

آن‌گاه، با تغییر دادن تلرانس‌های میله، نرمادگی (Fitting) تنظیم می‌شود.

مزیت استفاده از ثبوت سوراخ در این است که شمار میل سنجه‌هایی که باید قادر به تصدیق همه سوراخ‌های دارای الزام پوش باشند محدود می‌شود. در صورت استفاده از ثبوت میله، همه میله‌ها با یک شناسه تلرانسی واحد (مثلاً H8) مشخص می‌شوند.

آن‌گاه، با تغییر دادن تلرانس‌های سوراخ، نرمادگی تنظیم می‌شود. مزیت استفاده از ثبوت میله در این است که می‌توان میله‌ها و پین‌های استاندارد حاضری خرید و استفاده کرد.

الزام پوش (Envelope Requirement)

الزام پوش (با علامت E) شبیه سازی نرمادگی است و برای اطمینان از قابلیت جفت شدن قطعات ساده ای مثل میله‌ها و سوراخ‌ها در نظر گرفته شده است. سطح (در استوانه) یا سطوح (در پهنه) مشخصه ای که الزام پوش بر آن اعمال شده نباید از مرزی با فرم مطلق به قطر/پهنای حد بیشینه مواد اندازه اش تجاوز کند.

*حد بیشینه مواد کوچک‌ترین حد سوراخ/شیار و بزرگ‌ترین حد میله/تیغه است.

مشخصه ساخته شده به مقدار تفاضل اندازه اش از حد بیشینه مواد نقشه مجاز است هرگونه انحراف هندسی ای داشته باشد. ضمناً، اندازه دونقطه‌ای مشخصه ساخته شده باید در حدود اندازه باشد.

لبه‌ها (Edges)

عمده نظام مهندم متمرکز است بر تلرانس گذاری مشخصه‌ها و اندازه و هندسه آن‌ها. لبه‌ها مثل فرزندان ناتنی اند؛ ولی این بدان معنا نیست که لبه‌ها بی اهمیت اند و ضرورتی ندارد که به آن‌ها تلرانس بدهیم.

تلرانس گذاری لبه‌ها را می‌توان از این وجه ضروری دانست که نشست درست قطعات بر روی هم تضمین شود، طوری که هرکجا قرار است مشخصه‌ها با هم تماس داشته باشند، تماسشان برقرار باشد، بی‌آنکه بر روی لبه‌ها گیر کنند. دلیل دیگری که ممکن است تلرانس گذاری لبه‌ها را ایجاب کند، تسهیل هم‌گذاری (Assemble) قطعات است.

در این مورد، پخ زنی می‌تواند، به طور مثال، کمک کند تا میله ای به درون سوراخی راه یابد. همچنین، ممکن است به دلایل ظاهری لازم باشد که به لبه‌ها تلرانس بدهیم تا جلوه مناسب قطعه و محصول حاصل شود.

همین طور، ممکن است به دلایل ایمنی لازم شود که لبه‌ها را تلرانس گذاری کنید تا از زخمی شدن افراد پیشگیری کرده باشید.

و درنهایت ممکن است برای جلوگیری از افزایش اصطکاک ناشی از بار روی لبه‌ها یا پیشگیری از متوقف شدن قطعات متحرک لازم باشد که به لبه‌ها تلرانس بدهید.

برای تلرانس دادن به لبه چهار روش وجود دارد:

- تلرانس گذاریدر حکم لبه فاقد شکل مشخص، طبق ایزو ۱۳۷۱۵
- تلرانس گذاریپخ، طبق ایزو ۱-۱۲۹
- تلرانس گذاریرخواره خط یا سطح، طبق ایزو ۱۱۰۱
- تلرانس گذاریگذر، طبق ایزو ۲۱۲۰٤

استاندارد ملی آمریکا در تلرانس گذاری هندسی (GD&T)و استانداردهای بین المللی مهندم ایزو (ISO GPS)

استاندارد ASME Y14.5 از استانداردهای ملی امریکا و متولی آن انجمن مهندسان مکانیک امریکاست.

موضوع این استاندارد تلرانس گذاری نقشه‌های مهندسی است و آخرین ویراست آن به سال ۲۰۰۹ بازمی‌گردد. این استاندارد در محدوده ایالات متحده معتبر و مورد استفاده است.

