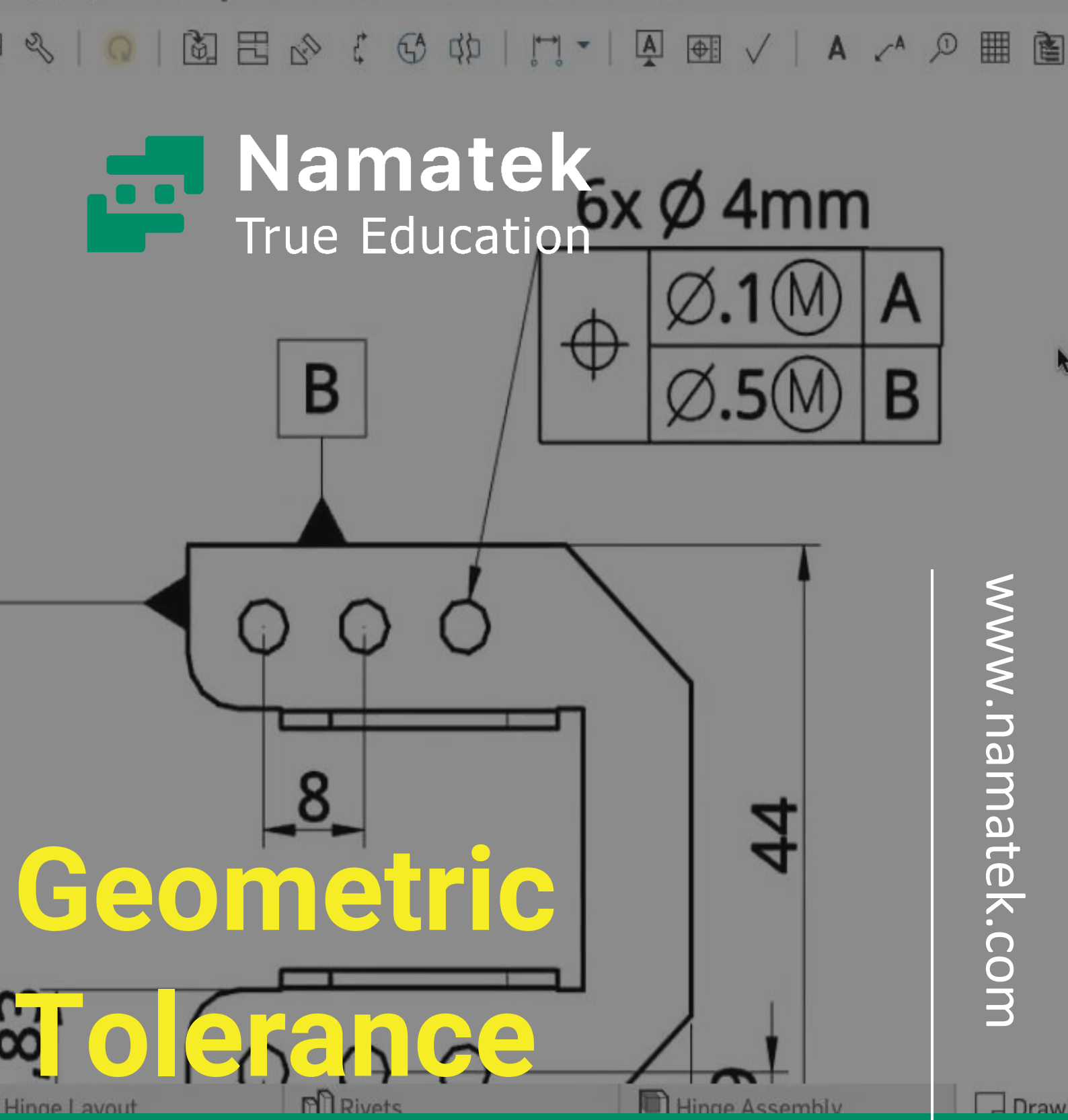


Geometric Tolerance

تلرانس هندسی

www.namatek.com

فهرست مطالب

۱. تلرانس هندسی چیست؟

۲. مزایای استفاده از تلرانس هندسی

۳. تلرانس هندسی چه کاربردی دارد؟

۴. علائم تلرانس هندسی

۵. چهارچوب کنترل ویژگی چیست؟

www.namatek.com

سیستم تلرانس هندسی به عنوان جایگزین تلرانس ابعادی در صنعت حدود یک قرن است که مورد استفاده قرار می گیرد. این سیستم تلرانس گذاری منجر به تولید یک زبان بین المللی در عرصه مهندسی شده است که در تمام صنایع کاربرد دارد.

