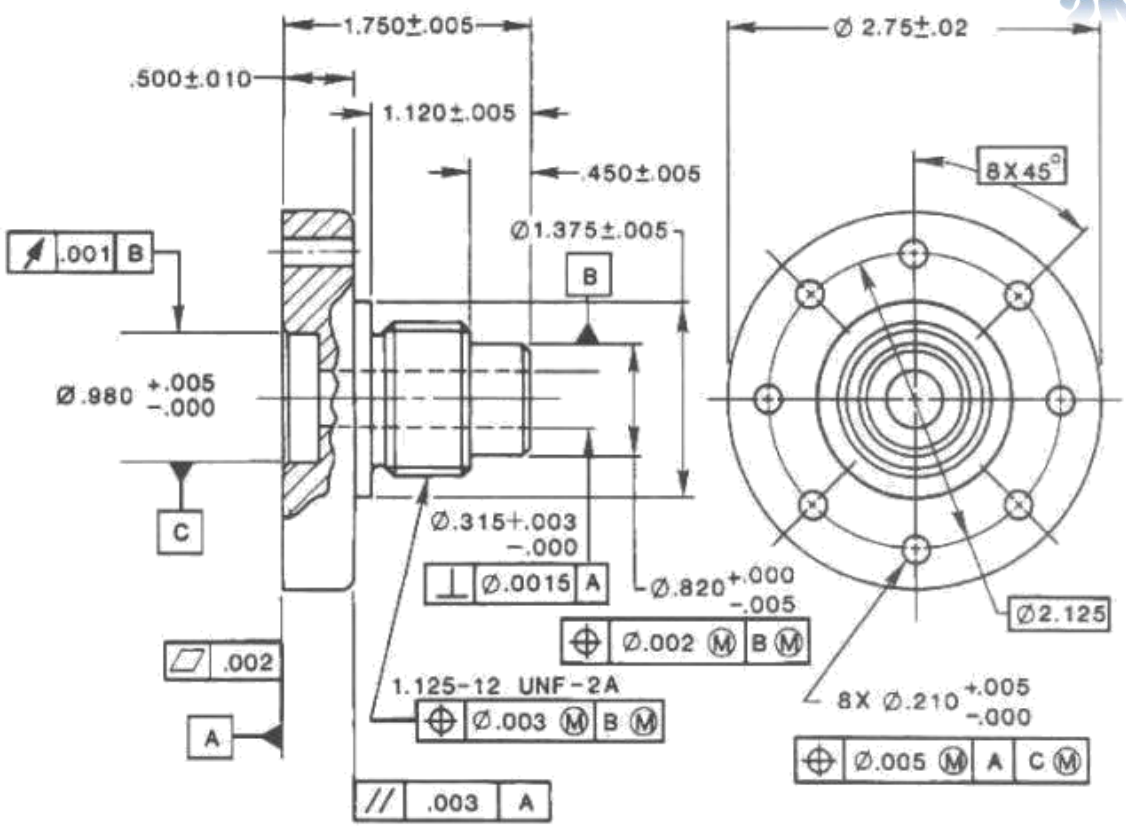
فصل ۴

تلرانس‌ها و زبری سطح

TOLERANCES AND SURFACE ROUGHNESS



مفهوم تلرانس (Tolerance)

❖ **عدم امکان ساخت قطعه با ابعاد دقیق به دلایل زیر:**

- ✓ خطاهای موجود در دستگاه‌های تولید و ابزارآلات مربوط به آن
- ✓ خطاهای موجود در تنظیم قطعه‌کار هنگام نصب بر روی دستگاه برای ساخت
- ✓ خطاهای موجود در اندازه‌گیری

تلرانس (رواداری)

در نظر گرفتن محدوده تغییرات اندازه برای قطعات با توجه به کارکرد و هزینه‌های تولید برآورد شده

بدلیل اینکه تلرانس به صورت استاندارد بین‌المللی در آمده است،

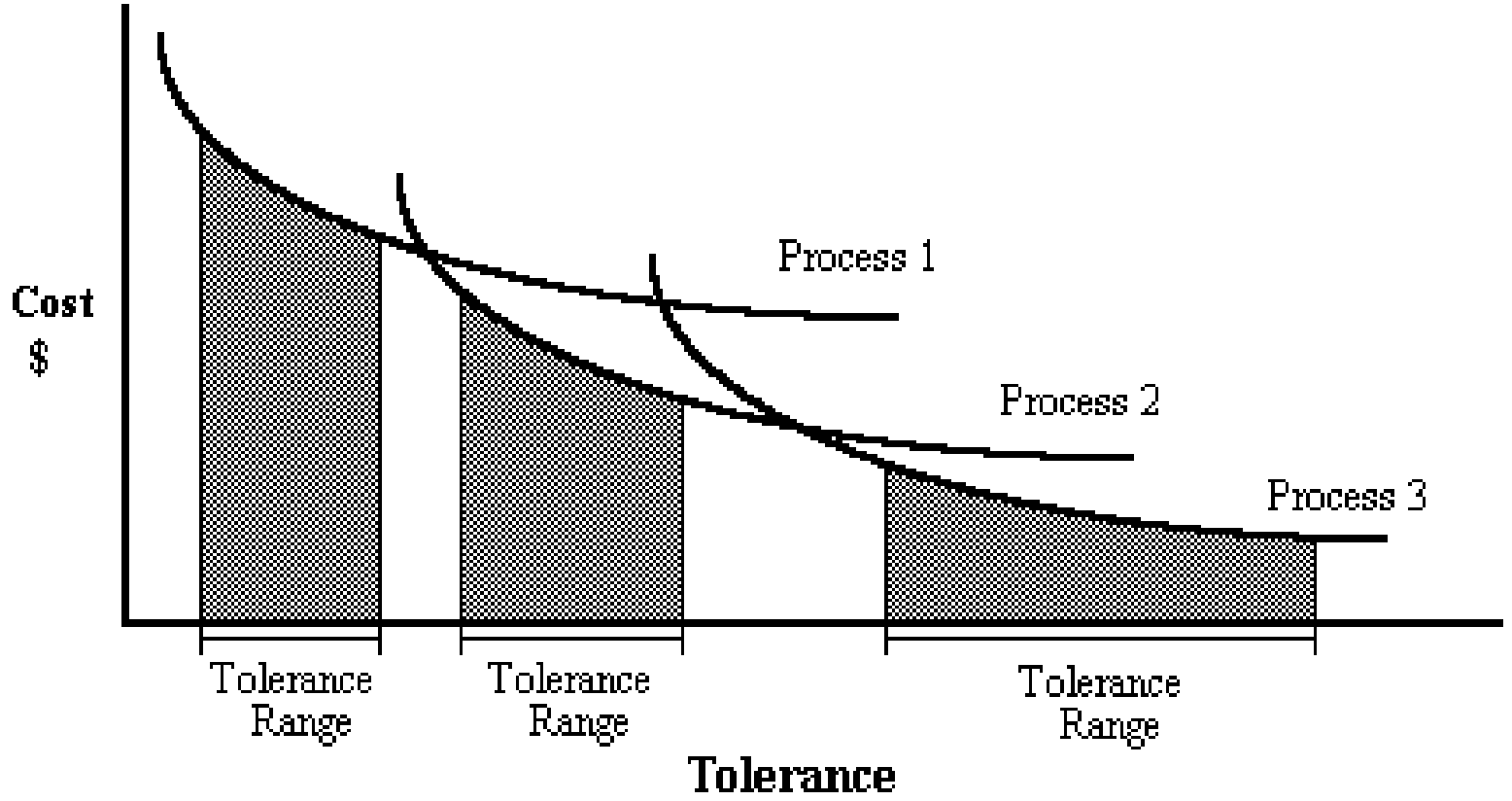
آن را با نماد IT (International Tolerance) نمایش می‌دهند.

مفهوم تلرانس (Tolerance)

❖ **ارتباط بین مقدار تلرانس و هزینه های تولید**

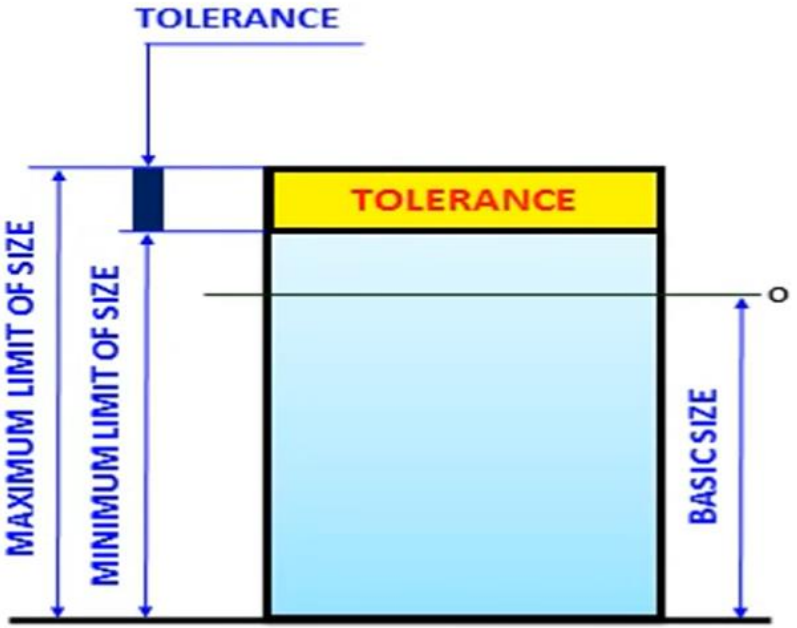
✓ با تغییر بازه تلرانسی شاید لازم باشد که نوع فرایند تغییر کند (همانند شکل زیر).

✓ یا ممکن است نیاز به استفاده از ابزارهای دقیق تر در یک فرایند مشخص باشد.



واژگان علمی تلرانس

- **اندازه نامی/اسمی/مبنا (Nominal/Basic Size)**: اندازه حاصل از محاسبات طراحی مهندسی
- **اندازه واقعی(Actual Size)**: اندازه حاصل از ساخت قطعه
- **انحراف فوقانی (Upper Deviation)**: اختلاف بین بیشینه اندازه با اندازه نامی. با es یا ES نمایش می‌دهند.
- **انحراف تحتانی (Lower Deviation)**: اختلاف بین کمینه اندازه با اندازه نامی. با ei یا EI نمایش می‌دهند.
- **خط صفر (Zero Line)**: خطی که اختلاف بین اندازه با اندازه نامی صفر باشد (بدون انحراف)

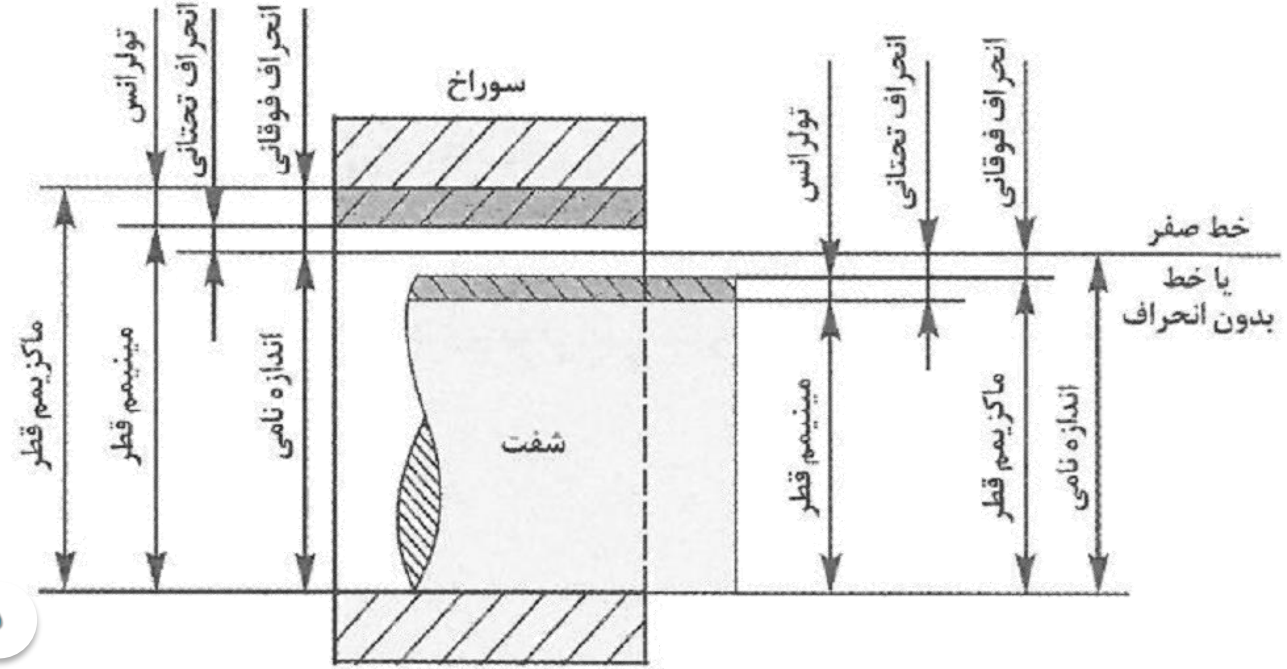


$$IT = \max - min$$

$$IT = ES - EI$$

واژگان علمی تلرانس

- **اندازه نامی/اسمی/مبنا (Nominal/Basic Size)**: اندازه حاصل از محاسبات طراحی مهندسی
- **اندازه واقعی(Actual Size)**: اندازه حاصل از ساخت قطعه
- **انحراف فوقانی (Upper Deviation)**: اختلاف بین بیشینه اندازه با اندازه نامی. با es یا ES نمایش می‌دهند.
- **انحراف تحتانی (Lower Deviation)**: اختلاف بین کمینه اندازه با اندازه نامی. با ei یا EI نمایش می‌دهند.
- **خط صفر (Zero Line)**: خطی که اختلاف بین اندازه با اندازه نامی صفر باشد (بدون انحراف)



$$IT = \max - min$$

$$IT = ES - EI$$

واژگان علمی تلرانس

❖ دسته بندی تلرانس به ۱۸ گروه بر اساس استاندارد ISO 286

مثال: شفتی به قطر ۴۰mm با تلرانس IT7 دارای مقدار تلرانس معادل ۲۵میکرومتر است.
شفتی به قطر ۵۰mm با تلرانس IT6 دارای مقدار تلرانس معادل ۱۶ میکرومتر است.

mm \ IT	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0≤3	0/3	0/5	0/8	1/2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3 تا 6	0/4	0/6	1	1/5	2/5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6 تا 10	0/4	0/6	1	1/5	2/5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10 تا 18	0/5	0/8	1/2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18 تا 30	0/6	1	1/5	2/5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30 تا 50	0/6	1	1/5	2/5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50 تا 80	0/8	1/2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80 تا 120	1	1/5	5/2	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120 تا 180	1/2	2	3/5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180 تا 250	2	3	4/5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250 تا 315	2/5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315 تا 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400 تا 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

بر حسب میلی‌متر

بر حسب میکرون یا ۰/۰۰۱ میلی‌متر

کاهش اندازه تلرانس (افزایش دقت، افزایش هزینه ساخت)

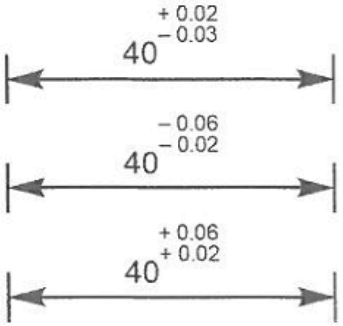
واژگان علمی تلرانس

❖ **انتخاب تلرانس بر اساس کاربرد و قابلیت اجرایی روی ماشین‌آلات**

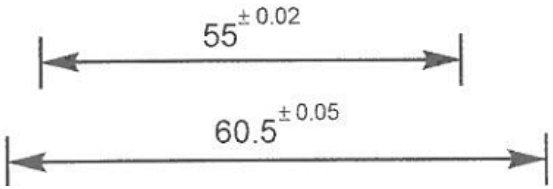
قابل اجرا با ماشین‌آلات	کاربرد	تولرانس
بلوک‌های لغزشی و گیج‌های مرجع	گیج‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری	IT 01
		IT 0
		IT 1
گیج‌های با کیفیت بالا		IT 2
		IT 3
		IT 4
بلبرینگ	قطعاتی که با هم درگیری و انطباق دارند	IT 5
سنگ زدن و تیز کردن		IT 6
خان‌کشی		IT 7
تراش‌کاری		IT 8
تراش‌کاری خودکار سایشی		IT 9
فرزکاری		IT 10
دریل‌کاری		IT 11
کار پرسی سبک	قطعاتی بدون درگیری و انطباق با قطعات دیگر	IT 12
کار پرسی		IT 13
ریخته‌گری تحت فشار		IT 14
استمپینگ		IT 15
ریخته‌گری ماسه		IT 16

نمایش تلرانس

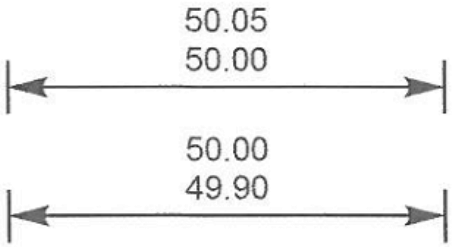
❖ از روی خط‌های اندازه می‌توان به یک یا دو طرفه بودن، وضعیت تقارن یا انطباقی بودن تلرانس پی برد.



