

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

TECHNICAL DRAWING COMPUTER – AIDED DESIGN

نقشه کشی صنعتی به کمک کامپیوتر

نقشه کشی صنعتی (۲)

تولرانس های اندازه

برای ساخت هر قطعه صنعتی به نقشه ای نیاز است که تمامی اندازه های جسم، مانند طول، عرض، ارتفاع و زاویه را برای سازنده بیان کند. همیشه عواملی مانند: دقت ماشینآلات، دقت ابزارهای اندازه گیری، کاربرد قطعه و مهمتر از همه هزینه تولید، نقش بسیار مهم و تعیین کننده ای در هنگام ساخت خواهند داشت، زیرا هرچه یک قطعه دقیقتر ساخته شود، هزینه آن بیشتر است. آیا همیشه لازم است یک قطعه کاملاً دقیق ساخته شود؟



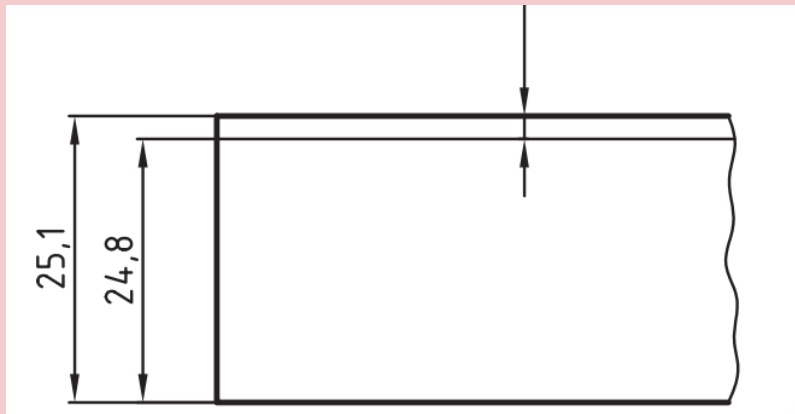
به اندازه ۲۵ میلیمتر در شکل زیر توجه کنید.

طراح معتقد است که اندازه ۲۵ میلیمتر لزومی ندارد، به طور کاملاً دقیق ساخته شود. این اندازه مجاز است تا 0.2 میلیمتر کوچکتر و یا 0.1 میلیمتر بزرگتر ساخته شود، بدون آن که مشکلی در کاربرد آن به وجود آید. اندازه قطعه ساخته شده، نمیتواند کوچکتر از 24.8 میلیمتر و یا بزرگتر از 25.1 میلیمتر باشد.



تولرانس های اندازه

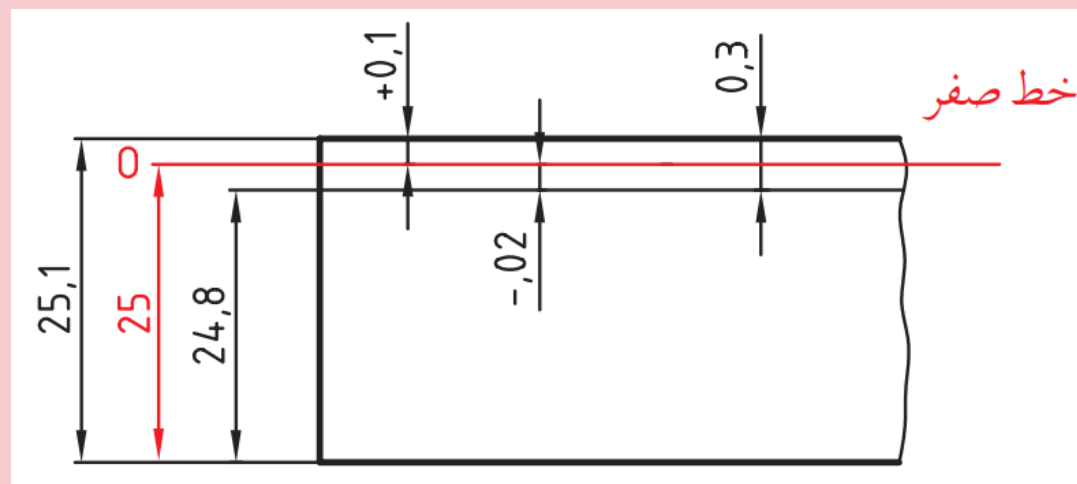
با کمی دقت به اندازه های شکل زیر متوجه خواهید شد که بین اندازه بزرگتر و اندازه کوچکتر، به میزان $0/3$ میلیمتر اختلاف وجود دارد. این اختلاف اندازه را در اصطلاح تولرانس گویند.

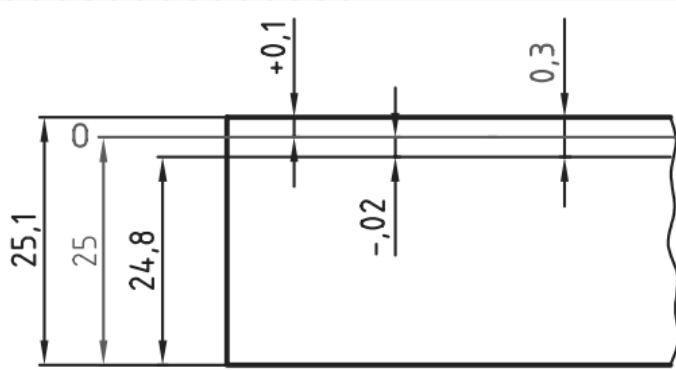


$$25/1 - 24/8 = 0/3 \text{ mm}$$

تولرانس = اندازه بزرگتر - اندازه کوچکتر

چنانچه بخواهیم اندازه های $25/1 - 25 - 24/8$ را در یک نقشه معرفی کنیم، شکل ترسیمی به صورت زیر نشان داده میشود.





اندازه نامی B.S= 25

بزرگ‌ترین اندازه مجاز max= 25.1

کوچک‌ترین اندازه مجاز min=24.8

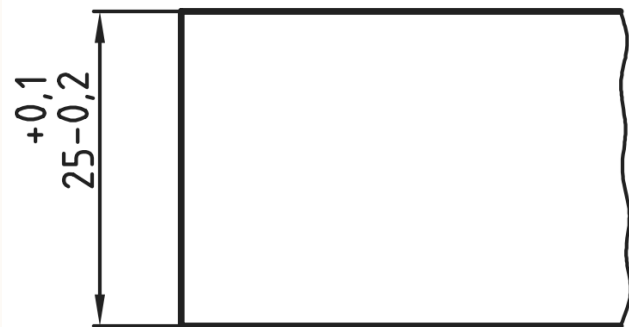
حد بالایی es = + 0.1

حد پایینی ei = - 0.2

مقدار تولرانس $T = \max - \min = 25.1 - 24.8 = 0.3$

یا

$T = es - ei = 0.1 - (-0.2) = 0.1 + 0.2 = 0.3$



• تولرانس (T): اختلاف اندازه مجاز یا مقدار خطای مجاز.

تولرانس = اندازه بزرگ‌تر - اندازه کوچک‌تر

• اندازه نامی (B.S یا N): اندازه‌ای است که روی نقشه نوشته می‌شود (اندازه قبل از ساخت).

در مثال فوق اندازه ۲۵ میلی‌متر را اندازه نامی گویند.

• بزرگ‌ترین اندازه (MAX/max): حداکثر اندازه مجاز قطعه.

• کوچک‌ترین اندازه (MIN/min): حداقل اندازه مجاز قطعه.

❖ حد بالایی (انحراف فوقانی): اختلاف میان اندازه نامی و بزرگ‌ترین اندازه.

• برای سوراخ: $ES = MAX - B.S$

• برای میله: $es = \max - B.S$

❖ حد پایینی (انحراف پایینی): اختلاف میان اندازه نامی و کوچک‌ترین اندازه.

• برای سوراخ: $EI = MIN - B.S$

• برای میله: $ei = \min - B.S$

❖ اندازه حقیقی: اندازه قطعه ساخته شده (باید بین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه مجاز باشد).

❖ خط صفر (خط مبنا): خط فرضی منطبق بر اندازه نامی.

کیفیت تولرانس (اعداد IT)

استانداردهای ISO برای ایجاد نظم، مقدارهای تولرانس را در ۲۰ مرحله (با نماد IT) مشخص کرده‌اند.

دسته‌بندی دقت:

• IT0 تا IT5: کارهای بسیار دقیق (ابزارهای اندازه‌گیری).

• IT6 تا IT11: ماشین‌سازی دقیق و عمومی.

• IT12 تا IT18: کارهای با دقت کمتر و صنایع سنگین.

نکته: هرچه عدد IT کوچک‌تر باشد، مقدار تولرانس کمتر و دقت بیشتر است.

دقت کم <..... اعداد تولرانس (IT)> دقت بیشتر

01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

10	11	12	13	14	15	16	17	18
----	----	----	----	----	----	----	----	----

mm	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	میکرون متر m													میلی متر mm						
≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	4	6	1	1,4
> 3 تا 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
> 6 تا 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,3
> 10 تا 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
> 18 تا 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
> 30 تا 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
> 50 تا 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
> 80 تا 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
> 120 تا 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
> 180 تا 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
> 250 تا 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
> 315 تا 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
> 400 تا 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
> 500 تا 630	4,5	6	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
> 630 تا 800	5	7	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
> 800 تا 1000	5,5	8	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
> 1000 تا 1250	6,5	9	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
> 1250 تا 1600	8	11	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
> 1600 تا 2000	9	13	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
> 2000 تا 2500	11	15	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
> 2500 تا 3150	13	18	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,5	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

مثال ۱:

مقدار تolerانس، برای میله‌ای به قطر ۴۰ میلی‌متر با کیفیت IT۸ را از جدول استخراج کنید.

حل:

در ستون سمت چپ جدول، اندازه گروه‌ها (طول‌ها یا قطر‌ها) نوشته شده است.

عدد ۴۰ بین اعداد ۳۰ و ۵۰ قرار دارد.

از این ستون یک خط افقی رسم می‌کنیم تا ستون عمودی IT۸ را قطع کند.

عددی که در این محل قرار دارد برابر است با:

$39 \text{ m}\mu$

بنابراین:

تولرانس میله با قطر ۴۰ و کیفیت IT۸ برابر $39 \text{ m}\mu$ است.

مثال ۲:

مقدار تolerانس برای میله‌ای به قطر ۳۰ میلی‌متر با کیفیت IT۸ را از جدول استخراج کنید.

حل:

در ستون اندازه گروه‌ها، عدد ۳۰ در دو ستون افقی قرار دارد:

۱. ستون ۳۰-۱۸

۲. ستون ۵۰-۳۰

برای استخراج تolerانس قطر ۳۰ باید از ستون ۱۸ تا ۳۰ انتخاب شود.