در این مطلب قصد داریم به معرفی تلرانس گذاری هندسی، مزایا و همچنین نکات مهم مرتبط با آن بپردازیم. دعوت می کنیم تا پایان این مقاله مهم با ما همراه باشید.

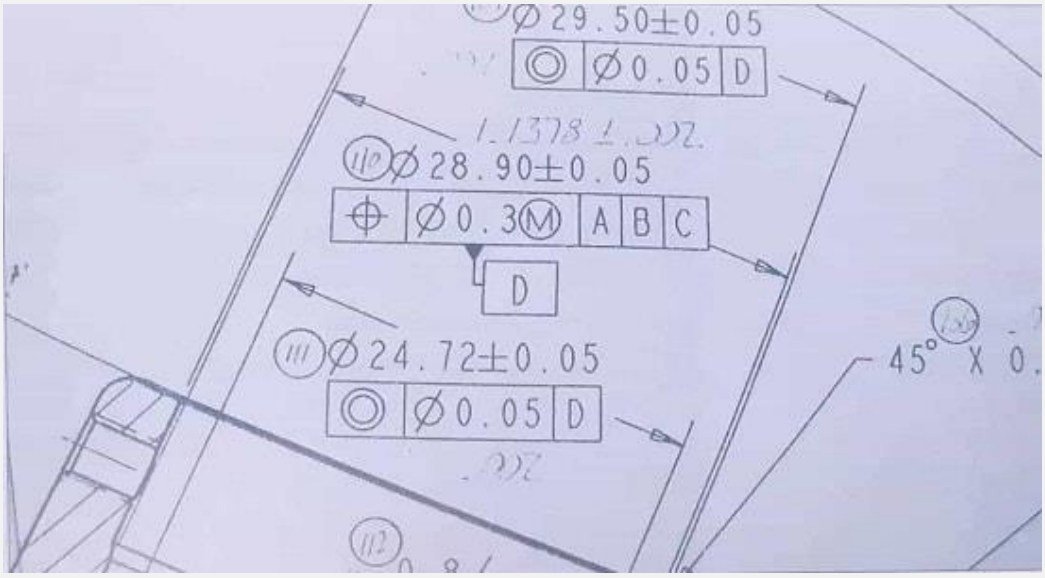
تلرانس هندسی چیست؟

طبیعی است که ابعاد و اندازه قطعات پس از تولید کاملا منطبق بر مدل های طراحی شده در نقشه ها نیستند. مولفه های متعددی در فرآیند تولید دخالت دارند که باعث ایجاد خطا در ابعاد و اندازه قطعات تولید شده می شوند. هرچند می توان با افزایش دقت تولید، میزان خطا را کاهش داد؛ اما تحت هیچ شرایطی به صفر نمی رسد.

به همین دلیل پای مفهومی به نام تلرانس به میان می آید که اشاره به میزان خطای مجاز در تولید و مونتاژ قطعات مختلف در صنعت دارد.

تا قبل از سال ۱۹۳۰ مفهوم تلرانس ابعادی (Dimensional Tolerance) در صنعت مورد استفاده قرار می گرفت. ادوات نظامی که مبتنی بر تلرانس ابعادی در جنگ جهانی دوم تولید می شدند، عملکرد مناسبی از خود به نمایش نگذاشتند.

به همین دلیل مهندسان در پی ابداع سیستم جایگزین دست به کار شدند. نتیجه این تلاش ها ایجاد سیستم تلرانس هندسی (Geometric Tolerance) بود که توسط فردی به نام استنلی پارکر معرفی شد.



تلرانس هندسی یک زبان مهندسی بین المللی متشکل از علائم و نمادهای خاصی است. این زبان مهندسی موقعیت المان های مختلف قطعات را در محدوده خطای مجاز توصیف می کند. به این زبان GD&T گفته می شود که مخفف عبارت Geometric Dimensioning and Tolerancing به معنی اندازه و تلرانس هندسی است.