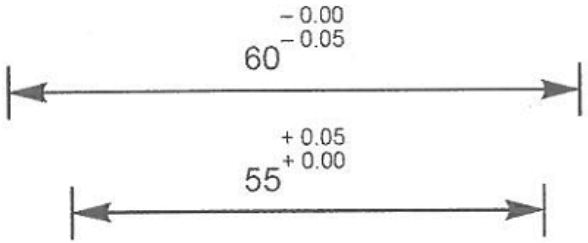
ناحیه تلرانس نسبت به اندازه نامی به صورت دو طرفه و نامتقارن



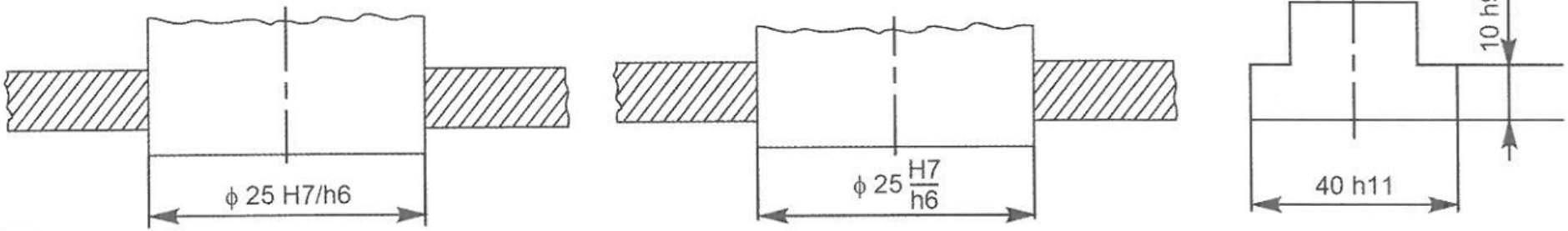
ناحیه تلرانس نسبت به اندازه نامی به صورت دو طرفه و متقارن



نمایش بزرگترین و کوچکترین اندازه



ناحیه تلرانس نسبت به اندازه نامی به صورت یکطرفه



نمایش تلرانس به صورت انطباقی

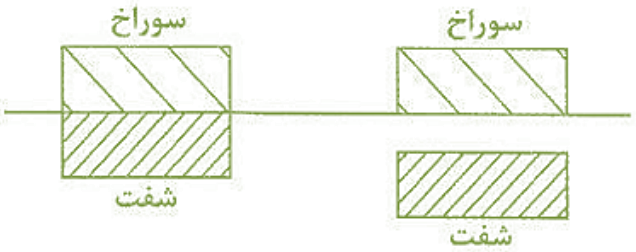
انطباقات

❖ **تعریف انطباق (Fit):** ارتباط دو قطعه‌ای که با هم به نحوی درگیری دارند.

❖ **دسته‌بندی انطباقات:**

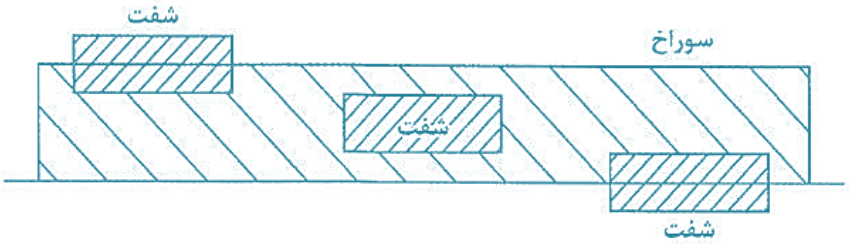
نواحی تلرانس:

انطباق روان، آزاد یا لق
(Clearance Fit)



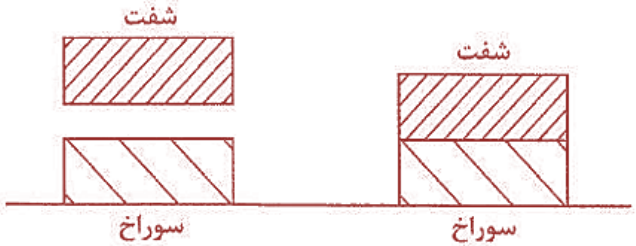
کوچکترین اندازه سوراخ > بزرگترین اندازه شفت

انطباق عبوری
(Transition Fit)



نیاز به پرس برای جا زدن شفت در سوراخ

انطباق پرسی یا محکم
(Interference Fit)



کوچکترین اندازه شفت> بزرگترین اندازه سوراخ

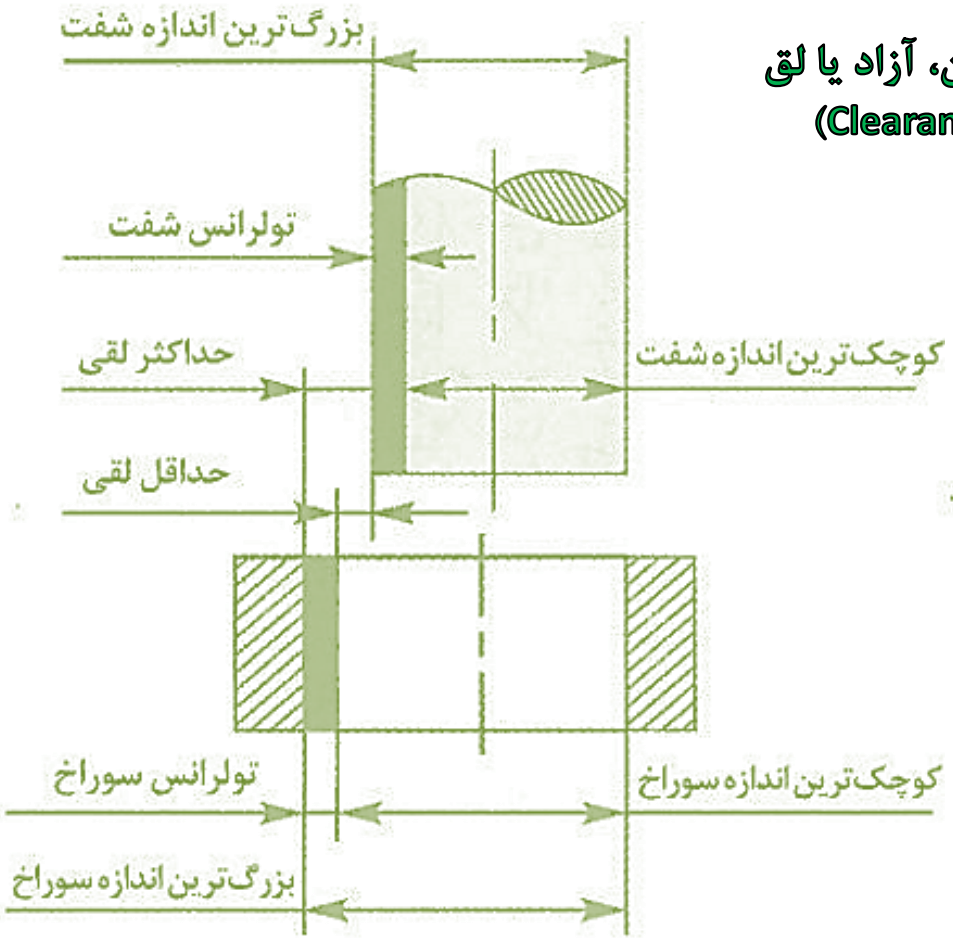
نیاز به پرس و برخی مواقع گرم و سرد کردن قطعات

انطباقات

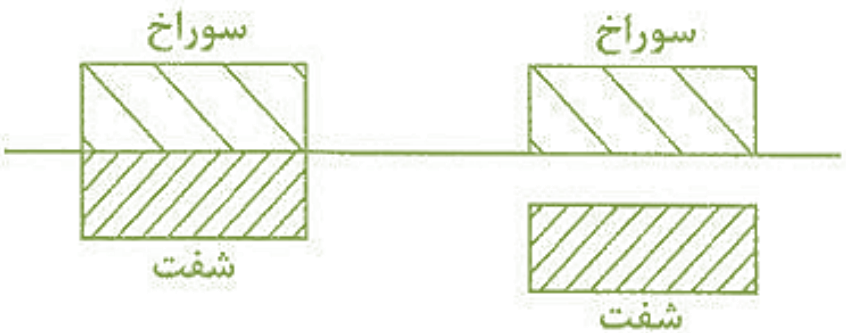
❖ **تعریف انطباق (Fit):** ارتباط دو قطعه‌ای که با هم به نحوی درگیری دارند.

❖ **دسته‌بندی انطباقات:**

انطباق روان، آزاد یا لق
(Clearance Fit)



نواحی تلرانس:



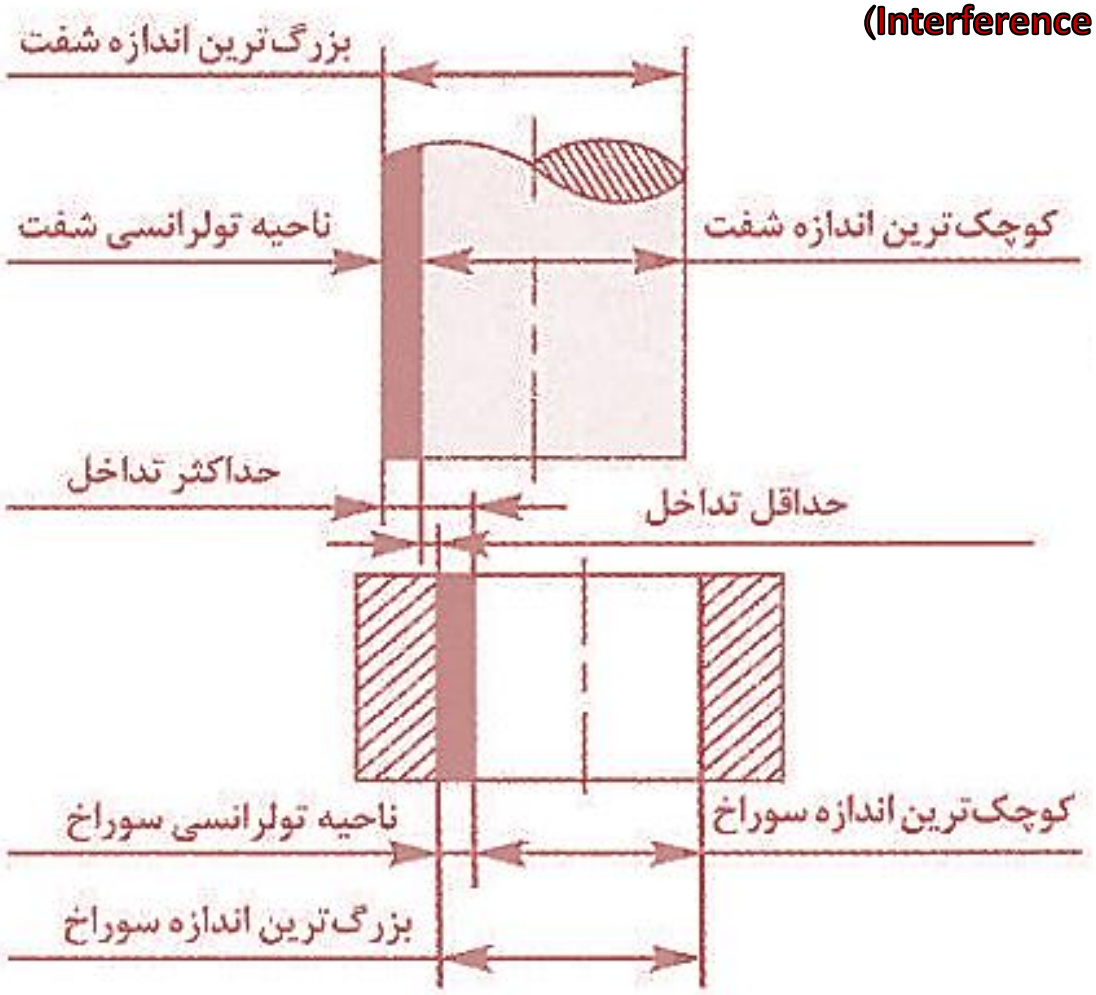
کوچکترین اندازه سوراخ > بزرگترین اندازه شفت

انطباقات

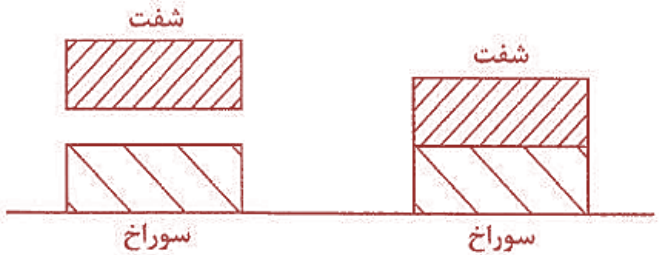
❖ **تعریف انطباق (Fit):** ارتباط دو قطعه‌ای که با هم به نحوی درگیری دارند.

❖ **دسته‌بندی انطباقات:**

انطباق پرسی یا محکم
(Interference Fit)



نواحی تلرانس:



کوچکترین اندازه شفت> بزرگترین اندازه سوراخ

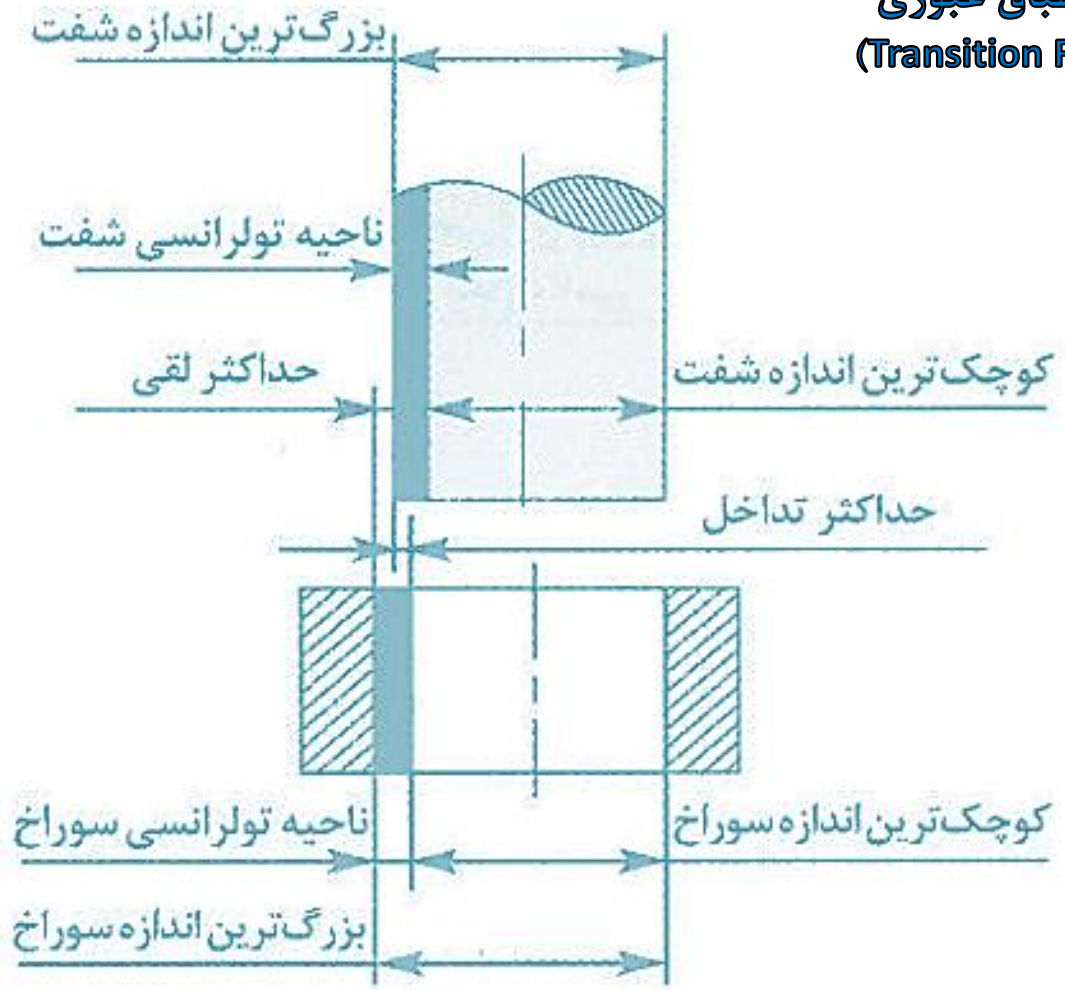
نیاز به پرس و برخی مواقع گرم و سرد کردن قطعات

انطباقات

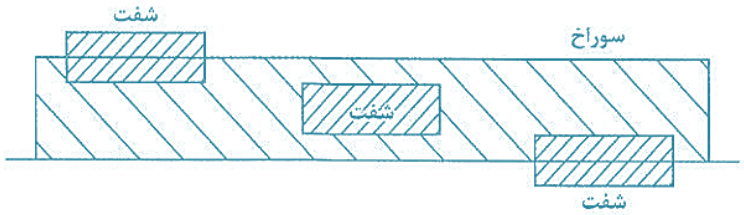
❖ **تعریف انطباق (Fit):** ارتباط دو قطعه‌ای که با هم به نحوی درگیری دارند.