از ستون ۳۰-۱۸ خطی رسم می‌کنیم تا ستون IT۸ را قطع کند.

عدد حاصل برابر است با:

$33 \text{ m}\mu$

بنابراین:

تولرانس میله با قطر ۳۰ و کیفیت IT۸ برابر $33 \text{ m}\mu$ است.

mm	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	میکرون متر m										میلی متر mm									
≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	4	6	1	1,4
> 3 تا 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
> 6 تا 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,3
> 10 تا 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
> 18 تا 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
> 30 تا 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
> 50 تا 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
> 80 تا 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
> 120 تا 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
> 180 تا 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
> 250 تا 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
> 315 تا 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
> 400 تا 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
> 500 تا 630	4,5	6	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
> 630 تا 800	5	7	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
> 800 تا 1000	5,5	8	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
> 1000 تا 1250	6,5	9	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
> 1250 تا 1600	8	11	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
> 1600 تا 2000	9	13	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
> 2000 تا 2500	11	15	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
> 2500 تا 3150	13	18	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,5	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

مثال ۱:

mm	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	میکرون متر m										میلی متر mm									
≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	4	6	1	1,4
> 3 تا 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
> 6 تا 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,3
> 10 تا 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
> 18 تا 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
> 30 تا 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	37	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
> 50 تا 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
> 80 تا 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
> 120 تا 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
> 180 تا 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
> 250 تا 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
> 315 تا 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
> 400 تا 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
> 500 تا 630	4,5	6	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
> 630 تا 800	5	7	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
> 800 تا 1000	5,5	8	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
> 1000 تا 1250	6,5	9	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
> 1250 تا 1600	8	11	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
> 1600 تا 2000	9	13	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
> 2000 تا 2500	11	15	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
> 2500 تا 3150	13	18	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,5	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

مثال ۲:

موقعیت تولرانس

تعریف موقعیت تولرانس:

- چگونگی قرارگیری حد بالایی و حد پایینی نسبت به خط صفر (خط مبنا یا خط اندازه نامی) را موقعیت تولرانس می گویند.
- اگر حد بالا و پایین هر دو در یک طرف خط صفر باشند یا در دو طرف آن، نوع موقعیت تولرانس تغییر می کند.
 - این موقعیت در استانداردهای انطباق (Fits) اهمیت زیادی دارد.

تعریف میدان تولرانس:

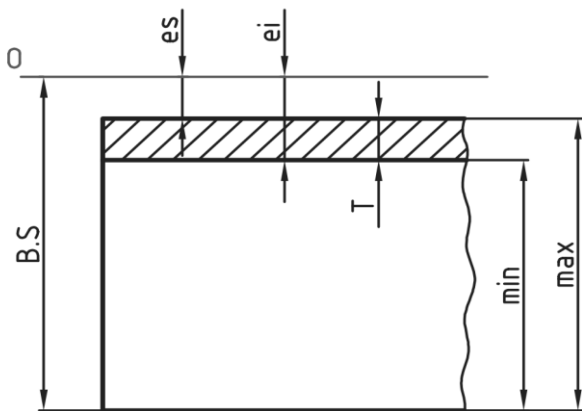
به مجموعه کیفیت تولرانس (مثلاً IT7, IT8, ...) و موقعیت آن نسبت به خط صفر، میدان تولرانس گفته می شود.

نکته مهم:

برای تعیین موقعیت میدان تولرانس نسبت به خط صفر در انطباقات ISO، از حروف انگلیسی استفاده می شود (مثلاً H, h, g, F و ...).

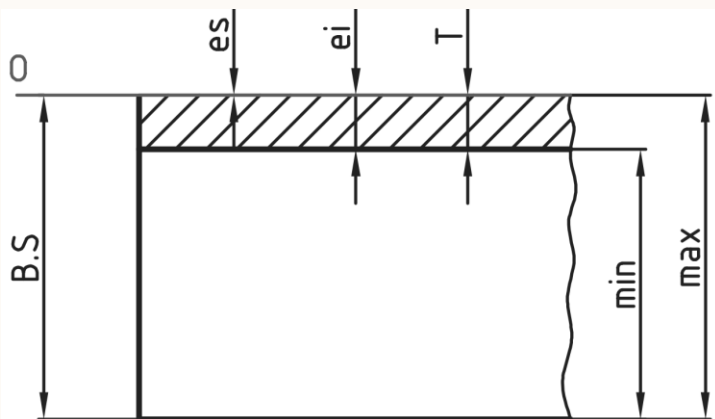
در مبحث انطباقات (Fits) این مورد به طور مفصل توضیح داده خواهد شد.

استاندارد ISO، میدان های تولرانس را از نظر موقعیت، در پنج حالت اصلی دسته بندی و معرفی کرده است.



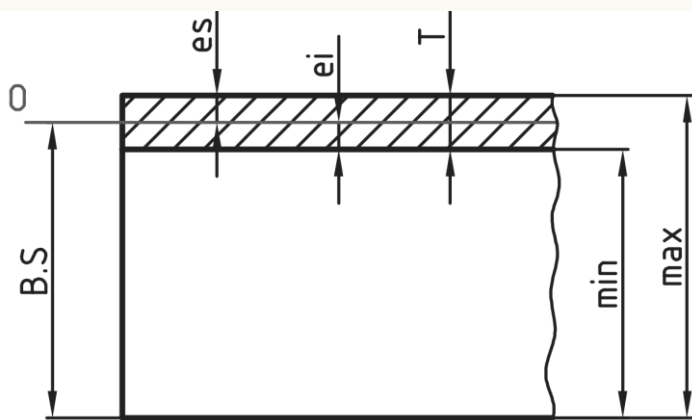
حالت ۱:

- بزرگ‌ترین اندازه مجاز از اندازه نامی کوچک‌تر است.
- هر دو حد بالایی و حد پایینی نسبت به خط صفر منفی هستند.



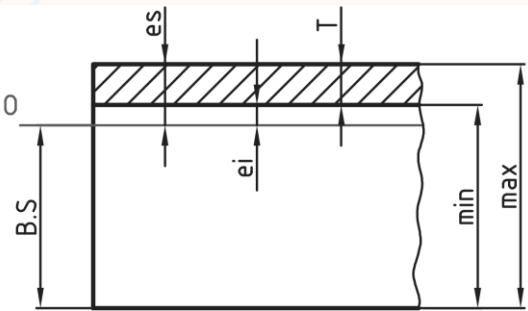
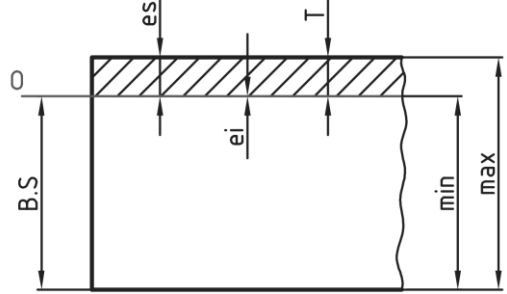
حالت ۲:

- بزرگ‌ترین اندازه مجاز با اندازه نامی برابر است.
- حد بالایی = ۰ (روی خط صفر)
- حد پایینی منفی است.



حالت ۳:

- اندازه نامی بین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه مجاز قرار می‌گیرد.
- حد بالایی مثبت و حد پایینی منفی است (میدان تولرانس دوطرفه حول خط صفر).



حالت ۴:

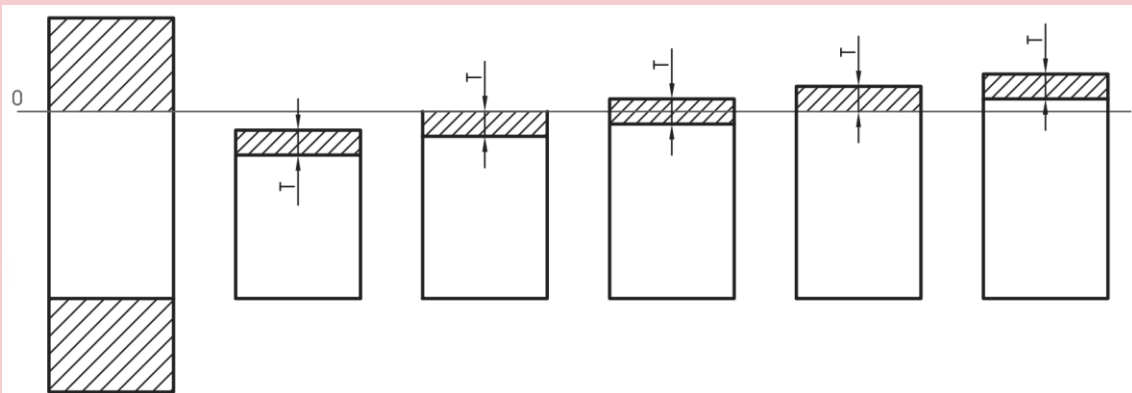
- کوچک ترین اندازه مجاز با اندازه نامی برابر است.
- حد پایینی = ۰ (روی خط صفر)
- حد بالایی مثبت است.

حالت ۵:

- کوچک ترین اندازه مجاز از اندازه نامی بزرگ تر است.
- در این حالت، حد بالایی و حد پایینی هر دو نسبت به خط صفر مثبت هستند.

در شکل زیر :

- میدان های پنج گانه تolerانس میله در مقابل سوراخی با اندازه نامی نشان داده شده است.
- نحوه قرار گرفتن میله در داخل سوراخ را، در هر یک از این پنج حالت، می توان با هم مقایسه کرد:



- در بعضی حالت ها، لقی (Clearance) وجود دارد.
- در برخی، امکان مداخل (Interference) ایجاد می شود.
- در برخی حالت ها، میله تقریباً هم اندازه سوراخ است (فیت انتقالی).