مهندسان با استفاده از این سیستم می توانند تلرانس ناشی از اختلاف بین طراحی و تولید را در فرآیند ساخت قطعات کنترل کنند.

مزایای استفاده از تلرانس هندسی

در حال حاضر زبان بین المللی GD&T توسط دو نهاد معتبر مهندسی در جهان به صورت استاندارد معرفی شده است که عبارت اند از:

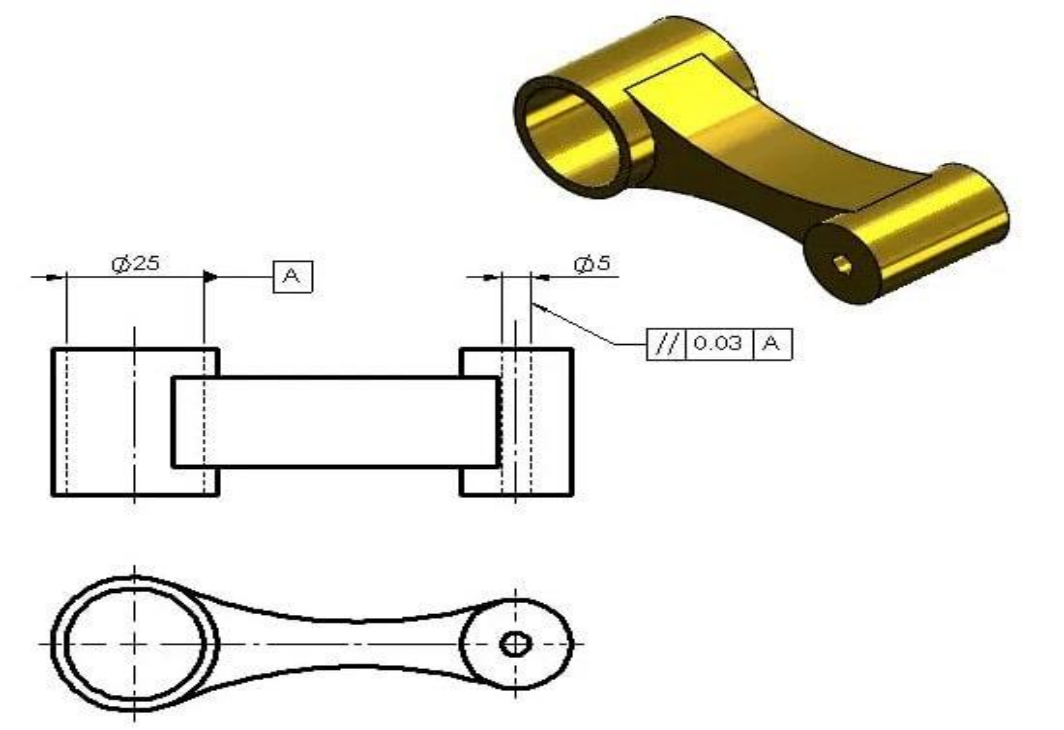
- انجمن مهندسان مکانیک آمریکا (استاندارد ASME Y14.5-2018)
- سازمان بین المللی استانداردسازی (استاندارد ISO 1101-2017)

بزرگ ترین محدودیت تلرانس ابعادی، باقی ماندن در محدوده دو بعدی است.

طبیعی است که با تلرانس گذاری دو بعدی نمی توان تمام ویژگی های قطعات را هنگام تولید و مونتاژ تحت کنترل درآورد. تلرانس هندسی این مشکل را برطرف کرده و خطای مجاز را در نقشه ها به صورت سه بعدی تعیین می کند. ویژگی مهم دیگر برای سیستم تلرانس گذاری هندسی، وجود زبان بین المللی مشترک است.

با استفاده از زبان GD&T منظور طراح روی نقشه ها برای مهندسان ساخت و تولید در سراسر دنیا قابل فهم است. این سیستم به جای متوقف شدن در محدوده توصیف ابعاد، رویکرد مناسب برای ساخت قطعات در نسبت با یکدیگر را توصیه می کند.

در تلرانس گذاری هندسی مبنای تعیین مقدار خطای مجاز برای عملیات های مکانیکی و مونتاژکاری در صنعت یکسان است. به همین دلیل چالش چندانی در فرآیند تولید و مونتاژ قطعات مختلف ایجاد نمی شود.



