

وقتی طراح، یک قطعه را طراحی می‌کند، در حقیقت یک اندیشه (طرح ایده‌آل) را از طریق نقشه ارائه می‌دهد. یک طرح ایده‌آل فقط در ذهن وجود دارد، در ساخت و تولید همیشه انحرافات، بین اندازه روی نقشه و اندازه قطعه پس از تولید، به وجود می‌آید.

با توجه به این که ساخت دقیق اندازه‌های قطعه مطلقاً با اندازه اسمی امکان پذیر نیست، لذا باید در ساخت قطعه انحراف‌های مجاز و احتمالی را در نظر گرفت. حد تغییرات مجاز در اندازه‌ها، تولرانس نامیده می‌شود.



اگر در ساخت این ابزارگیر، تولرانس اندازه‌ها به خوبی رعایت نشود، نه تنها درتولید دچار خطا می‌شویم، بلکه ممکن است حادثه نیز ایجاد کند. در این فصل مطالبی راجع به تولرانس‌ها و انطباقات خواهید آموخت.

بخش سوم

فصل ۲

پس از آموزش این فصل از هنر جو انتظار می‌رود:

- مفهوم تولرانس را بیان کند.
- میزان انحراف‌ها را از روی جدول تولرانس‌ها استخراج کند.
- مفهوم انطباق را بیان کند.
- مفاهیم لقی و سفتی را توضیح دهد.
- سیستم‌های انطباقی را نام ببرد.
- علائم و نمادهای مربوط به انطباقات را بیان کند.
- علائم و نمادهای مربوط به تولرانس‌ها و انطباقات را از روی نقشه تفسیر کند.



تولرانس ها و انطباقات

قسمت اول : تولرانس های ابعادی

برای ساختن هر قطعه ای دانستن اندازه ابعاد آن ضروری است. این اندازه ها به سازنده کمک می کند تا براساس آن قطعه مورد نظر را بسازند .



پس از ساختن قطعه، مشاهده می شود که ابعاد جسم ساخته شده با تمام سعی و دقتی که سازنده آن داشته است ، مبرا از خطا و لغزشی نیست. این اختلاف اندازه ممکن است به ابزار کار، جنس قطعه ، مقدار باری که به دستگاه وارد می شود، کم و زیاد شدن دور دستگاه بستگی داشته باشد .

به طور کلی هرچند در حین اجرای کار دقت به عمل آید و از ماشین آلات و وسایل پیشرفته و مدرن نیز استفاده شود ، باز هم در ساخت ابعاد قطعه احتمال خطای جزئی هست.

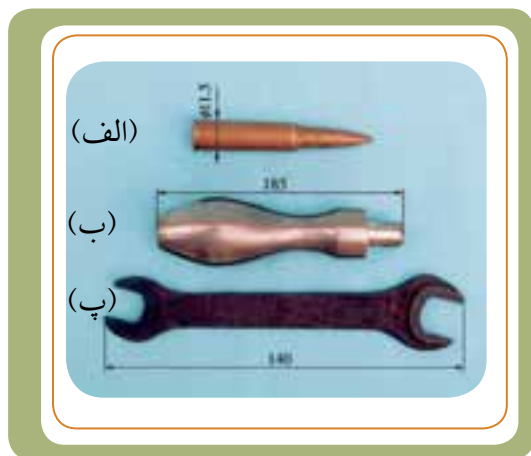
بنابراین طراح به سازنده اجازه می دهد تا در موقع ساخت قطعه ، ابعاد مورد نظر را تا حد قابل قبولی از نظر اندازه درج شده در نقشه کم تر یا زیادتر در نظر بگیرد. این مقدار اختلاف را تولرانس یا اختلاف اندازه مجاز می نامند .



یکی از بزرگ ترین مزایای تولرانس ها آن است که امکان تولید قطعات یدکی را فراهم آورده است، در نتیجه می توانیم در صورت خرابی ، فقط همان قطعه معیوب یا مستهلک شده را تعویض کنیم. برای مثال ، اگر یک بلبرینگ در دستگاهی فرسوده یا شکسته شود ، این بلبرینگ مطابق با اصول استاندارد با چنان دقتی ساخته شده است که در محل (جایگاه) خود مجدداً نصب می شود و وظیفه خود را به نحو مطلوب انجام می دهد .

تعاریف و اصطلاحات

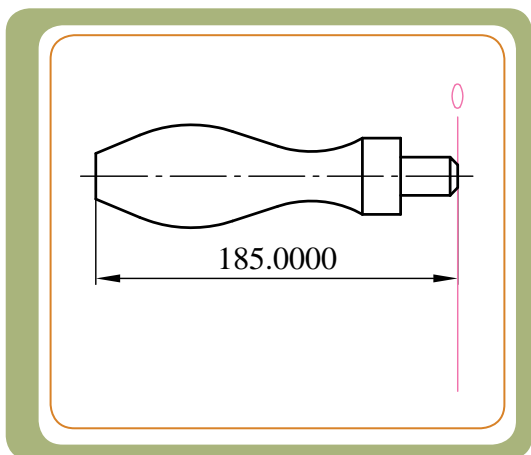
برای این که به مفهوم تولرانس بیشتر پی ببریم، ابتدا با برخی از اصطلاحات به کار برده شده در تولرانس‌ها آشنا می‌شویم:



اندازه اسمی (اندازه نامی)

تمام اندازه ابعاد قطعات کار، که در روی نقشه فنی بدون در نظر گرفتن انحراف‌ها آورده می‌شوند، اندازه اسمی نامیده می‌شود و آن را با حرف N نمایش می‌دهند. برای مثال، اندازه قطر $11/5\text{mm}$ فشنگ (در شکل الف) و اندازه طول 140mm دستگیره (در شکل ب) و اندازه طول 185mm آچار تخت (در شکل پ) را اندازه اسمی می‌گوییم.

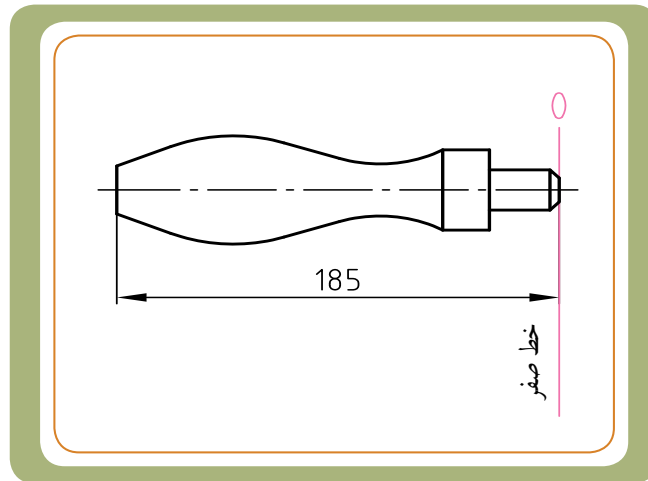
یک اندازه را هرگز نمی‌توان با دقت مطلق و مطابق اندازه اسمی ساخت. دستگیره شکل ب را در نظر بگیرید. ساختن آن بدون هیچ خطایی با طول 185mm (یعنی $185,0000$) از نظر فنی امکان پذیر نیست. لذا باید انحراف مجاز را برای ساخت قطعه در نظر گرفت.



اگر بخواهیم اندازه واقعی را به اندازه اسمی نزدیک تر کنیم، مستلزم صرف هزینه زیادتری است و حتماً ماشین و ابزار آلات دقیق تری باید به کار گرفته شوند که مقرون به صرفه نخواهد بود. بعدها می‌بینیم که انحراف اندازه‌ها نسبت به اندازه اسمی سنجیده می‌شوند. به اندازه اسمی اندازه نامی نیز می‌گویند.

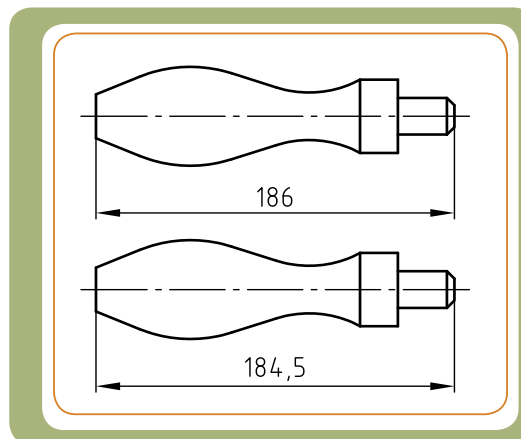
خط صفر

انحراف ها نسبت به یک مبدأ یا مبنا به نام خط صفر سنجیده می شوند. خط صفر خطی است منطبق بر اندازه اسمی و یا مرزی است که در آن جا انحراف اندازه ها برابر صفر است.

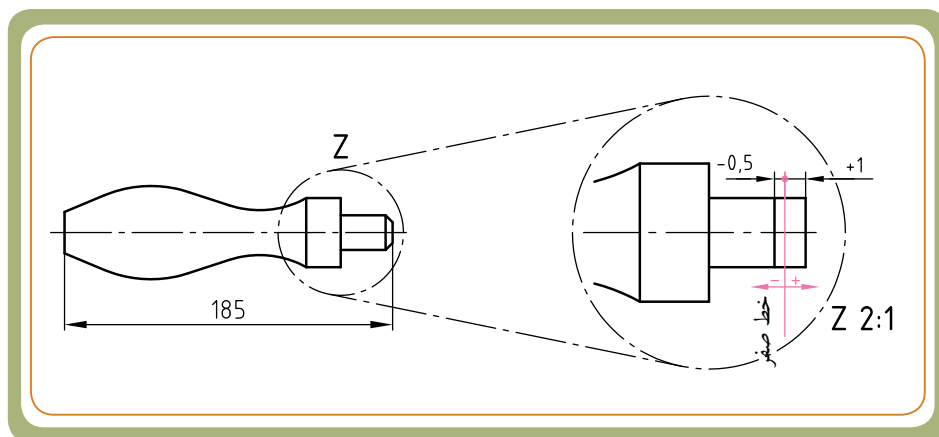


انحرافها

همان طور که قبلاً اشاره شد، ساختن قطعه ای با اندازه اسمی به طور مطلق امکان پذیر نیست. بنابراین باید انحراف های مجازی را برای ساخت قطعه در نظر گرفت.



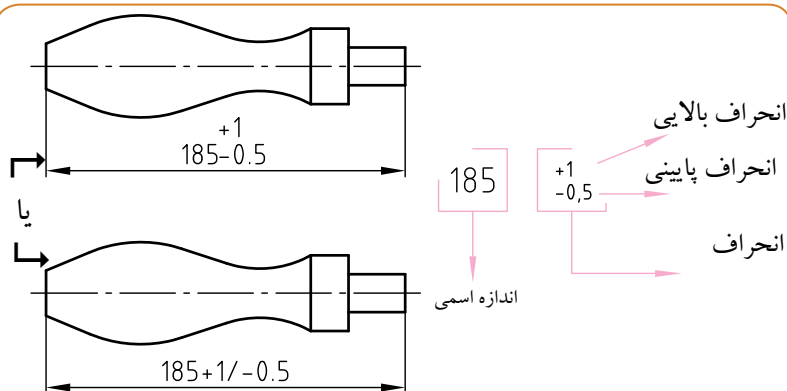
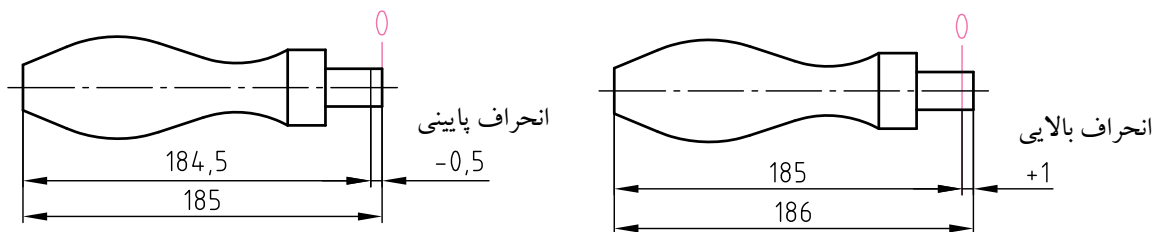
برای مثال، برای طول 185mm دستگیره، طراح انحراف های مجازی را $+1\text{mm}$ در نظر گرفته است. یعنی سازنده مجاز است طول دستگیره را 1mm بیشتر تا $0,5\text{mm}$ کمتر از اندازه اسمی بسازد.



به عبارت دیگر، تمام دستگیره های ساخته شده که اندازه طول تمام شده آنها بین $184,5\text{mm}$ تا 186mm باشد، قابل قبول است.

انحراف بالایی و انحراف پایینی^۱

فاصله بین خط صفر و بزرگ ترین اندازه مجاز را انحراف بالایی و فاصله بین خط صفر و کوچک ترین اندازه مجاز را انحراف پایینی گویند.



در نقشه فنی دستگیره مورد نظر، انحراف بالایی و انحراف پایینی را مطابق شکل نمایش می دهند. اگر مقدار انحراف بالایی و انحراف پایینی را با هم برابر در نظر بگیرند، مقدار انحراف ها بعد از اندازه اسمی و نماد \pm قبل از مقدار انحراف ارائه می شود

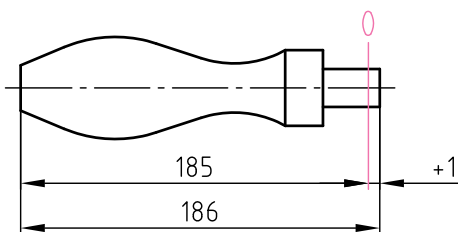
(مثال 185 ± 0.5 یا 185 ± 1).

*بزرگ ترین اندازه و کوچک ترین اندازه

بزرگ ترین اندازه، از جمع جبری اندازه اسمی و انحراف بالایی و کوچک ترین اندازه، از جمع جبری اندازه اسمی و انحراف پایینی حاصل می شود.

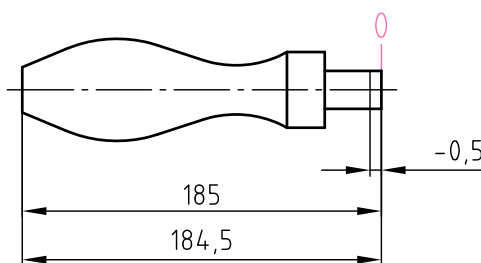
بزرگ ترین اندازه مجاز = اندازه اسمی + انحراف بالایی

$$185 + (+1) = 186 \text{ mm}$$



کوچک ترین اندازه مجاز = اندازه اسمی + انحراف پایینی

$$185 + (-0.5) = 184.5 \text{ mm}$$



۱- به انحراف بالایی و پایینی، انحراف فوقانی و تحتانی نیز گفته می شود.

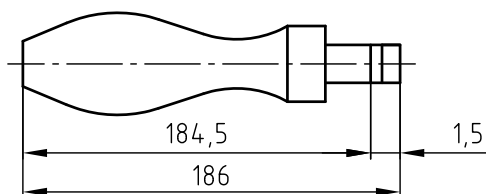
تولرانس^۱

حد تغییرات مجاز در اندازه را تولرانس می‌گوییم. مقدار تولرانس از تفاضل بزرگ‌ترین اندازه از کوچک‌ترین اندازه حاصل می‌شود (شکل ۱-).

همچنین تولرانس را می‌توان به طور مستقیم از تفاضل انحراف اندازه بالایی از انحراف اندازه پایینی به دست آورد (شکل ۲-). مقدار تولرانس را با حرف T نمایش می‌دهند. در دستگیره مورد نظر مقدار تولرانس عبارت است از:

کوچک‌ترین اندازه مجاز - بزرگ‌ترین اندازه مجاز = تولرانس

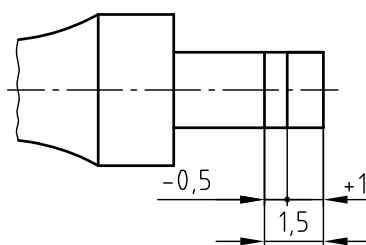
$$T = (186) - (184,5) = 1,5 \text{ mm}$$



شکل ۱-

انحراف پایینی - انحراف بالایی = تولرانس

$$T = (+1) - (-0,5) = 1,5 \text{ mm}$$



شکل ۲-

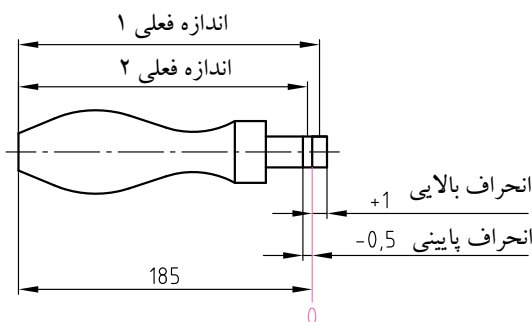
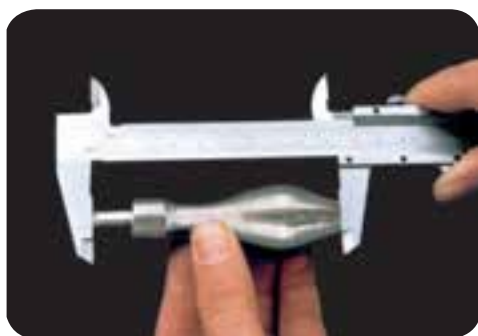
اندازه فعلی (اندازه حقیقی / واقعی)

اندازه فعلی که به آن اندازه حقیقی یا اندازه تمام شده نیز می‌گویند، اندازه‌ای است که پس از فرایند تولید با اندازه‌گیری به وسیله ابزارهای اندازه‌گیری به دست می‌آید. یعنی همان اندازه تمام شده‌ای که از روی قطعه کار خوانده می‌شود.