❖ **دسته‌بندی انطباقات:**

انطباق عبوری
(Transition Fit)



نواحی تلرانس:



نیاز به پرس برای جا زدن شفت در سوراخ

تعیین انطباق

- تعیین انطباقات متناسب با کاربرد قطعات بر اساس استاندارد ISO
- دسته‌بندی سه گروه اصلی انطباق به ۲۸ گروه جزئی‌تر

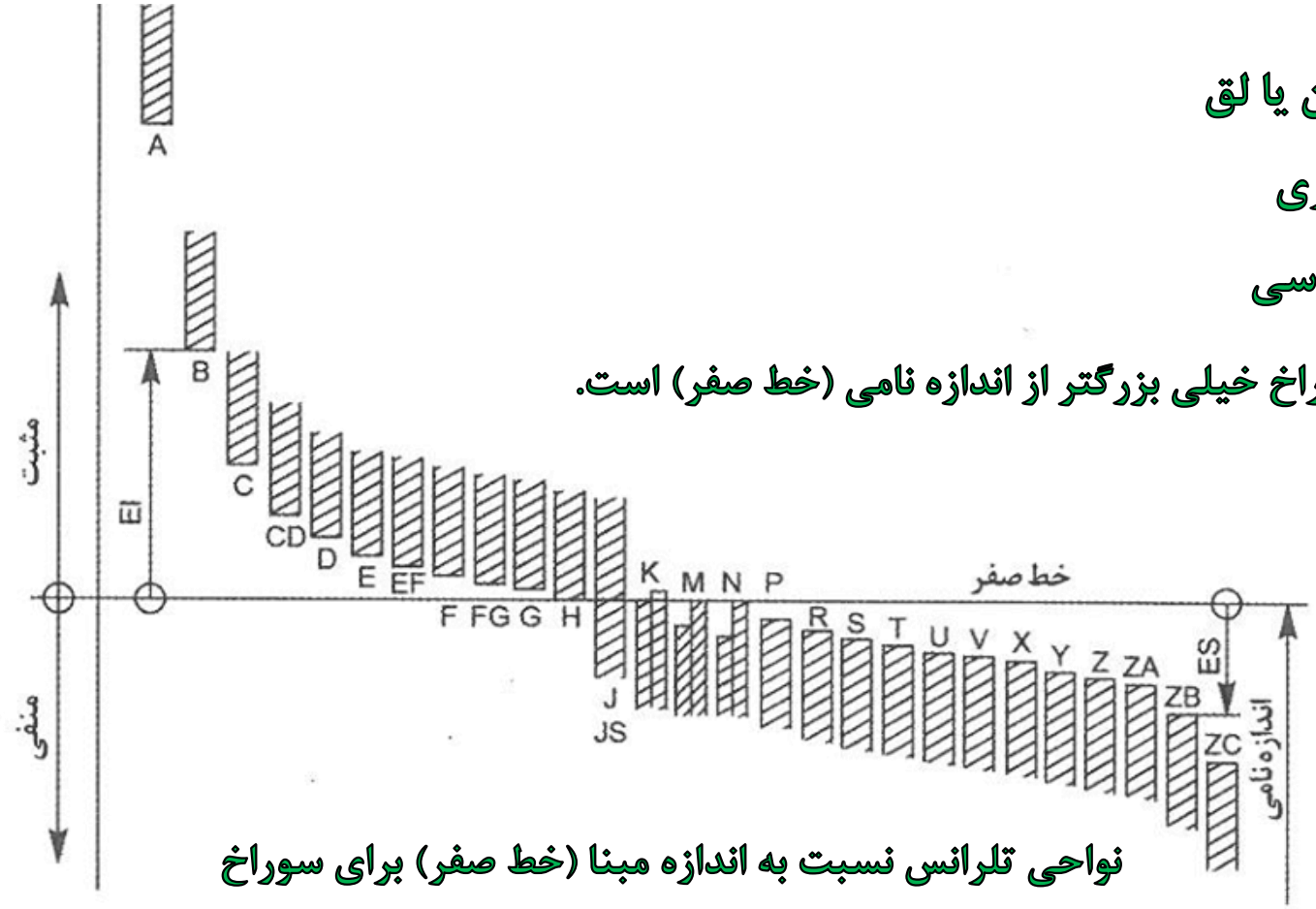
(برای سوراخ از حروف A تا ZC و برای شفت از حروف a تا zc)

A تا G: انطباق روان یا لق

J تا N: انطباق عبوری

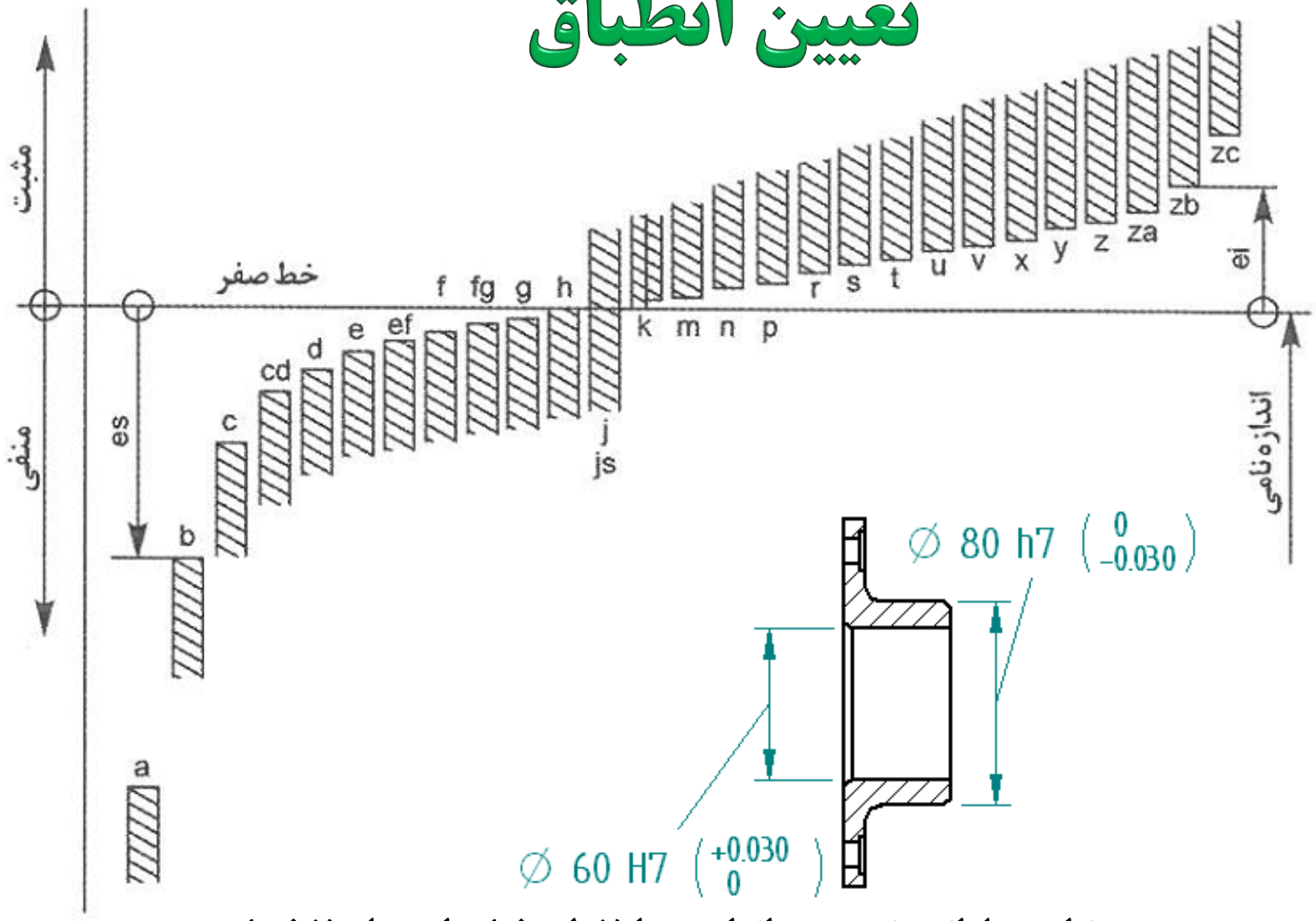
P تا ZC: انطباق پرسی

مثلا حرف A یعنی قطر سوراخ خیلی بزرگتر از اندازه نامی (خط صفر) است.



نواحی تلرانس نسبت به اندازه مبنا (خط صفر) برای سوراخ

تعیین انطباق



نواحی تلرانس نسبت به اندازه مبنا (خط صفر) برای میله (شفت)

روش‌های انتخاب انطباق قطعات:

- ✓ سیستم سوراخ مبنا
- ✓ سیستم میله مبنا

تعیین انطباق

سیستم سوراخ مبنا:

- ✓ در نظر گرفتن انحراف تحتانی سوراخ برابر با صفر:

$$EI = 0 \Rightarrow IT = ES$$

- ✓ در نظر گرفتن حرف H (انحراف تحتانی برابر با صفر) برای انطباق سوراخ و انتخاب انطباق شفت براساس اینکه به صورت لق، عبوری یا پرسی باشد.
- ✓ **کاربرد:** جایی که سوراخی در دستگاه تعبیه شده است و لازم است که قطعات دیگر درون آن جاسازی شوند.

انحراف بر حسب میکرون (1 micron = 0.001 mm)

اندازه (mm)		انحراف فوقانی								js	انحراف تحتانی				
		a	b	c	d	e	f	g	h		j			k	
از	تا(=)										5.6	7	8	4 to 7	≤ 3, > 7
—	3	− 270	− 140	− 60	− 20	− 14	− 6	− 2	0	± IT/2	− 2	− 4	− 6	− 0	− 0
3	6	− 270	− 140	− 70	− 30	− 20	− 10	− 4	0		− 2	− 4	—	+ 1	0
6	10	− 280	− 150	− 80	− 40	− 25	− 13	− 5	0		− 2	− 5	—	+ 1	0
10	14	− 290	− 150	− 95	− 50	− 32	− 16	− 6	0		− 3	− 6	—	+ 1	0
14	18														
18	24	− 300	− 160	− 110	− 65	− 40	− 20	− 7	0		− 4	− 8	—	+ 2	0
24	30														
30	40	− 310	− 170	− 120	− 80	− 50	− 25	− 9	0		− 5	− 10	—	+ 2	0
40	50	− 320	− 180	− 130											
50	65	− 340	− 190	− 140	− 100	− 60	− 30	− 10	0		− 7	− 12	—	+ 2	0
65	80	− 360	− 200	− 150											
80	100	− 380	− 220	− 170	− 120	− 72	− 36	− 12	0		− 9	− 15	—	+ 3	0
100	120	− 410	− 240	− 180											
120	140	− 460	− 260	− 200											
140	160	− 520	− 280	− 210	− 145	− 85	− 43	− 14	0		− 11	− 18	—	+ 3	0
160	180	− 580	− 310	− 230											
180	200	− 660	− 340	− 240											
200	225	− 740	− 380	− 260	− 170	− 100	− 50	− 15	0	± IT/2	− 13	− 21	—	+ 4	0
225	250	− 820	− 420	− 280											
250	280	− 920	− 480	− 300	− 190	− 110	− 56	− 17	0		− 16	− 26	—	+4	0
280	315	− 1050	− 540	− 330											
315	355	− 1200	− 600	− 360	− 210	− 125	− 62	− 18	0		− 18	− 28	—	+ 4	0
355	400	− 1350	− 680	− 400											
400	450	− 1500	− 760	− 440	− 230	− 135	− 68	− 20	0		− 20	− 32	—	+ 5	0
450	500	− 1650	− 840	− 480											

تعیین انطباق

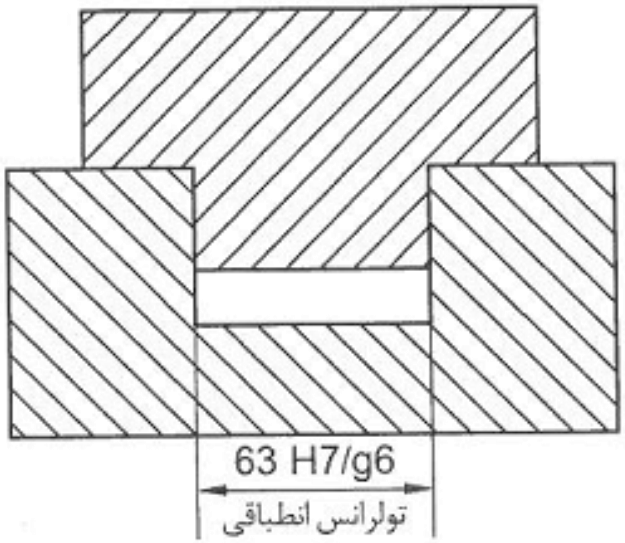
سیستم سوراخ مبنا (ادامه):

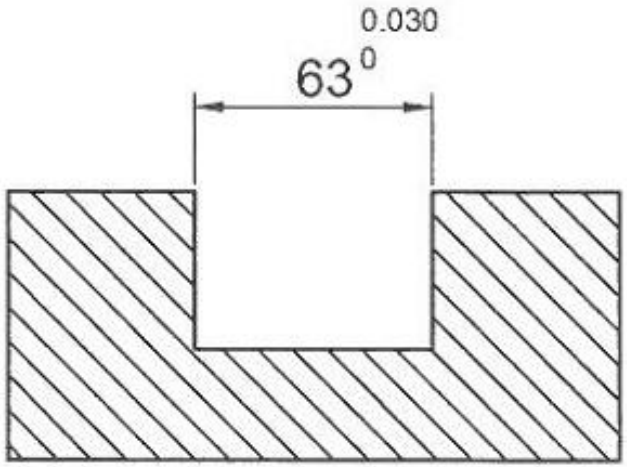
انحراف بر حسب میکرون (1 micron = 0.001 mm)															
اندازه (mm)		انحراف تحتانی													
		m	*n*	*p*	*r*	*s*	*t*	*u*	*v*	*x*	*y*	*z*	*za*	*zb*	*zc*
از	تا(=)														
—	3	+ 2	+ 4	+ 6	+ 10	+ 14	—	+ 18	—	+ 20	—	+ 26	+ 32	+ 40	+ 60
3	6	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15	+ 19	—	+ 23	—	+ 28	—	+ 35	+ 42	+ 50	+ 80
6	10	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19	+ 23	—	+ 28	—	+ 34	—	+ 42	+ 52	+ 67	+ 97
10	14	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23	+ 28	—	+ 33	—	+ 40	—	+ 50	+ 64	+ 90	+ 130
14	18								+ 39	+ 45	—	+ 60	+ 77	+ 108	+ 150
18	24	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28	+ 35	—	+ 41	+ 47	+ 54	+ 63	+ 73	+ 98	+ 136	+ 188
24	30						+ 41	+ 48	+ 55	+ 64	+ 75	+ 88	+ 118	+ 160	+ 218
30	40	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34	+ 43	+ 48	+ 60	+ 68	+ 80	+ 94	+ 112	+ 148	+ 200	+ 274
40	50						+ 54	+ 70	+ 81	+ 97	+ 114	+ 136	+ 180	+ 242	+ 325
50	65	+ 11	+ 20	+ 32	+ 41	+ 53	+ 66	+ 87	+ 102	+ 122	+ 144	+ 172	+ 226	+ 300	+ 405
65	80				+ 43	+ 59	+ 75	+ 102	+ 120	+ 146	+ 174	+ 210	+ 274	+ 360	+ 480
80	100	+ 13	+ 23	+ 37	+ 51	+ 71	+ 91	+ 124	+ 146	+ 178	+ 214	+ 258	+ 335	+ 445	+ 585
100	120				+ 54	+ 79	+ 104	+ 144	+ 172	+ 210	+ 254	+ 310	+ 400	+ 525	+ 690
120	140				+ 63	+ 92	+ 122	+ 170	+ 202	+ 248	+ 300	+ 365	+ 470	+ 620	+ 800
140	160	+ 15	+ 27	+ 43	+ 65	+ 100	+ 134	+ 190	+ 228	+ 280	+ 340	+ 415	+ 535	+ 700	+ 900
160	180				+ 68	+ 108	+ 146	+ 210	+ 252	+ 310	+ 380	+ 465	+ 600	+ 780	+ 1000
180	200				+ 77	+ 122	+ 166	+ 236	+ 274	+ 350	+ 425	+ 520	+ 670	+ 880	+ 1150
200	225	+ 17	+ 31	+ 50	+ 80	+ 130	+ 180	+ 258	+ 310	+ 385	+ 470	+ 575	+ 740	+ 960	+ 1250
225	250				+ 84	+ 140	+ 196	+ 284	+ 340	+ 425	+ 520	+ 640	+ 820	+ 1050	+ 1350
250	280				+ 94	+ 158	+ 218	+ 315	+ 385	+ 475	+ 580	+ 710	+ 920	+ 1200	+ 1550
280	315	+ 20	+ 34	+ 56	+ 98	+ 170	+ 240	+ 350	+ 425	+ 525	+ 650	+ 790	+ 1000	+ 1300	+ 1700
315	355				+ 108	+ 190	+ 268	+ 390	+ 475	+ 590	+ 730	+ 900	+ 1150	+ 1500	+ 1900
355	400	+ 21	+ 37	+ 62	+ 114	+ 208	+ 294	+ 435	+ 530	+ 660	+ 820	+ 1000	+ 1300	+ 1650	+ 2100
400	450				+ 126	+ 232	+ 330	+ 490	+ 595	+ 740	+ 920	+ 1100	+ 1450	+ 1850	+ 2400
450	500	+ 23	+ 40	+ 68	+ 132	+ 252	+ 360	+ 540	+ 660	+ 820	+ 1000	+ 1250	+ 1600	+ 2100	+ 2600

تعیین انطباق

سیستم سوراخ مبنا:

مثال: دو قطعه به صورت زبانه و شیار با هم درگیرند و می‌توانند نسبت به هم در راستای طول (عمود بر صفحه کاغذ)، حرکت کنند. انطباق آنها را بر اساس سیستم سوراخ مبنا روی نقشه گذاشته شده است، مطلوبست اندازه هر قطعه همراه با تلرانس آن؟





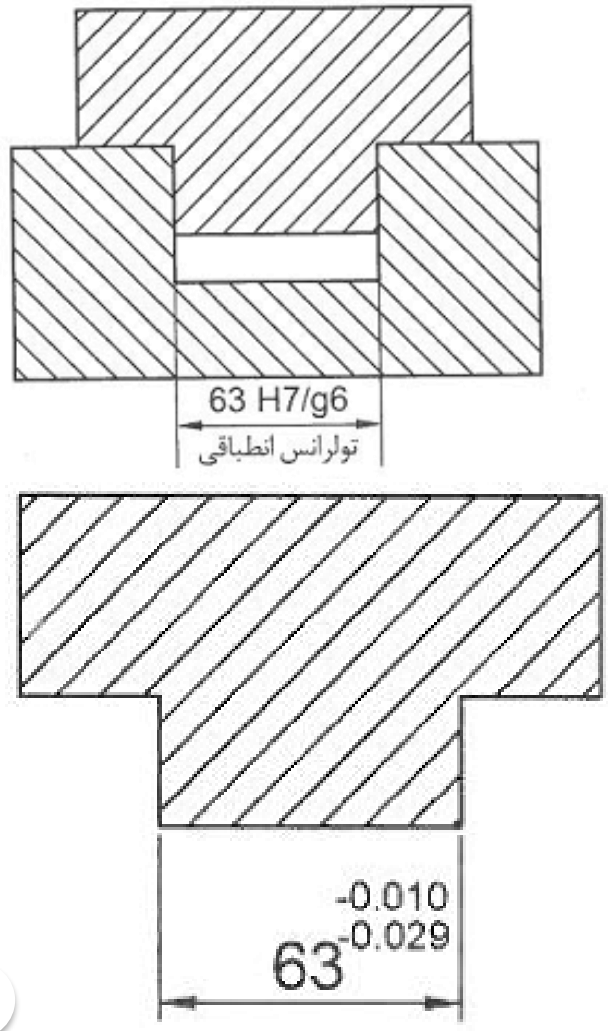
شیار: انطباق شیار (سوراخ) به صورت 63H7 بیان شده است. بنابراین مقدار تلرانس برای گرید تلرانس 7 (IT7) باید از جدول IT (اسلاید ۶) خوانده شود که برای طول شیار ۶۳mm برابر با ۳۰ میکرومتر بدست می آید. بنابراین داریم:

$$EI = 0 \Rightarrow IT = ES = 0.030mm$$

تعیین انطباق

سیستم سوراخ مبنا:

مثال: دو قطعه به صورت زبانه و شیار با هم درگیرند و می‌توانند نسبت به هم در راستای طول (عمود بر صفحه کاغذ)، حرکت کنند. انطباق آنها را بر اساس سیستم سوراخ مبنا روی نقشه گذاشته شده است، مطلوبست اندازه هر قطعه همراه با تلرانس آن؟



زبانه: انطباق زبانه (میله) به صورت 63g6 بیان شده است. بنابراین گرید تلرانسی برابر با 6 بوده که از جدول IT (اسلاید ۶)، برای اندازه ۶۳mm مقدار تلرانس برابر با ۱۹میکرومتر بدست می آید.