در عالم مهندسی مرسوم است که هرچه محدوده مجاز تولید قطعات کاهش پیدا کند، هزینه ساخت بالاتر می رود. سیستم تلرانس گذاری GD&T شرایط را به گونه ای فراهم می کند که بدون نیاز به افزایش هزینه، قطعات دقیق تری تولید شوند.

در کنار تمام مزایایی که برشمردیم، تجربه نشان می دهد که تولید قطعات با این روش تلرانس گذاری، ضایعات کمتری را نیز به دنبال دارد. به علاوه این که امکان پیشبرد فرآیندهای تولید به صورت موازی در صنعت را تسهیل می کند. چراکه بخش های مختلف در یک کارخانه با استفاده از سیستم GD&T زبان مشترکی برای تولید دارند.

تلرانس هندسی چه کاربردی دارد؟

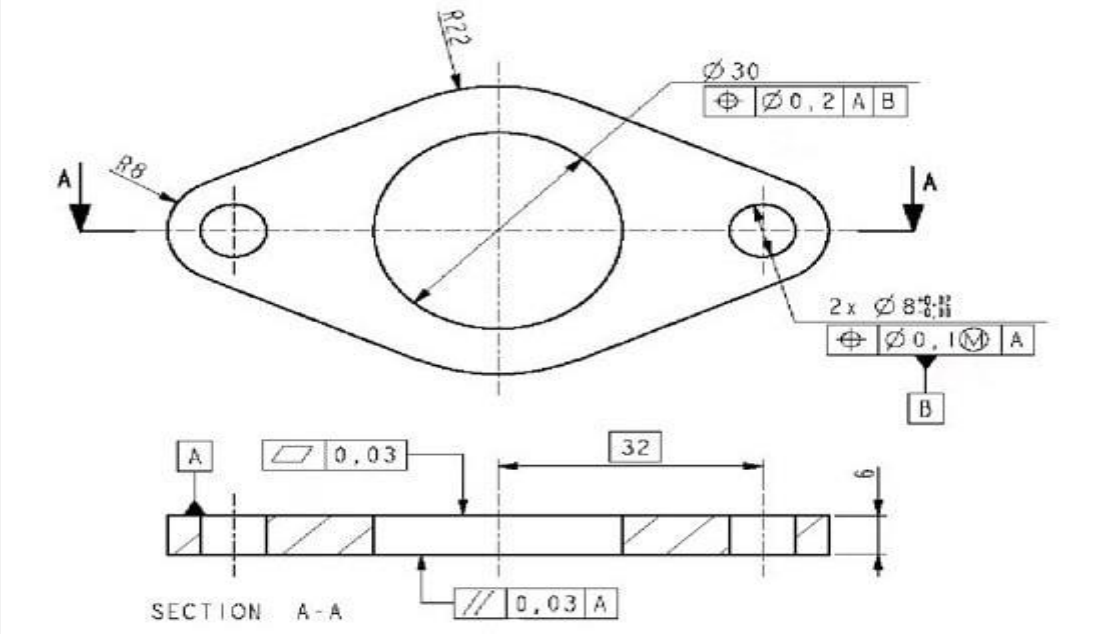
نقشه های مهندسی باید تمام ویژگی های یک قطعه را نشان دهند. در کنار ابعاد نیز باید یک مقدار به عنوان تلرانس با حداقل و حداکثر حد قابل قبول مشخص شود.

برای مثال اگر یک میز داشته باشید که ارتفاع بین ۷۵۰ تا ۷۸۰ میلی متر در فرآیند ساخت آن برای ما قابل قبول باشد، تلرانس آن ۳۰ میلی متر است.

از آن گذشته صاف بودن سطح میز هم یکی دیگر از مشخصات آن است که باید با استفاده از نمادی در زبان GD&T برای سازنده توصیف شود.

به عنوان مثال دیگر قطعه ای را در نظر بگیرید که باید در سوراخی از یک استوانه مونتاژ شود.

طبیعی است که بر اثر انحراف بیش از حد سوراخ، قطعه به طور کامل در آن قرار نمی گیرد؛ بنابراین باید به کمک نمادی دیگر حداکثر میزان انحراف مجاز برای سوراخ را مشخص کنیم.



زبان تلرانس هندسی GD&T کتابخانه ای از نمادها را در بر می گیرد که برای انتقال مفاهیم اهداف طراحی مورد استفاده قرار می گیرند.