اندازه قطعه ساخته شده هنگامی مورد قبول واقع می‌شود که میان بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه مجاز واقع شده باشد. برای مثال در مورد دستگیره، اگر کنترل اندازه با کولیس مقدار ۱۸۵,۵۵ را نشان دهد، این اندازه قابل قبول است. چون در محدوده‌های اندازه مجاز قرار گرفته است. به طور کلی دستگیره می‌تواند (با توجه به نقشه آن) در محدوده

$$184,5 \text{ mm} \leq 185 \text{ mm} \leq 186 \text{ mm}$$

قابل قبول باشد.

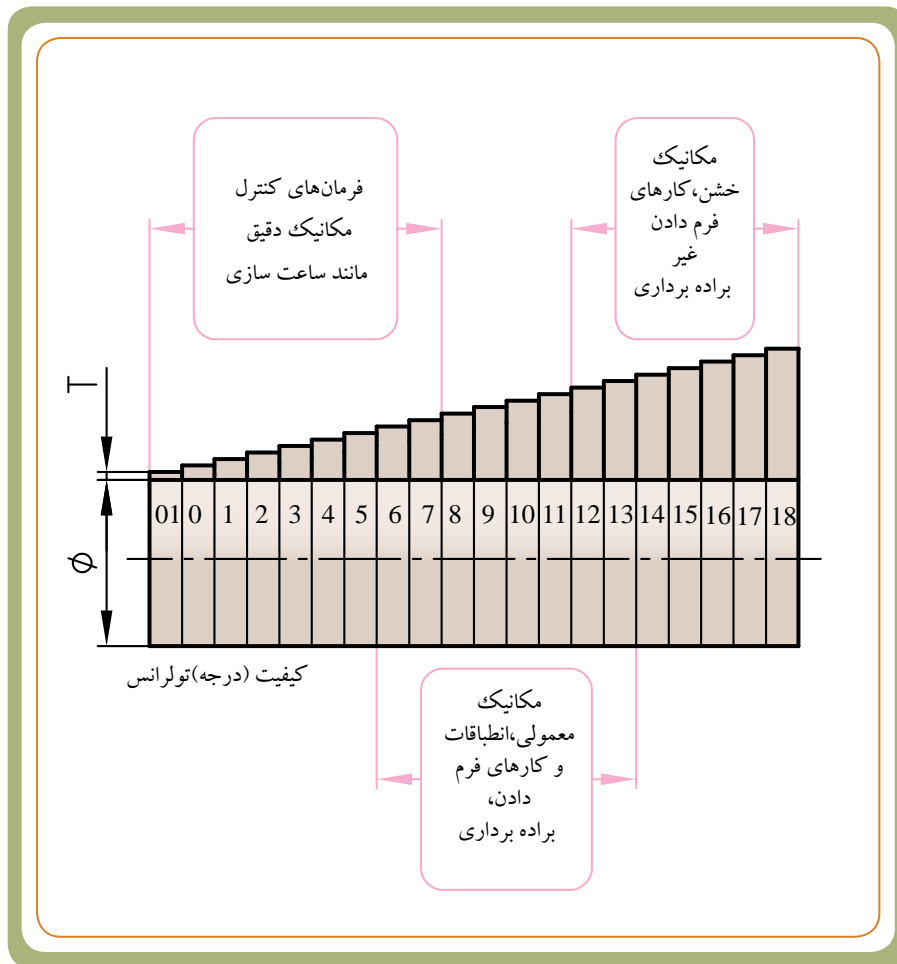


۱- Tolerance/ تولرانس را با حرف T نمایش می‌دهند. معنی دیگر آن حد تحمل یا رواداری $185 \leq 184,5 \text{ mm}$ است.

کیفیت تولرانس (درجه تولرانس)

از آن جایی که انتخاب دلخواه مقدار تولرانس (برای اندازه های اسمی مختلف)، صنایع مکانیک و ماشین سازی را دچار هرج و مرج می کند، لذا به منظور هماهنگی در کارهای صنعتی، برای نشان دادن کیفیت (درجه) تولرانس در سیستم (ایزو ISO) از اعداد استفاده می شود. برای این منظور استاندارد (ایزو ISO)، ۲۰ مرحله کیفیت را برای تولرانس در نظر گرفته است. این مراحل با ۰۱ شروع می شود و تا ۱۸ ادامه دارد. این اعداد را به اختصار 'IT' می نامند. همان طور که در شکل زیر مشاهده می شود. برای کیفیت تولرانس ۰۱ کوچک ترین مقدار و برای کیفیت تولرانس ۱۸ بزرگ ترین مقدار تعلق دارد.

از میان ۲۰ کیفیت تولرانس، کیفیت تولرانس ۱ تا ۱۸ کاربرد عمومی دارند. کیفیت (درجه) تولرانس های اصلی IT ۰۱ تا IT ۰۷ در مکانیک دقیق برای تعیین مقدار تولرانس فرمان های کنترل و IT ۶ تا IT ۱۳ در مکانیک معمولی برای انطباقات و کارهای فرم دادن براده برداری، مانند: هونینگ کاری، لپینگ کاری، سنگ زنی، فرز کاری، تراشکاری و سوراخ کاری و IT ۱۲ تا IT ۱۸ در مکانیک خشن برای کارهای فرم دادن غیر براده برداری، مانند: نورده کاری، پرسکاری، کشیدن، آهنگری و ریخته گری استفاده می گردد.



مقادیر تولرانس های اصلی

مقادیر تولرانس های اصلی با مقادیر اندازه های اسمی و کیفیت (درجه) تولرانس های اصلی ارتباط مستقیم دارد. هرچه اندازه اسمی و عدد درجه تولرانس در نقشه قطعه کار بیشتر باشد، مقدار تولرانس بیشتر و دقت ساخت و هزینه تولید آن نیز، کم تر می شود. درجه تولرانس های اصلی را با واژه IT مشخص می کنند. استاندارد ISO مقادیر تولرانس های اصلی را برای کیفیت (درجه) تولرانس IT⁰ تا IT¹⁸ و برای اندازه های اسمی مختلف در جدولی (مطابق شکل زیر) گردآوری کرده است. این جدول مهم است و اساس و مبنای مطالب تولرانس هاست.

راهنمای استفاده از جدول

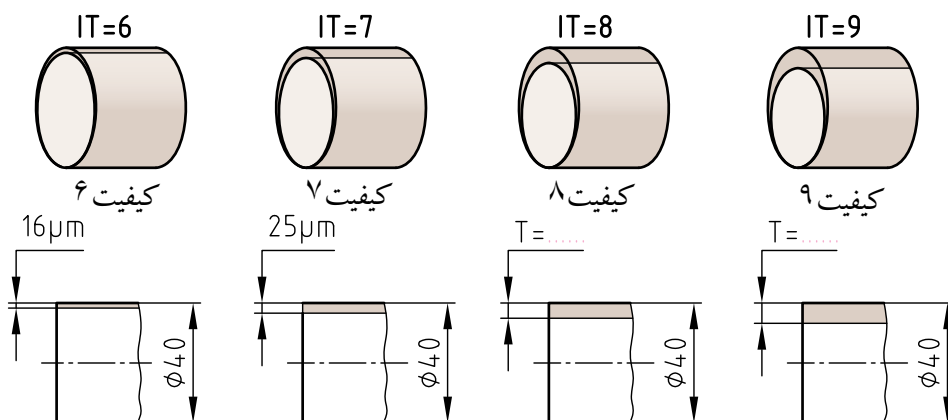
درجه تولرانس های اصلی (IT)	اندازه اسمی (بر حسب mm)												
	<= 3 تا	> 3 تا 6	> 6 تا 10	> 10 تا 18	> 18 تا 30	> 30 تا 50	> 50 تا 80	> 80 تا 120	> 120 تا 180	> 180 تا 250	> 250 تا 315	> 315 تا 400	> 400 تا 500
01	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.8	1	1.2	2	2.5	5	4
0	0.5	0.6	0.6	0.8	1	1	1.2	1.5	2	3	4	5	6
1	0.8	1	1	1.2	1.5	1.5	2	2.5	3.5	4.5	6	7	8
2	1.2	1.5	1.5	2	2.5	2.5	3	4	5	7	8	9	10
3	2	2.5	2.5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
4	3	4	4	5	6	6	7	8	10	12	14	16	20
5	4	5	5	6	8	8	11	13	15	18	20	23	27
6	5	6	6	8	11	11	14	17	20	24	28	32	40
7	6	8	8	11	14	14	18	22	27	32	38	45	55
8	8	10	10	14	18	18	24	30	36	44	53	63	78
9	10	12	12	18	24	24	32	40	48	58	70	83	100
10	12	15	15	22	30	30	40	50	60	72	87	105	130
11	15	18	18	28	36	36	48	60	75	90	108	130	160
12	18	22	22	36	48	48	64	80	100	120	144	175	210
13	22	28	28	45	60	60	80	100	125	150	180	220	270
14	28	36	36	56	75	75	100	125	160	190	230	280	350
15	36	45	45	70	90	90	120	150	190	230	280	350	430
16	45	56	56	88	110	110	150	190	240	290	360	450	550
17	56	70	70	110	140	140	180	230	290	360	450	560	680
18	70	88	88	140	180	180	240	300	380	480	600	750	900

*ردیف بالای جدول اندازه اسمی قطعه (به طول یا به قطر بر حسب mm) است. مثلاً اگر اندازه قطر میله ای 40mm باشد، باید این اندازه را مابین دو اندازه اسمی 30...50 جست و جو کنیم.

*نکته مهم: اگر اندازه مورد نظر ما عددی بود که در دو ستون جدول تکرار شده بود {مثلاً عدد 120،

با توجه به این که اندازه اسمی 120 در دو ستون جدول آمده، از ستون قبلی یعنی 80...120 استفاده می کنیم. *اولین ستون سمت چپ مربوط به کیفیت تولرانس (IT) است که تا 118 ادامه دارد. واحدها بر حسب μm هستند. مثال: برای میله ای به قطر 40mm می خواهیم کیفیت 6 و 7 را تعیین کنیم. ابتدا اندازه 40mm را از ستون ششم جدول (یعنی ستون اندازه های 30...50) انتخاب و همزمان از ردیف IT⁶ و IT⁷ از ستون اول به سمت راست حرکت می کنیم. مشاهده می شود که مقدار تولرانس برای دو کیفیت 6 و 7 به ترتیب $16\mu\text{m}$ و $25\mu\text{m}$ (0,025mm) و $25\mu\text{m}$ است. حالا شما

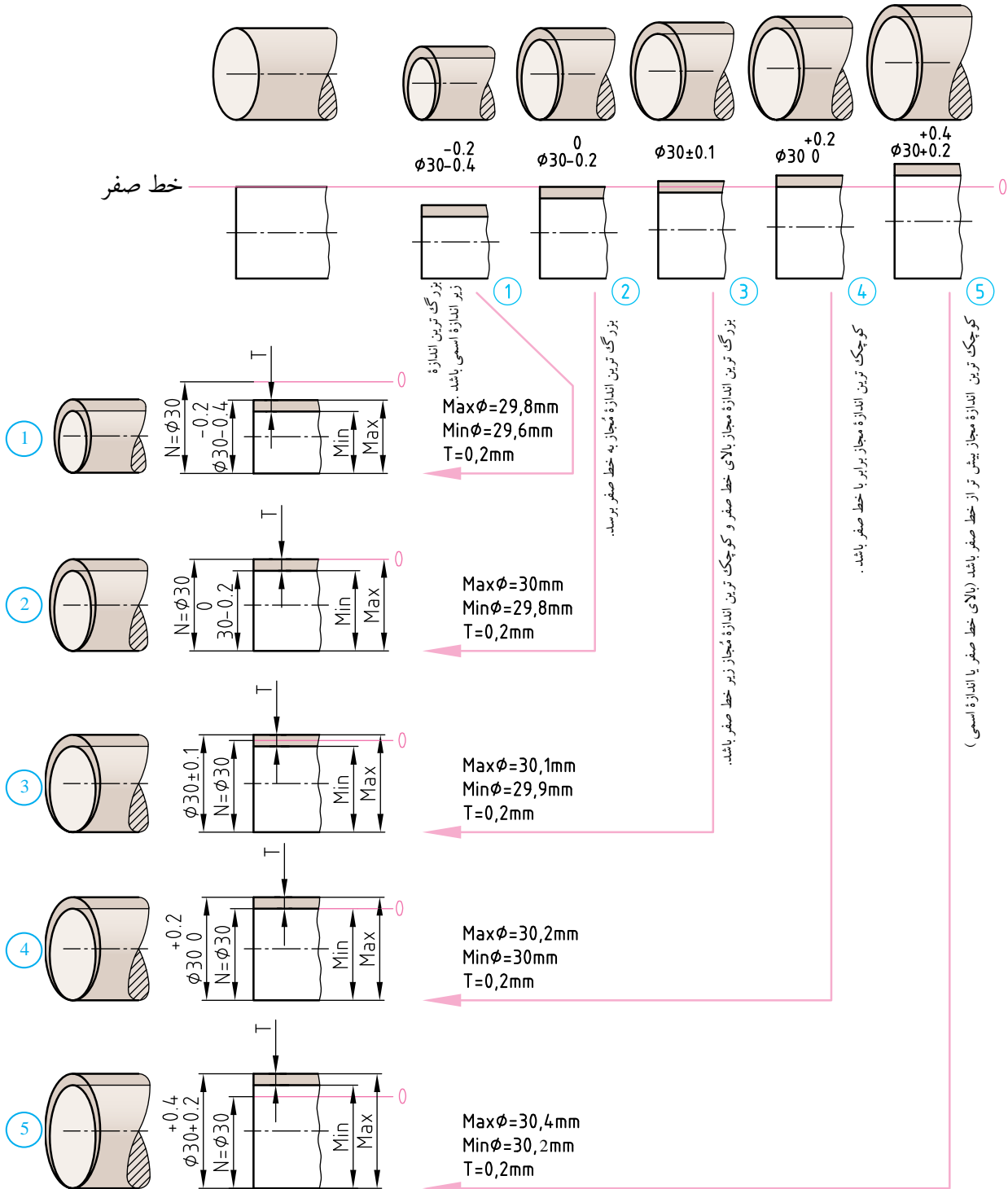
به کمک جدول، مقدار IT⁸ و IT⁹ را برای میله ای به قطر 40mm تعیین و در قسمت نقطه چین (روی نقشه مقابل) یادداشت کنید.



موقعیت و میدان تولرانس

موقعیت تولرانس عبارت است از وضعیت انحراف اندازه مجاز نسبت به خط صفر.

به عبارت دیگر، چگونگی قرارگیری انحراف بالایی و پایینی نسبت به خط صفر را موقعیت تولرانس می گویند. به طور کلی پنج نوع میدان تولرانس قابل تشخیص است. برای مثال، اگر اندازه اسمی قطر یک میله 30 Ø باشد، با در نظر گرفتن تولرانس های مختلف می توان پنج وضعیت مختلف را برای آن نسبت به خط صفر به دست آورد که در کارهای صنعتی کاربرد مخصوص به خود را دارند و در مبحث انطباقات راجع به آن هایش تر صحبت خواهیم کرد.



تولرانس های عمومی^۱

طراح قطعه مقدار تولرانس ابعادی را بر مبنای تجربه و کارکرد قطعه و بر اساس استاندارد مربوطه تعیین می کند. در مواردی که برای اندازه های طولی مقادیر انحراف اندازه روی نقشه آن ها پیش بینی نشده باشد، معمولاً برای تعیین انحراف اندازه مجاز از تولرانس های عمومی کمک می گیرند.



تولرانس های عمومی در سیستم ایزو طبق استاندارد ISO 2768 و در چهاردرجه تولرانس ظریف (f)، متوسط (m)، خشن (c) و خیلی خشن (v) مطابق جدول زیر ارائه شده است. شماره استاندارد تولرانس عمومی و درجه تولرانس آن در قسمتی از جدول نقشه (مطابق شکل مقابل) نوشته می شود (مثلاً: m-ISO2768).

مفهوم آن این است که مقدار انحراف ها برای اندازه های اسمی بدون انحراف بالایی و پایینی از جدول تولرانس های عمومی قابل استخراج است.

(جدول-۱) محدوده تولرانس ها برای اندازه های طولی (اندازه بر حسب mm) ISO2768

محدوده تولرانس درجه تولرانس		محدوده تولرانس							
		از ۰,۵ تا ۳	بالای ۳ تا ۶	بالای ۶ تا ۳۰	بالای ۳۰ تا ۱۲۰	بالای ۱۲۰ تا ۴۰۰	بالای ۴۰۰ تا ۱۰۰۰	بالای ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰	بالای ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰
f	ظریف	± ۰,۰۵	± ۰,۰۵	± ۰,۱	± ۰,۱۵	± ۰,۲	± ۰,۳	± ۰,۵	-
m	متوسط	± ۰,۱	± ۰,۱	± ۰,۲	± ۰,۳	± ۰,۵	± ۰,۸	± ۱,۲	± ۲
c	خشن	± ۰,۱۵	± ۰,۲	± ۰,۵	± ۰,۸	± ۱,۲	± ۲	± ۳	± ۴
v	خیلی خشن		± ۰,۵	± ۱	± ۱,۵	± ۲,۵	± ۴	± ۶	± ۸

(جدول-۲) محدوده تولرانس ها برای اندازه های شعاع قوس ها، پخ ها و ارتفاع خزینه ها (اندازه بر حسب mm) ISO2768

محدوده تولرانس درجه تولرانس		محدوده تولرانس		
		از ۰,۵ تا ۳	بالای ۳ تا ۶	بالای ۶
f	ظریف	± ۰,۲	± ۰,۵	± ۱
m	متوسط			
c	خشن	± ۰,۴	± ۱	± ۲
v	خیلی خشن			

مثال ۱: قطعه ای به طول ۵۰ mm با درجه تولرانس m تولید خواهد شد. مقدار انحراف بالایی و پایینی آن از (جدول-۱) برابر $\pm 0,3 \text{ mm}$ خواهد بود.