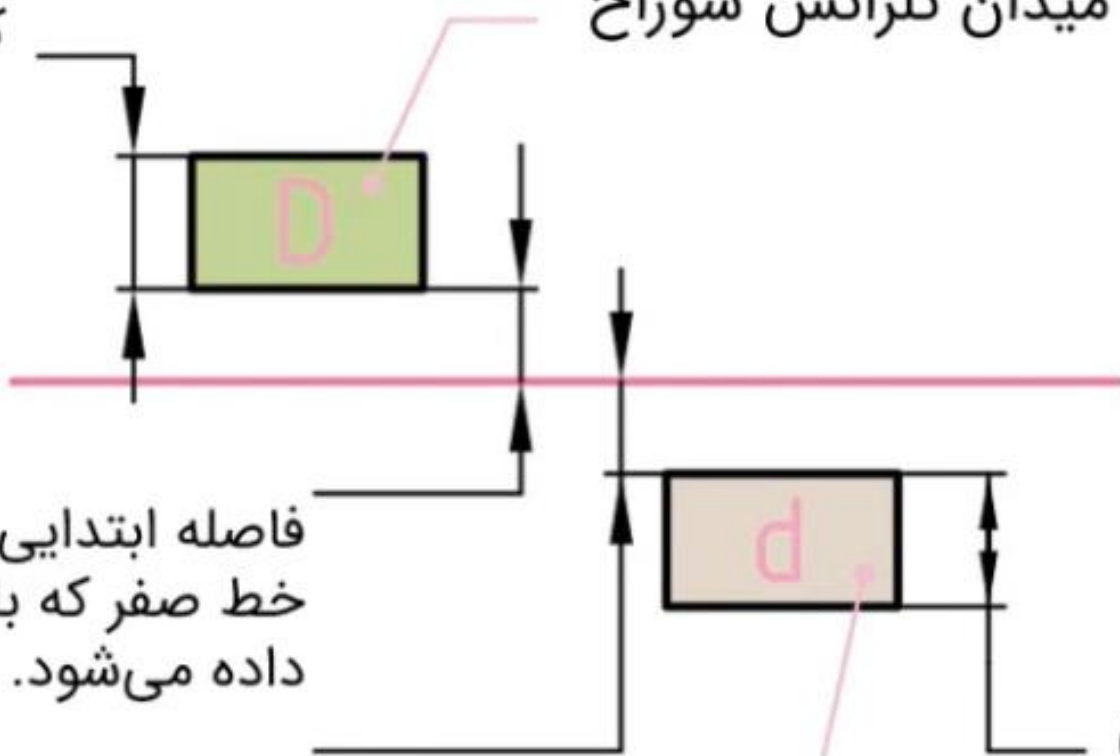
کیفیت تفرانس (IT) میدان تفرانس سوراخ

خط صفر 0

فاصله ابتدایی میدان تفرانس تا خط صفر که با حروف لاتین نشان داده می‌شود. (میدان تفرانس)

میدان تفرانس میله

کیفیت تفرانس (IT)



موقعیت میدان تفرانس برای میله ها

- در سیستم ISO برای میله ها ۲۸ موقعیت تفرانس نسبت به خط صفر در نظر گرفته شده است (از a تا zc)
- استفاده از حروف کوچک لاتین برای میله ها
- a~g: قطر میله کوچکتر از اندازه اسمی است و پایین تر از خط صفر قرار دارد.
- h: بزرگترین اندازه میله با اندازه اسمی برابر است. (منطبق بر خط صفر است)
- h~zc: اندازه میله بزرگتر شده و بالای خط صفر قرار می گیرد.

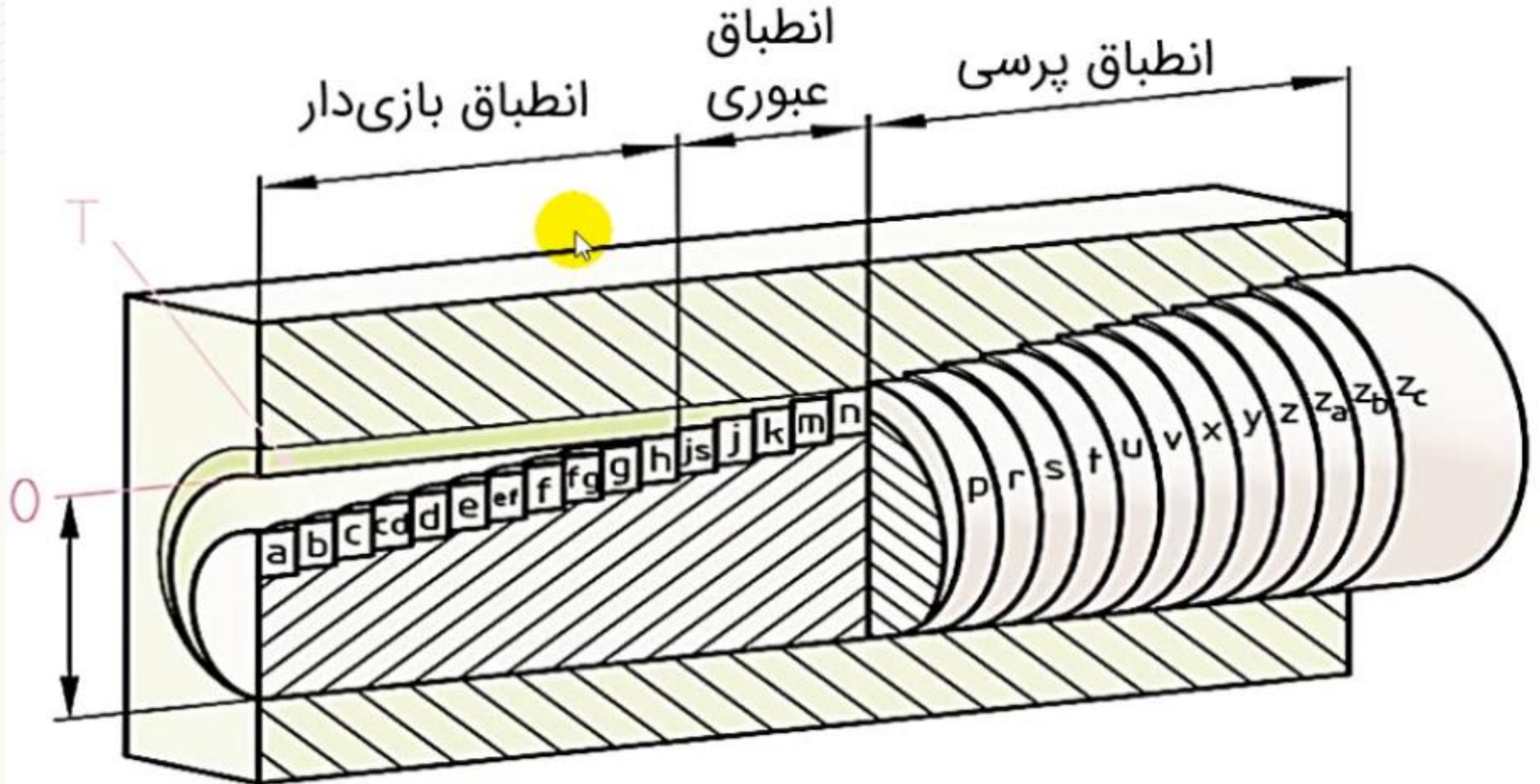
ثبوت سوراخ

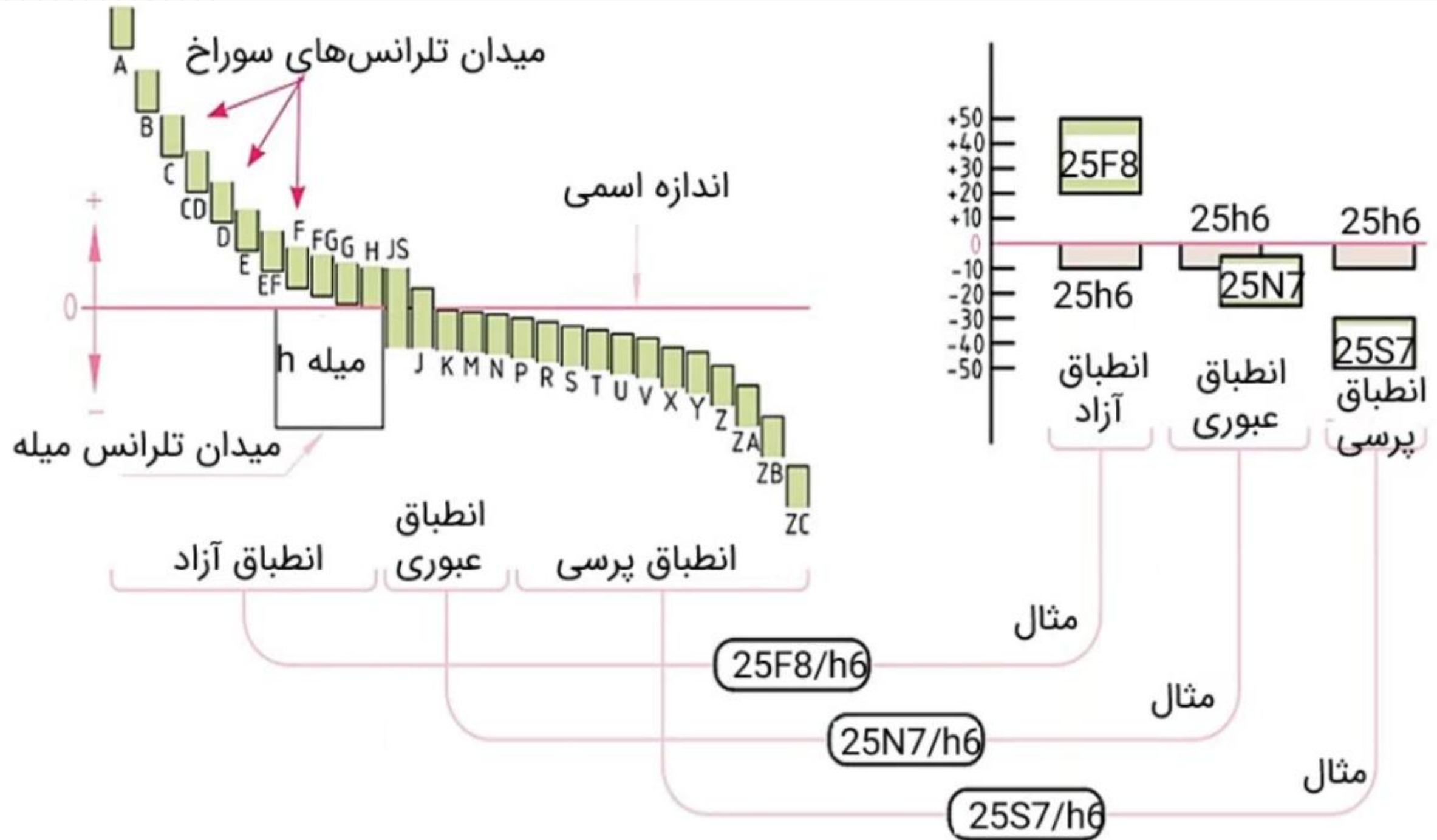
a ~ g: انطباق آزاد / p ~ js: انطباق عبوری / zc ~ r: برای ایجاد انطباق پرسی

- در سیستم ISO برای سوراخ ها ۲۸ موقعیت تفرانس نسبت به خط صفر در نظر گرفته شده است.