تلرانس گذاری در عین انتقال اطلاعات به صورت کامل به دیگران نباید باعث پیچیده شدن نقشه های مهندسی شود. یکی از مهم ترین مباحث در این خصوص وضوح نقشه است.

بر این اساس خواننده نقشه باید بتواند طراحی را از تلرانس گذاری تفکیک کند. به همین دلیل ابتدا باید مقیاس مناسبی برای طراحی انتخاب شود. در ادامه لازم است که تلرانس ها در محلی مناسب بیرون از مرزهای قطعات قرار گیرند.

راه حل دیگر این است که تا جای ممکن از یک تلرانس کلی به عنوان مبنای نقشه استفاده شود. در مقابل اگر نقاطی از نقشه نیاز به تلرانس گذاری متفاوتی داشت، صرفا در آن نقاط تلرانس اختصاصی تعریف شود.

علائم تلرانس هندسی

مطابق استانداردها، تلرانس هندسی در هر نقشه مهندسی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و فشار ۱ اتمسفر معتبر است؛ مگر این که خلاف آن در نقشه ذکر شود. همان طور که اشاره کردیم زبان GD&T متشکل از مجموعه ای از نمادها و علائم اختصاری است.

در حالت کلی این نمادها را می توان در ۵ گروه اصلی دسته بندی کرد که عبارت اند از:

۱. **نمادهای کنترل فرم (Form Control):** شکل درست ویژگی های قطعات مانند راست بودن خطوط، صاف بودن سطوح و... را توصیف می کنند.
۲. **نمادهای کنترل پروفیل (Profile control)**: تلرانس سه بعدی در ناحیه اطراف یک سطح را توصیف می کنند.
۳. **نمادهای کنترل جهت یابی (Orientation Control)**: تلرانس قطعاتی که در زوایای مختلف نسبت به هم قرار می گیرند را توصیف می کنند.
٤. **نمادهای کنترل موقعیت (Location Control)**: موقعیت قرارگیری قطعات نسبت به یکدیگر را توصیف می کنند.
۵. **نمادهای کنترل لقی (Runout Control)**: برای توصیف لقی قطعات نسبت به هم استفاده می شود.

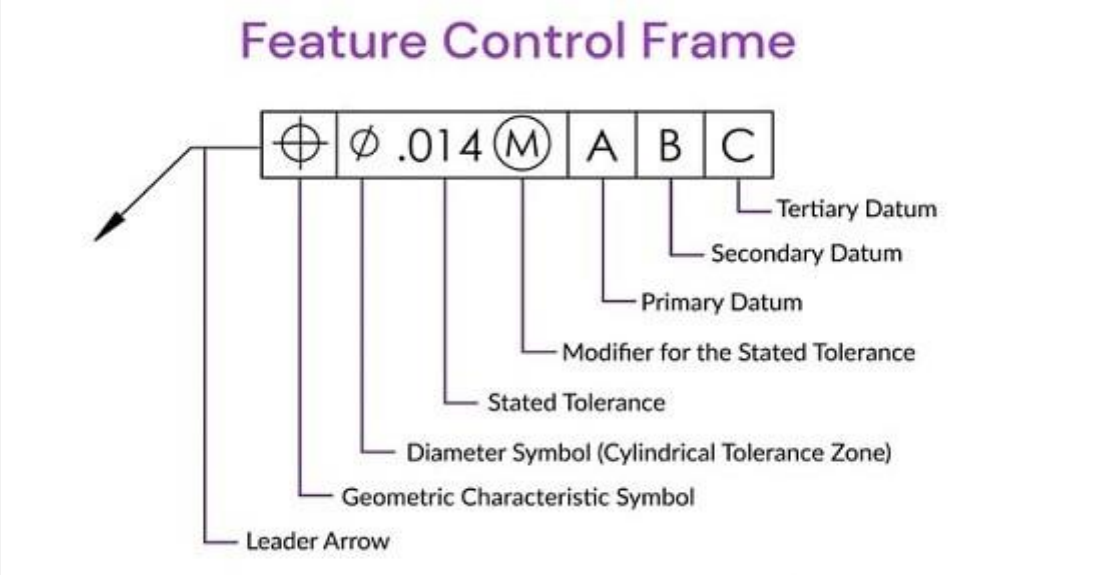
در تصویر زیر می توانید تعدادی از علائم پرکابرد در زبان GD&T را بر حسب دسته بندی فوق مشاهده کنید.