همچنین از جدول اسلاید ۱۵، برای اندازه ۶۳mm و انطباق g6، انحراف فوقانی برابر با ۱۰- میکرومتر است. بنابراین داریم:

$$IT = 0.019, es = -0.010\ mm$$

$$IT = es - ei \Rightarrow ei = -0.029\ mm$$

تعیین انطباق

تمرین:

اندازه قطعات و محدوده تلرانسی آنها را برای انطباق زیر محاسبه کنید. نوع انطابق را مشخص کنید.

100 H8/n7

سوراخ: انطباق سوراخ به صورت 100H8 است. بنابراین گرید تلرانسی برابر با ۸ بوده که از جدول IT (اسلاید ۶)، برای اندازه ۱۰۰ mm مقدار تلرانس برابر با ۵۴ میکرومتر بدست می آید.

$$EI = 0 \Rightarrow IT = ES = 0.054 \text{ mm}$$

$$100^{0.054}_{0.0}$$

میله: انطباق میله به صورت 100n7 است. بنابراین گرید تلرانسی برابر با ۷ بوده که از جدول IT (اسلاید ۶)، برای اندازه ۱۰۰ mm مقدار تلرانس برابر با ۳۵ میکرومتر بدست می آید. همچنین از جدول اسلاید ۱۶، برای اندازه ۱۰۰ mm و انطباق n7، انحراف تحتانی برابر با ۲۳+ میکرومتر است. بنابراین داریم:

$$IT = 0.035, ei = +0.023 \text{ mm}$$

$$IT = es - ei \Rightarrow es = 0.035 + 0.023 = +0.058 \text{ mm}$$

$$100^{+0.058}_{+0.023}$$

انطباق عبوری

انتخاب انطباق

معیارهای انتخاب تلرانس و انطباق دو قطعه درگیر:

- ✓ طول درگیری قطعات
- ✓ جنس
- ✓ دمای کاری
- ✓ سرعت حرکت
- ✓ شیوه روغنکاری
- ✓ بار اعمال شده به سطوح
- ✓ تجربه صنعتی
- ✓ رطوبت

انطباق‌های متداول در صنعت

نوع انطباق	نام انطباق	علامت	کاربرد
روان یا لق	انطباق حرکتی شل (Loose Running Fit)	H11/c11	انطباقی است با لقی زیاد برای قطعاتی که در محیط‌های خورنده و آلوده و یا محیط‌های کاری با دماهای بالا کار می‌کنند؛ مثل حرکت سوپاپ در راهنمای سوپاپ در موتورهای احتراق داخلی.
	انطباق حرکتی آزاد (Free Running Fit)	H9/d9	بیشتر برای مکان‌هایی استفاده می‌شود که دقت پارامتر اصلی نیست؛ مثلاً برای مکان‌هایی که تغییرات دما زیاد است یا سرعت‌های حرکت بالا و یا فشار اعمالی زیاد باشد.
	انطباق حرکتی بسته (Close Running Fit)	H8/f7	برای حرکت در ماشین‌آلات دقیق که با سرعت و فشار متوسط کار می‌کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ مثل انطباق شفت و یاتاقان لغزشی در گیربکس.
	انطباق لغزشی (Sliding Fit)	H7/g6	برای حرکت آزاد استفاده نمی‌شود، بلکه برای حرکت و یا چرخش به همراه تثبیت دقیق موقعیت به کار می‌رود؛ مثل انطباق سوراخ کوپلینگ با شفت.
	انطباق لق تثبیتی (Locational Clearance Fit)	H7/h6	برای تثبیت موقعیت قطعات ساکن به کار می‌رود، به نحوی که بتوان آن‌ها را به‌راحتی مونتاژ و دمونتاژ کرد؛ مثل انطباق خار و جای خار.

انتخاب انطباق

انطباق‌های متداول در صنعت (ادامه)

نوع انطباق	نام انطباق	علامت	کاربرد
عبوری	انطباق عبوری تثبیتی (Locational Transition Fit)	H7/k6	برای قرارگیری در موقعیت با دقت بالا به کار می‌رود. حالتی است بین انطباق لق و پرسی؛ مثل انطباق کنس داخلی بلبرینگ با شفت.
	انطباق عبوری تثبیتی (Locational Transition Fit)	H7/n6	برای قرارگیری در موقعیت با دقت بالا استفاده می‌شود. در این حالت انطباق پرسی آن بیشتر از انطباق لق است.
پرسی	انطباق پرسی تثبیتی (Locational Interfernce Fit)	H7/p6	برای قطعاتی که به صلبیت و تنظیم دقیق نیاز دارند، بدون نیاز به فشار بالای سوراخ احاطه‌کننده به کار می‌رود؛ مثل انطباق بوش و بدنه.
	انطباق رانشی متوسط (Medium Drive Fit)	H7/s6	برای قطعات فولادی و یا انطباقات منقبض‌شونده (در اثر سرد شدن) به کار می‌رود. با جنس چدن می‌توان به انطباق محکم‌تری نیز دست یافت؛ مثل انطباق میله‌های راهنما در سوراخ‌های قالب چدنی.
	انطباق نیرویی (Force Fit)	H7/u6	برای قطعاتی که می‌توانند تحت تنش‌های بالا و یا انطباقات منقبض‌شونده قرار گیرند، به کار می‌رود.

تلرانس‌های تولید شده با هر یک از روش‌های ماشینکاری

روش ماشین‌کاری	IT							
	4	5	6	7	8	9	10	11
صیقل‌کاری و پرداخت‌کاری	■	■						
سنگ‌زنی استوانه‌ای		■	■	■				
سنگ‌زنی سطحی		■	■	■	■			
تراش‌کاری با الماسه		■	■	■				
داخل‌تراشی با الماسه		■	■	■				
خان‌کشی		■	■	■	■			
برقوکاری			■	■	■	■	■	
تراش‌کاری				■	■	■	■	■
داخل‌تراشی					■	■	■	■
فرزکاری							■	■
صفحه‌تراشی							■	■
دریل‌کاری							■	■
پانچ کردن							■	■
ریخته‌گری تحت فشار								■

تعیین انطباق

سیستم میله مبنا:

- ✓ در نظر گرفتن انحراف فوقانی میله برابر با صفر:

$$es = 0 \Rightarrow IT = -ei$$

- ✓ در نظر گرفتن حرف h (انحراف فوقانی برابر با صفر) برای انطباق میله و انتخاب انطباق سوراخ براساس اینکه به صورت لق، عبوری یا پرسی باشد.
- ✓ **کاربرد:** جایی که شفتی ساخته یا خریداری شده و به دنبال نصب سایر قطعات روی آن باشیم.

انحراف بر حسب میکرون (1 micron = 0.001 mm)

اندازه (mm)		انحراف فوقانی (ES)												Δ in microns					
		P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC						
از	تا(=)	>7												3	4	5	6	7	8
—	3	-6	-10	-14	—	-18	—	-20	—	-26	-32	-40	-60	Δ = 0					
3	6	-12	-15	-19	—	-23	—	-28	—	-35	-42	-50	-80	1	1.5	1	3	4	6
6	10	-15	-19	-23	—	-28	—	-34	—	-42	-52	-67	-97	1	1.5	2	3	6	7
10	14	-18	-23	-28	—	-33	—	-40	—	-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9
14	18						-39	-45	—	-60	-77	-109	-150						
18	24	-22	-28	-35	—	-41	-47	-54	-63	-73	-93	-136	-188	1.5	2	3	4	8	12
24	30				-41	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218						
30	40	-26	-34	-43	-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1.5	3	4	5	9	14
40	50				-54	-70	-81	-97	-114	-136	-180	-242	-325						
50	65	-32	-41	-53	-65	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16
65	80		-43	-59	-75	-102	-120	-146	-174	-210	-274	-360	-480						
80	100	-37	-51	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19
100	120		-54	-79	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690						
120	140	-43	-63	-92	-122	-170	-202	-248	-300	-365	-470	-620	-800	3	4	6	7	15	23
140	160		-65	-100	-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900						
160	180		-68	-108	-146	-210	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000						
180	200	-50	-77	-122	-166	-236	-284	-350	-425	-520	-670	-880	-1150	3	4	6	9	17	26
200	225		-80	-130	-180	-256	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250						
225	250		-84	-140	-196	-284	-340	-425	-520	-640	-820	-1050	-1350						
250	280	-56	-94	-158	-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29
280	315		-98	-170	-240	-350	-425	-525	-650	-790	-1000	-1300	-1700						
315	355	-62	-108	-190	-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32
355	400		-114	-208	-294	-435	-530	-650	-820	-1000	-1300	-1650	-2100						
400	450	-68	-126	-232	-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34
450	500		-132	-252	-360	-540	-660	-820	-1000	-1250	-1600	-2100	-2600						

تعیین انطباق

سیستم میله مبنا (ادامه):

انحراف بر حسب میکرون (1 micron = 0.001 mm)

اندازه (mm)		انحراف تحتانی (EI)												انحراف فوقانی (ES)				
		A	B	C	D	E	F	G	H	Js+	J			K		M		N		
از	تا(=)										6	7	8	≤ 8	> 8	≤ 8 ‡	> 8	≤ 8	> 8	≤ 7
—	3	+ 270	+ 140	+ 60	+ 20	+ 14	+ 6	+ 2	0	± IT/2	+ 2	+ 4	+ 6	0	0	− 2	− 2	− 4	− 4	Same deviation as for grades > 7 + Δ
3	6	+ 270	+ 140	+ 70	+ 30	+ 20	+ 10	+ 4	0		+ 5	+ 6	+ 10	− 1 + Δ	—	− 4 + Δ	− 4+Δ	− 8 + Δ	0	
6	10	+ 280	+ 150	+ 80	+ 40	+ 25	+ 13	+ 5	0		+ 5	+ 8	+ 12	− 1 + Δ	—	− 6+ Δ	− 6+Δ	− 10 + Δ	0	
10	14	+ 290	+ 150	+ 95	+ 50	+ 32	+ 16	+ 6	0		+ 6	+ 10	+ 15	− 1+ Δ	—	− 7 + Δ	− 7	− 12 + Δ	0	
14	18																			
18	24	+ 300	+ 160	+ 110	+ 65	+ 40	+ 20	+ 7	0		+ 8	+ 12	+ 20	− 2 + Δ	—	− 8 + Δ	− 8	− 15 + Δ	0	
24	30																			
30	40	+ 310	+ 170	+ 120	+ 80	+ 50	+ 25	+ 9	0		+ 10	+ 14	+ 24	− 2 + Δ	—	− 9 + Δ	− 9	− 17 + Δ	0	
40	50	+ 320	+ 180	+ 130																
50	65	+ 340	+ 190	+ 140	+ 100	+ 60	+ 30	+ 10	0		+ 13	+ 18	+ 28	− 2 + Δ	—	− 11+ Δ	− 11	− 20 + Δ	0	
65	80	+ 360	+ 200	+ 150																
80	100	+ 380	+ 220	+ 170	+ 120	+ 72	+ 36	+ 12	0		+ 16	+ 22	+ 34	− 3 + Δ	—	− 13 + Δ	− 13	− 23 + Δ	0	
100	120	+ 410	+ 240	+ 180																
120	140	+ 460	+ 260	+ 200						± 1T/2										Same deviation as for grades > 7 + Δ
140	160	+ 520	+ 280	+ 210	+ 145	+ 85	+ 43	+ 14	0		+ 18	+ 26	+ 41	− 3 + Δ	—	− 15 + Δ	− 15	− 27 + Δ	0	
160	180	+ 580	+ 310	+ 230																
180	200	+ 660	+ 340	+ 240																
200	225	+ 740	+ 380	+ 260	+ 170	+ 100	+ 50	+ 15	0		+ 22	+ 30	+ 47	− 4+ Δ	—	− 17 + Δ	− 17	− 31 + Δ	0	
225	250	+ 820	+ 420	+ 280																
250	280	+ 920	+ 480	+ 300	+ 190	+ 110	+ 56	+ 17	0		+ 25	+ 36	+ 55	− 4+ Δ	—	− 20 + Δ	− 20	− 34 + Δ	0	
280	315	+ 1050	+ 540	+ 330																
315	355	+ 1200	+ 600	+ 360	+ 210	+ 125	+ 62	+ 18	0		+ 29	+ 39	+ 60	− 4+ Δ	—	− 21 + Δ	− 21	− 37 + Δ	0	
355	400	+ 1350	+ 680	+ 400																
400	450	+ 1500	+ 760	+ 440	+ 230	+ 135	+ 68	+ 20	0		+ 33	+ 43	+ 66	− 5+ Δ	—	− 23 + Δ	− 23	− 40 + Δ	0	
450	500	+ 1650	+ 840	+ 480																

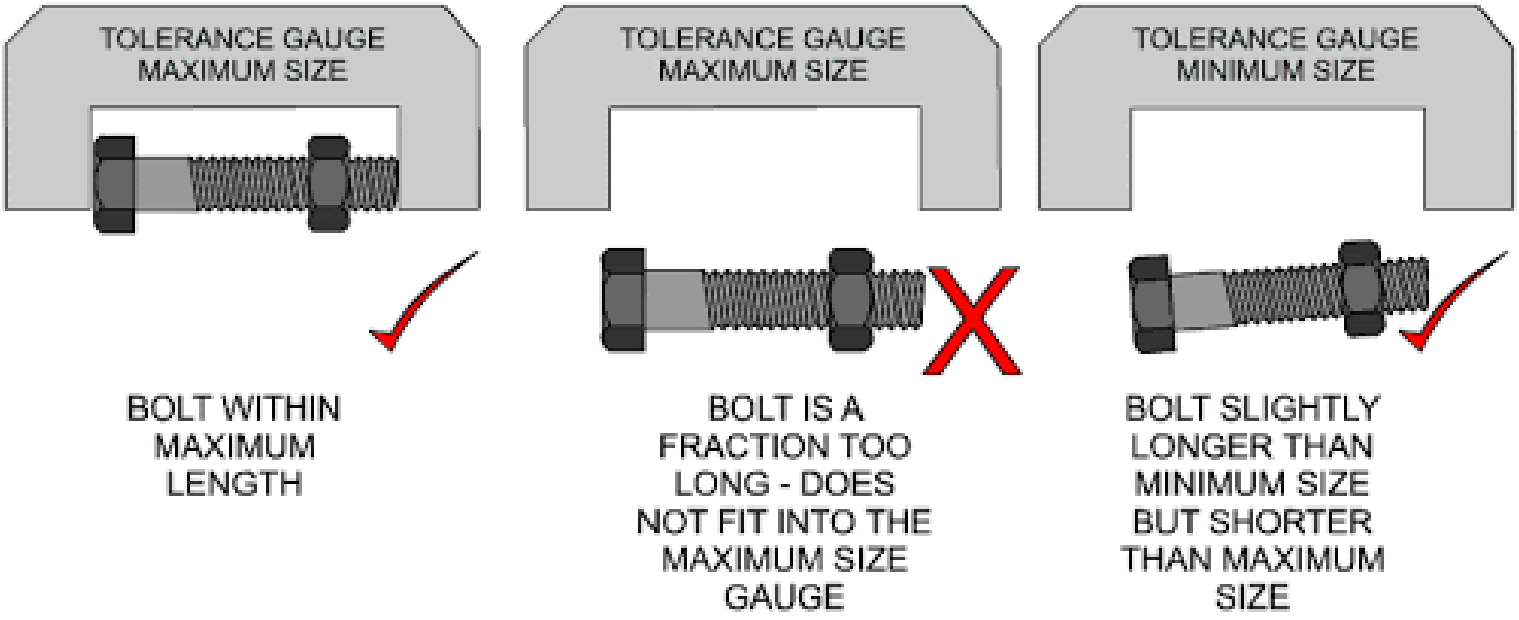
روش‌های کنترل تلرانس

گیج‌های برو- نرو (Go and Not Go)