آزاد	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	
مبنا	h	مرحله h مبنا									
عبوری	js	j	k	m	n	p					
پرسی	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc

موقعیت میدان تولرانس برای میله ها

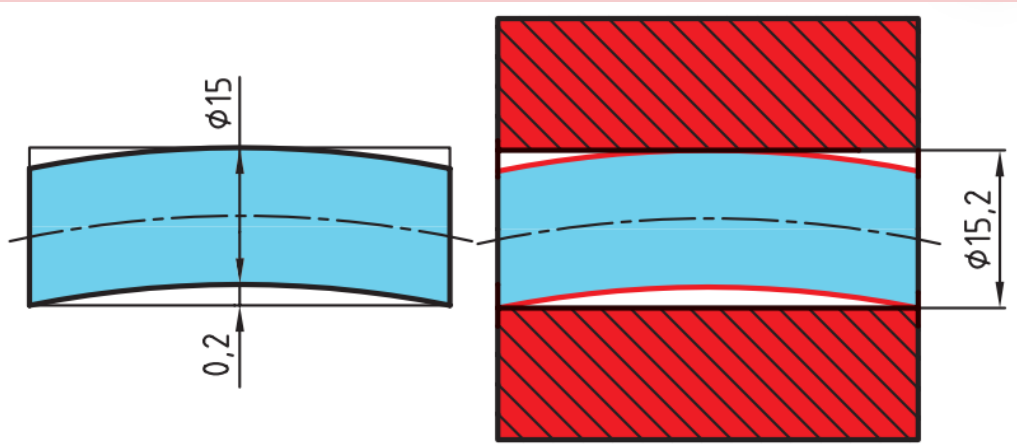




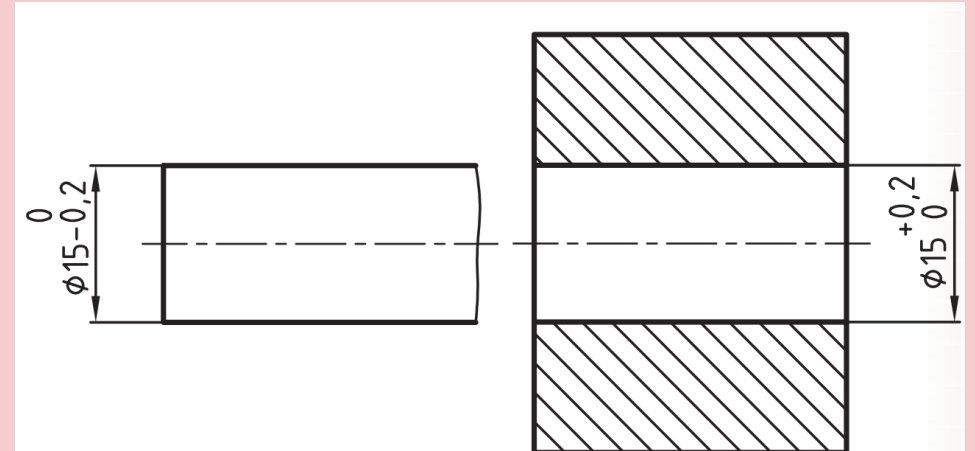
تولرانس‌های هندسی

همان طور که در مبحث تولرانس‌های اندازه گفته شد، ساخت همه قطعات صنعتی با دقت بالا غیرضروری است و مقرون به صرفه نیست. به همین جهت اندازه‌ها را با در نظر گرفتن تولرانس‌های معینی، با توجه به نوع کاربرد و متناسب با نیازهای آن می‌سازند. به عبارتی تولرانس‌های اندازه، معرف اختلاف اندازه‌های مجاز برای ساخت یک قطعه است. در بسیاری از موارد در کارگاه‌های مونتاژ با قطعاتی برخورد می‌شود که از لحاظ ابعادی کاملاً سالم و تأیید شده هستند، اما تحت هیچ یک از شرایط مجاز مونتاژ نمی‌شوند. دلیل چنین اتفاقی را می‌توان انحرافات شکلی غیرمجاز آن‌ها دانست، بنابراین باید انحرافات شکلی قطعات را محدود کرد تا در موقع مونتاژ به آن‌ها آسیبی نرسد. به طور کلی تولرانس‌های هندسی برای محدود سازی چنین قطعاتی به وجود آمده‌اند و به کار می‌روند.

- که انحراف از خمیدگی مجاز در یک میله (شفت) را نشان می‌دهد. این انحراف از خمیدگی مجاز، "محدود تلرانس" نامیده می‌شود.



- تصویری از یک پین و سوراخ مربوط به آن که پین باید در داخل سوراخ قرار گیرد.



تعریف تolerانس‌های هندسی:

- انحرافات مجاز، یک جزء از قطعه را از فرم ایده‌آل آن محدود می‌کند. به عبارت دیگر تolerانس هندسی انحراف مجاز یک شکل هندسی را از فرم ایده‌آل آن بیان می‌کند، به گونه‌ای که قطعه کار بتواند کار خود را به درستی انجام دهد.
- جزء تolerانس‌گذاری: جزئی از قطعه که برای آن تolerانس هندسی اعمال می‌شود.
 - محدوده تolerانس: انحرافات مجاز یک جزء تolerانس‌گذاری شده.

روش‌های کنترل تolerانس‌های هندسی و دسته‌بندی آن‌ها

تولرانس‌های هندسی به سه روش مشخص کنترل می‌شوند:

۱. روش **(SFR) zI s erutaeF fo sseldrageR**: در این روش، مقدار خطای هندسی بدون در نظر گرفتن ابعاد قطعه کنترل می‌شود.
 ۲. روش **(CMM) noitidnoC lairetaM mumixaM**: این روش اصل «حداکثر شرایط ماده» نامیده می‌شود. کنترل با توجه به ابعاد قطعه و به وسیله فرمان صورت می‌گیرد. علامت **M** در نقشه‌ها معرف این اصل است.
 ۳. روش **(CML) noitidnoC lairetaM tsaEL**: این روش اصل «حداقل شرایط ماده» نامیده می‌شود. ابعاد قطعه تحت تأثیر کنترل قرار می‌گیرند. عمل کنترل به وسیله فرمان انجام می‌شود. علامت **L** در نقشه‌ها معرف این اصل است.
- نکته:** نحوه کنترل تolerانس‌های هندسی قطعات و مشخصات مربوط به آن‌ها از حدود این کتاب خارج است، اما انتظار می‌رود فراگیران با این علائم در نقشه به خوبی آشنا باشند و کاربرد آن را بشناسند.

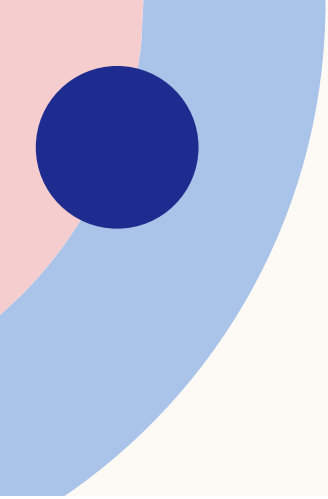
ویژگی تفرانس‌های هندسی:

تفرانس‌های هندسی به دو بخش عمده تقسیم می‌شوند:

- **تفرانس‌های غیر وابسته:** تفرانس‌هایی که جزء تفرانس‌گذاری آن‌ها به جزء دیگری بستگی ندارد و مستقل است.

- **تفرانس‌های وابسته:** تفرانس‌هایی که جزء تفرانس‌گذاری آن‌ها به جزء دیگری از آن قطعه وابسته باشد. به جزء وابسته، «مبنا» گفته می‌شود. این تفرانس‌ها خود به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ✓ تفرانس‌های جهت
- ✓ تفرانس‌های موقعیت
- ✓ تفرانس‌های لنگی



توضیحات		علامت
روش نشان دادن جزء	مستقیم	
تولرانس گذاری شده	به کمک حرف	
روش نشان دادن مبنا	مستقیم	
	به کمک حرف	
هدف مبنا		
اندازه‌ی دقیق تئوری		
محدوده‌ی تولرانسی تصویر شده		
حالت حداکثر ماده		

مشخصات تولرانس		ویژگی تولرانس	علامت
اجزای غیر وابسته	تولرانس فرم	مستقیم بودن	—
		تختی	
		دایره‌ای بودن	○
		استوانه‌ای بودن	
		شکل هر نوع خط	
		شکل هر نوع سطح	
اجزای وابسته	تولرانس‌های جهت	توازی	//
		عمود بودن	⊥
		زاویه‌دار بودن	∠
	تولرانس‌های موقعیت	موقعیت	⊕
		هم محوری	◎
		قرینه بودن	≡
	تولرانس‌های دویدگی	لنگی شعاعی	
		لنگی کلی	

پیش از شروع تolerانس گذاری در یک نقشه صنعتی، نخست باید با علائم، نشانه‌ها و چگونگی تolerانس گذاری آشنا شوید.

کادر تolerانس (Tolerance Frame):

اندازه و مشخصات تolerانس در داخل خانه‌های مستطیل شکلی که از دو، سه و گاهی از چند بخش تشکیل می‌شود، قرار می‌گیرند. ترتیب قرار گرفتن عناصر در داخل خانه‌ها، از چپ به راست به شرح زیر است:

۱. علامت تolerانس: نماد هندسی مربوطه (مانند خط صاف، دایره، موازی و ...).



۲. مقدار تolerانس: بر حسب میلی‌متر.

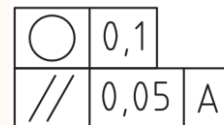
۳. حرف مبنا (Datum Letter): که با حروف بزرگ انگلیسی نشان داده می‌شود (مانند A, B, C و ...).

- ابعاد کادر: عرض مستطیل ۷ میلی‌متر در نظر گرفته شود.
- ضخامت خطوط: اگر ضخامت خط اصلی ۰,۵ میلی‌متر باشد، ضخامت خطوط کادر، علائم، حروف و اعداد برابر با ۰,۲۵ میلی‌متر (ضخامت خط نازک) خواهد بود.



• توضیحات اضافی: در صورت نیاز به توضیحات بیشتر، آن را در بالای کادر تolerانس می‌نویسند.