استانداردهای ملی معدودی از کشورهای دیگر، مثل کانادا، نیز اقتباسی از ASME Y14.5 هستند. امریکا همواره، بخصوص تا پیش از دهه ۹۰ میلادی، یعنی سال‌های شکل گیری نظام مشخصات هندسی محصول در ایزو، مهم‌ترین نقش را در تحول و پیشبرد نظام بعدگذاری و تلرانس گذاری هندسی ایفا می‌کرده است. مرجع دیگری که در تهیه نقشه‌های مهندسی بسیار مورد رجوع است ایزو است.

ایزو در سال ۱۳۲٤ شمسی با مشارکت ۲۵ کشور کار خود را آغاز کرد. امروزه شبکه ای از استانداردهای ملی حدود ۱۷۰ کشور، از جمله خود امریکا و کشورهای عضو اتحادیه اروپا (مثل آلمان، فرانسه، بلژیک، ایتالیا، سوئد و...) و انگلستان و ژاپن و چین و سایر کشورهای صنعتی، در پیشبرد استانداردهای ایزو مشارکت دارند.

ایزو تا کنون بیش از ۲۰ هزار عنوان استاندارد منتشر کرده که بخش عمده آن‌ها در حوزه فناوری مهندسی است.

سازمان ملی استاندارد ایران از سال ۱۳۳۹ شمسی عضو ایزو است و هم اکنون در تقریباً ٤٧٠ کارگروه فنی در موضوعات مختلف مشارکت دارد.

مشخصات هندسی محصول (مهندم) رویکردی است که ایزو از سال ۱۹۹۲ در پیش گرفت.

چنان که گفتیم، بنیان این رویکرد بر همان روش بعدگذاری و تلرانس گذاری هندسی (GD&T) است.

مهندم با داده‌هایی از متخصصان بیش از شصت کشور بسط یافته و در افزون بر صد استاندارد بین المللی مستند گردیده است.

کارگروه فنی ۲۱۳ ایزو عهده دار تدوین و پیشبرد استانداردهای مشخصات هندسی محصول است. سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای فعال این کارگروه است.

اختلاف‌های GD&T وISO GPS

مسئله تفاوت‌های ایزو و ASME Y14.5 امریکا یکی از موضوعات مطرح در دنیای نقشه‌های مهندسی است.

این دو استاندارد با آنکه روی هم رفته هدف یکسانی را دنبال می‌کنند، از آنجا که از دو فرهنگ مختلف بر آمده اند، اختلاف‌های ریز و درشتی با هم دارند که در برخی کتاب‌ها و دوره‌های آموزشی به سرفصلی جداگانه تبدیل شده و حتی در این مورد کتاب مستقل به تحریر درآمده است.

گزارش میزان اختلافات، بسته به نحوه بررسی و ظرف مقایسه، متفاوت است. در نقشه‌های بسیار ساده، تأثیر اختلاف‌ها به حداقل می‌رسند، ولی هرچه نقشه‌ها پیچیده‌تر می‌شوند، تفاوت‌های دو روش مشخصه دهی بیشتر نمایان می‌شوند.

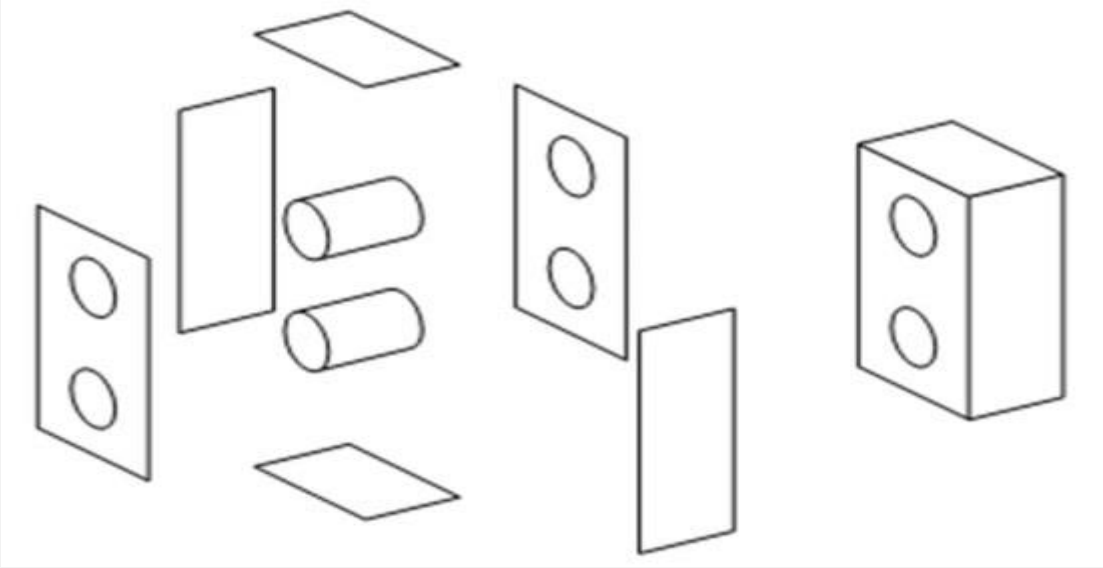
اختلافات دو استاندارد مهندم ایزو و امریکا در موارد بسیاری ممکن است منجر به تفسیری متفاوت از یک مشخصه شوند و این برای ساخت قطعات خطرناک است.