فرمان کنترل اندازه یا قطر خارجی
(فرمان دهان‌اژدر یکطرفه)

فرمان کنترل اندازه یا قطر خارجی
(فرمان دهان‌اژدر دوطرفه)

فرمان کنترل سوراخ



تلرانس‌های هندسی

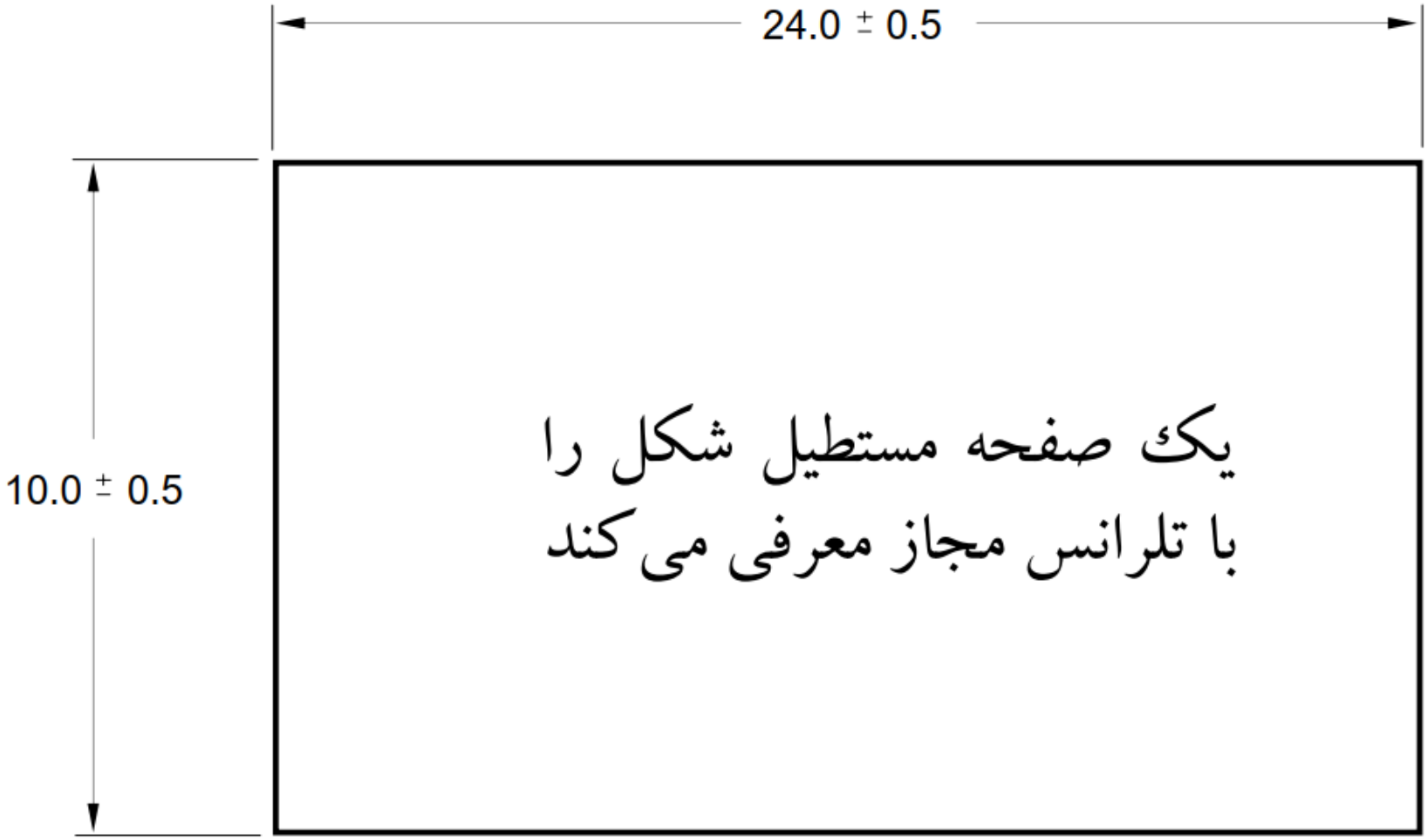
مشابه با تلرانس های ابعادی که برای در نظر گرفتن انحراف ابعاد واقعی از ابعاد طراحی در نظر گرفته می شود، باید تلرانس هایی را نیز برای انحراف هندسه ساخته شده از هندسه طراحی شده در نظر گرفت.

بنابراین می توان گفت: **تلرانس های هندسی** میزان انحراف مجاز از هندسه طراحی شده را مشخص می کنند.

✓ برای درک بهتر موضوع، مثال های صفحات بعد را ملاحظه کنید.