• تolerانس‌های متعدد: اگر بیش از یک مشخصه یا علامت تolerانس برای یک جزء تعیین شود، کادرهای تolerانس موردنظر زیر یکدیگر قرار

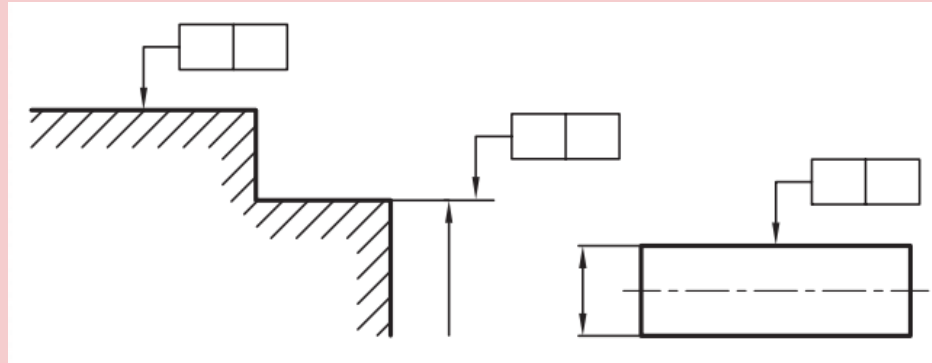


می‌گیرند.

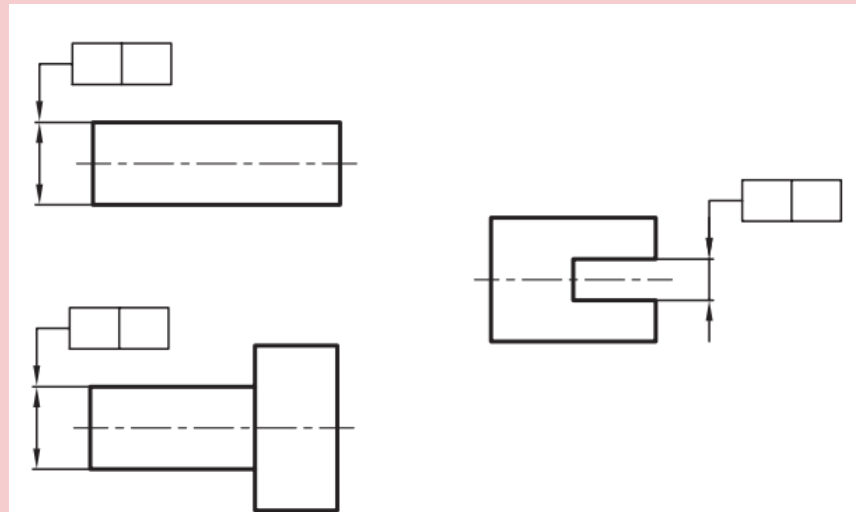
اجزای تیرانس گذاری شده:

کادر تیرانس به جزئی از قطعه که باید تیرانس گذاری شود، توسط یک خط راهنما که به فلش تیرانس گذاری ختم می شود، متصل می گردد. این اتصال به دو روش انجام می شود:

- **روش ۱:** زمانی که فلش تیرانس گذاری مستقیماً به جزء وصل شود یا در امتداد خط رابط اندازه قرار گیرد.



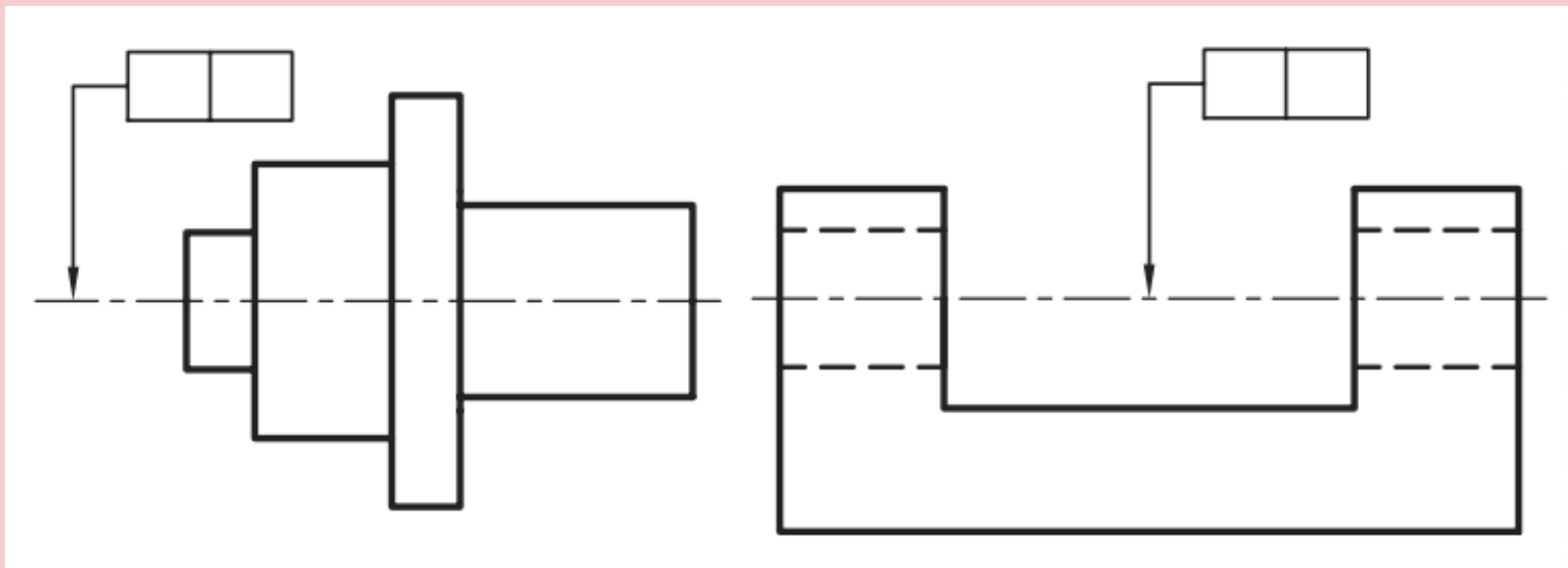
- **روش ۲:** زمانی که فلش تیرانس گذاری به عنوان امتدادی از یک خط اندازه قرار داده می شود، به طول آن جزء تعلق می گیرد.



• روش ۳: وقتی فلش تلرانس گذاری روی خط محور قرار بگیرد:

▪ مقدار تلرانس به کل طول قطعه تعلق می گیرد.

▪ یعنی تمام بخش های مشترک آن محور تحت همان محدودیت تلرانس قرار می گیرند.



مبنا (DATUM)

در بسیاری از مواقع لازم است که یک قسمت از قطعه نسبت به قسمت دیگری تolerانس گذاری شود. در این حالت: آن قسمت مرجع را مبنا (Datum) می نامند.

نمایش مبنا در نقشه های فنی به صورت زیر مشخص می شود: با حروف بزرگ انگلیسی مانند: A, B, C, ... این حروف در کادر مبنا یا کادر تolerانس نوشته می شوند.

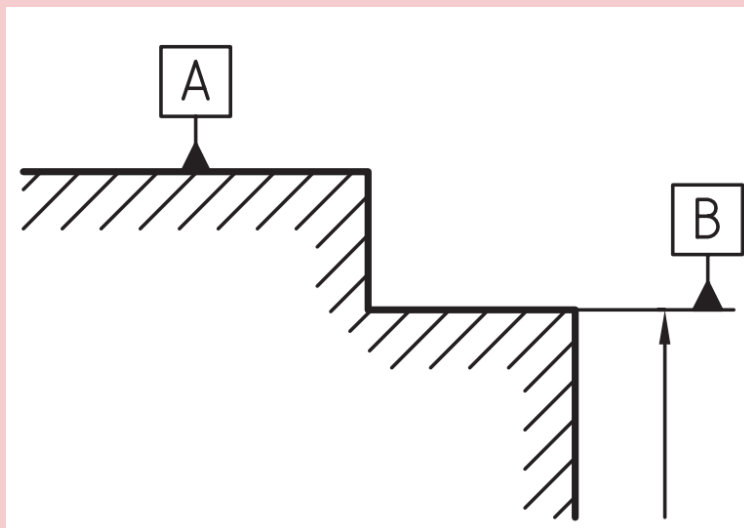
اتصال مبنا به قطعه

کادر مبنا با یک مثلث توپر یا توخالی به سطح یا خط مبنا وصل می شود.

روش های قرارگیری مثلث مبنا:

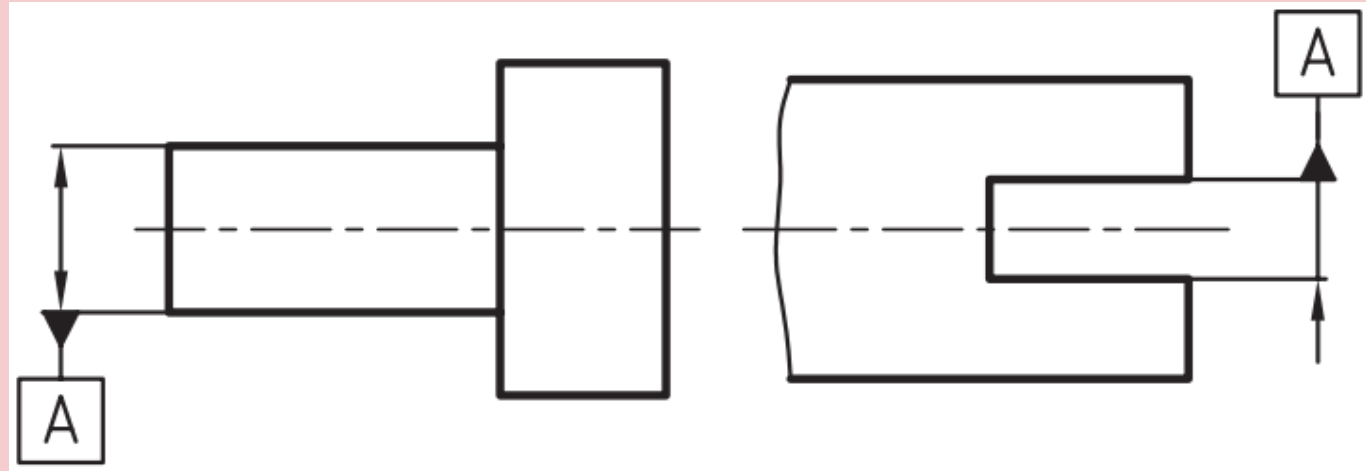
1 اگر مثلث روی یک خط یا سطح قرار بگیرد

→ همان خط یا سطح، مبنا محسوب می شود.