برای رفع این مشکل، سازمان بین المللی استانداردسازی ایزو در سال ۲۰۱۱ قانونی وضع کرد موسوم به اصل فراخوانی.

مشخصه قطعه چیست؟

در مهندم، قطعه از مشخصه‌ها (Features) تشکیل می‌شود. این زیربخش کردن قطعه به مشخصه‌ها تا مرزهای طبیعی بین مشخصه‌ها، یعنی معمولاً تا لبه‌ها، ادامه می یابد.

به شکل زیر توجه کنید، در این تصویر قطعه سمت راستی به مشخصه‌های سمت چپ تبدیل شده است.



براساس ایزو ۱-۱۷۴۵۰، مشخصه یا نقطه است (مثل مرکز کره)، یا خط است (مثل میان خط استوانه)، یا سطح است (مثل سطحی تخت یا ناتخت)، یا حجم (مثل کره).

مشخصه اندازه دار(Feature Of Size)

مشخصه ای است که وجه مشخصه آن بُعد، اندازه آن است. مشخصه‌های اندازه دار عبارت اند از استوانه‌ها (قطرهای درونی و بیرونی)، کره‌ها، پهنه‌ها (زوج‌های صفحات تخت متوازی و متقابل، مثل تیغه‌ها و شیارها)، مخروط‌ها، گوه‌ها.

استوانه‌ها و کره‌ها و پهنه‌ها اندازه‌های خطی دارند (اندازه میلی‌متری) و مخروط‌ها و گوه‌ها اندازه‌های زاویه‌ای (اندازه درجه‌ای).

مشخصه سازنده (Integral Feature)

مشخصه سازنده سطح قطعه یا خطی از سطح قطعه است. مشخصه سازنده را می‌توان مشخصه ای فرض کرد که قابل لمس است.

مشخصه مشتق (Derived Feature)

مشخصه مشتق عبارت است از نقطه مرکزی یا میانْ خط(Median Line) یا میانْ سطحی (Median Surface) که از یک یا چند مشخصه سازنده مشتق شده است. مشخصه مشتق ممکن است ایده‌آل، یعنی بدون خطای فرم یا غیر ایده‌آل، یعنی با خطای فرم باشد.

1) مشخصه ایده‌آل(Ideal Feature)

مشخصه ای نظری که خطای فرم ندارد. مثل صفحه مطلقاً تخت و خط مطلقاً راست.

2) مشخصه غیرایده‌آل (Non-Ideal Feature)

مشخصه ای واقعی یا نظری که خطای فرم دارد.

مثل سطح واقعی یک میله یا ابر نقاط آن

تلرانس فرم چیست؟(Form Tolerance)

تلرانسی است که فقط فرم مشخصه را محدود می‌کند، نه راستا یا مکان آن را. فرم به راستی، تختی، گردی، استوانگی، پروفیل سطح، پروفیل خط دسته بندی می‌شود.

تلرانس راستا چیست؟ (Orientation Tolerance)

تلرانسی است که فرم و راستای مشخصه را محدود می‌کند، ولی مکان آن را نه. راستا به انواع توازی، تعامد، زاویه داری، پروفیل سطح، پروفیل خط دسته بندی می‌شود.

تلرانس مکان چیست؟ (Location Tolerance)

تلرانسی که حد فرم و راستا و مکان مشخصه را تعیین می‌کند. مکان به انواع موقعیت، هم محوری، تقارن، پروفیل سطح، پروفیل خط دسته بندی می‌شود.