مثال ۲: قوس قطعه ای به شعاع ۵ mm با درجه تولرانس m تولید خواهد شد. مقدار انحراف بالایی و پایینی آن از (جدول-۲) برابر $\pm 0,5 \text{ mm}$ خواهد بود.

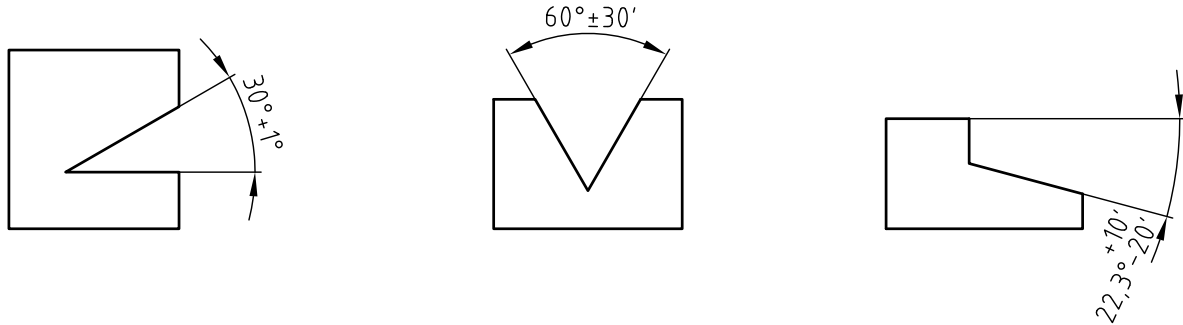
۱ - General Tolerance / به تولرانس های عمومی تولرانس های آزاد نیز می گویند.

تولرانس زوایا



ساختن یک زاویه قطعه کار به طور دقیق با اندازه اسمی امکان پذیر نیست، لذا در ساختن آن انحراف مجازی را در نظر می گیرند و آن را بر حسب درجه ($^{\circ}$)، دقیقه ($'$) و ثانیه ($''$) در سمت راست اندازه اسمی می نویسند:

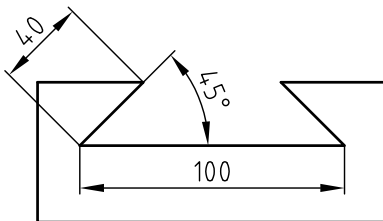
برای زوایایی که در روی نقشه آن ها انحراف بالایی و پایینی داده نشده است، به منظور تعیین انحراف اندازه با توجه به ضلع کوتاه تر زاویه از تولرانس های عمومی ISO ۲۷۶۸ استفاده می کنند.



(جدول ۳- محدودۀ تولرانس های اندازه زوایا برای محدودۀ اندازه اسمی (با توجه به ضلع کوتاه تر زاویه) اندازه ها بر حسب mm) ISO ۲۷۶۸

محدوده تولرانس درجه تولرانس		محدوده تولرانس				
		تا ۱۰	بالای ۱۰ تا ۵۰	بالای ۵۰ تا ۱۲۰	بالای ۱۲۰ تا ۴۰۰	بالای ۴۰۰
f	ظریف	$\pm 1''$	$\pm 30''$	$\pm 20''$	$\pm 10''$	$\pm 5''$
m	متوسط	$\pm 10''$	$\pm 50''$	$\pm 25''$	$\pm 15''$	$\pm 10''$
c	خشن	$\pm 30''$	$\pm 50''$	$\pm 25''$	$\pm 15''$	$\pm 10''$
v	خیلی خشن	$\pm 3'$	$\pm 2'$	$\pm 1'$	$\pm 30''$	$\pm 20''$

مثال: شیار دوم چلچله ای قطعه مقابل با درجه تولرانس m ساخته خواهد شد. مقدار انحراف زاویه، با توجه به (جدول ۳-)
 $\pm 30''$ خواهد بود.



قسمت دوم: انطباقات



در این کارخانه اجزای میل لنگ کشتی روی هم منطبق می شوند .

وقتی دو قطعه در داخل یکدیگر قرار می گیرند، می گوئیم آن دو قطعه بر هم منطبق شده و انطباقی را به وجود آورده اند. از نظر تعریف، رابطه موجود بین اندازه های دو قطعه انطباقی A و B (در شکل زیر) را قبل از مونتاژ کردن آن ها به یکدیگر انطباق می گویند.

انطباق دو قطعه زمانی امکان پذیر است که اندازه اسمی مشترکی داشته باشند.

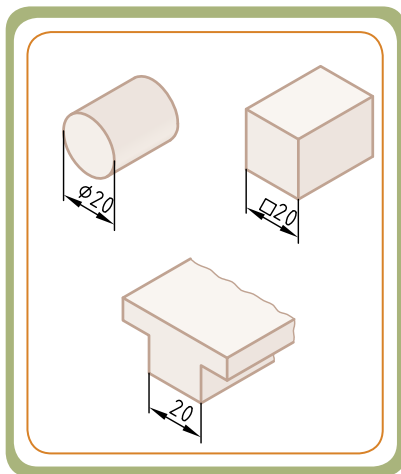
اجزای انطباق	قبل از مونتاژ			
	بعد از مونتاژ			
سطح انطباق سطحی است که اجزای مونتاژ شونده باهم دیگر تماس خواهند داشت.				

برای هماهنگ کردن اندازه های مورد لزوم قطعات به منظور رسیدن به انطباق مورد نظر، مؤسسه استاندارد بین المللی ایزو (ISO) انطباقات را زیر پوشش استاندارد خود قرار داده که به نام انطباقات ISO معروف است. رعایت انطباقات ایزو در صنعت باعث دقت و صحت در مونتاژ قطعات می گردد.

قطعات انطباقی بر حسب انتظاری که از آن‌ها می‌رود، می‌توانند تolerانس‌های متفاوت و نسبت به هم دارای لقی یا سفتی متفاوت داشته باشند. قبل از آن که به مفهوم سفتی و لقی بپردازیم، لازم است با اصطلاحات به کار برده شده در انطباقات و مفهوم آن‌ها آشنا شویم.

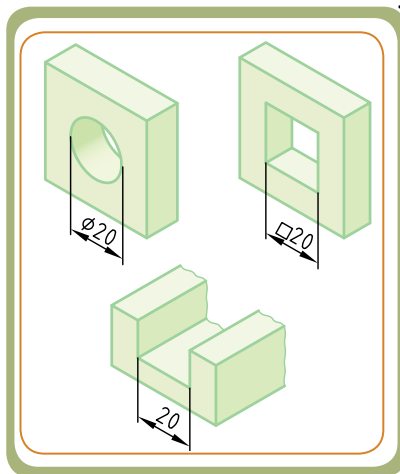
میله

به نمای اندازه‌های بیرونی قطعات کار که دارای سطوح بیرونی است میله می‌گویند، مانند قطر میله‌ها و محورهای با فرم‌های مختلف مقاطع (گرد، چهار گوش، شش گوش و ...)، ابعاد زبانه‌ها، پهنای و ضخامت تسمه‌ها و ...



سوراخ

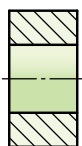
به نمای اندازه‌های داخلی قطعات کار که دارای سطوح داخلی است سوراخ می‌گویند، مانند قطر سوراخ‌های گرد، چهار گوش، شش گوش و پهنای شیارها و



توجه: در این مبحث مفاهیم موجود در انطباقات را با میله و سوراخ گرد آموزش می‌دهیم و از تصاویر زیر به منزله نماد میله و سوراخ استفاده خواهیم کرد.



یا



یا



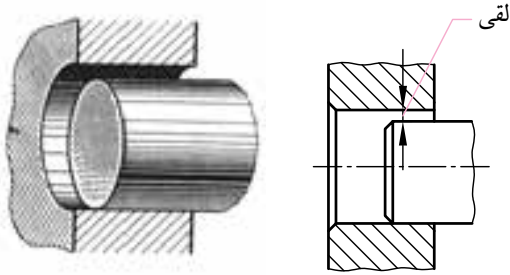
یا



آشنایی با مفاهیم لقی و سفتی

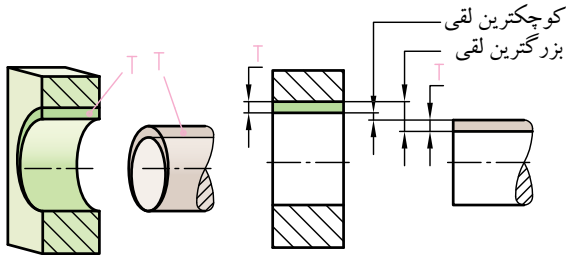
لقی: تفاضل اندازه قطر سوراخ از قطر میله را لقی می گویند. در صورتی که که اندازه قطر سوراخ از اندازه قطر میله بزرگ تر باشد.

از آن جایی که میله و سوراخ هر کدام دارای تolerانس اند، لذا در عمل ممکن است لقی های متفاوتی (از بزرگ ترین تا کوچک ترین لقی) بین دو قطعه به وجود آید.



* بزرگترین لقی وقتی پیش می آید که سوراخ بزرگ ترین و میله کوچک ترین اندازه ممکنه را داشته باشد.

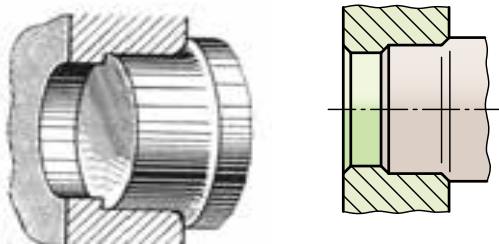
* کوچک ترین لقی وقتی پیش می آید که سوراخ کوچک ترین و میله بزرگ ترین اندازه ممکنه را داشته باشد.



سفتی: تفاضل اندازه قطر میله از قطر سوراخ را سفتی می گویند.

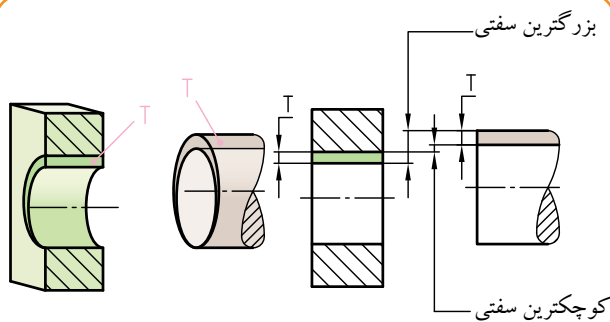
در صورتی که اندازه قطر میله از اندازه قطر سوراخ بزرگ تر باشد.

از آن جایی که میله و سوراخ هر کدام دارای تolerانس می باشند، لذا در عمل ممکن است سفتی های متفاوتی از کوچک ترین تا بزرگترین سفتی بین دو قطعه وجود داشته باشد.



* بزرگ ترین سفتی وقتی پیش می آید که میله بزرگ ترین و سوراخ کوچک ترین اندازه ممکنه را داشته باشد.

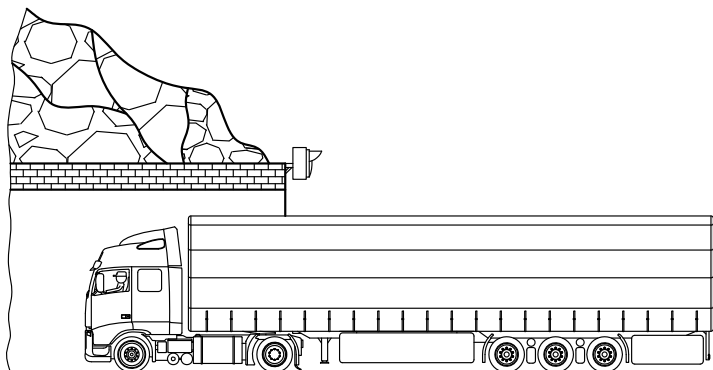
* کوچک ترین سفتی وقتی پیش می آید که میله کوچک ترین و سوراخ بزرگ ترین اندازه ممکنه را داشته باشد.



انواع انطباق

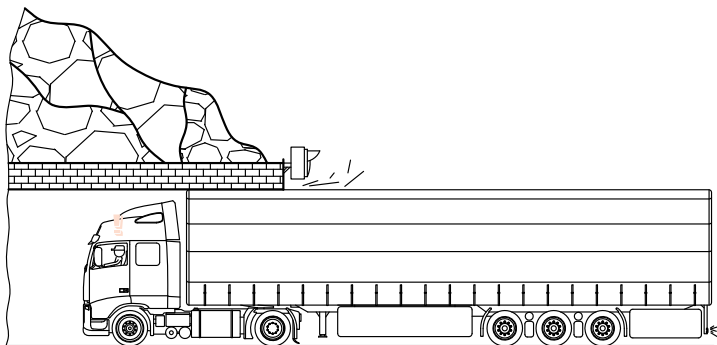


قطعات انطباقی بر حسب انتظاری که از آن‌ها می‌رود، می‌توانند تولرانس‌های متفاوت و نسبت به هم دارای لقی و یا سفتی متفاوت داشته باشند. به طور کلی می‌توان سه نوع انطباق بازی دار^۱، عبوری^۲ و پرسی^۳ را تعریف نمود. برای درک بهتر سه نوع انطباق بازی دار، عبوری و پرسی به مثال ساده زیر توجه کنید:



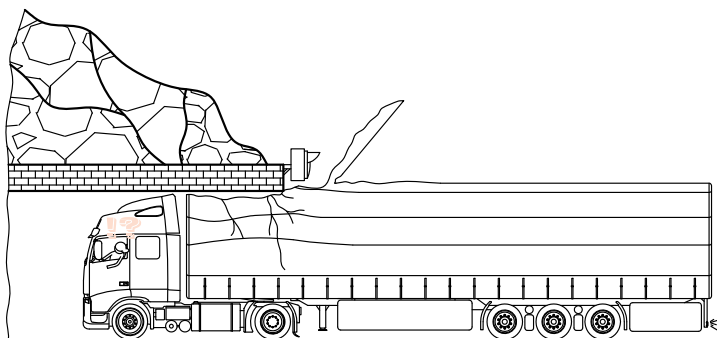
الف

کامیونی در حال حرکت باید از تونلی عبور کند. در شکل الف به دلیل آن که سقف تونل به قدر کافی بلند است، کامیون به راحتی و بدون هیچ گونه اشکالی عبور می‌کند. در این صورت می‌توان گفت که عبور به طور روان و آزاد انجام پذیرفته است.



ب

در شکل ب به دلیل آن که ارتفاع سقف تونل تقریباً برابر با ارتفاع کامیون است، عبور آن به راحتی انجام نمی‌شود و در مقابل، حرکت آن کمابیش مقاومتی صورت می‌گیرد، اما به هر حال عبور به طور فیت انجام می‌شود.



پ

در شکل پ اختلاف ارتفاع زیاد سقف تونل (پایین بودن ارتفاع تونل نسبت به کامیون) باعث برخورد و اصطکاک بسیار شدید می‌شود، به طوری که عبور کامیون با مشکل مواجه می‌شود.

۱- به انطباق بازی دار، انطباق آزاد، روان، لقی یا انتقالی نیز گفته می‌شود.
 ۲- به انطباق عبوری، انطباق فیت، جذب یا فی مابین نیز گفته می‌شود.
 ۳- به انطباق پرسی، انطباق فشاری نیز گفته می‌شود.

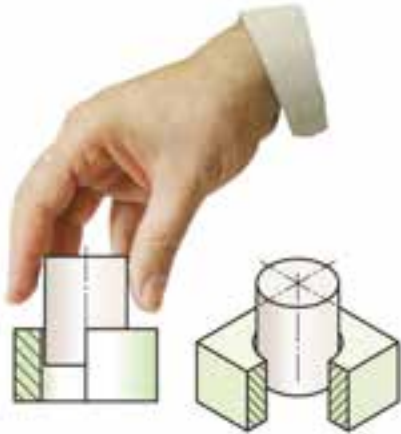
انطباق بازی دار

انطباق بازی دار (که به آن انطباق روان یا آزاد هم گفته می شود)، انطباقی است که همواره بین سوراخ و میله، لقی ایجاد می کند. انطباق بازی دار زمانی پیش می آید که بزرگ ترین اندازه میله از اندازه سوراخ کوچک تر و یا حداکثر با کوچک ترین اندازه سوراخ باشد.

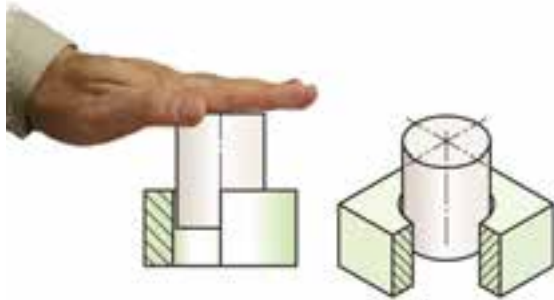
- ممکن است لقی زیاد باشد، طوری که برای جا زدن نیاز به نیرو نباشد (شکل ۱-۱).