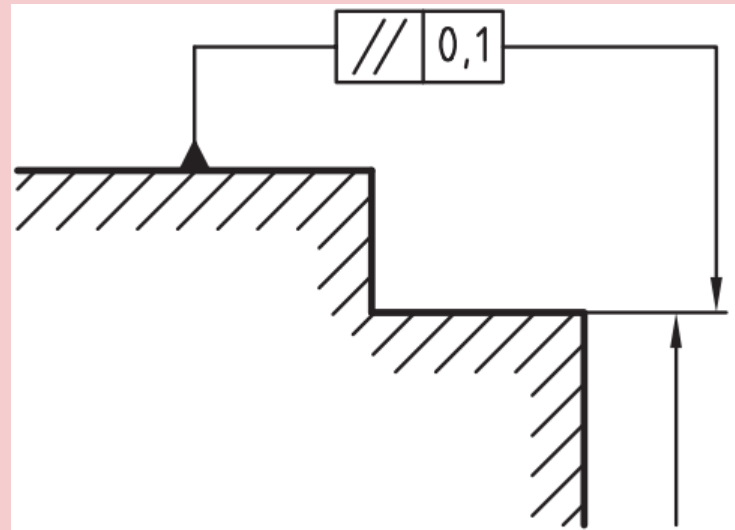
2 اگر مثلث در امتداد خط اندازه قرار بگیرد

→ مبنا به تمام طول آن جزء تعلق می گیرد.



3 اگر کادر تلرانس مستقیماً با خط راهنما به مبنا وصل شود

→ در این حالت حرف مبنا حذف می شود.



اصل حداکثر ماده (Maximum Material Condition)

گاهی در نقشه‌ها از اصل ماکزیمم شرایط ماده (MMC) استفاده می‌شود. در این حالت: پس از مقدار تolerانس یا بعد از حرف مبنا علامت **M** قرار داده می‌شود.

معنی **MMC** حالتی است که در آن قطعه بیشترین مقدار ماده را دارد.

- برای محور → (Shaft) بزرگ‌ترین قطر
- برای سوراخ → (Hole) کوچک‌ترین قطر

حالت‌های کاربرد MMC

اصل ماکزیمم شرایط ماده ممکن است به:

\oplus	$\varnothing 0,04$	(M)	A
----------	--------------------	-------	---

1 جزء تolerانس گذاری شده تعلق داشته باشد.

\oplus	$\varnothing 0,04$	A	(M)
----------	--------------------	---	-------

2 جزء مبنا تعلق داشته باشد.

\oplus	$\varnothing 0,04$	(M)	A	(M)
----------	--------------------	-------	---	-------

3 هر دو جزء تعلق داشته باشد.

مستقیم بودن (STRAIGHTNESS)

این تolerانس برای محدود کردن انحراف قطعات از یک خط مستقیم استفاده می‌شود.

مستقیم بودن می‌تواند برای موارد زیر تعریف شود: یک خط، یک سطح، یک استوانه

گاهی ممکن است قطعه: قطر یکنواخت داشته باشد اما در طول خود خمیدگی یا انحراف داشته باشد در این حالت تolerانس

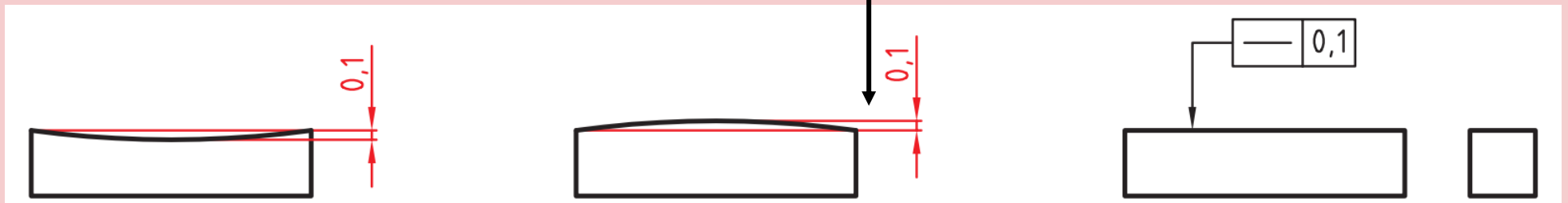
مستقیم بودن تعیین می‌شود.

محدوده تolerانس معمولاً به صورت: دو خط موازی با فاصله مشخص از هم تعریف می‌شود.

مثال:

اگر فاصله دو خط موازی ۰٫۱ میلی‌متر باشد

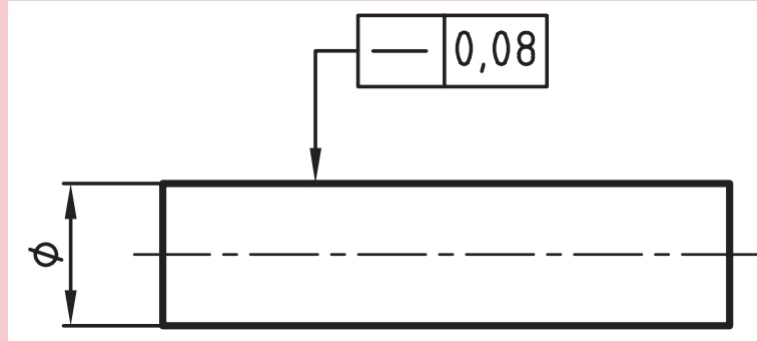
تمام خط واقعی قطعه باید داخل این محدوده قرار بگیرد.



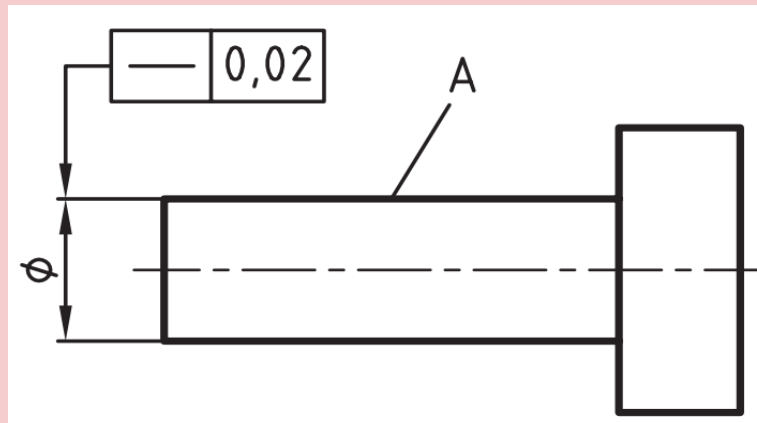
محدوده تolerانس مستقیم بودن

مثالهای کاربردی

- حداکثر انحراف هر خط طولی از مستقیم بودن $0,08$ میلی متر است.



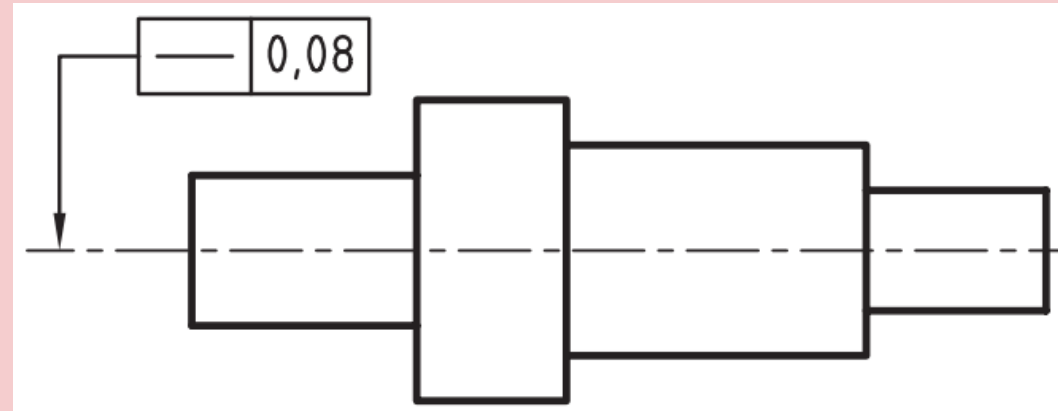
- برای یک استوانه: انحراف استوانه **A** نباید از $0,02$ میلی متر بیشتر شود.



- تolerانس مستقیم بودن محور

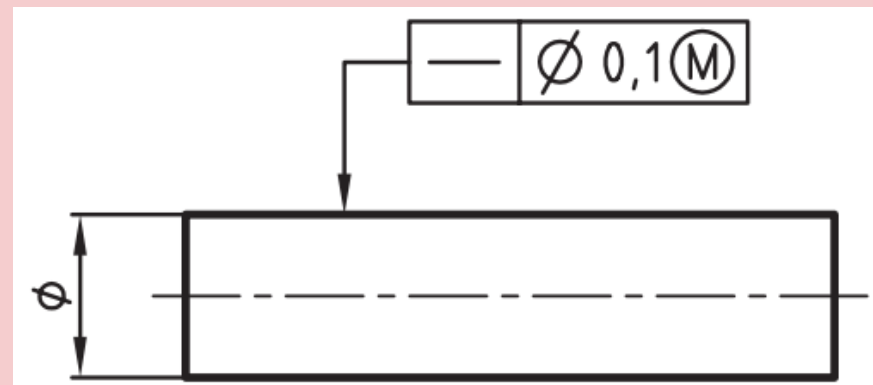
تولرانس مستقیم بودن $0,08$ میلی متر تعیین شده است.

یعنی: حداکثر خطای هندسی محور قطعه نسبت به محور ایده آل نباید بیشتر از $0,08$ میلی متر باشد.



- استفاده از MMC در مستقیم بودن

در بعضی موارد تولرانس مستقیم بودن با در نظر گرفتن اصل ماکزیمم شرایط ماده (MMC) تعیین می شود.



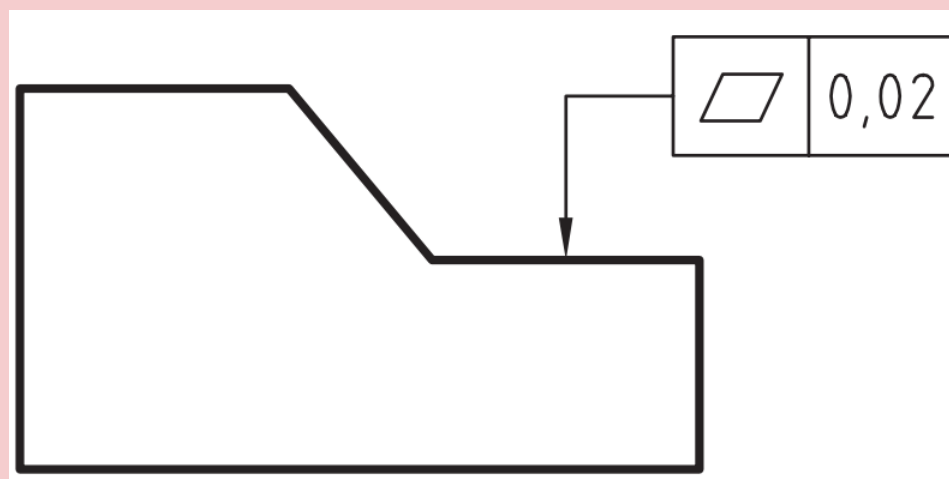
تختی (Flatness)

تختی یکی از مهم‌ترین تolerانس‌های هندسی است. این تolerانس مشخص می‌کند که:

یک سطح تا چه حد می‌تواند از صفحه کاملاً تخت منحرف شود.