تلرانس لنگی دایره ای چیست؟ (Radial Run-Out)

لنگی دایره ای در مشخصه‌های دارای تقارن استوانه ای، تأثیر جمعی چند انحراف هندسی است که در آن، برخلاف لنگی کل، به هر یک از مقاطع به طور مجزا پرداخته می‌شود. می‌توان گفت مقداری است که مشخصه در هر مقطع نسبت به مبنا "می‌لنگد."

از تلرانس لنگی دایره ای معمولاً برای تعیین حد اینگونه انحراف‌ها در قطعات گَردان استفاده می‌کنیم.

تلرانس لنگی دایره ای بر دو قسم است.

لنگی دایره ای شعاعی، نوسان شعاعی مشخصه را در هر مقطع مجزا محدود می‌کند و می‌توان آن را گردی نسبت به یک مبنای اسماً هم مرکز معنی کرد.

لنگی دایره ای شعاعی اجازه انحراف شعاعی در طول محور را می‌دهد و ازاین‌رو می‌توان آن را، برخلاف لنگی کل شعاعی، مثلاً در مشخصه‌های مخروطی نیز به کار برد.

لنگی دایره ای محوری، لنگی مقطع‌های هم مرکز در جهت محور را (یعنی در فاصله‌های شعاعی)، یکی یکی، نسبت به خط مبنا مهار می‌کند.
این تلرانس، برخلاف لنگی کل محوری، به مشخصه اجازه می‌دهد بشقابی شکل شود؛ اما تضمین می‌کند که این شکل بشقابی متمرکز و عمود بر مبنا باشد. بنابراین، از لنگی دایره ای محوری می‌توان در سطوح ناتخت استفاده کرد.

تلرانس لنگی کل چیست؟(Total Run-Out)

لنگی کل در مشخصه‌های دارای تقارن استوانه ای تأثیر جمعی چند انحراف هندسی است که در کل مشخصه به طور یکجا ملاحظه می‌شود. می‌توان گفت مقداری است که مشخصه نسبت به مبنا "می‌لنگد."
از تلرانس لنگی کل معمولاً برای تعیین حد اینگونه انحراف‌ها در قطعات گَردان استفاده می‌کنیم. تلرانس لنگی کل بر دو قسم است:
لنگی کل شعاعی، نوسان شعاعی کل مشخصه را محدود می‌کند و آن را می‌توان استوانگی نسبت به محور مبنای اسماً هم محور معنی کرد.
بنابراین، لنگی کل شعاعی را فقط در مشخصه‌های استوانه ای می‌توان به کار برد.
لنگی کل محوری، لنگی کل مشخصه (مثل حالت چرخی که آن را شل بسته باشند) را در جهت محوری به طور یکجا مهار می‌کند و همان تعامد است نسبت به خط مبنا. بنابراین، لنگی کل محوری را فقط در سطوح تخت می‌توان به کار برد و همواره تعامد را می‌توان جانشین آن کرد.

مبنای تلرانس گذاری چیست؟(Datum)

مشخصه ایده‌آلی که به منزله اساس تلرانس گذاری به کار می‌رود.

مبنا همیشه یک صفحه تخت یا خط راست یا نقطه است.

واژه مبنا (Datum) از نقشه برداری آمده است که در آن مبنا معرف مرجعی است که پیمایش (Measurement) نسبت به آن انجام می‌شود.

در مهندم از مبناهای منفرد صحبت می شود که از مشخصه‌های مبنا مشتق می شوند و از دستگاه‌های مبنایی که مجموعه‌هایی از مبناها هستند که برای ناحیه‌های تلرانسی و تلرانس گذاری قطعه حکم دستگاه مختصاتی دارند.

مشخصه مبنا(Datum Feature)

مشخصه ای واقعی که مبنا از آن مشتق می‌شود.

دستگاه مبنایی(Datum System)

ناحیه تلرانسی یک مشخصه را می‌توان نسبت به مشخصه ای دیگر، از طریق تعیین این مشخصه دیگر در نقش مشخصه مبنای آن ناحیه تلرانسی، قفل کرد.

همین طور، با تعیین چند مشخصه مبنا می‌توان ناحیه تلرانسی را نسبت به دستگاه مبنایی قفل کرد.

این دستگاه مبنایی همچون دستگاه مختصاتی ناحیه‌های تلرانسی عمل می‌کند. هر قطعه ای شش درجه آزادی دارد: انتقال (حرکت خطی) در امتداد محورهای X ، Y، Zو دوَران حول هر یک از این سه محور.