نوع	مشخصه هندسی	نماد
فرم	راستی	
	تختی	
	دایره ای	
	استوانه ای	
پروفیل	پروفیل خط	
	پروفیل سطح	
جهت یابی	زاویه	
	تعامد	
	توازی	
موقعیت	موقعیت	
	هم مرکزی	
	تقارن	
لقی	لنگی	
	لنگی کل	

چهارچوب کنترل ویژگی چیست؟

چهارچوب کنترل ویژگی (Feature Control Frame) یک قالب مشخص و خلاصه شده ای است که برای تلرانس هندسی روی نقشه ها استفاده می شود.

در تصویر زیر می توانید شکل ظاهری یک چهارچوب کنترل ویژگی در نقشه های مهندسی را مشاهده کنید. همان طور که در تصویر مشاهده می کنید، مجموعه ای از علائم و نمادها به صورت مرتب در کنار یکدیگر قرار گرفته اند. هر یک از این نمادها در بردارنده مفاهیم خاصی هستند که در این جا به معرفی آن ها می پردازیم.



پیکان پیشرو (Leader Arrow)

فلشی که در سمت چپ تصویر فوق قرار دارد، به آن ویژگی اشاره می کند که تلرانس هندسی برای آن تعریف می شود.

استفاده از این پیکان اختیاری است و به همین دلیل ممکن است در برخی نقشه ها وجود نداشته باشد.

نماد مشخصه هندسی (Geometric Characteristic Symbol)

نماد مشخصه هندسی تعیین می کند که تلرانس گذاری مربوط به کدام گروه از دسته بندی پنج گانه ای است که در بخش قبل نام بردیم. به عنوان مثال نماد تصویر فوق مربوط به مشخصه موقعیت (Location) است.

نماد کنترل قطری (Diameter Control)

نماد قطر نشان دهنده آن است که منطقه تلرانسی شکل دایره ای یا استوانه ای دارد. اگر شکل هندسی منطقه تلرانسی چیز دیگری باشد، این نماد در جدول درج نمی شود.

تلرانس (Tolerance)

در این بخش مقدار دقیق تلرانس تعیین می شود. واحد اندازه گیری تلرانس و سایر ابعاد برای کل نقشه یکسان است و در بلوک عنوان پایین نقشه ذکر می شود.

اصلاح کننده تلرانس (Modifier for the Tolerance)

در این قسمت نماد اصلاح کننده حداکثر جرم قطعه (M) یا حداقل جرم (L) ذکر می شود. تلرانس هندسی باعث می شود که وزن قطعه نیز دستخوش تغییر شود؛ به همین دلیل گاهی اوقات لازم است که حداکثر یا حداقل جرم قطعه با توجه به تلرانس تعیین شود.

در مواردی که وزن قطعه اهمیت زیادی نداشته باشد، این نماد از چهارچوب های کنترل ویژگی حذف می شود.

مبناهای تلرانس هندسی (Geometric Tolerance Datum)

در سمت راست چهارچوب کنترل ویژگی سه کادر در کنار یکدیگر مشاهده می کنید که مبنای تلرانس گذاری را مشخص می کنند.

منظور از مبنا این است که تلرانس هندسی ویژگی مد نظر نسبت به یک موقعیت خاص از قطعه تعیین می شود. استفاده از این بخش اختیاری است و ممکن است در برخی از نقشه ها وجود نداشته باشند یا تنها یک مبنا درج شود.

به ترتیب از سمت چپ به راست اولویت مبناها به صورت زیر تعیین می شود:

- **مبنای اول (Primary Datum):** معمولا سه درجه آزادی از قطعه را مهار می کند.
- **مبنای دوم (Secondary Datum):** دو درجه آزادی از قطعه را مهار می کند.
- **مبنای سوم (Tertiary Datum):** یک درجه آزادی از قطعه را مهار می کند.

هر یک از مبناها با استفاده از یک حرف انگلیسی مشخص می شوند که توضیح آن ها در استانداردها ذکر می شود. به این ترتیب با استفاده از این سه مبنا ٦ درجه آزادی ممکن برای یک قطعه در فضای سه بعدی به صورت کامل مهار می شود.