محدوده تolerانس به صورت: دو صفحه موازی تعریف می‌شود.

مثال: اگر فاصله صفحات $0,02$ میلی‌متر باشد:



نکته مهم

نباید تختی با مستقیم بودن اشتباه گرفته شود.

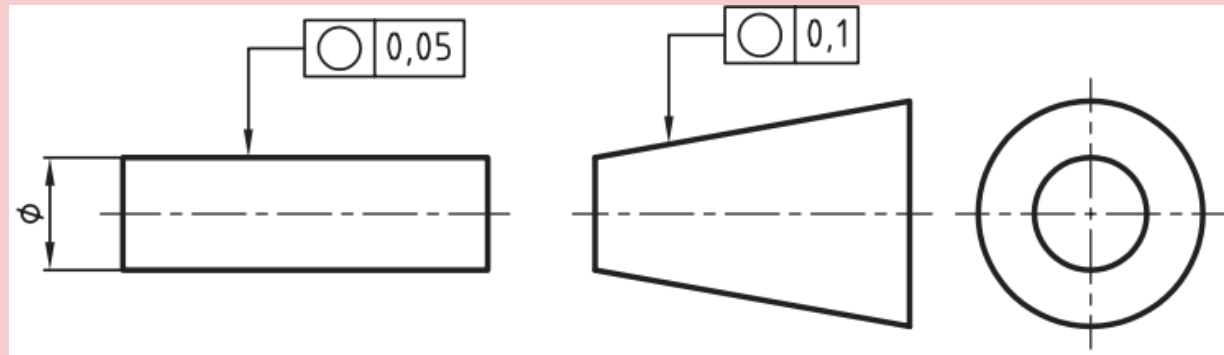
✓ مستقیم بودن → مربوط به خط

✓ تختی → مربوط به سطح

گردی (Circularity)

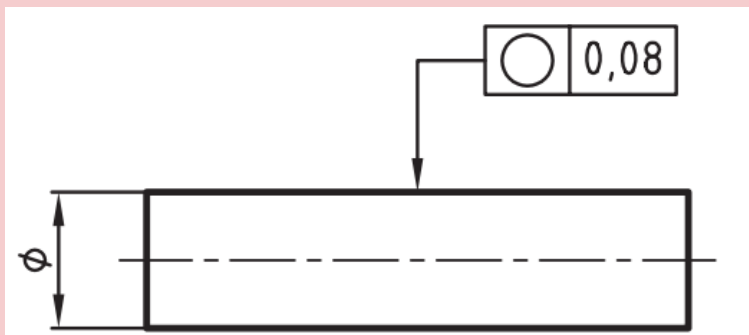
یعنی در عمل هیچ سوراخ یا محوری کاملاً گرد ساخته نمی‌شود و ممکن است اشکالاتی مثل دوپهن بودن، بیضی شدن یا ناهمواری ایجاد شود، بنابراین برای کنترل این خطاها از تolerانس گردی استفاده می‌شود که برای قطعاتی با مقطع دایره‌ای مانند استوانه، مخروط، کره و محور به کار می‌رود.

گردی به صورت مقطعی تعریف می‌شود، یعنی در هر مقطع دایره‌ای شکل واقعی باید بین دو دایره هم‌مرکز قرار گیرد و انحراف گردی نیز باید کمتر از تolerانس ابعادی قطر باشد.



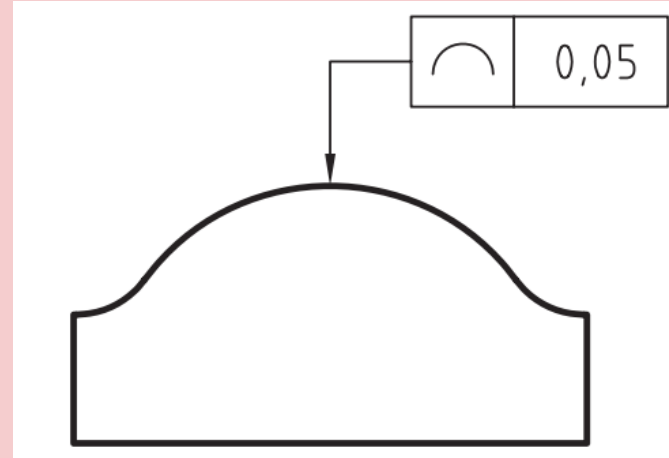
استوانه‌ای بودن (Cylindricity)

تولرانسی شبیه گردی است اما در حالی که گردی فقط در یک مقطع تعریف می‌شود، استوانه‌ای بودن در کل طول قطعه تعریف می‌شود و سطح قطعه باید بین دو استوانه هم‌محور قرار گیرد، مثلاً وقتی فاصله بین دو استوانه ۰,۰۸ میلی‌متر است.



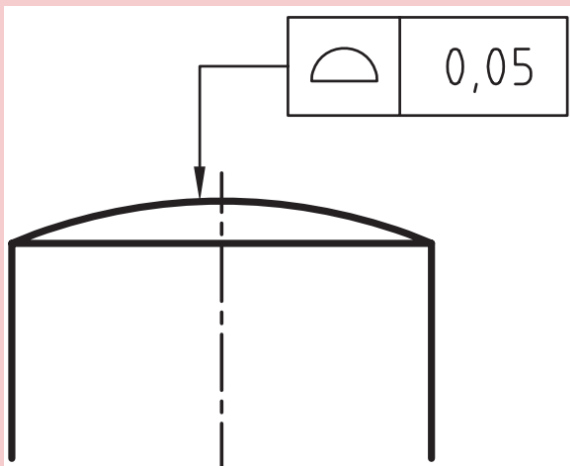
پروفیل خط (Profile of a Line)

تفرانسی است که برای قطعات دارای فرم منحنی یا پروفیل خاص به کار می‌رود، مانند لبه‌های منحنی، سطوح قالب‌ها و قطعات ایرودینامیکی.



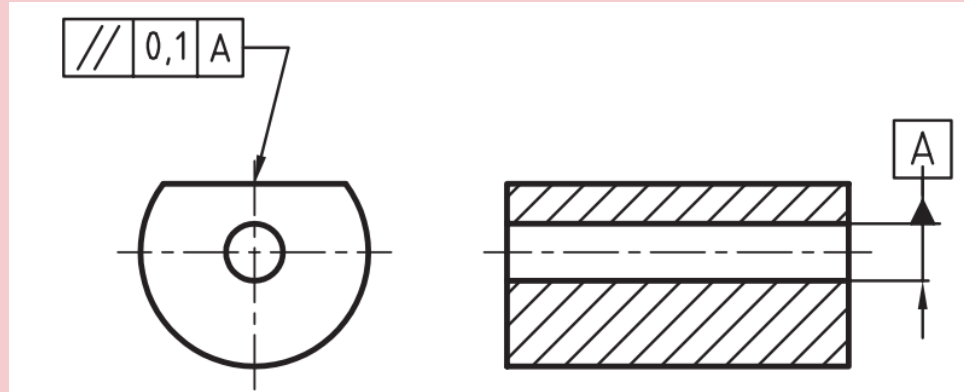
پروفیل سطح (Profile of a Surface)

تفرانسی است که برای سطوح فرم‌دار پیچیده به کار می‌رود، مانند سطح کره، سطوح قالب و قطعات با هندسه پیچیده.



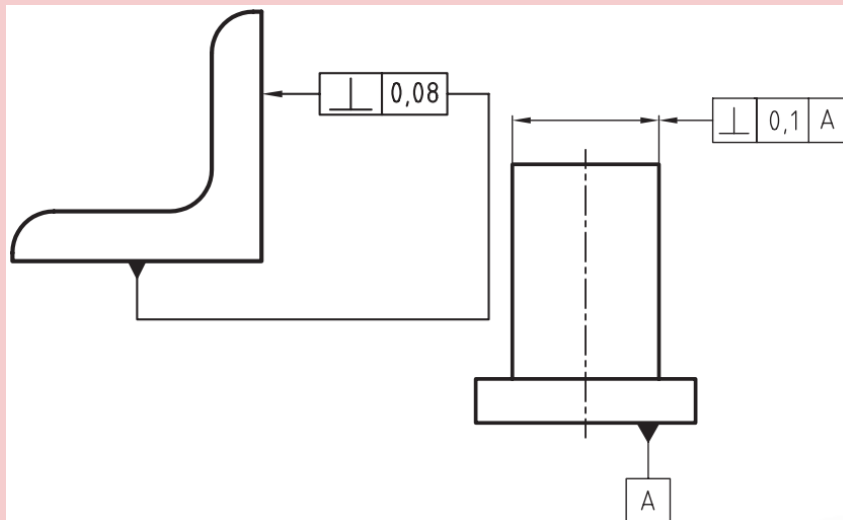
توازی (Parallelism)

برای تعیین موازی بودن یک سطح یا محور نسبت به مبنا استفاده می‌شود و در کاربردهایی مانند میز دستگاه فرز، ریل‌های حرکتی و سطوح راهنما به کار می‌رود، به طوری که سطح مورد نظر باید بین دو صفحه موازی قرار گیرد، مثلاً وقتی فاصله این صفحات ۰٫۱ میلی‌متر باشد.



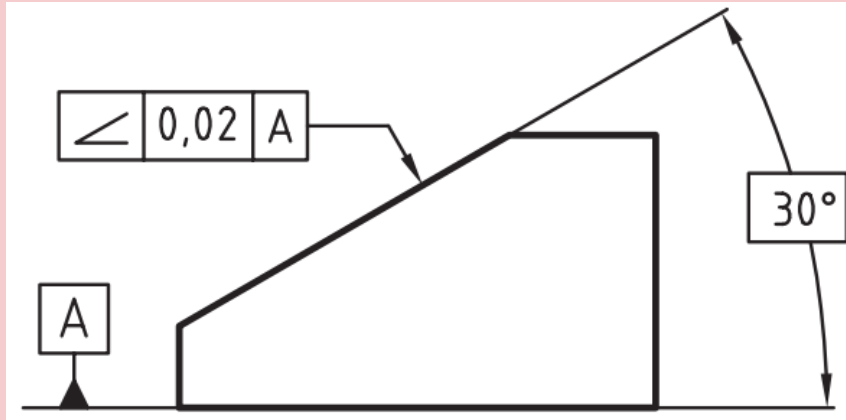
عمود بودن (Perpendicularity)

به معنی قرار گرفتن یک جزء در زاویه ۹۰ درجه نسبت به جزء دیگر است و کاربرد آن در صنعت بسیار زیاد است.