دستگاه مبنایی در اصل باید این شش درجه آزادی را قفل کند. در حالاتی هم ممکن است یک یا چند درجه آزادی نسبت به ناحیه تلرانسی مشخصه، بی اثر باشند.

دستگاه مبنایی از مبنای درجه یکم و مبنای درجه دوم و در بعضی مواقع، مبنای درجه سوم تشکیل می شود. این اولویت بندی بدان معناست که ابتدا مبنای درجه یکم هر تعداد از درجات آزادی را که بتواند قفل می‌کند.

سپس، از میان درجات آزادی ای که مبنای درجه یکم از قبل قفل نکرده، مبنای درجه دوم هر تعدادی را که بتواند قفل می‌کند.

در نهایت، از کل درجات آزادی ای که مبناهای درجه یکم یا درجه دوم از قبل قفل نکرده اند، مبنای درجه سوم هر تعداد را که بتواند قفل می‌کند.

در دستگاه مبنایی، طبق تعریف، مبناها با هم موازی یا بر هم عمودند؛ به این معنا که مبنای درجه دوم مقید به زاویه اسمی بی خطا نسبت به مبنای درجه یکم است ومبنای درجه سوم مقید به زاویه اسمی بی خطا نسبت به مبنای درجه یکم و مبنای درجه دوم است.

این بدان معناست که ناحیه‌های تلرانسی در دستگاه مختصاتی قائم الزاویه مطلقی واقع اند. دستگاه مبنایی درست از لحاظ کارکردی دستگاه مبنایی است که از طریق بررسی چگونگی سوار شدن قطعه در محصول تعریف شده است.

همیشه مشخصه‌هایی وجود دارند که موقعیت قطعه در محصول را مهار می‌کنند. دستگاه مبنایی متشکل از سه صفحه متقابلاً عمودبرهم نمونه ای از دستگاه‌های مبنایی است که هر شش درجه آزادی را قفل می‌کنند.

اصول مهم درباره تلرانس گذاری

اصل فراخوانی در تلرانس گذاری (Invocation Principle)

اصل فراخوانی مقرر می‌کند که اگر یک بخش از نظام مهندم ایزو در نقشه ای به کار رفته باشد، کل نظام مهندم ایزو در آن نقشه اعمال می‌شود.

این بدان معناست که تمام قوانین مهندم ایزو، بی‌آنکه لازم باشد در نقشه صراحتاً متذکر شوید، خودبه‌خود اعمال می‌شوند، مگر آنکه صراحتاً در نقشه یا در قرارداد متذکر شده باشید که قوانین استانداردی غیر از مهندم ایزو بر نقشه اعمال می‌شوند.

هدف از اصل فراخوانی آن است که اگر مابین طرفین ذی‌نفع، یعنی مشتری و تأمین‌کننده، اختلافی در پذیرش قطعه وفق مشخصات پیش آمد، قانونی در اختیار باشد تا به آن رجوع کنند.

اصل جامع و مانع بودن نقشه در تلرانس گذاری (Definitive Drawing Principle)

اصل جامع و مانع بودن نقشه مقرر می‌کند که تمامی الزامات را باید در نقشه یا در مدارک مورد ارجاع نقشه یا در قرارداد درج کرد و اینکه نمی‌توان انتظار داشت کسی به الزامی که درج نشده است عمل کند.

این مسئله نوعاً در مواقعی مطرح است که سطوح در نقشه عمود بر یکدیگر به نظر می رسند، بی‌آنکه تلرانس تعامدی در کار باشد یا تعدادی سوراخ در

طرفین خط مرکز قطعه متقارن به چشم می‌آیند بی‌آنکه تلرانس تقارنی در کار باشد.

در این موارد، نمی‌توان با این توجیه که از ظاهر نقشه چنین بر می‌آید انتظار داشت که برای تعامد یا تقارن مذکور تلرانس نانوشته ای را مراعات کنند.

اصل مشخصه در تلرانس گذاری (Feature Principle)

اصل مشخصه مقرر می‌کند که قطعه از مشخصه‌هایی با مرزهای طبیعی تشکیل می‌شود و اینکه هر الزام مهندمی بر کل مشخصه مورد اشاره اش و فقط بر همان مشخصه اعمال می‌گردد، مگر آنکه به غیر این تصریح شود.