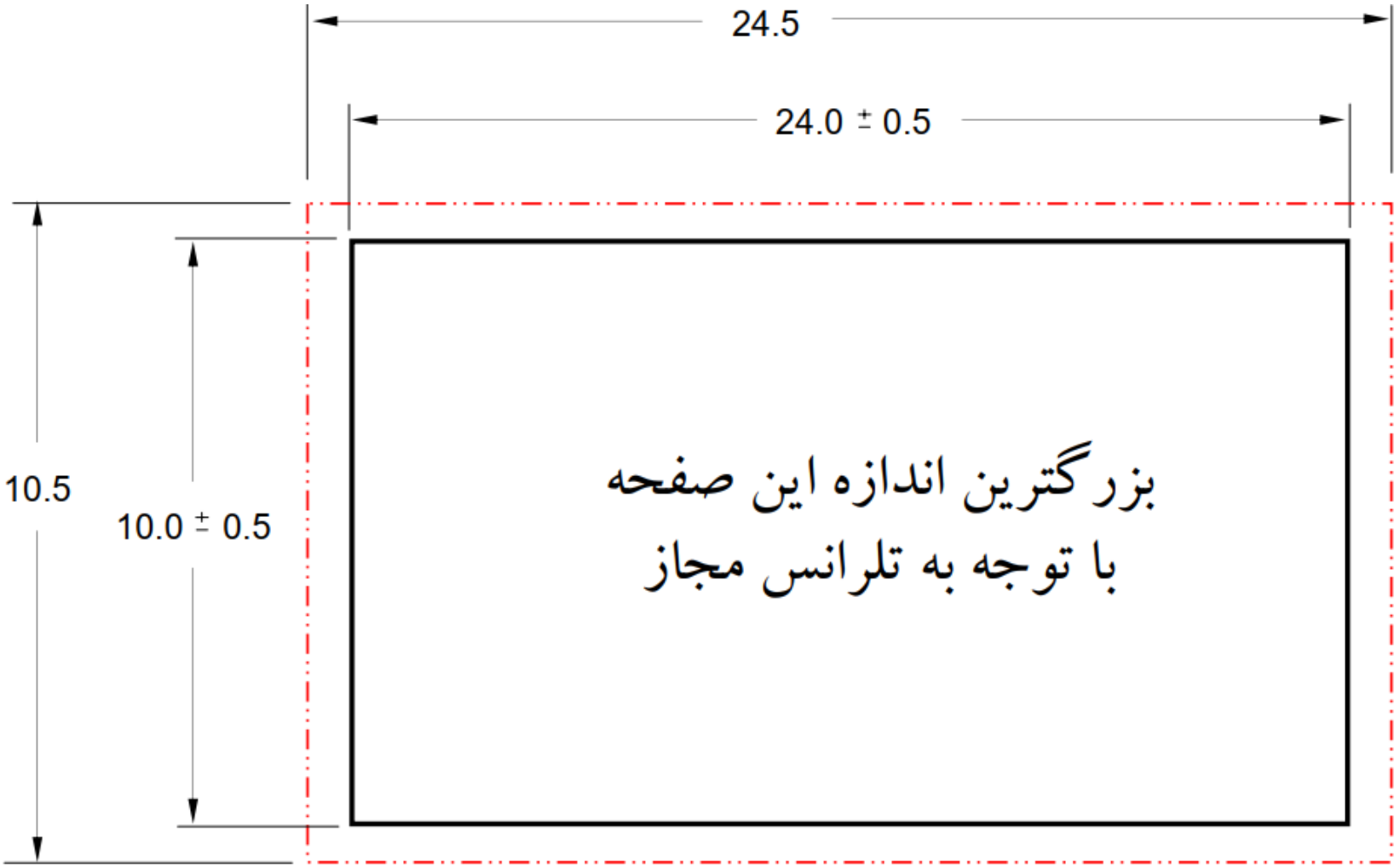
تلرانس‌های هندسی

مثال ۱



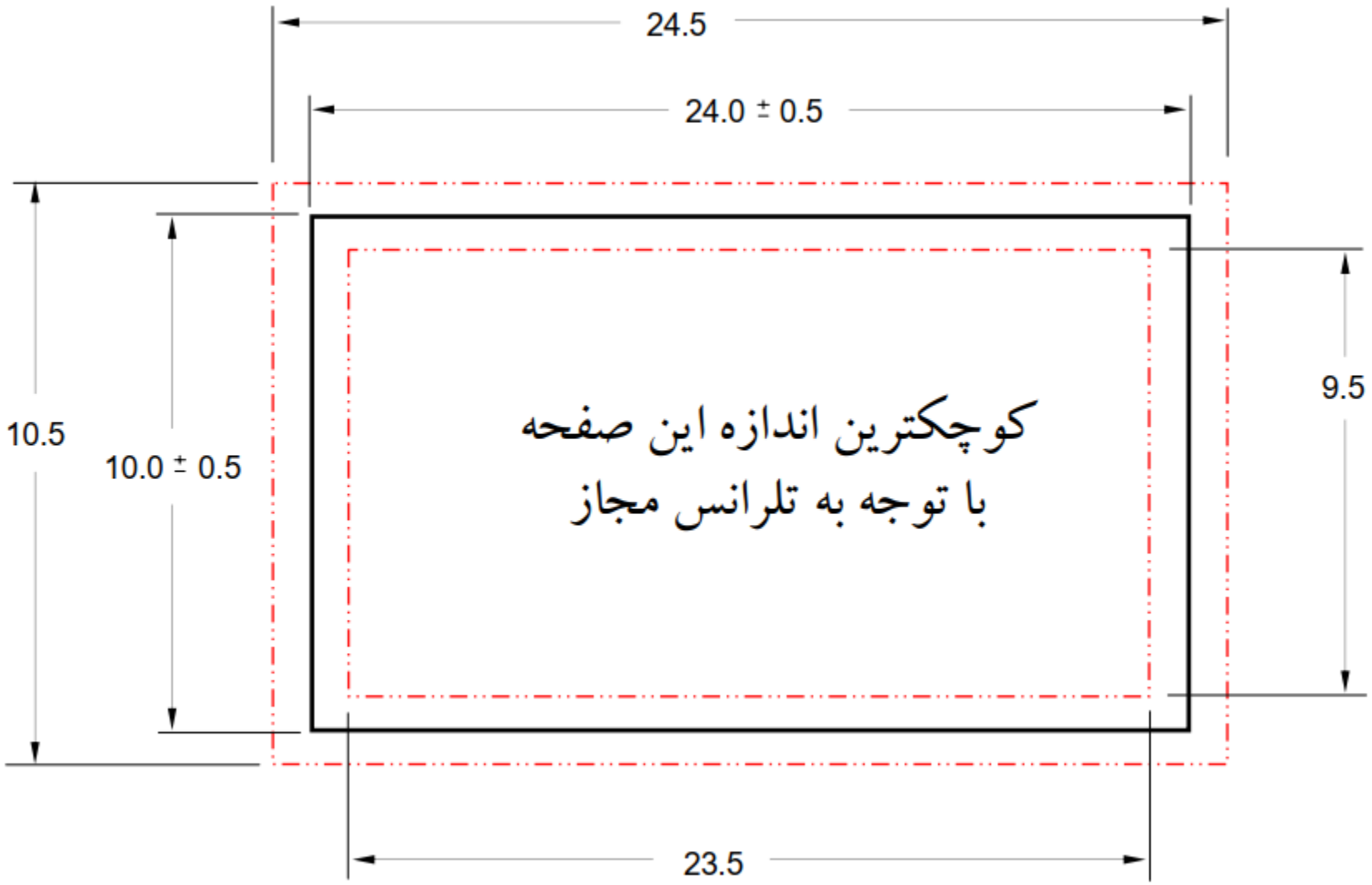
تلرانس‌های هندسی

مثال ۱



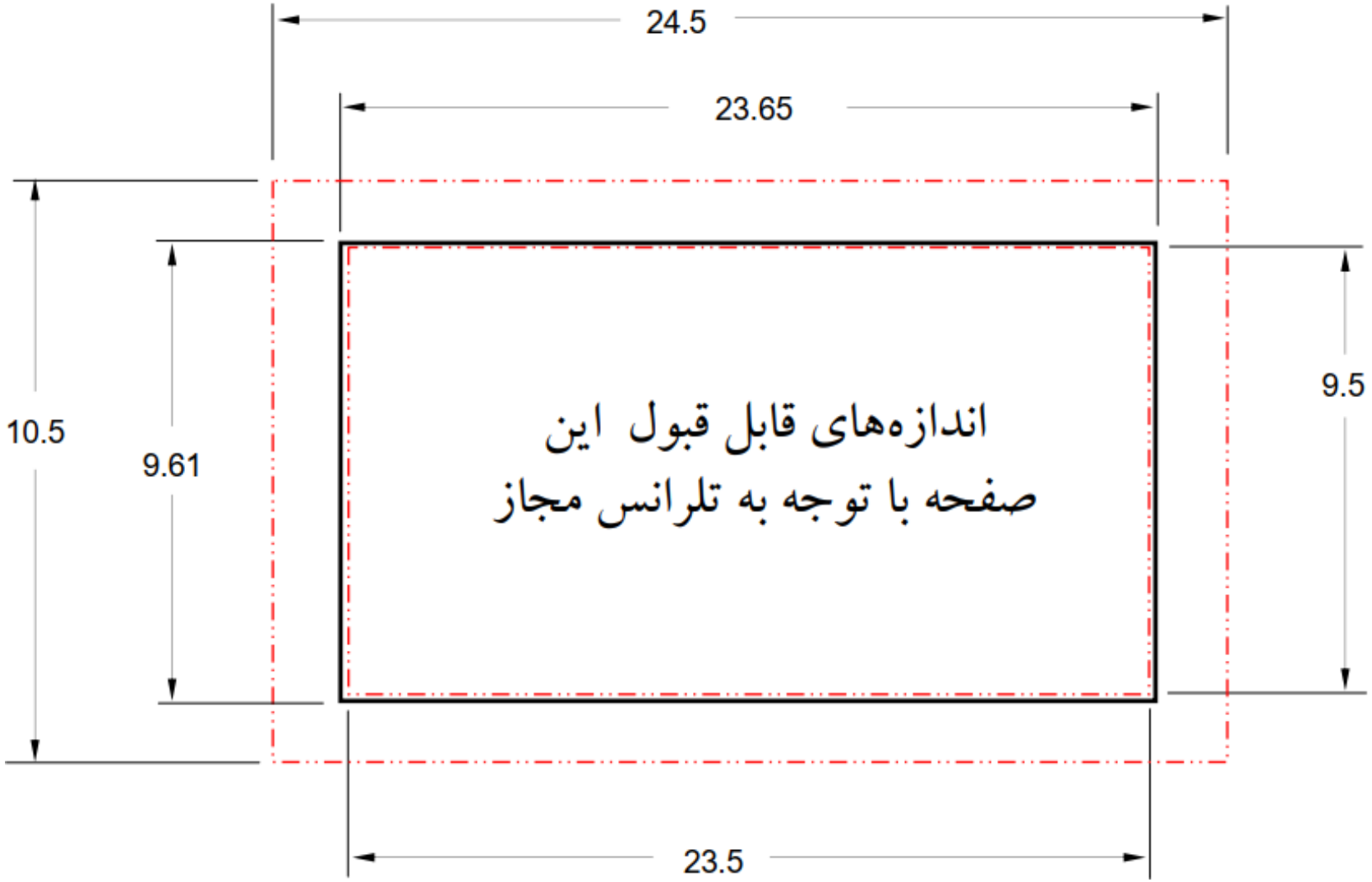
تلرانس‌های هندسی

مثال ۱



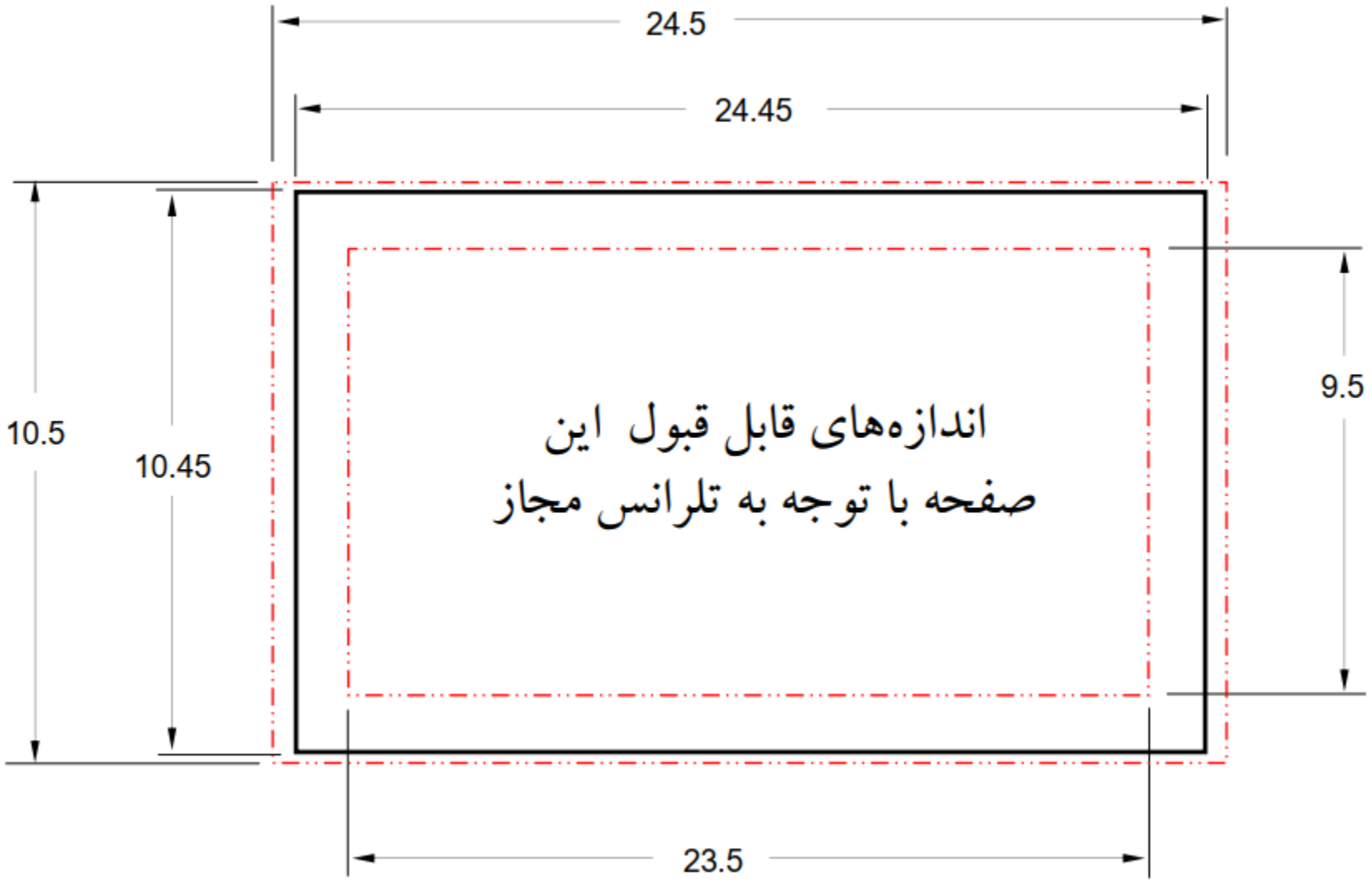
تلرانس‌های هندسی

مثال ۱



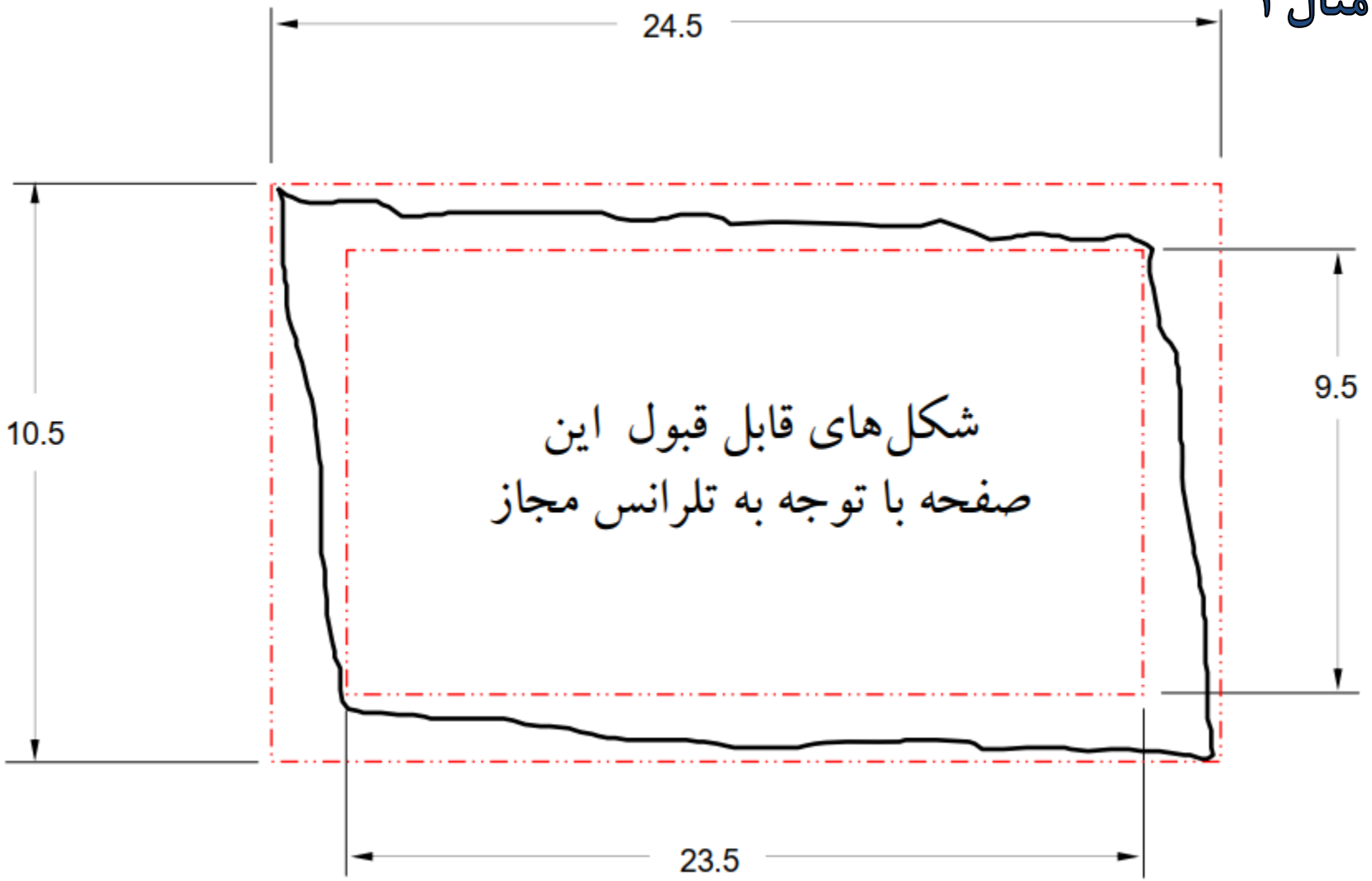
تلرانس‌های هندسی

مثال ۱



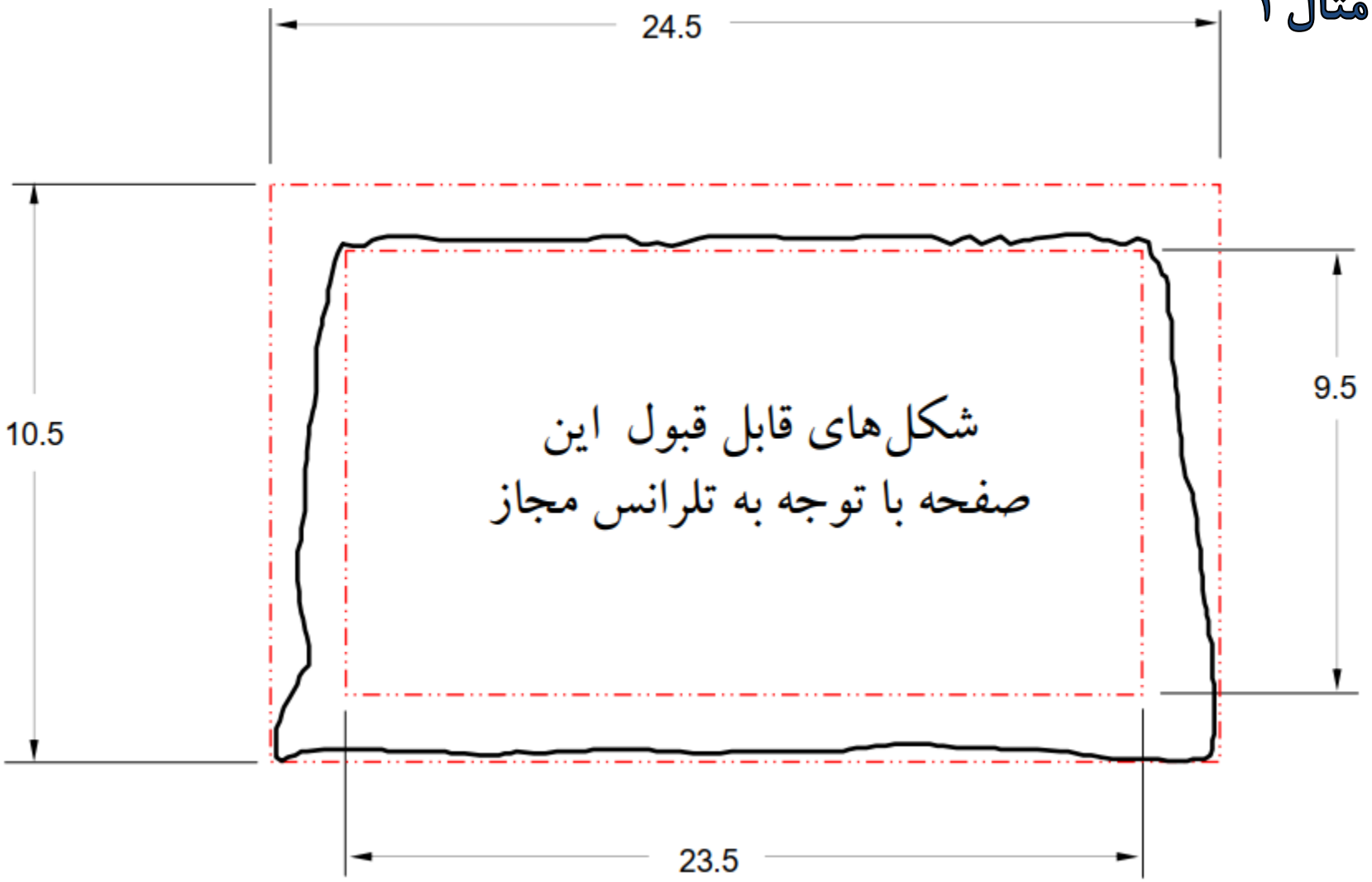
تلرانس‌های هندسی

مثال ۱



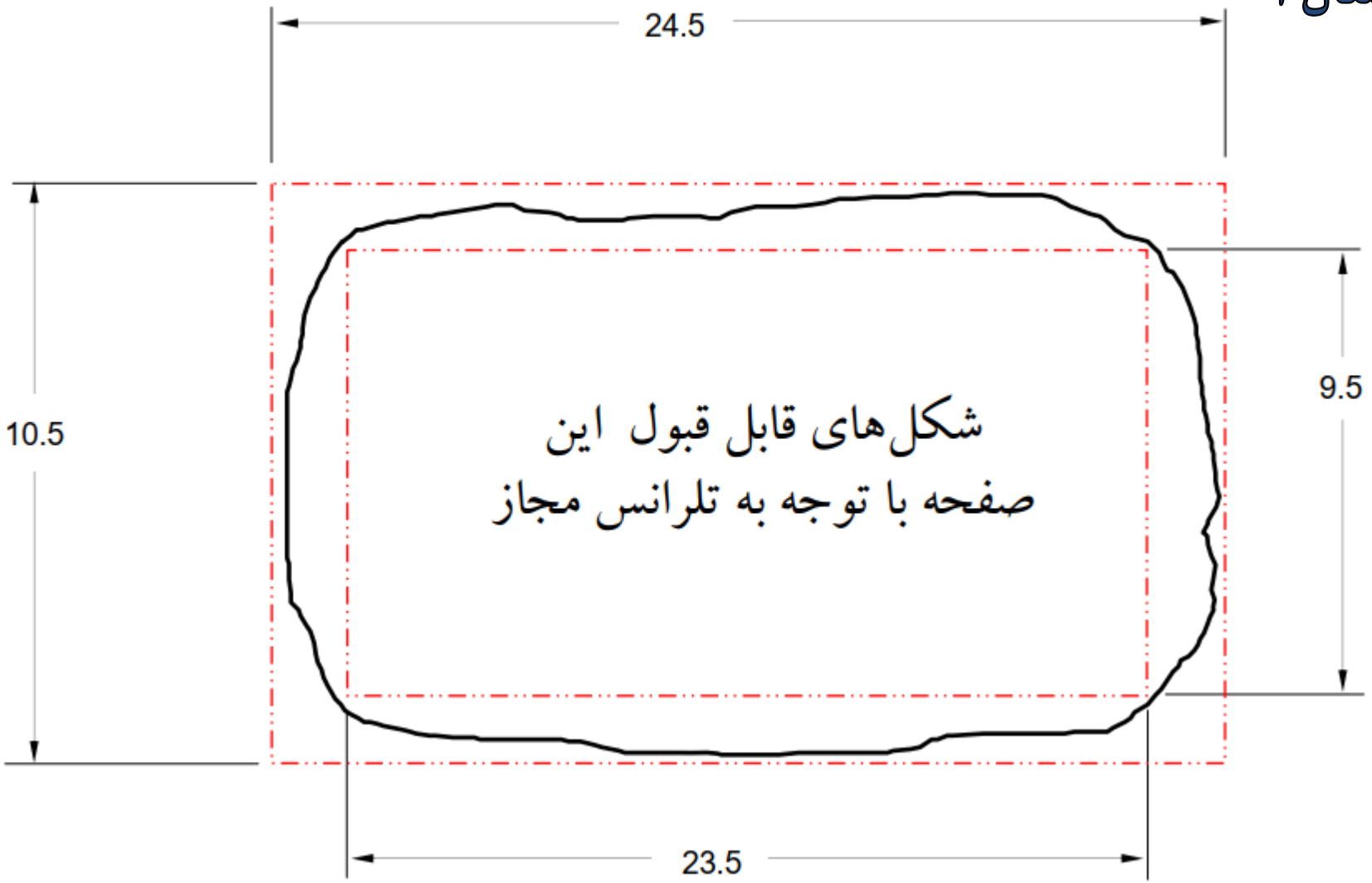
تلرانس‌های هندسی

مثال ۱



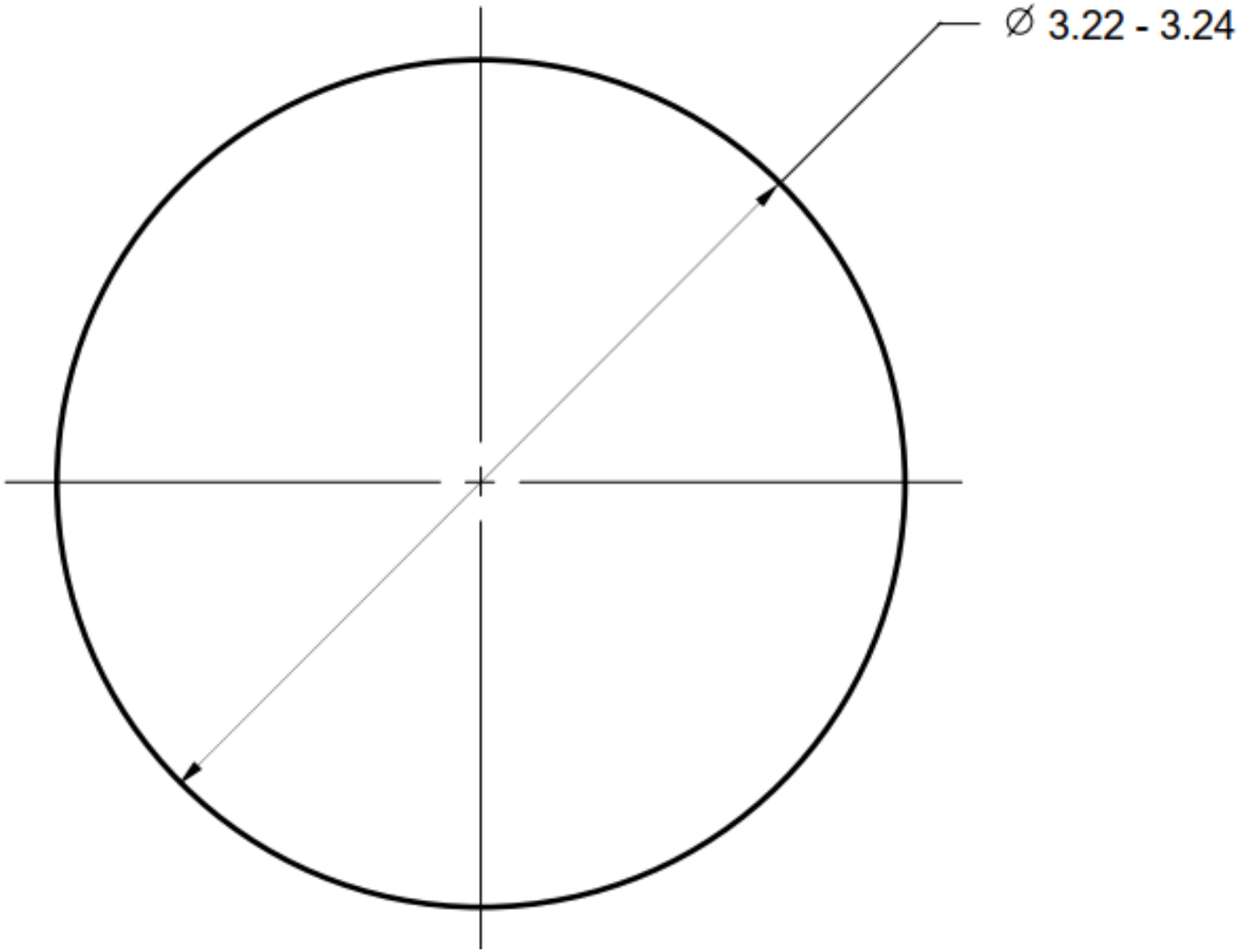
تلرانس‌های هندسی

مثال ۱



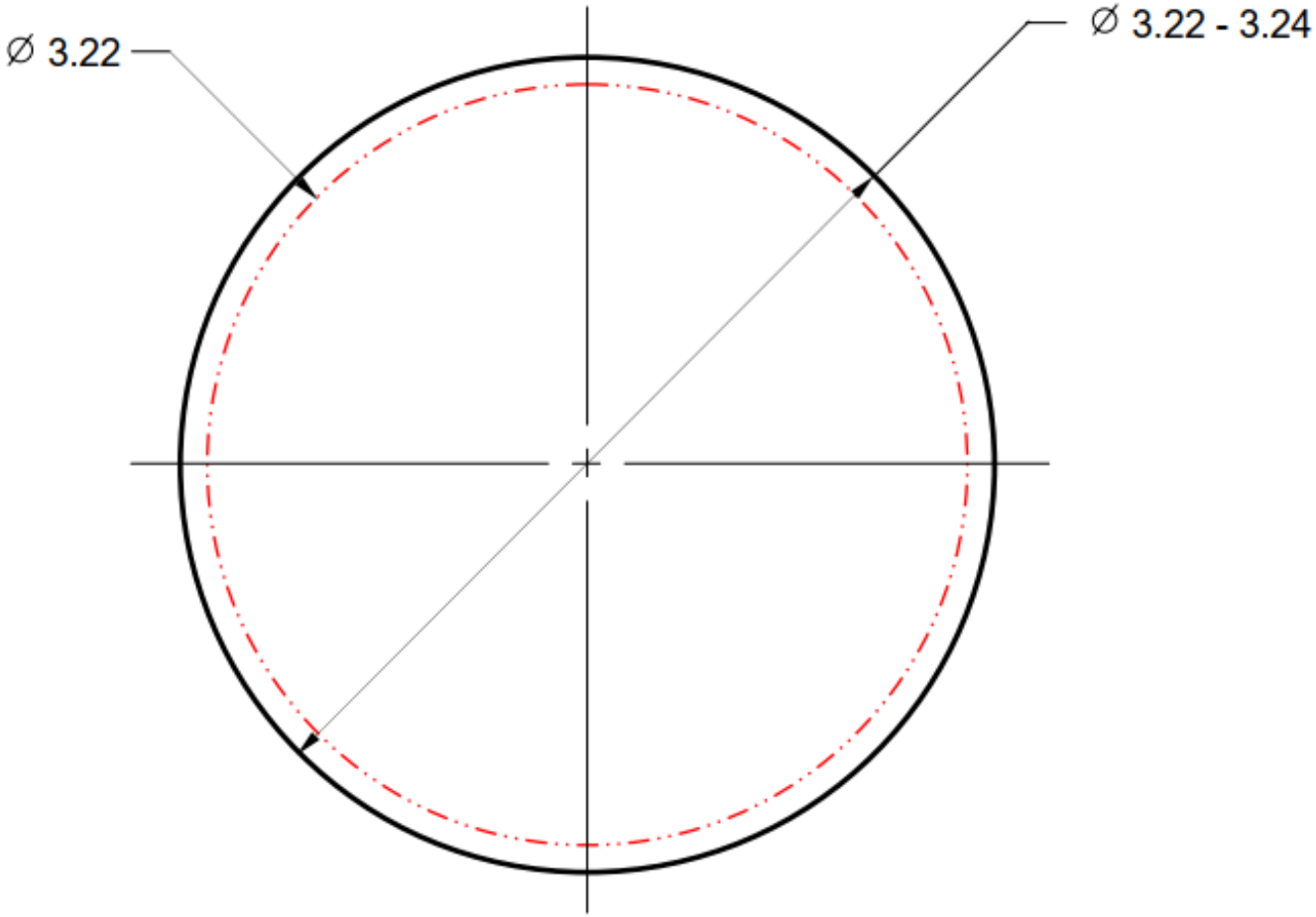
تلرانس‌های هندسی

مثال ۲



تلرانس‌های هندسی