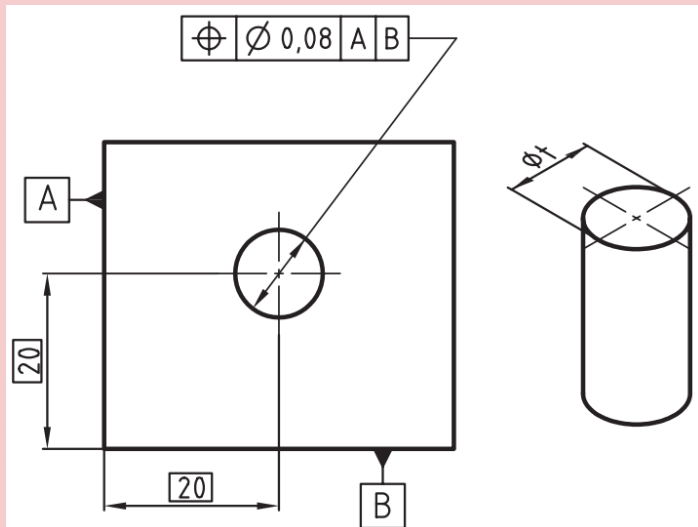
زاویه‌دار بودن (Angularity)

برای سطوح شیب‌دار یا زاویه‌دار در قطعات صنعتی به کار می‌رود، مثلاً زمانی که سطحی با زاویه ۳۰ درجه نسبت به سطح مبنا A تعریف شده است، و زاویه‌ای که در کادر قرار می‌گیرد اندازه دقیق تئوری (True Position) نام دارد که دارای تolerانس ابعادی صفر یا مقدار بسیار ناچیز است.

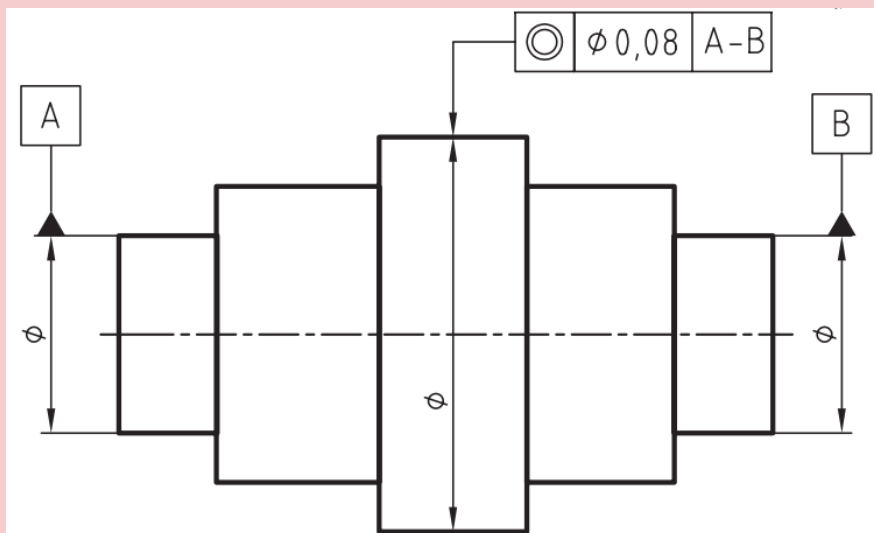


وضعیت (Position)

تولرانسی است که برای تعیین موقعیت دقیق یک ویژگی نسبت به مبنا استفاده می‌شود، مثلاً موقعیت محور یک سوراخ نسبت به لبه‌های قطعه، به طوری که محور سوراخ می‌تواند در محدوده‌ای به قطر ۰.۰۸ میلی‌متر قرار گیرد و این محدوده بر اساس فاصله‌های تئوری ۲۰ میلی‌متر از لبه‌های مبنا تعیین شده است.

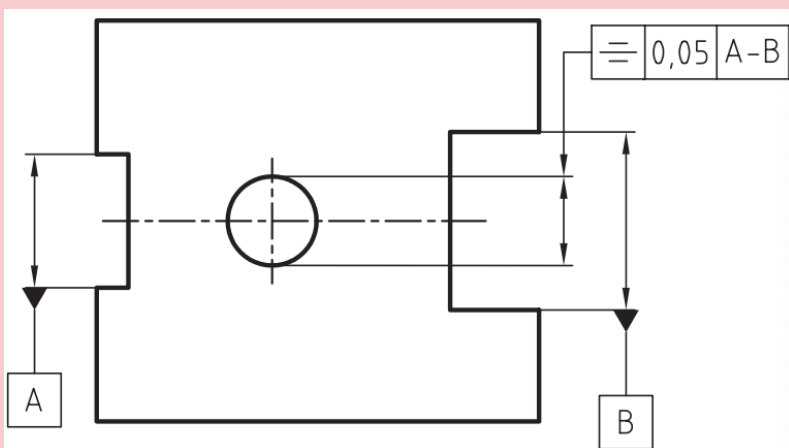


هم محوری (Concentricity)



تولرانی است برای کنترل دقیق موقعیت محور یک استوانه نسبت به محور مبنا، زمانی که چند استوانه باید محور مشترک داشته باشند، و محور واقعی باید داخل استوانه‌ای مجازی با قطر مشخص (مثلاً ۰٫۰۸ میلی‌متر) قرار گیرد که مرکز آن محور مبنا A است، یعنی محور واقعی حداکثر می‌تواند به اندازه شعاع ۰٫۰۴ میلی‌متر از محور ایده‌آل جابجا شود.

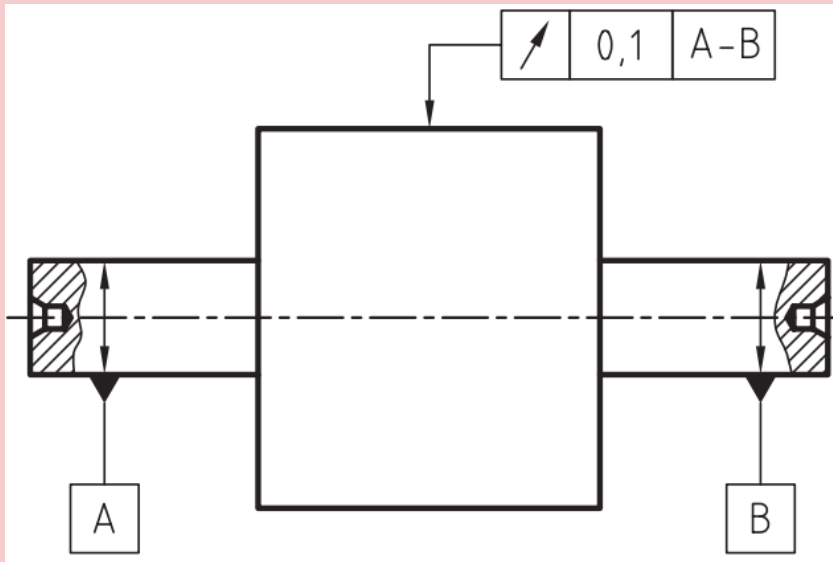
قرینه بودن یا تقارن (Symmetry)



تولرانی است که برای کنترل وضعیت قرارگیری دو جزء نسبت به یک صفحه مرکزی یا صفحه مبنا به کار می‌رود و معمولاً برای شیارها، زبانه‌ها و قطعات تخت استفاده می‌شود؛ محدوده تولرانس آن به صورت دو صفحه موازی و متقارن نسبت به صفحه مبنا تعریف می‌شود که فاصله بین آنها برابر مقدار تولرانس است و صفحه میانی واقعی قطعه باید بین این دو صفحه قرار گیرد، بنابراین در این مثال صفحه میانی شیار نباید بیش از ۰٫۰۴ میلی‌متر از هر طرف نسبت به صفحه مبنا A انحراف داشته باشد.

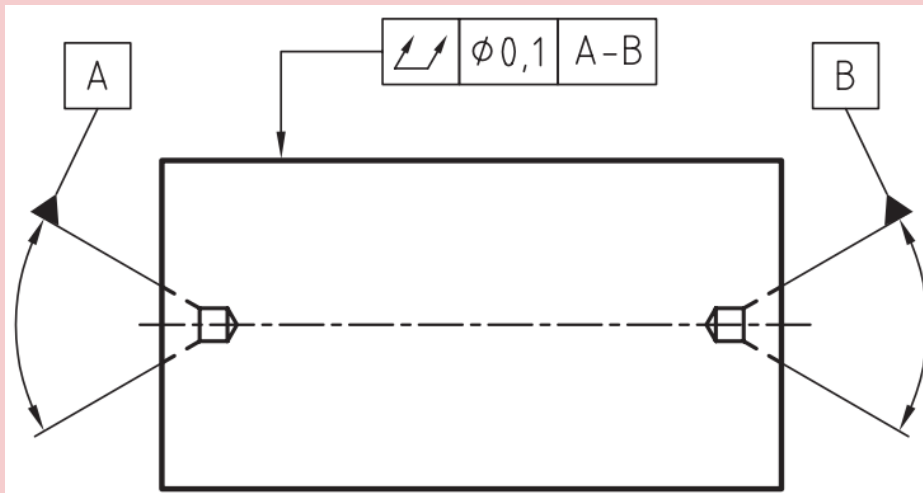
لنگی شعاعی (Circular Runout)

حالتی است که در آن کنترل تolerانس فقط روی مقطع قطعه انجام می‌شود و هنگام دوران قطعه حول محور مبنا، انحراف شعاعی سطح در هر مقطع بررسی می‌گردد، به طوری که محدوده سطح باید بین دو دایره هم‌مرکز - مثلاً با فاصله ۰٫۱ میلی‌متر - قرار گیرد و سطح قطعه هنگام دوران نباید از این محدوده خارج شود.



لنگی کلی (Total Runout)

حالتی است که در آن نه تنها یک مقطع، بلکه تمام سطح قطعه در نظر گرفته می‌شود، یعنی هنگام دوران قطعه کل سطح آن بررسی می‌شود و تمام طول سطح باید در محدوده تolerانس قرار بگیرد.



پایان بخش سوم