- ممکن است لقی متوسط یا کم باشد، طوری که برای جا زدن، فشار کم دست کافی باشد (شکل ۲-۲).

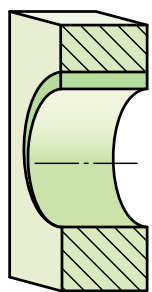
در انطباق بازی دار، قطر میله همواره از اندازه قطر سوراخ کوچک تر است و میله در داخل سوراخ می تواند حرکت آزاد و روان داشته باشد (شکل الف و ب-۳).



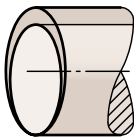
(شکل ۱-۱) انطباق بدون فشار دست



(شکل ۲-۲) انطباق با فشار کم دست



(قبل از انطباق)



(بعد از انطباق)

میدان تولرانس سوراخ

خط صفر

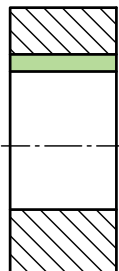
میدان تولرانس میله

کوچکترین لقی

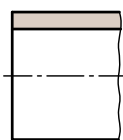
تولرانس سوراخ

تولرانس میله

بزرگترین لقی



(الف)

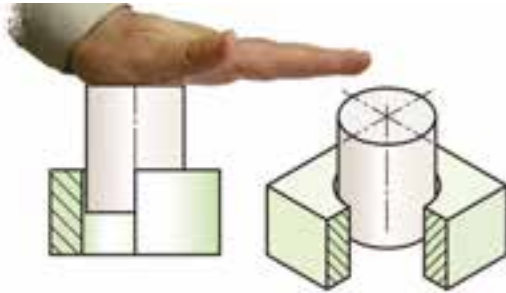


(شکل ۳-۳)

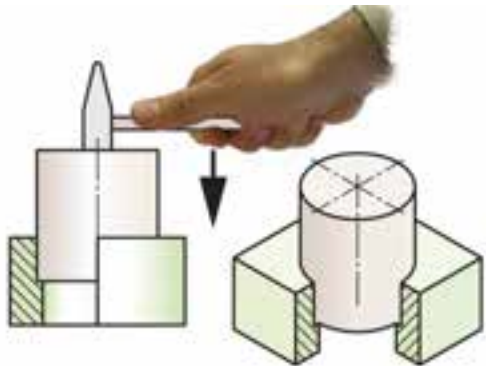
(ب)

انطباق عبوری

انطباق عبوری که به آن انطباق روان نیز می گویند، انطباقی است که ممکن است بین سوراخ و میله لقی یا سفتی ایجاد کند، که نوع آن بستگی به اندازه واقعی (فعلی) سوراخ و میله دارد.



(شکل ۱- انطباق با فشار دست)

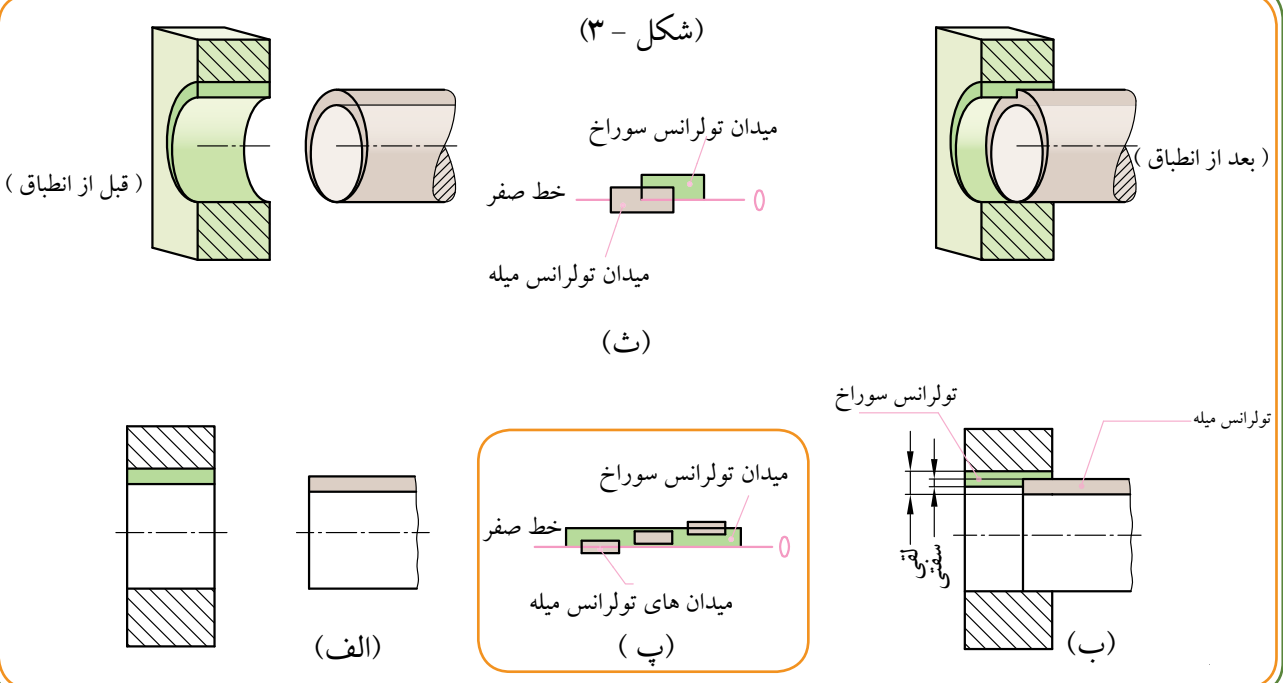


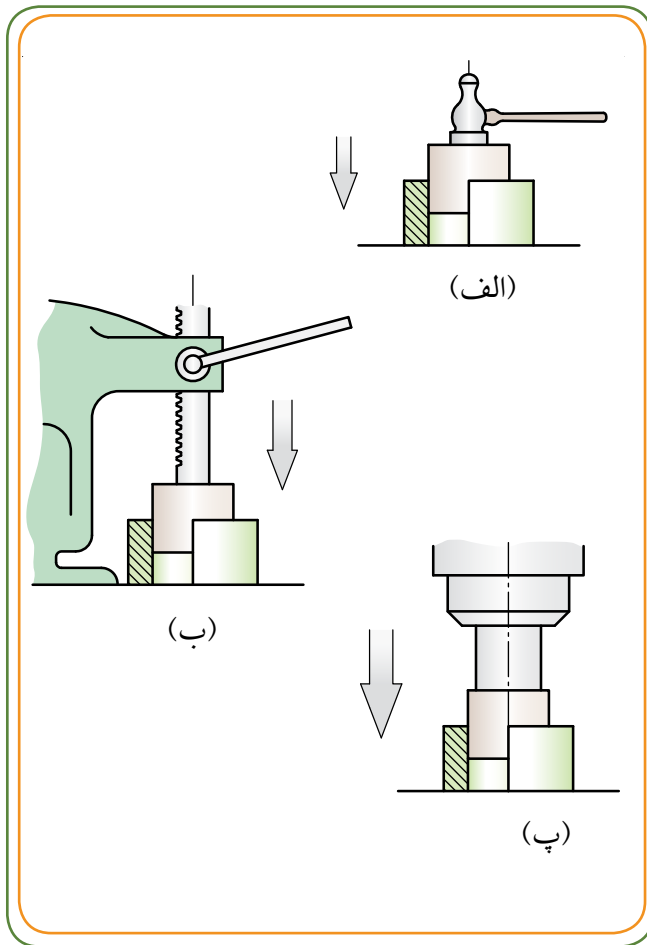
(شکل ۲- انطباق با ضربه چکش سبک)

- ممکن است لقی خیلی کم باشد، طوری که جازدن با تنظیم دقیق میله در امتداد محور سوراخ انجام گیرد (شکل ۱-).

- ممکن است هیچ گونه لقی وجود نداشته باشد، طوری که جازدن با ضربات ملایم چکش سبک میسر باشد (شکل ۲-).

در انطباق عبوری اندازه قطر میله بر حسب مورد می تواند از قطر سوراخ بزرگ تر یا کوچک تر باشد. بر حسب اندازه فعلی، میله در داخل سوراخ می تواند نسبت به هم، حالت بازی دار تا پرسی را داشته باشد (شکل ۳- پ).

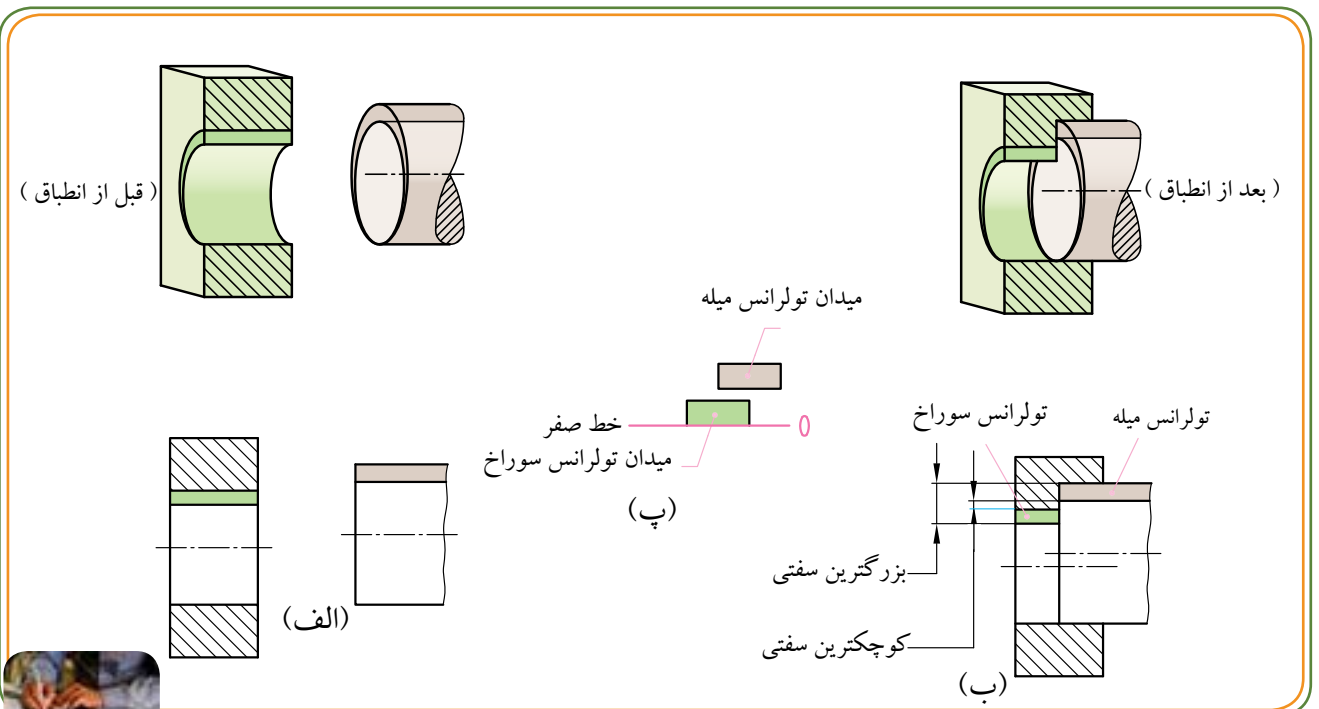




انطباقی است که همواره بین سوراخ و میله، سفتی ایجاد کند. انطباق پرس زمانی پیش می‌آید که کوچک‌ترین اندازه قطر میله از اندازه قطر سوراخ بزرگ‌تر و یا حداکثر مساوی با بزرگ‌ترین اندازه سوراخ باشد.

برای انجام انطباق پرس به نیروی فشار (با شدت‌های مختلف) نیاز است. هرچه اندازه میله نسبت به سوراخ بیشتر شود، نیروی فشار بیشتری برای انطباق آن دو نیاز است.

در (شکل الف)، میله در داخل سوراخ با فشار ضربات چکش سنگین منطبق می‌شود. در (شکل ب) فشار توسط پرس دستی یا پرس هیدرولیکی باعث انطباق پرس بین میله و سوراخ می‌شود. به کمک انبساط (گرم کردن سوراخ) و انقباض (سرد کردن میله) نیز، انطباق میله و سوراخ در حالت پرس انجام می‌شود.



سیستم انطباق

انواع انطباق ها (بازی دار، عبوری و پرسی) می توانند بر حسب مورد لزوم در یکی از دو سیستم: ثبوت سوراخ یا سیستم ثبوت میله مورد استفاده قرار گیرند.

سیستم ثبوت میله (میله مبنا)

در سیستم ثبوت میله، اندازه قطر میله‌ها را ثابت نگه می‌دارند. و با انتخاب انحراف اندازه‌های لازم، قطر سوراخ‌ها را بر حسب مورد نیاز به نحوی تغییر می‌دهند که هر نوع انطباقی که لازم باشد حاصل شود.

در این روش چون ابتدا قطر میله آماده و تنظیم می‌شود، می‌توان گفت که میله مبنا کار است، لذا به این روش، سیستم میله مبنا یا سیستم ثبوت میله گفته می‌شود.

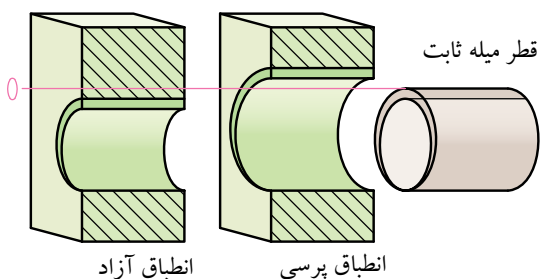
تصاویر رو به رو را از بالا به پایین بررسی کنید. مشاهده می‌شود که در این سیستم برای همه میله‌ها انحراف اندازه بالایی برابر صفر، بزرگ‌ترین اندازه میله برابر اندازه اسمی است و همگی منطبق بر خط صفرند.

در سیستم ثبوت میله، انحراف بالایی میله برابر صفر است.

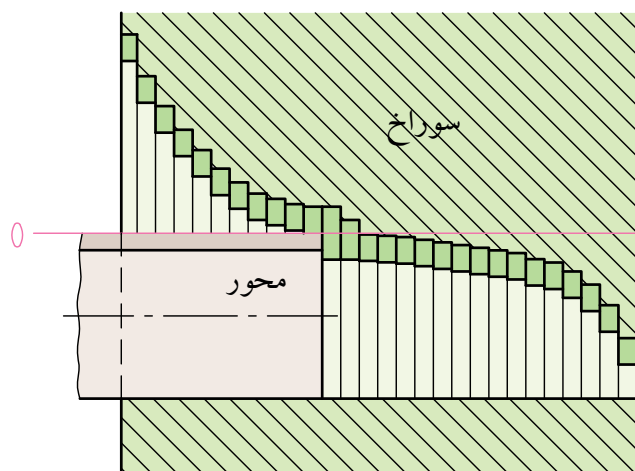
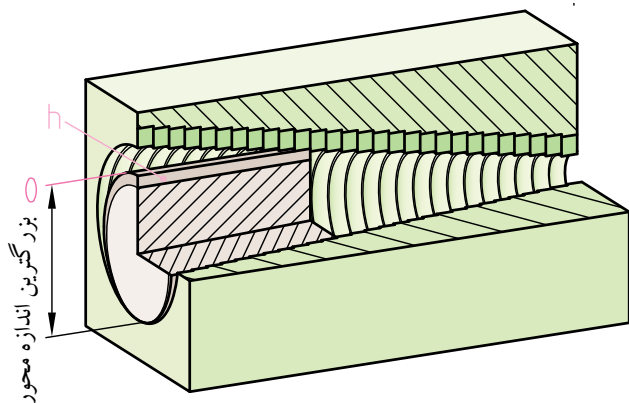
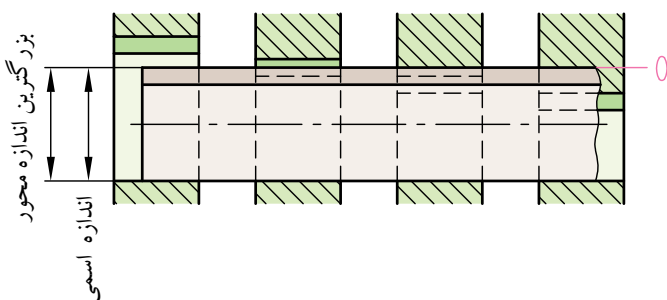
از سیستم ثبوت میله در صنعت ماشین‌آلات نساجی که در ساختن آن‌ها تعداد زیادی میله به کار رفته است استفاده می‌گردد، زیرا هنگام تعمیرات یا تعویض یاتاقان‌ها، نسبت به تعویض میله‌ها هزینه کمتری خواهد داشت.

از دیگر مواردی که سیستم ثبوت میله استفاده می‌شود، می‌توان ماشین‌های برقی، بلبرینگ‌ها و رولر برینگ‌ها، ماشین‌های کشاورزی، مکانیک ظریف و ... را نام برد.