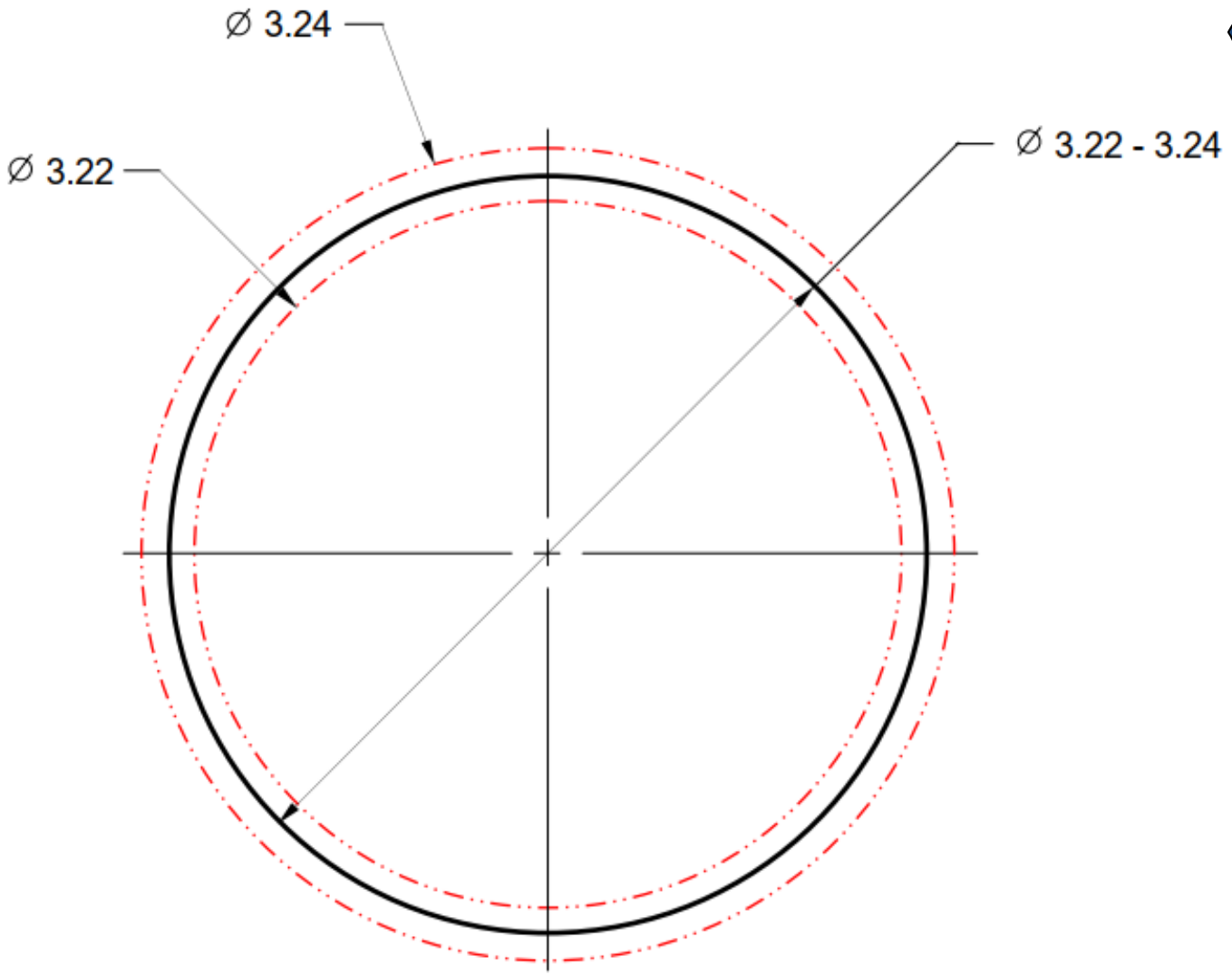
مثال ۲



کوچکترین اندازه این صفحه با توجه به تلرانس مجاز

تلرانس‌های هندسی

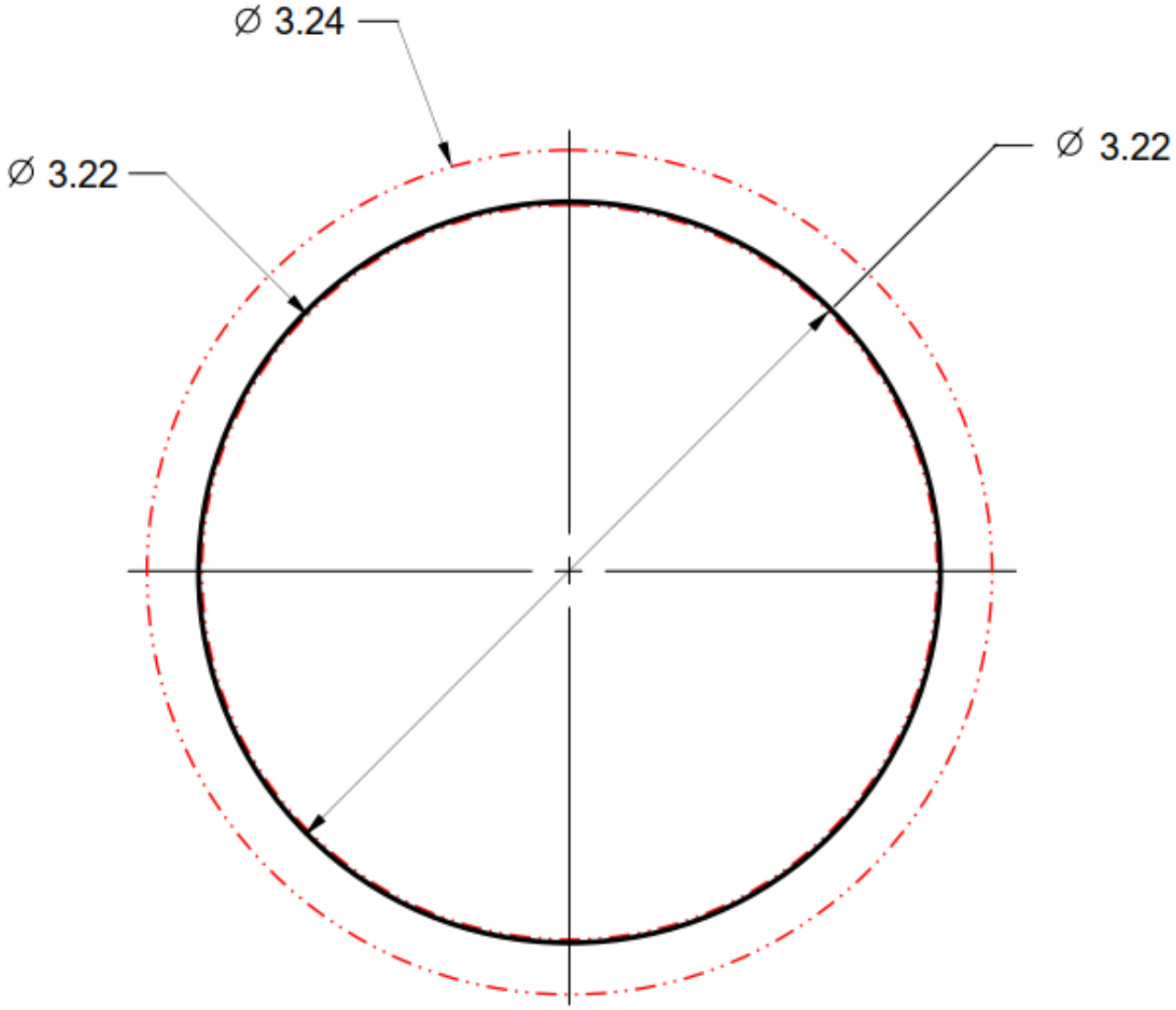
مثال ۲



بزرگترین اندازه این صفحه با توجه به تلرانس مجاز

تلرانس‌های هندسی

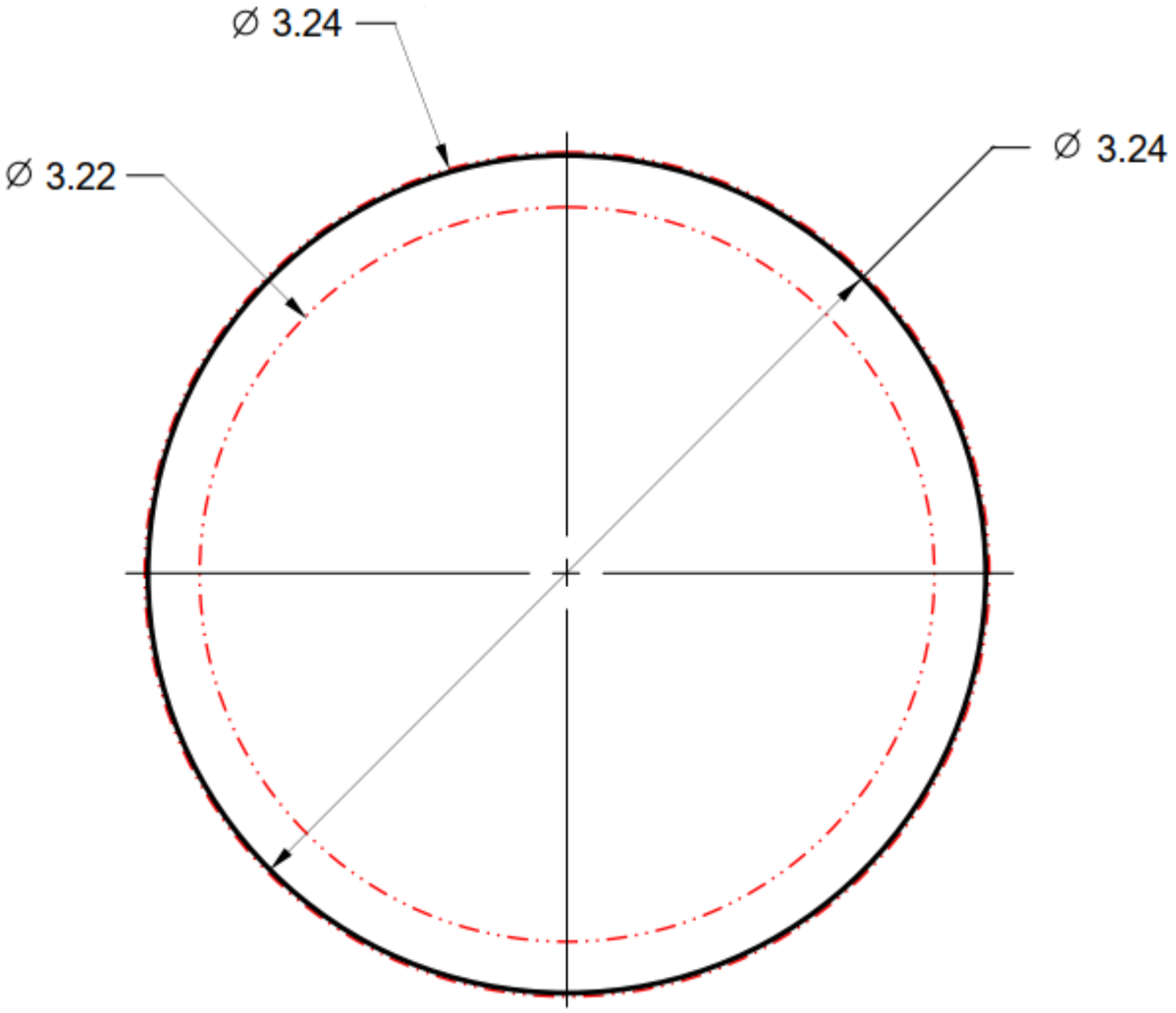
مثال ۲



اندازه‌های قابل قبول این صفحه با توجه به تلرانس مجاز

تلرانس‌های هندسی

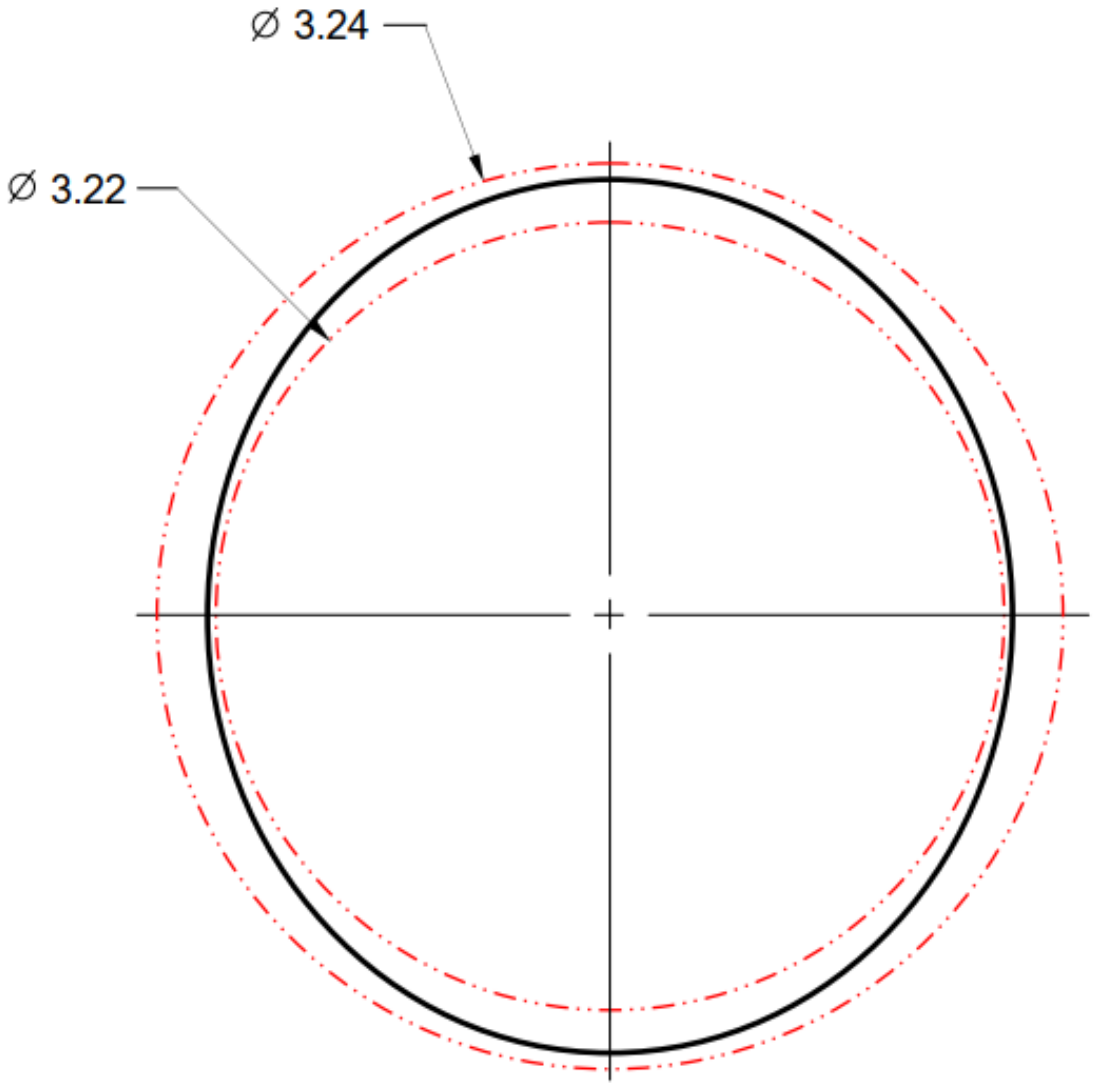
مثال ۲



اندازه‌های قابل قبول این صفحه با توجه به تلرانس مجاز

تلرانس‌های هندسی

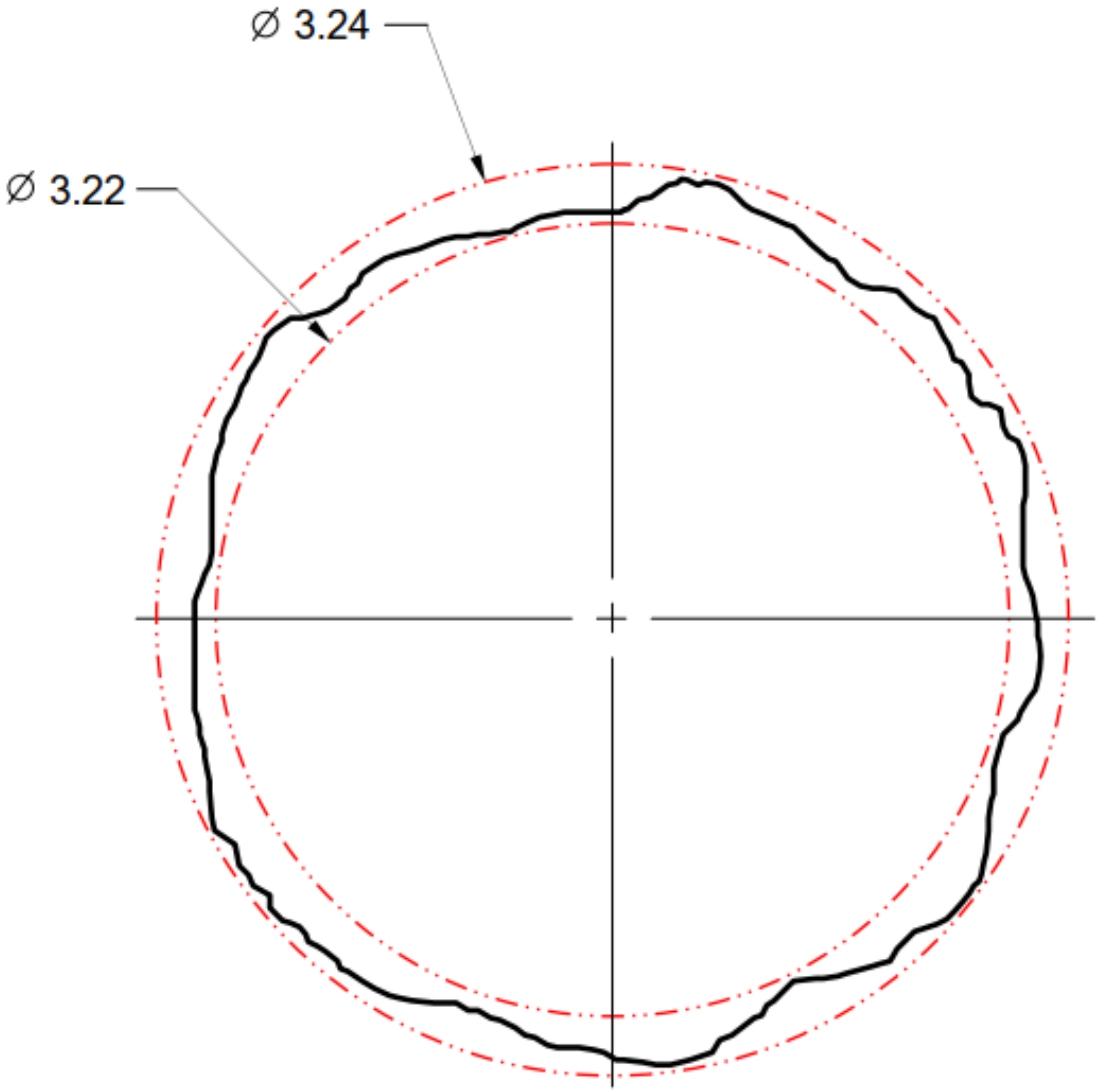
مثال ۲



شکل‌های قابل قبول این صفحه با توجه به تلرانس مجاز

تلرانس‌های هندسی

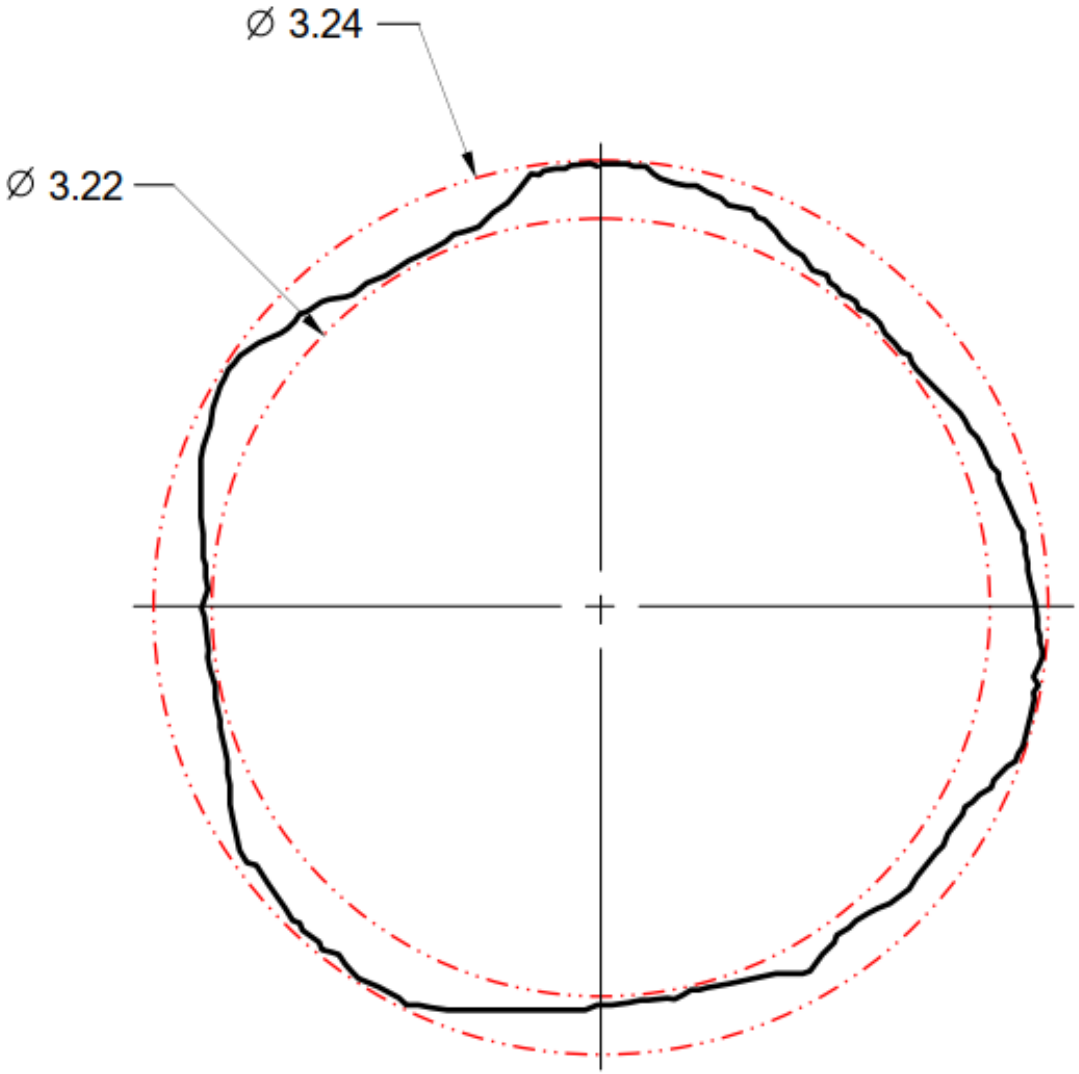