"مرز طبیعی" در بیشتر مواقع لبه است؛ اما در مواردی مابین مشخصه‌ها لبه حقیقی ای وجود ندارد، همچون قطعه ای که از یک یا دو نیم کره به همان قطر در هر دو سر تشکیل شده است.

اصل استقلال در تلرانس گذاری (Independency Principle)

اصل استقلال مقرر می‌کند که هر مشخصه مهندمی را باید مستقل از سایر مشخصات آن اجرا کرد، مگر آنکه به غیر این تصریح شود. مثلاً با علامت‌های ویژه ای مثل M در ایزو ۲۶۹۲ یا CZ براساس ایزو ۱۱۰۱ ، یا E براساس ایزو ۱-۱۴۴۰۵.

اصل وضعیت مرجع در تلرانس گذاری (Reference Condition Principle)

اصل وضعیت مرجع معرف وضعیتی است که مشخصات مهندمی در آن وضعیت اعمال می‌شوند.

در درجه اول، براساس ایزو ۱، تمامی مشخصات مهندمی، به طور پیش فرض، در ۲۰° سانتی گراد اعمال می‌شوند؛ مگر اینکه در نقشه یا قرارداد دمای مرجع دیگری مشخص شده باشد.

دمای مرجع چیز مهمی است؛ زیرا تقریباً همه انواع مواد با افزایش دما بزرگ‌تر می‌شوند. بدون دمای مرجع، تلرانس اندازه ای بی‌معنا است.

افزون بر این، تمامی الزامات بر قطعات پاکیزه اعمال می شوند.

ازاین‌رو، برای آنکه قطعه درست تصدیق شود، قبلاً باید از براده و مایعات مخصوص براده برداری و سایر مواد آلوده کننده پاک شده باشد.

اصل قطعه کار صُلب در تلرانس گذاری (Rigid Workpiece Principle)

تمامی مشخصات بر وضعیت رهای قطعه اعمال می‌شوند؛ یعنی وضعیتی که قطعه زیر تأثیر نیروهای خارجی، اعم از نیروی جاذبه، نیست. این بدان معناست که اگر قطعه، مثلاً در اثر فشار پیمایش یا به سبب جاذبه جرم خود، تغییر شکل داد، باید جبران چنین تغییر شکلی را اعمال کرد.

اصل مهار کارکردی در تلرانس گذاری (Functional Control Principle)

بنای مهندم بر این تفکر است که کارکرد قطعه فقط به خواص موادی و خواص هندسی اش بستگی دارد.از قطعه همه الزامات لازم را باید خواست و هیچ الزام غیرلازمی نباید خواست.

اگر اینگونه باشد، همه قطعاتی که تمامی مشخصات در آن‌ها به اجرا در آمده اند کار خواهند کرد و همه قطعاتی که تمامی مشخصات در آن‌ها به اجرا در نیامده اند کار نخواهند کرد.

درعمل، غالباً یا الزامات لازمی هستند که در نقشه بیان نشده اند، یا اینکه الزام‌هایی در نقشه وجود دارند که لازم نیستند یا سخت گیری ناموجه اند.

طراح خوب طراحی است که بتواند، با الزامات غیرلازم هرچه کمتر، حتی‌المقدور به توصیف کامل همه الزامات لازم قطعه نزدیک شود.

اصل مشخصه دهی عمومی در تلرانس گذاری (General Specification Principle)

اصل مشخصه دهی عمومی مقرر می‌کند که تلرانس‌های عمومی فقط بر خصوصیاتی اعمال می‌شوند که مشخصه اختصاصی نداشته باشند.

مثلاً اگر در نقشه برای اندازه‌ها (Sizes) تلرانس‌های عمومی تعیین شده است، این تلرانس‌های عمومی فقط بر اندازه‌هایی اعمال می‌شوند که تلرانس گذاری جداگانه ندارند.

مشخصه اختصاصی ممکن است بسته‌تر یا بازتر از تلرانس عمومی باشد، پس اگر برای اندازه خاصی تلرانس بازتری از تلرانس‌های عمومی اندازه ای درج شده باشد، فقط همان تلرانس بازتر است که بر آن اندازه اعمال می‌شود.

استاندارد ایزو ۲۷۶۸ مدرک محبوبی بود که در سال ۲۰۲۱ منسوخ شد و استاندارد ایزو ۲۲۰۸۱ جای آن را گرفت.