تغییر قطر سوراخ

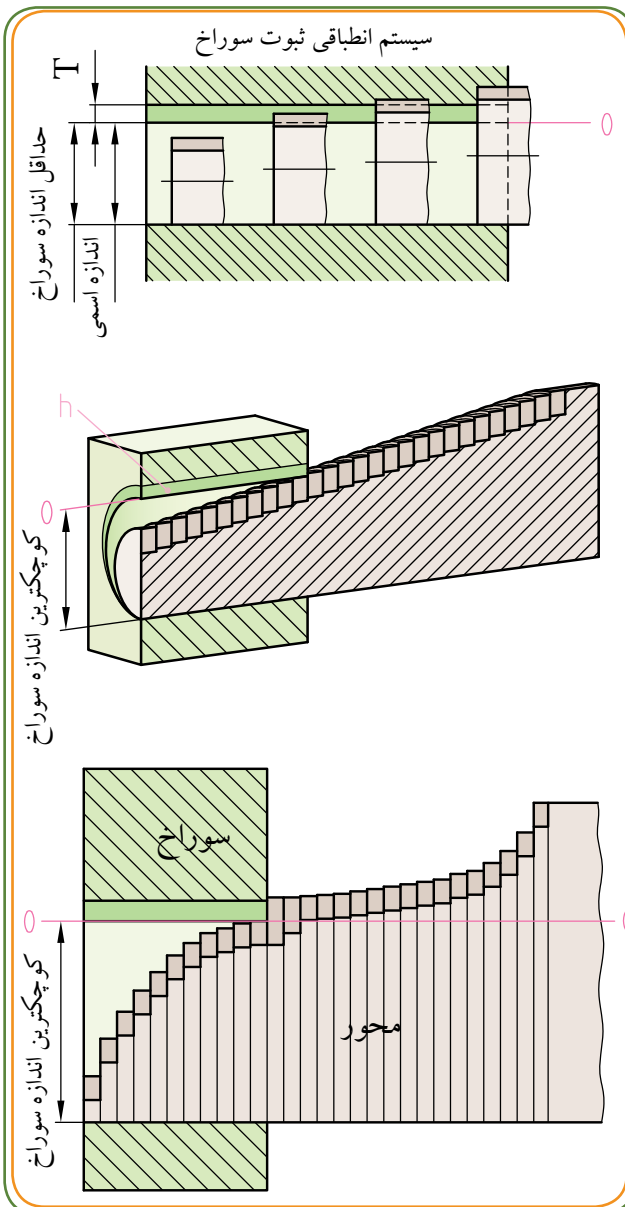
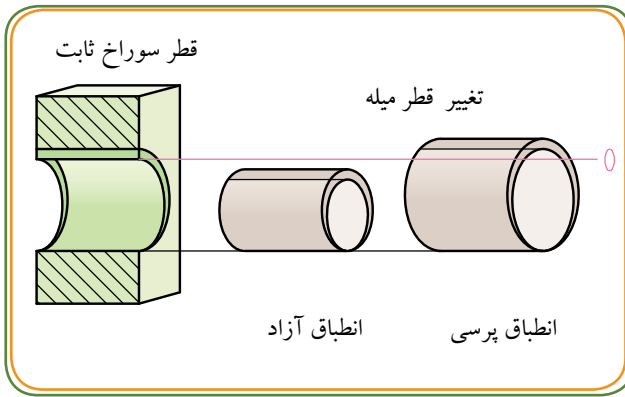


سیستم انطباقی ثبوت میله



سیستم ثبوت سوراخ (سوراخ مینا)

در سیستم ثبوت سوراخ، اندازه قطر سوراخ ها را ثابت نگه می دارند و با انتخاب انحراف اندازه لازم، قطر میله ها را بر حسب مورد نیاز به نحوی تغییر می دهند که هر نوع انطباقی لازم باشد حاصل شود. در این روش چون ابتدا قطر سوراخ آماده و تنظیم می شود، می توان گفت که سوراخ مینا یا سیستم کار است، لذا به این روش سیستم سوراخ مینا یا سیستم ثبوت سوراخ گفته می شود.



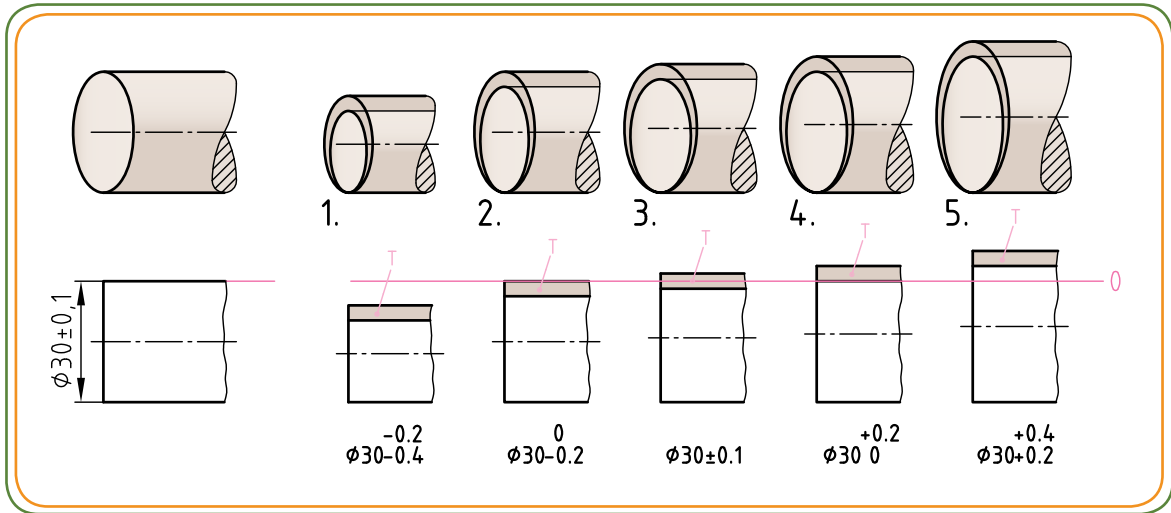
تساوی روبرو را از بالا به پایین بررسی کنید. مشاهده می شود که در این سیستم برای همه سوراخ ها، انحراف اندازه پایینی برابر صفر و کوچکترین اندازه سوراخ برابر اندازه اسمی و همگی منطبق بر خط صفرند.

در سیستم ثبوت سوراخ، انحراف پایینی سوراخ برابر صفر است.

از سیستم ثبوت سوراخ در صنایع ماشین سازی، خودروسازی، هواپیماسازی، ساخت ماشین های ابزار و ... استفاده می شود. زیرا ساخت و کنترل اندازه میله ها با اندازه های دقیق و با کیفیت سطح مطلوب به کمک تراشکاری و سنگ زنی از تهیه سوراخ های دقیق به کمک مته کاری و برقو کاری بسیار آسان تر است. به علاوه برای تهیه سوراخ های دقیق در اندازه های مختلف، به تعداد زیادی برقو احتیاج است که سرمایه گذاری بیشتری را می طلبد.

مراحل انطباق

انواع انطباقات (آزاد، عبوری، پرسی) می‌توانند بر حسب مورد لزوم در یکی از دو سیستم: ثبوت سوراخ یا ثبوت میله مورد استفاده قرار گیرند. از طرفی مشاهده شد که در هر کدام از حالت‌های انطباقی (آزاد، عبوری و پرسی) می‌توان لقی و سفتی‌های متفاوتی را در نظر گرفت: (لقی کم، لقی متوسط، لقی زیاد یا سفتی کم، سفتی متوسط و سفتی زیاد). همچنین در مبحث موقعیت تولرانس‌ها در صفحه ۱۲۵ اشاره شد که وضعیت انحراف اندازه مجاز نسبت به خط صفر در پنج حالت کلی (مطابق شکل زیر) وجود دارد.

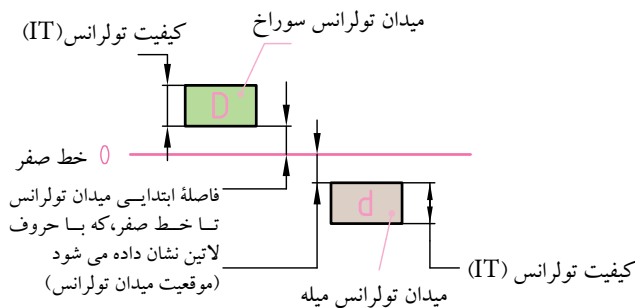


اما از آن جایی که در عمل، پنج مرحله فوق برای مشخص کردن وضعیت انحراف اندازه‌های مجاز، نسبت به خط صفر کافی نیست، استاندارد ایزو ISO (به جای پنج مرحله کلی فوق)، ۲۸ موقعیت میدان تولرانس را، نسبت به خط صفر در نظر گرفته است. این ۲۸ مرحله با حروف لاتین مشخص می‌شوند.

* انتخاب حروف لاتین

موقعیت میدان تولرانس نسبت به خط صفر توسط یک یا دو حرف از حروف A تا ZC برای سوراخ‌ها و a تا zC برای میله‌ها در نظر گرفته می‌شود.^۱

در شکل زیر مشاهده می‌کنید که فاصله ابتدایی میدان‌های تولرانس تا خط صفر با حروف لاتین (مثلاً d یا D) نشان داده شده است. بنابراین حروف لاتین نشان دهنده کوچک‌ترین فاصله میدان تولرانس از خط صفر می‌باشند.



^۱ البته برخی از حروف لاتین (برای جلوگیری از اشتباه) مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، مثل I, L, i, l, O, o, Q, q, W, w و به جای آن‌ها از حروف JS, jS, fg, FG, ef, EF, cd, CD, zc, ZC, zb, ZB, za, ZA و js استفاده می‌شود.

موقعیت میدان تولرانس برای میله ها

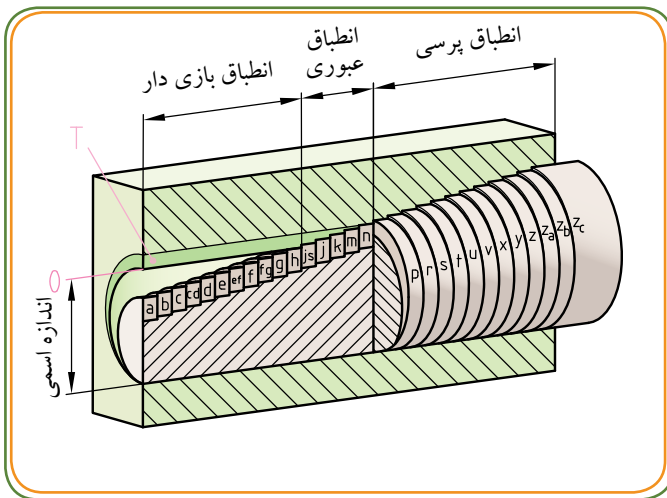
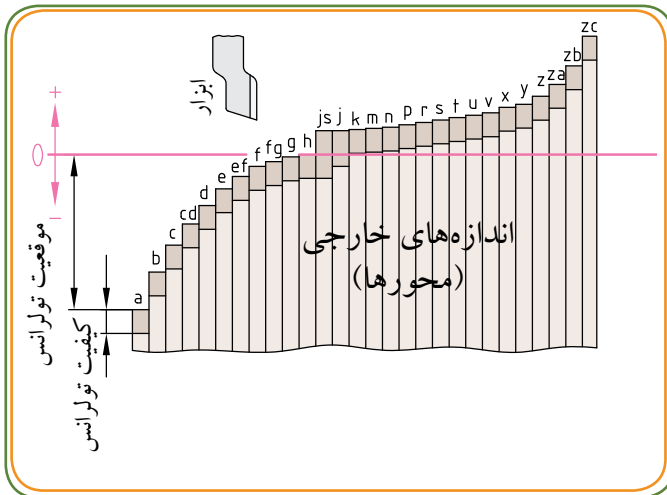
در سیستم ایزو ISO برای میله ها، ۲۸ موقعیت میدان تولرانس نسبت به خط صفر (از a تا ZC) در نظر گرفته شده است.

در مورد میله از حروف لاتین کوچک استفاده می شود. با توجه به نمودار مقابل:

از حروف a تا g قطر میله ها کوچک تر از اندازه اسمی هستند و پایین تر از خط صفر قرار دارند.

در مرحله h بزرگ ترین اندازه میله با اندازه اسمی برابر است (به عبارتی بر خط صفر منطبق است).

از حرف h به بعد اندازه های میله ها بزرگتر شده اند و در بالای اندازه اسمی (خط صفر) قرار می گیرند.



□ نتیجه این که:

برای ایجاد انطباق آزاد می توان از حروف a تا g استفاده کرد.

گفتنی است که بیشترین لقی در حرف a و کمترین لقی در حرف g وجود دارد.

برای ایجاد انطباق عبوری از حروف js تا p استفاده می شود.

برای ایجاد انطباق فشاری از حروف r تا ZC استفاده می شود.

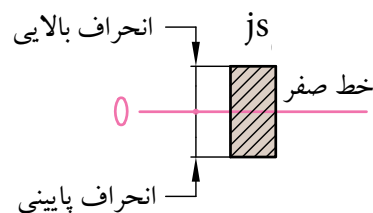
گفتنی است که کمترین سفتی در حرف I و بیشترین سفتی در حرف ZC به وجود می آید.

* دو نکته مهم

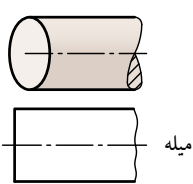
۲- در مرحله انطباقی h، بزرگ ترین اندازه میله بر اندازه اسمی منطبق است.

به عبارت دیگر در مرحله انطباقی h، انحراف بالایی میله صفر است.

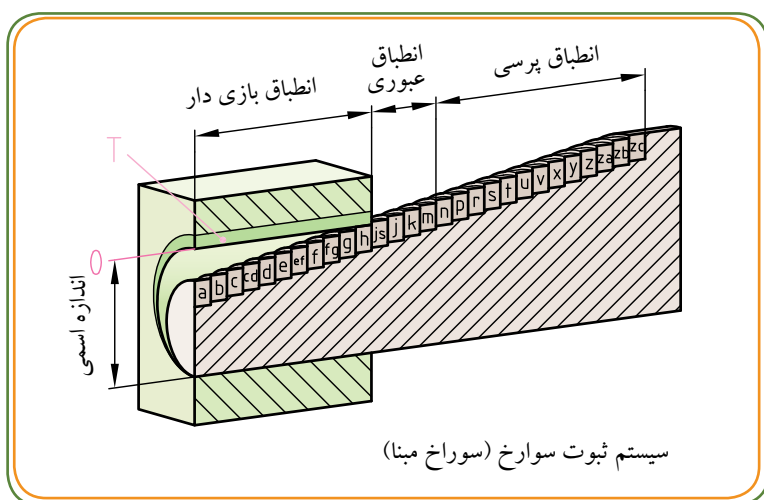
۱- در مرحله انطباقی js مقدار انحراف بالایی و پایینی برابر است.



جدول زیر، حروف لاتینی که برای ۲۸ مرحله انطباقی میله در نظر گرفته شده اند را نشان می دهد.

	آزاد (روان)	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	
	مبنا	h	مرحله h مناسب									
	عبوری	js	j	k	m	n	p					
	پرسی	r	s	t	u	v	x	y	z	Za	Zb	Zc

در سیستم ثبوت سوراخ حرف H مشخص کننده موقعیت میدان تولرانس سوراخ است و همواره سیستم ثبوت سوراخ را تداعی می کند (حرف H برای سوراخ مبنا برگزیده شده است). میله ها با توجه به موقعیت میدان های تولرانس مربوطه (از a تا zc) می توانند انطباق های متفاوتی را با سوراخ مبنا H (مطابق شکل و مثال های زیر) به وجود آورند:



بازی دار $\phi 30H7/g6$
 عبوری مثلاً: $\phi 30H8/j6$
 پرسی $\phi 30H11/r6$

به شکل مقابل دقت کنید.

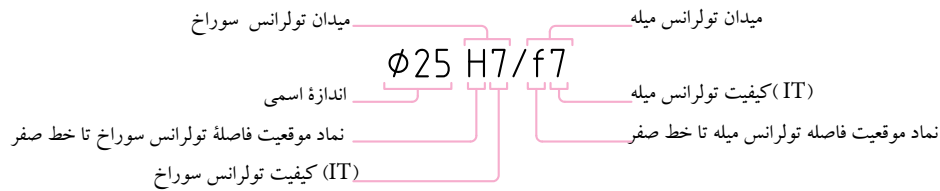
هرچه از حرف a به طرف حرف zc نزدیک شویم، نوع انطباق محکم تر می شود. به این ترتیب سوراخی با موقعیت میدان تولرانس H، با میله هایی با موقعیت میدان تولرانس از a تا h انطباق بازی دار و از j تا p انطباق عبوری و از r تا zc انطباق پرسی را به وجود می آورند.

* توجه:

وقتی می نویسیم $\phi 42H7/g6$ به مفهوم آن است که انطباق مربوط به یک میله و سوراخ با اندازه اسمی ۴۲ mm است. ابتدا میدان تولرانس سوراخ (مثل H۷) و سپس میدان تولرانس میله (مثل g۶) با یک علامت / معرفی می شود.

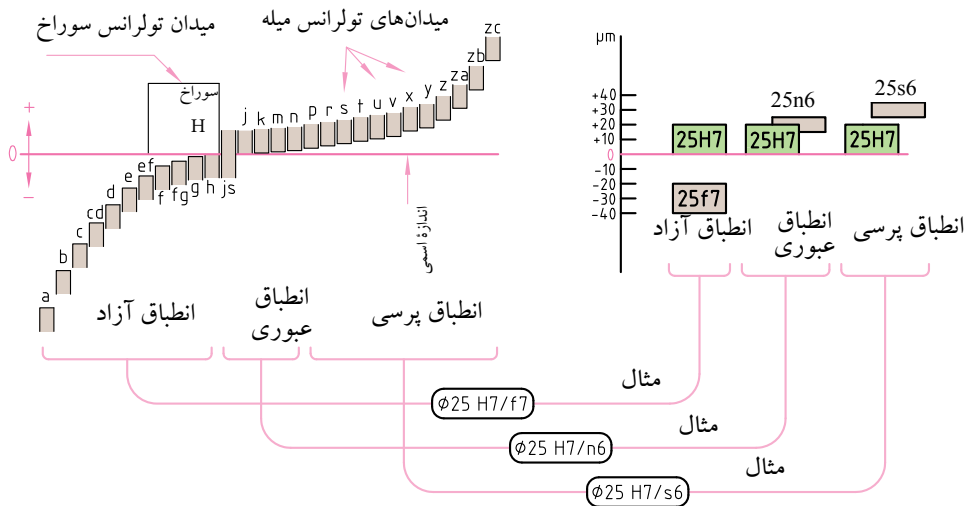
به مفهوم $\phi 25H7/f7$ توجه کنید:

مفهوم $\phi 25H7/f7$



مثال: در سیستم انطباقی ثبوت سوراخ در شکل زیر برای اندازه اسمی $\phi 25$ ، سه حالت انطباقی آزاد، عبوری و پرسی در نظر گرفته شده است.

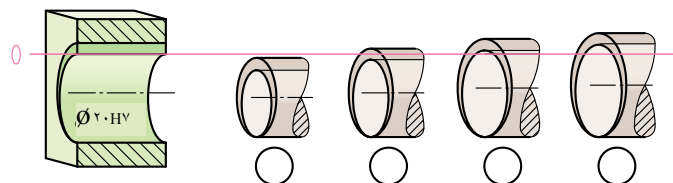
- * دو اندازه: یکی $\phi 25f7$ برای میله و دیگری $\phi 25H7$ برای سوراخ ← یک انطباق آزاد (لق) را فراهم می کند.
- * دو اندازه: یکی $\phi 25n6$ برای میله و دیگری $\phi 25H7$ برای سوراخ ← یک انطباق عبوری را فراهم می کند.
- * دو اندازه: $\phi 25s6$ برای میله و دیگری $\phi 25H7$ برای سوراخ ← یک انطباق پرسی را فراهم می کند.



ارزش یابی

در سیستم انطباقی ثبوت سوراخ با نوشتن اعداد ۱ تا ۴ (در داخل دایره ها، زیر تصویر میله ها) مشخص کنید هر اندازه ای متعلق به کدام میله است؟
راهنمایی: میله ها با توجه به نوع انطباق، حروف مختلفی دارند. حروف بعد از P، معرف انطباق پرسی و حروف قبل از h، معرف انطباق بازی دار است.

- ۱) $\phi 20 g6$
- ۲) $\phi 20 r6$
- ۲) $\phi 20 k6$
- ۲) $\phi 20 js6$



موقعیت میدان تولرانس برای سوراخ‌ها

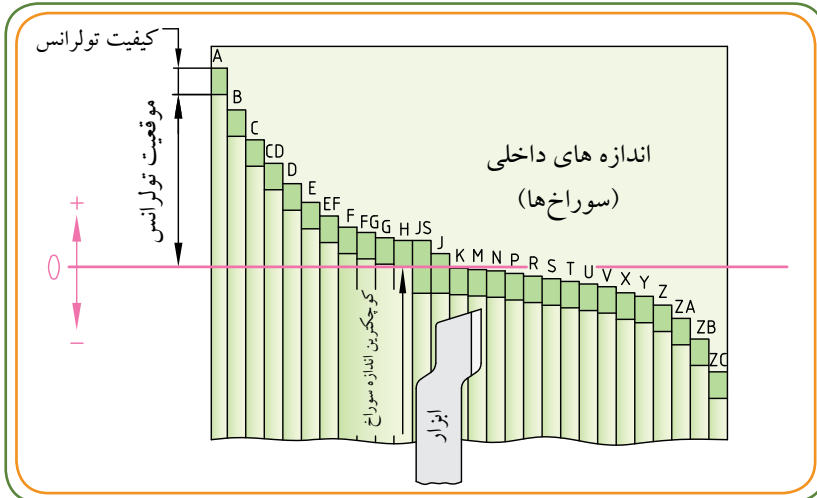
در سیستم ایزو ISO برای سوراخ‌ها، ۲۸ موقعیت میدان تولرانس نسبت به خط صفر (از A تا ZC) در نظر گرفته شده است. در مورد سوراخ از حروف لاتین بزرگ استفاده می‌شود.

با توجه به نمودار مقابل:

از حرف A تا G قطر سوراخ‌ها کوچک‌تر از اندازه اسمی است و پایین‌تر از خط صفر قرار دارند.

در مرحله H کوچک‌ترین اندازه سوراخ با اندازه اسمی برابر است (به عبارتی بر خط صفر منطبق است).

از حرف H به بعد، اندازه‌های سوراخ کوچک‌تر می‌شوند و در پایین‌تر از خط صفر (خط صفر) قرار می‌گیرند.

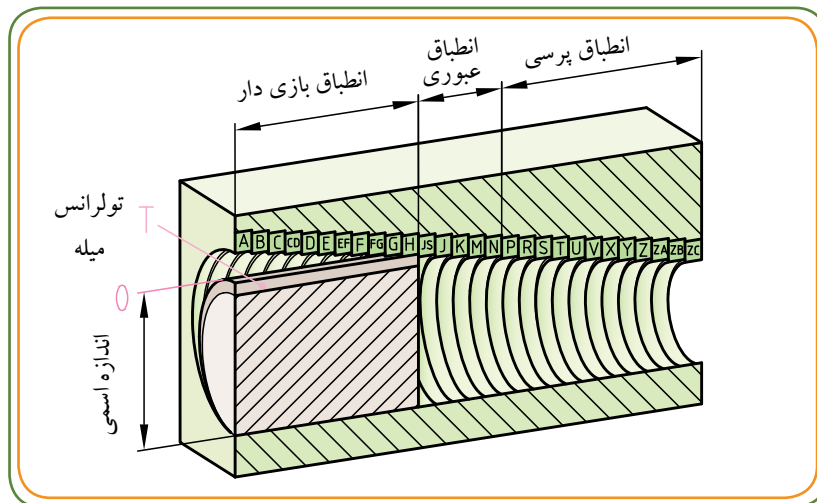


نتیجه این که:

* برای ایجاد انطباق آزاد می‌توان از حروف A تا G استفاده کرد. گفتنی است که بیشترین لقی در حرف A و کمترین لقی در حرف G وجود دارد.

* برای ایجاد انطباق عبوری از حروف JS تا P استفاده می‌شود.

* برای ایجاد انطباق فشاری از حروف R تا ZC استفاده می‌شود. گفتنی است که کمترین سفتی در حرف R و بیشترین سفتی در حرف ZC به وجود می‌آید.

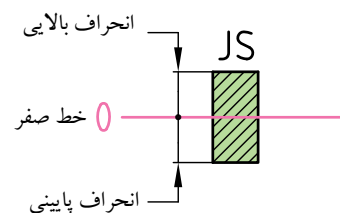


* دو نکته مهم

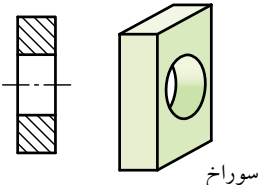
۲- در مرحله انطباقی H، کوچک‌ترین اندازه سوراخ بر اندازه اسمی منطبق است.

به عبارت دیگر در مرحله انطباقی H انحراف پایینی سوراخ صفر است.

۱- در مرحله انطباق JS، مقدار انحراف بالایی و پایینی برابر است.

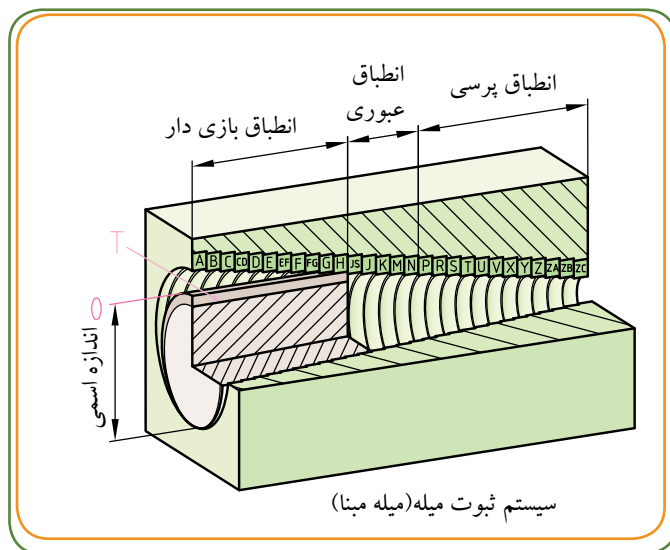


جدول زیر، حروف لاتینی که برای ۲۸ مرحله انطباقی سوراخ در نظر گرفته شده است، را نشان می دهد.

	آزاد (روان)	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	
	مینا	H	مرحله h میناست									
	عبوری	JS	J	K	M	N	P					
	پرسی	R	S	T	U	V	X	Y	Z	Z _A	Z _B	Z _C

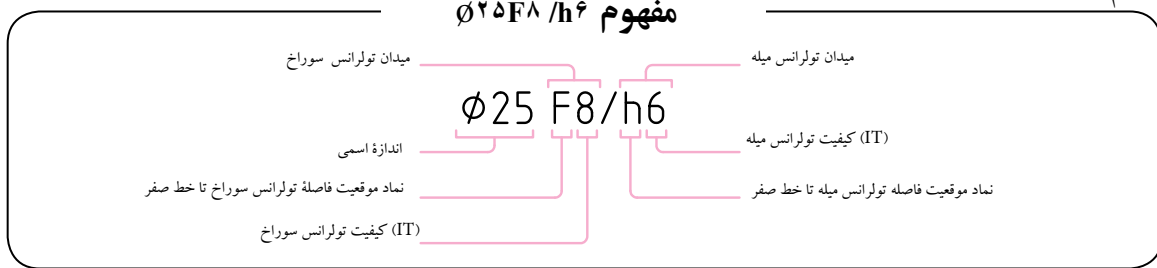
در سیستم ثبوت میله حرف h مشخص کننده موقعیت تولرانس میله است و همواره سیستم ثبوت میله را تداعی می کند. (حرف h برای میله مینا برگزیده شده است) سوراخها، با توجه به موقعیت میدانهای تولرانس مربوط از (A تا ZC)، می توانند انطباق های متفاوتی را با میله مینا h (مطابق شکل و مثالهای زیر) به وجود آورند.

آزاد $\Phi 30E9/h6$
 عبوری $\Phi 30J7/h6$
 پرس $\Phi 30S7/h6$



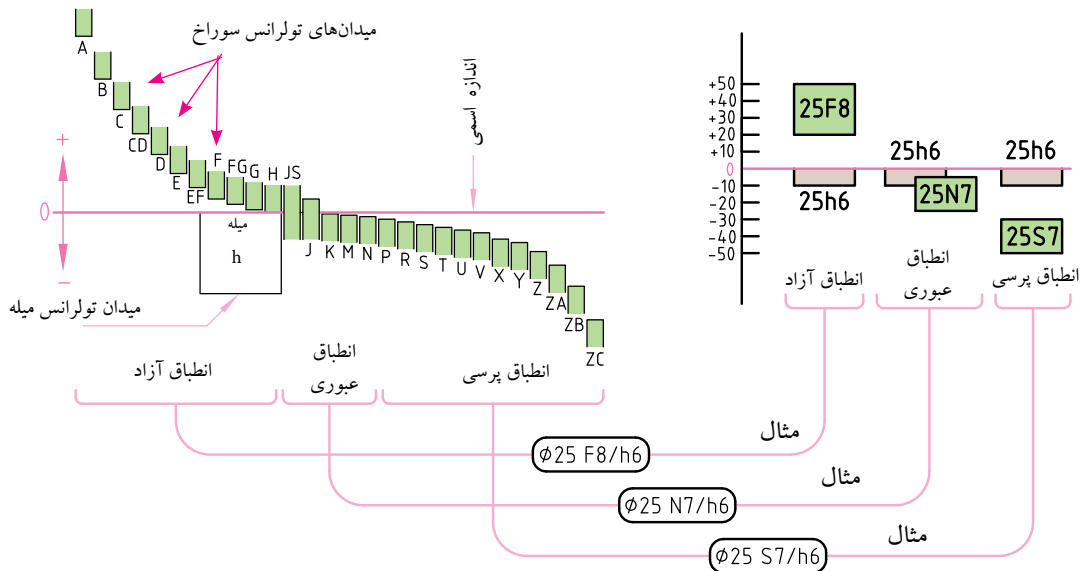
به شکل مقابل دقت کنید:
 هر چه از حرف A به طرف حرف ZC نزدیک شویم، نوع انطباق محکم تر می شود. به این ترتیب میله ای با موقعیت میدان تولرانس h با سوراخ هایی با موقعیت میدان های تولرانس از A تا H انطباق بازی دار، از J تا P انطباق عبوری و از R تا ZC انطباق پرس را به وجود می آورند.

به مفهوم $\text{Ø}25\text{F}8/\text{h}6$ توجه کنید:



مثال: در سیستم انطباقی میله مبنا، در شکل زیر برای اندازه اسمی $\text{Ø}25$ سه حالت انطباقی آزاد، عبوری و پرسی در نظر گرفته شده است.

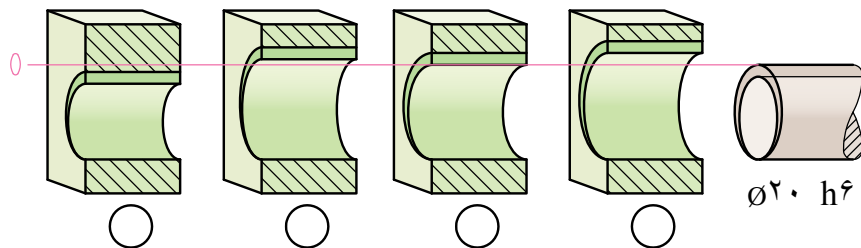
- * دو اندازه: یکی $\text{Ø}25\text{F}8$ برای سوراخ و دیگری $\text{Ø}25\text{h}6$ برای میله ← انطباق آزاد (لق) را فراهم می کند.
- * دو اندازه: یکی $\text{Ø}25\text{N}7$ برای سوراخ و دیگری $\text{Ø}25\text{h}6$ برای میله ← انطباق عبوری را فراهم می کند.
- * دو اندازه: یکی $\text{Ø}25\text{S}7$ برای سوراخ و دیگری $\text{Ø}25\text{h}6$ برای میله ← انطباق پرسی را فراهم می کند.



ارزش یابی

در سیستم انطباقی ثبوت میله با نوشتن اعداد ۱ تا ۴ (در داخل دایره‌ها، زیر تصویر سوراخ‌ها) مشخص کنید هر اندازه متعلق به کدام سوراخ است؟
 راهنمایی: سوراخ‌ها، با توجه به نوع انطباق حروف مختلفی دارند. حروف بعد از P، معرف انطباق پرسی و حروف قبل از H، معرف انطباق بازی دارست.

- ۱) $\text{Ø}20 \text{ N}7$
- ۲) $\text{Ø}20 \text{ G}7$
- ۲) $\text{Ø}20 \text{ F}7$
- ۲) $\text{Ø}20 \text{ H}7$

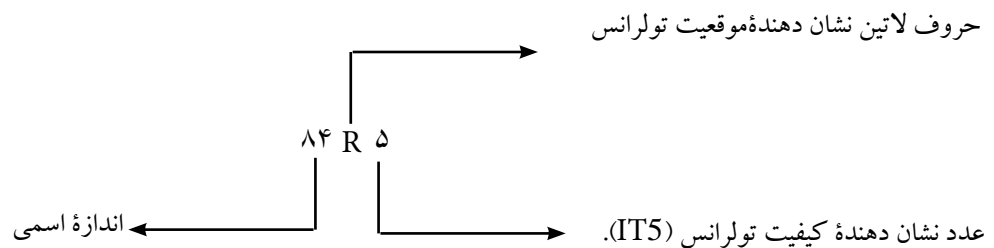


بنابر آنچه گفته شد نتیجه می گیریم حروف لاتین موقعیت تولرانس را نسبت به خط صفر نشان می دهند. اگر در مورد وضعیت انطباقی سوراخ صحبت شود از حروف لاتین بزرگ و در مورد میله از حروف لاتین کوچک بهره می گیرند. به این ترتیب می توان از حروف الفبای لاتین پی برد که آیا اندازه موردنظر به سوراخ مربوط است یا به میله.

مثال: $\text{H}7/\text{g}6$ سوراخی که قطر آن دارای اندازه اسمی ۳۰ و دارای موقعیت H است.
 $\text{g}6/\text{H}7$ میله ای که قطر آن دارای اندازه اسمی ۴۳ و دارای موقعیت g است.

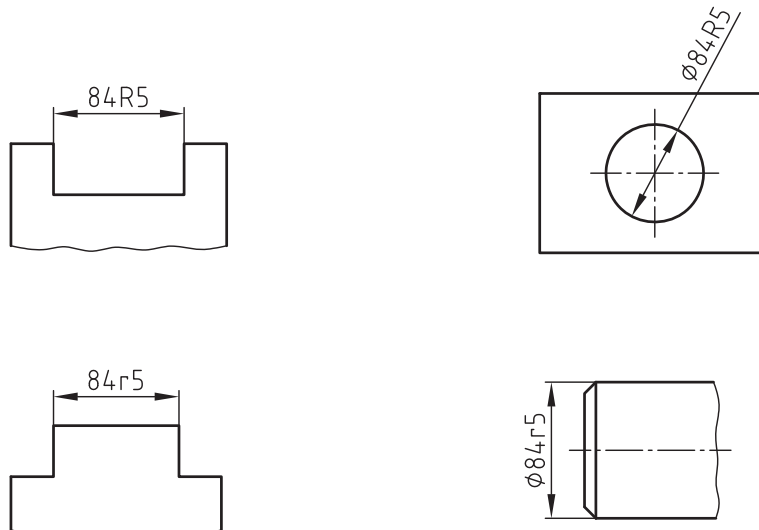
در دو مثال فوق عدد ۷ در جلوی H و عدد ۶ در جلوی g (همان طور که در مبحث کیفیت تولرانس گفته شد) بیانگر دقت و کیفیت ساخت اند. این اعداد (مطابق نمودار (صفحه ۱۲۳)، متغیرند و در این مثال عدد ۶ و ۷ در ردیف دقت متوسط قرار گرفته اند. در نقشه، حروف لاتین با یک عدد به همراه اندازه اسمی به کار می روند. حروف لاتین نشان دهنده موقعیت تولرانس است.

چند مثال



(توجه کنید که عبارت ۸۴R۵ مختصر شده عبارت ۸۴RIT۵ است.)

از روی حرف R بزرگ مشخص می شود که اندازه مورد نظر مربوط به شکاف داخلی یا سوراخ است. اگر اندازه به صورت ۸۴r۵ باشد بیانگر یک میله یا یک برجستگی است.



انتخاب محدوده تولرانس (مقدار انحراف های حدی سوراخ و میله) در انطباقات (ISO ۲۸۶-۲)

در انطباقات ایزو، برای هر یک از ۲۸ نوع موقعیت میدان تولرانس سوراخ ها و میله ها، مقدار انحراف اندازه بالایی و پایینی را برای اندازه های اسمی تا ۵۰۰mm و در برخی موارد لازم تا ۳۱۵۰mm از روی روابط موجود محاسبه و در جدول ISO ۲۸۶-۲ درج نموده اند.

در صنایع مکانیک، طراحان با توجه به کاربرد قطعات انطباقی و با مراجعه به جداول راهنمای انطباقات ایزو، علایم انطباقی مناسب آن ها را با توجه به نوع سیستم انطباق

(سیستم ثبوت سوراخ یا میله) تعیین و روی نقشه های فنی ثبت می نمایند.

سازنده ها و تولید کننده ها نیز با مراجعه به جداول انتخاب محدوده تولرانس، مقدار انحراف بالایی و پایینی سوراخ و میله را با در نظر گرفتن اندازه اسمی و علامت انطباقی، از جدول تعیین می کنند و در ساخت و تولید به کار می برند. (شکل های ۱ و ۲)

در شکل زیر قسمتی از یک جدول استاندارد ارائه شده است.^۱

(شکل - ۱)

ISO انطباقات																
محدوده تولرانس به $(\mu m = 0.001)$											سیستم سوراخ مینا					
محدوده اندازه نامی تا ... از mm	سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق					سطح داخلی انطباق	سطح خارجی انطباق								
		محدوده تولرانس						محدوده تولرانس								
		ثق	عبوری	برسی	ثق	عبوری		برسی	ثق	عبوری	برسی	ثق	عبوری	برسی		
	H6	h5	j6	k6	n5	p5	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	r6	s6
1...3	+6 0	0 -4	+4 -2	+6 0	+8 +4	+10 +6	+10 0	-6 -16	-2 -8	0 -6	+4 -2	+6 0	+8 +2	+10 +4	+16 +10	+20 +14
3...6	+8 0	0 5	+6 -2	+9 +1	+13 +8	+17 +12	+12 0	-10 -22	-4 -12	0 -8	+6 -2	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+23 +15	+27 +19
6...10	+9 0	0 -6	+7 -2	+10 +1	+16 +10	+21 +15	+15 0	-13 -28	-5 -14	0 -9	+7 -2	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+28 +19	+32 +23
10...14	+11 0	0 -8	+8 -3	+12 +1	+20 +12	+26 +18	+18 0	-16 -34	-6 -17	0 -11	+8 -3	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+34 +23	+39 +28
14...18	+13 0	0 -9	+9 -4	+15 +2	+24 +15	+31 +22	+21 0	-20 -41	-7 -20	0 -13	+9 -4	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+41 +28	+48 +35
18...24	+16 0	0 -11	+11 -5	+18 +2	+27 +18	+37 +27	+25 0	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 -4	+18 +2	+26 +8	+33 +15	+50 +34	+59 +43

(شکل - ۲)

مثال: برای تعیین میزان انحراف اندازه g^6/H^7 مراحل زیر را انجام می دهیم:

- اندازه اسمی ۲۳ از ردیف ۲۴...۱۸ را انتخاب می کنیم.
- برای یافتن مقادیر انحراف اندازه سوراخ در زیر ستون H^7 و در راستای اندازه اسمی (۲۴...۱۸) به مقادیر $+21$ می رسمیم.
- برای یافتن مقادیر انحراف اندازه میله در زیر ستون g^6 و در راستای اندازه اسمی (۲۴...۱۸) به مقادیر -7 می رسمیم.

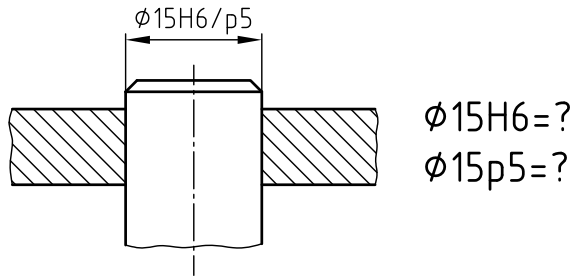
۱- نمونه ای کاملی از جدول در درس محاسبات فنی (۲) وجود دارد.

مثال: در روی نقشه میله و سوراخی اندازه اسمی و علامت انطباقی $\phi 15H6/p5$ نوشته شده است. مقادیر انحراف

بالایی و پایینی را برای میله و سوراخ از جداول انطباقات تعیین نمایید. همچنین نوع انطباق، مقدار تولرانس و بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه میله و سوراخ را محاسبه و در جدول پایین همین صفحه درج نمایید و آن را روی شکل نمایشی محدوده تولرانس منتقل کنید.

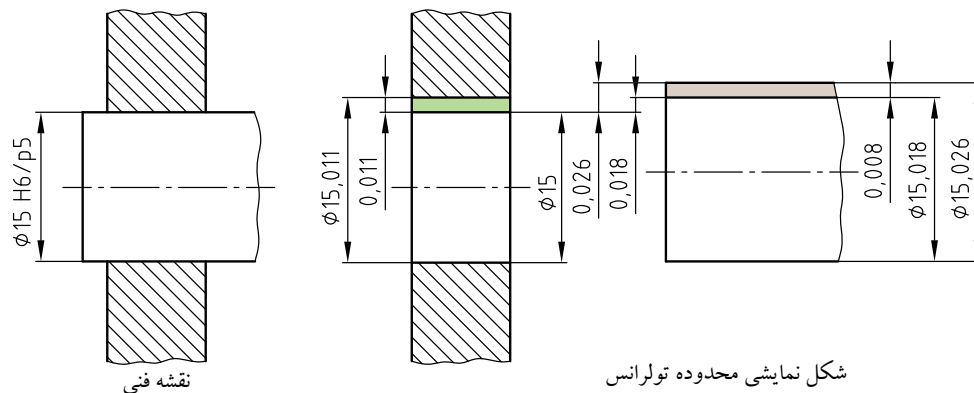
با استفاده از جدول انطباقات ایزو محدوده تولرانس (مقادیر انحراف بالایی و پایینی) سوراخ را می‌توان به دست آورد. در سمت چپ جدول (شکل ۱- صفحه قبل) اندازه اسمی 15mm بین محدوده اندازه نامی ۱۴ تا ۱۸ قرار دارد. درامتداد علامت انطباقی $H6$ مقدار انحراف‌ها برای سوراخ $+11$ درج شده که معرف انحراف بالایی $+0,011\text{mm}$ و انحراف پایینی خط است. همچنین درامتداد علامت انطباقی $p5$ مقدار انحراف‌ها برای میله $+26$ درج شده که معرف انحراف بالایی $+0,026\text{mm}$ و انحراف پایینی $+18$ است.

$$(\mu\text{m} = 0,001\text{mm})$$



$$\phi 15H6 \left\{ \begin{array}{l} +11\mu\text{m} \\ 0\mu\text{m} \end{array} \right.$$

$$\phi 15p5 \left\{ \begin{array}{l} +26\mu\text{m} \\ +18\mu\text{m} \end{array} \right.$$



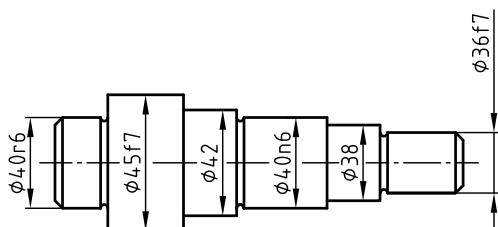
شکل نمایشی محدوده تولرانس

$\phi 15H6/p5$	نوع انطباق: پرسی		اندازه اسمی = 15mm
انحرافات میله	انحراف پایینی = $+0,018\text{mm}$	انحرافات سوراخ	انحراف پایینی = $0,000$
	انحراف بالایی = $+0,026\text{mm}$		انحراف بالایی = $+0,011$
تولرانس میله = $0,026 - 0,018 = 0,008\text{mm}$		تولرانس سوراخ = $0,011 - 0,000 = 0,011\text{mm}$	
بزرگ‌ترین اندازه میله = $15 + 0,026 = 15,026\text{mm}$		بزرگ‌ترین اندازه سوراخ = $15 + 0,011 = 15,011\text{mm}$	
کوچک‌ترین اندازه میله = $15 + 0,018 = 15,018\text{mm}$		کوچک‌ترین اندازه سوراخ = $15 - 0,000 = 15\text{mm}$	

انتخاب نوع انطباق

برای آن که قطعات ماشین‌ها بتوانند پس از طراحی و ساخت، وظیفه خود را به نحو مطلوب انجام دهند، لازم است که انطباق آن‌ها نسبت به هم بر اساس درستی انتخاب گردد. برای انتخاب صحیح نوع انطباق از جدول راهنما برای تعیین علائم انطباقی در انطباقات ایزو ISO و مثال‌هایی از کاربرد* کمک می‌گیرند.

در این جا لازم به تذکر است که در انتخاب نوع انطباق و همچنین علامت انطباقی باید برای هر قطعه دقت لازم را در نظر گرفت نه دقت زیاد، زیرا اگرچه دقت کار زیاد و در نتیجه تolerانس کم باشد قیمت و هزینه تولید به سرعت افزایش می‌یابد. از آن جایی که سیستم ثبوت سوراخ در ماشین‌سازی کاربرد بیشتری دارد، به یک مثال در تعیین نوع انطباق توجه نمایید.



فرض کنید طراح در نظر دارد بر روی محوری (مطابق با شکل بالا) با مشخصات داده شده یک کلاچ، دو یاتاقان و یک چرخ حلزون را سوار نماید. او بر اساس کارکرد، حرکت یا تثبیت قطعات در مجموعه و تجربیات موجود در نمونه‌های صنعتی سه نوع انطباق مختلف را انتخاب می‌کند.

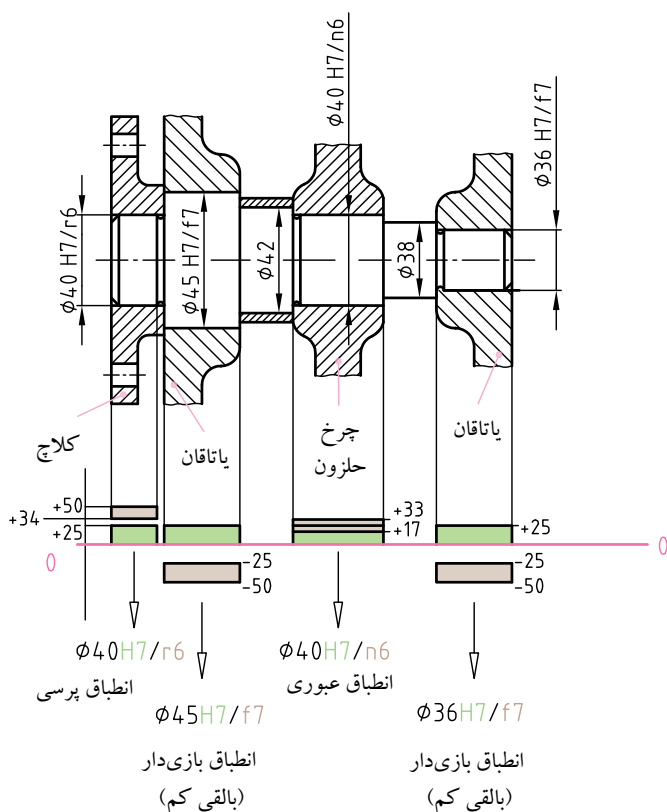
برای محور (در قطرهای مختلف):

برای نشیمنگاه کلاچ، که یک انطباق بررسی است؛

$\phi 45f7$ و $\phi 36f7$ ، برای نشیمنگاه یاتاقان‌ها، که یک انطباق بازی دار بالقی کم است.

برای نشیمنگاه چرخ حلزون، که یک انطباق عبوری است.

* برای سوراخ مینا HV انتخاب می‌شود.



جدول راهنما برای تعیین علائم انطباقی در انطباقات ISO و مثال‌هایی از کاربرد

نوع انطباق	علائم انطباقی		ملاحظات	مثال‌هایی از کاربرد
	ثبوت سوراخ	ثبوت میله		
انطباق پرسی	H^8/x^8		سفتی خیلی زیاد انطباق توسط انبساط و انقباض	محکم کردن چرخ‌های واگن روی میله‌ها، کلاچ‌ها روی انتهای میله‌ها
	H^8/u^8		سفتی خیلی زیاد انطباق توسط انبساط و انقباض	سوار کردن بوش‌ها در نافی چرخ‌ها، تاج فلکه‌ها روی بدنه آن‌ها
	H^7/s^6	S^7/h^6	سفتی زیاد اجزاء با فشار زیاد نیروی پرس یا توسط انقباض و انبساط جازده می‌شوند.	جازدن حلقه‌های انقباضی، تاج چرخ دنده‌ها بر روی بدنه آن‌ها، چرخ‌ها روی میله‌ها
	H^7/r^6	R^7/h^6	سفتی متوسط اجزاء با فشار توسط نیروی پرس جا زده می‌شوند.	جازدن بوش‌ها در یاتاقان‌ها، سوار کردن صفحه لنگ‌ها روی محورها
انطباق عبوری	H^7/n^6	N^7/h^6	سفتی زیاد و لقی کم. اجزاء با نیروی چکش آهنگری جازده می‌شوند (ضامن حرکتی نیاز ندارند)	جازدن بوش یاتاقان‌ها، چرخ دنده‌های کوچک روی میله‌ها، سوار کردن میله راهنما، گژن‌بین
	H^7/m^6	M^7/h^6	سفتی متوسط و لقی کم. اجزاء با نیروی زیاد چکش دستی جا زده می‌شوند. (ضامن حرکتی نیاز دارند)	سوار کردن چرخ دنده‌ها، چرخ تسمه‌ها، کلاچ‌ها و حلقه داخلی بلبرینگ‌ها روی میله‌ها
	H^7/k^6	K^7/h^6	سفتی کم و لقی متوسط. اجزاء با نیروی متوسط چکش دستی جا زده می‌شوند. (ضامن حرکتی نیاز دارند)	سوار کردن چرخ دنده‌ها، چرخ تسمه‌ها، کلاچ‌ها و حلقه داخلی بلبرینگ‌ها روی میله‌ها، صفحه ترمز، آرمیچر موتورهای برقی
	j^6/H^7	h^6/J^7	سفتی کم و لقی زیاد. اجزاء با ضربات ملایم چکش دستی و یا با دست جا به جا می‌شوند. (ضامن حرکتی نیاز دارند)	چرخ دنده‌های کشویی عوض شونده، حلقه خارجی بلبرینگ‌ها در نشیمنگاه خود، توپی‌ها و محورها

ادامه جدول راهنما...

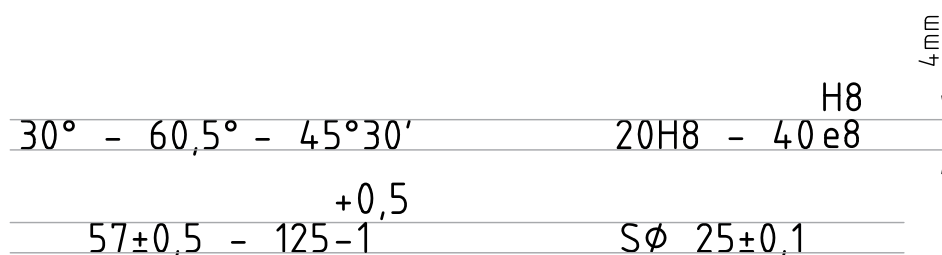
نوع انطباق	علائم انطباقی		ملاحظات	مثال هایی از کاربرد
	ثبوت سوراخ	ثبوت میله		
انطباق بازی دار	H ^v /h ⁶	H ^v /h ⁶	لقی خیلی کم تا صفر. انطباق سرشی در صورت اجرای دقیق لغزشی است. در صورت روغنکاری با دست قابل حرکت هستند.	میل مرغک توخالی دستگاه مرغک ، بوش های فاصله نگه دار، تیغه فرز روی درن فرزگیر ، بوش میله راهنما و بین راهنما در قالب سازی، و فلانچ های متحدالمرکز کننده.
	H [^] /h ⁹	H [^] /h ⁹	لقی کم تا صفر- انطباق لغزشی اجزاء با نیروی کم دست قابل حرکت هستند.	واشرها ، اهرم ها ، چرخ ها ، کلاچ ها ، چرخ های دستی ، نشیمنگاه گوه برای میله ترانسمیسیون
	G ^v /h ⁶	H ^v /g ⁶	لقی خیلی کم. انطباق لغزشی اجزاء با نیروی دست قابل حرکت هستند.	باتاقان میله کار ماشین های ابزار ، میله دستگاه تقسیم، چرخ دنده های آزاد، چرخ دنده های تعویضی ، باتاقان محور سنگ.
	F ^v /h ⁶	H ^v /f ^v	لقی کم تا خیلی کم . اجزاء داخلی هم قابل حرکت هستند.	کشویی هایی راهنما ، باتاقان های میله با دور زیاد ، باتاقان های لغزشی ، چرخ دنده های کشویی .
	F [^] /h ⁹	H [^] /f [^]	لقی قابل توجه اجزاء داخل هم، آسان حرکت می کنند.	پیستون های تغییر دهنده حرکت در سیلندرها ، میله شیرها ، پمپ های پره ای ، در پوش راهنما ، میله های گذرنده از چند باتاقان .
	E [^] /h ⁶	H [^] /e [^]	لقی کافی گردش آسان در قسمت نشیمن	باتاقان با روغنکاری حلقه ای ، میله سوپاپ ها ، باتاقان دینام ها و تلمبه ها ، باتاقان میل پیچ های حرکتی (ذوزنقه ای)، باتاقان میل لنگ ها و میله های چرخ حلزون.
	D ⁹ /h [^]	H [^] /d ⁹	لقی زیاد قطعات انطباقی به سهولت داخل هم حرکت می کنند.	برای تمام باتاقان های میله های ترانسمیسیون و برای دور تند محورهای ماشین ها ، باتاقان ماشین های کشاورزی و ساختمانی ، تأسیسات نوار نقاله
	D ¹⁰ /h ⁹	H ⁹ /d ¹⁰	لقی خیلی زیاد قطعات انطباقی به راحتی داخل هم حرکت می کنند.	بوش محور جراثقال ها ، محور ارابه ها ، باتاقان ماشین های کشاورزی ، باتاقان میله ترانسمیسیون
	H ¹¹ /h ¹¹	H ¹¹ /h ¹¹	قطعات انطباقی دارای تولرانس بیشتر و لقی ناچیز.	قطعاتی که با بین ها و پیچ ها به منظور جوشکاری روی هم سوار می شوند، لولاها و ماشین های تحریر
	D ¹¹ /h ¹¹	H ¹¹ /d ¹¹	قطعات انطباقی دارای تولرانس بیشتر و لقی کمتر.	باتاقان ماشین های کشاورزی و ساختمانی ، جرقه ها ، چرخ های آزاد گرد ، میخ برچ ها
	C ¹¹ /h ¹¹	H ¹¹ /c ¹¹	قطعات انطباقی دارای تولرانس بیشتر و لقی بیشتر	باتاقان ماشین های زراعتی ، ماشین های خانه داری ، باتاقان کلیدهای برقی گردان ، بین های متحرک ، باتاقان های گرم شونده مانند ماشین های بزرگ ساختمانی
	A ¹¹ /h ¹¹	H ¹¹ /a ¹¹	قطعات انطباقی دارای تولرانس بیشتر و لقی خیلی زیاد (خیلی شل در نشیمن)	باتاقان هایی که خطر کثیف شدن زیاد داشته و رساندن روغن به آن ها مشکل است ، مانند بولدورها، اتصال مفصل ها ، لولای در پارکینگ، میله رگولاتور بخار در لکوموتیوها

خواندن اندازه های تولرانس دار و انطباقی از روی نقشه

ثبت مقادیر عددی اندازه ها بر روی نقشه ها باید کاملاً واضح و قابل خواندن باشد .

ارتفاع اندازه اسمی و ارتفاع اندازه انحراف ها باید یک سان باشند.

تصاویر زیر نمونه هایی را نشان می دهد (ضخامت خطوط برای نوشتن اعداد تقریباً $0,35\text{mm}$ و ارتفاع اعداد حداکثر 4mm است).



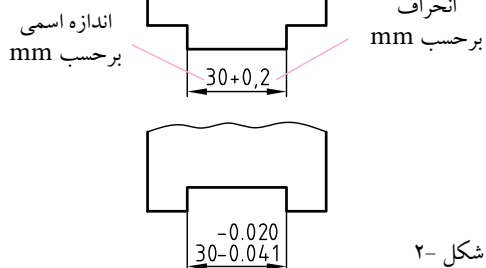
نمایش علایم انطباقی

برای نمایش اندازه های انطباقی (به ترتیب) ، ابتدا علامت قطر و اندازه اسمی ، سپس در سمت راست آن حرف یا حروف مشخص کننده موقعیت میدان تولرانس سوراخ یا میله و در خاتمه کیفیت (درجه) تولرانس آورده می شوند .

مثال : سوراخ $\text{H}7/50$ و $\text{js}6/20$ میله $\text{h}8/24$ و $\text{g}6/24$

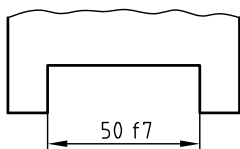
- در اندازه هایی که انحراف دارد ، واحدها یک سان اند . اگر اندازه اسمی بر حسب میلی متر باشد (شکل ۱-) .
- نیز باید بر حسب میلی متر باشد (شکل ۱-) .
- اگر ناچار باشند دو انحراف مربوط به یک بُعد واحد را نشان دهند ، هر دو با تعداد اعشار یکسان بیان می شوند (حداً بالایی را همیشه اول می نویسند) (شکل ۲-) .
- اجزای یک بُعد تولرانس گذاری شده باید به ترتیب زیر مشخص گردند :

الف) اندازه اسمی ب) نماد تولرانس یا مقادیر انحراف
اگر لازم باشد ، علاوه بر نمادها (شکل الف-۳) ، مقادیر انحراف (شکل ب-۳) یا حدود اندازه (شکل پ-۳) را نیز بیان می کنند .
اطلاعات اضافی در داخل پراونتز نشان داده می شود .

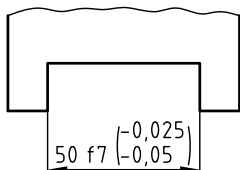


شکل ۲-

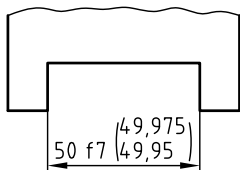
(الف)



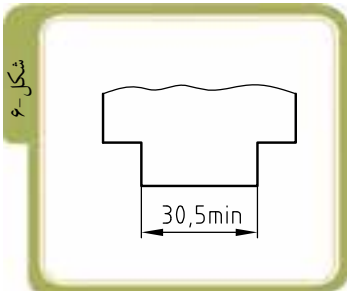
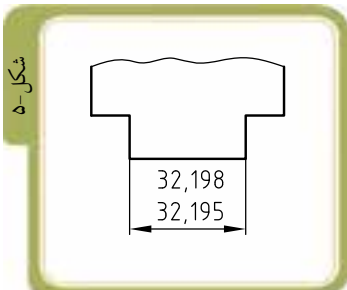
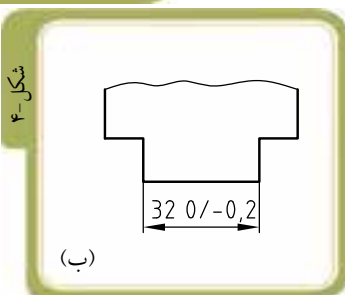
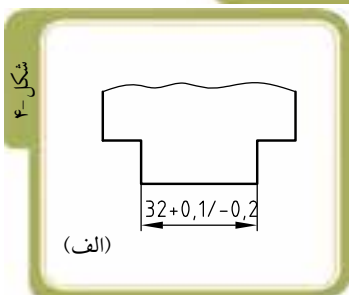
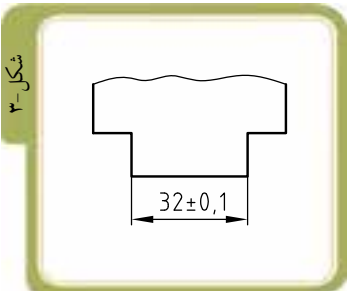
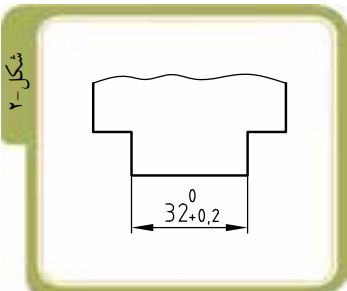
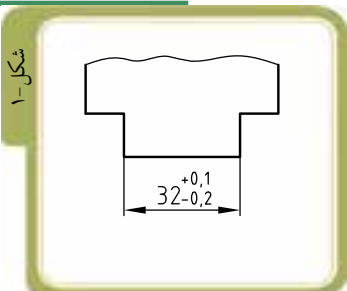
(ب)



(پ)



شکل ۳-



- مقادیر انحراف اندازه در جلوی اندازه اسمی قید می‌شود (شکل -۱).

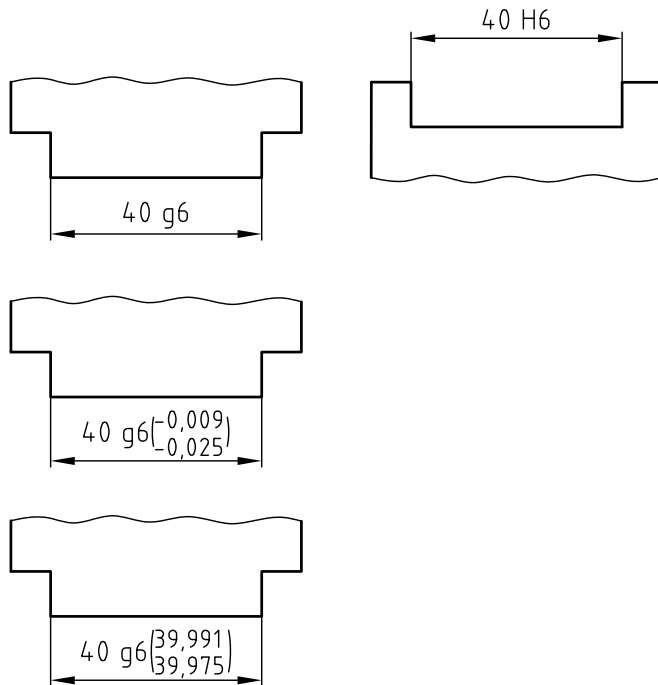
- اگر یکی از مقادیر انحراف، صفر باشد آن را با عدد صفر نشان می‌دهند (شکل -۲).

- اگر تolerانس نسبت به اندازه اسمی قرینه باشد، مقدار انحراف فقط یک بار و پس از علامت \pm نشان داده می‌شود (شکل -۳).

- اگر بخواهند اندازه اسمی و مقادیر انحراف را در یک سطر نشان دهند، در این صورت، انحراف بالایی با کمک یک خط مایل، از انحراف پایینی جدا می‌شود (شکل ب و الف - ۴).

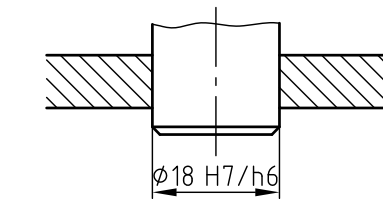
- برای یک اندازه، ممکن است بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه مجاز همزمان یک جا نوشته شود. بزرگ‌ترین اندازه مجاز در بالا قرار می‌گیرد (شکل -۵).

- اگر لازم باشد که یک بُعد را صرفاً در یک جهت محدود نماییم، (بخواهیم کوچک‌ترین اندازه از حد معینی کم تر نشود) می‌توانیم آن را با افزودن min (حداقل) به بُعد مورد نظر نشان دهیم (شکل -۶).

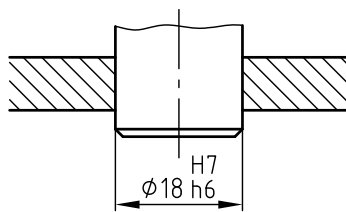


- برای نمایش سوراخ ها از حروف بزرگ لاتین و برای نمایش میله ها از حروف کوچک لاتین استفاده می شود: سوراخ ها (اندازه های داخلی) و میله ها (اندازه های بیرونی).
- مقدار انحراف اندازه بالایی و پایینی را می توان با توجه به اندازه اسمی و علایم انطباقی از جدول انطباقات تعیین کرد و مقدار آنها را بر حسب میلی متر در سمت راست علایم انطباقی در داخل پرانتز نوشت.
- همچنین مقدار بزرگ ترین و کوچک ترین اندازه را می توان با توجه به انحراف اندازه بالایی و پایینی و اندازه اسمی تعیین کرد و مقدار آن ها را در سمت راست علایم انطباقی در داخل پرانتز نوشت.

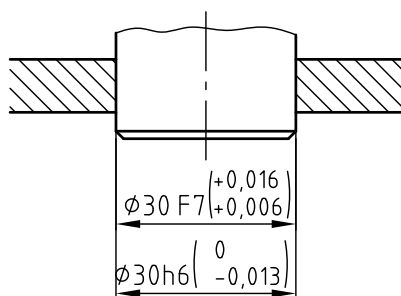
قطعات سوار شده (مونتاژی)



(شکل - الف) قطعات مونتاژی

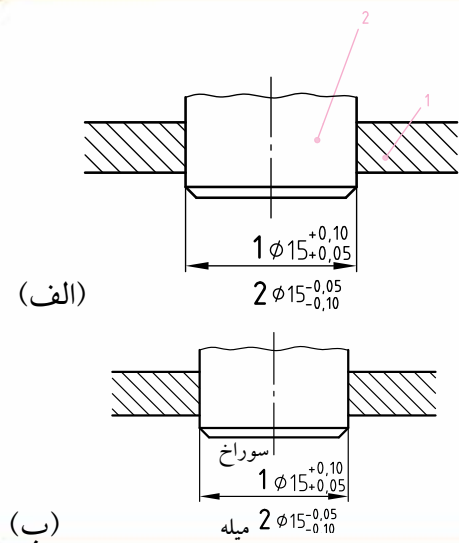


(شکل - ب)



(شکل - پ)

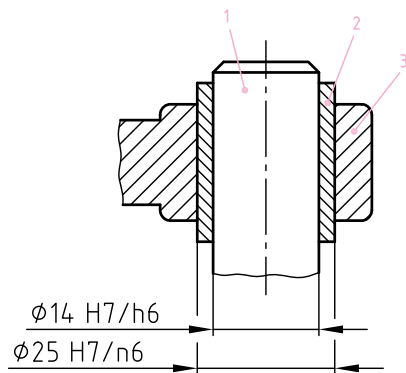
- برای اندازه گذاری قطعات سوار شده (مونتاژی) در بالای خط اندازه، به ترتیب، ابتدا علامت قطر و اندازه اسمی و سپس علایم انطباقی سوراخ و در خاتمه علایم انطباقی میله را در یک ردیف می نویسند و بین علایم انطباقی سوراخ و میله، خط تیره مایلی قرار می دهند (شکل - الف).
- همچنین می توان در بالای خط اندازه در سمت راست اندازه اسمی علایم انطباقی میله و در بالای آن علایم انطباقی سوراخ را نوشت (شکل - ب).
- در اندازه گذاری قطعات انطباقی که به صورت مونتاژ رسم می شوند، می توان از دو خط رابط مشترک و دو خط اندازه مجزا استفاده کرد و در بالای خط اندازه اولی، اندازه اسمی و علایم انطباقی سوراخ و در سمت راست آن ها مقدار انحراف اندازه بالایی و پایینی را در داخل پرانتز نوشت. همچنین در بالای خط اندازه دومی، اندازه اسمی و علایم انطباقی میله و در سمت راست آن ها مقدار انحراف اندازه بالایی و پایینی را در داخل پرانتز نوشت (شکل - پ).



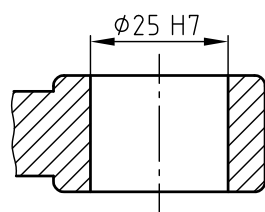
قطعات پیاده شده (دمونتاژی)

- شمارهٔ مربوط به قطعات مونتاژ شده را می‌توان قبل از مقدار اندازهٔ اسمی نوشت. در شکل (الف-۱) شمارهٔ ۱ مربوط به سوراخ و شمارهٔ ۲ مربوط به میله است. (سوراخ قبل از میله اندازه گذاری می‌شود).

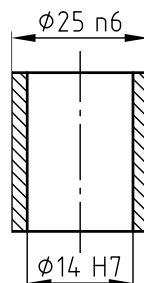
می‌توان از واژهٔ سوراخ و میله قبل از اندازهٔ اسمی نیز استفاده کرد (شکل ب-۱)



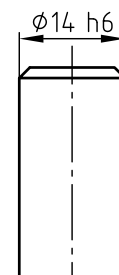
قطعات مونتاژی



3



2



1