مثال ۲



شکل‌های قابل قبول این صفحه با توجه به تلرانس مجاز

تلرانس‌های هندسی

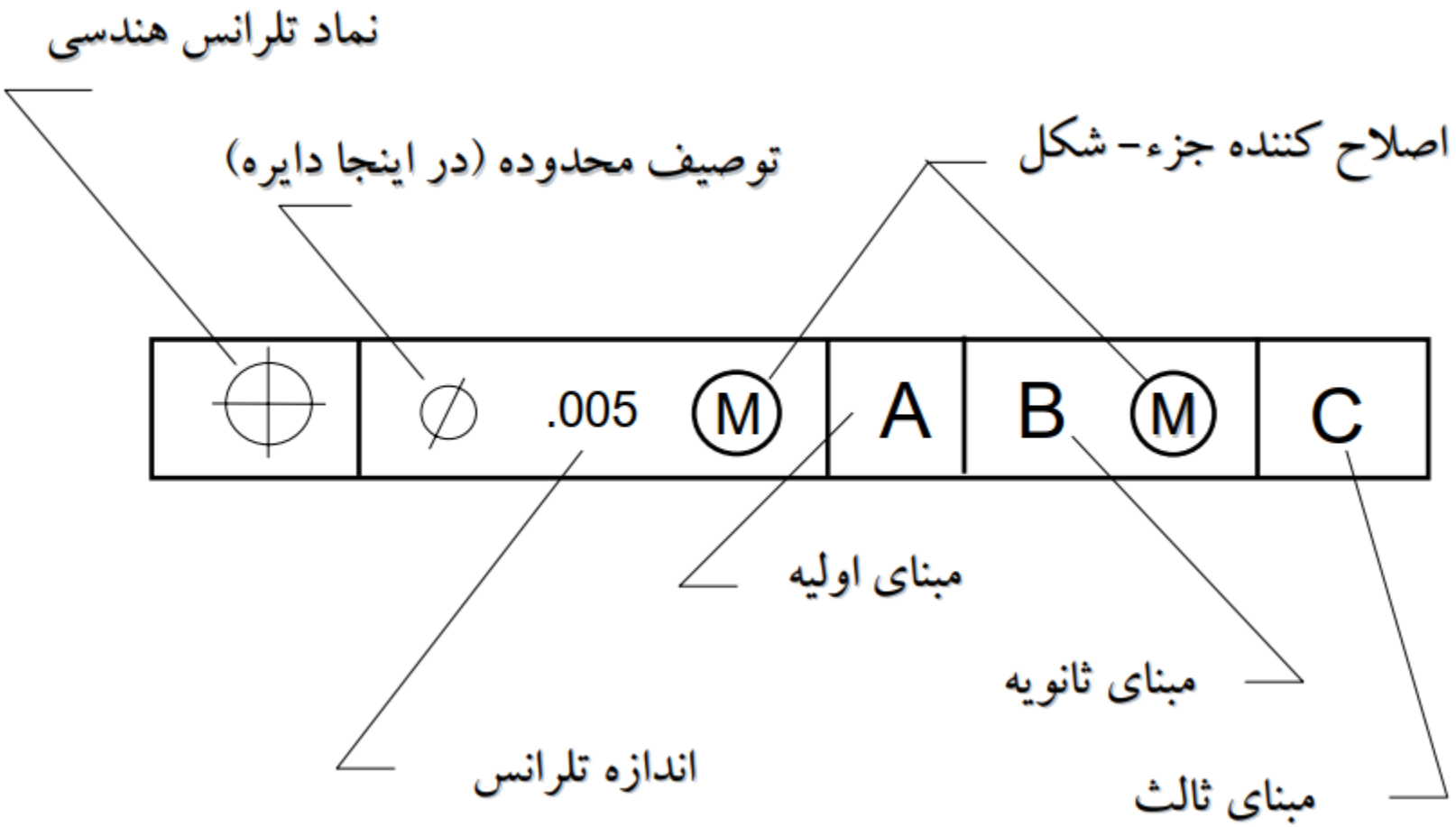
مثال ۲



شکل‌های قابل قبول این صفحه با توجه به تلرانس مجاز

تلرانس‌های هندسی

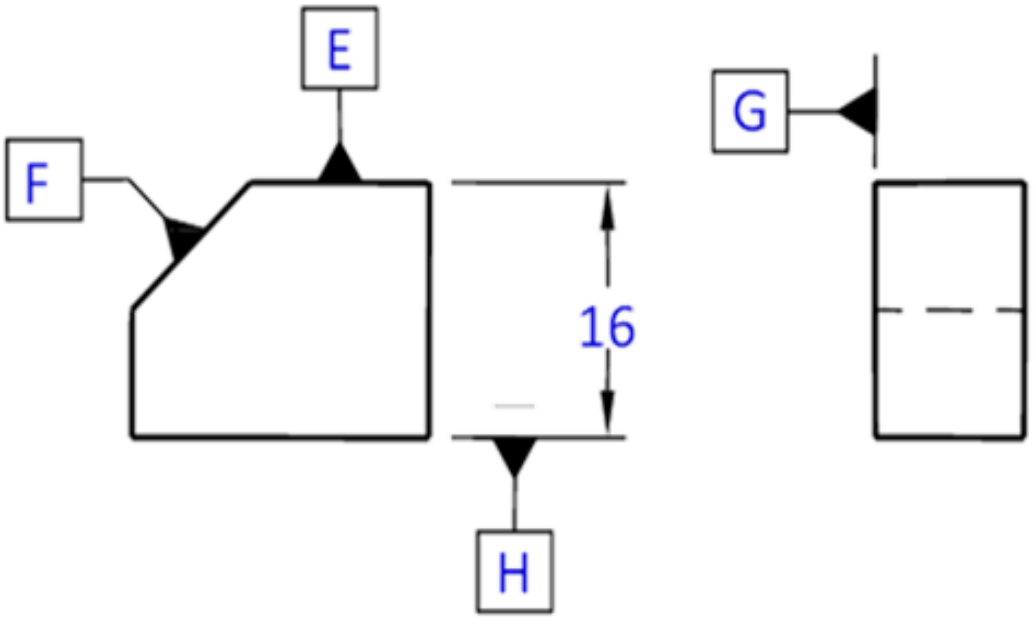
تلرانس‌گذاری هندسی زبان دقیقی است که فرم، جهت و موقعیت اجزای قطعه را در محدوده تلرانس‌گذاری تعریف می‌کند.



تلرانس‌های هندسی

خصوصیات سطوح مبنا:

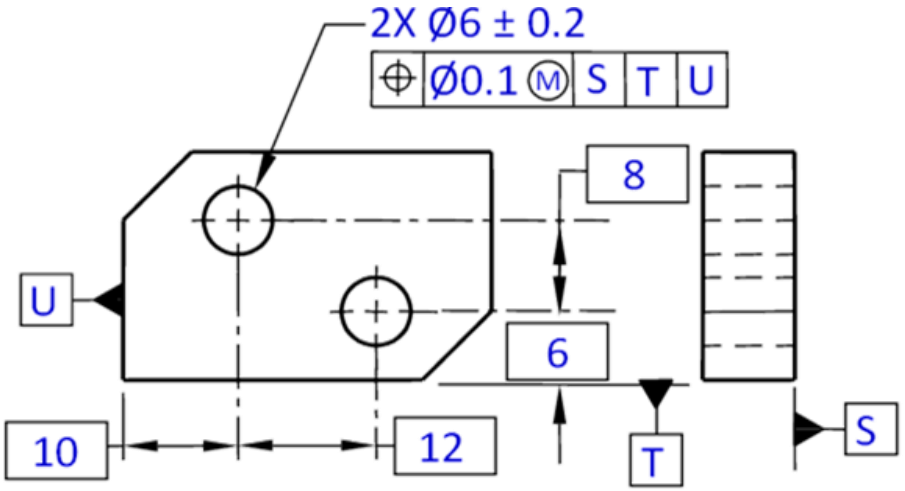
- ✓ همیشه نامگذاری سطوح مبنا با حرف A شروع می‌شود.
- ✓ از حروف I، O و Q استفاده نمی‌شود.
- ✓ ممکن است از حروف دوگانه نظیر AA، BB و ... استفاده شود.
- ✓ سطوح مبنا روی نقشه قطعات به صورت زیر بیان می‌شوند:



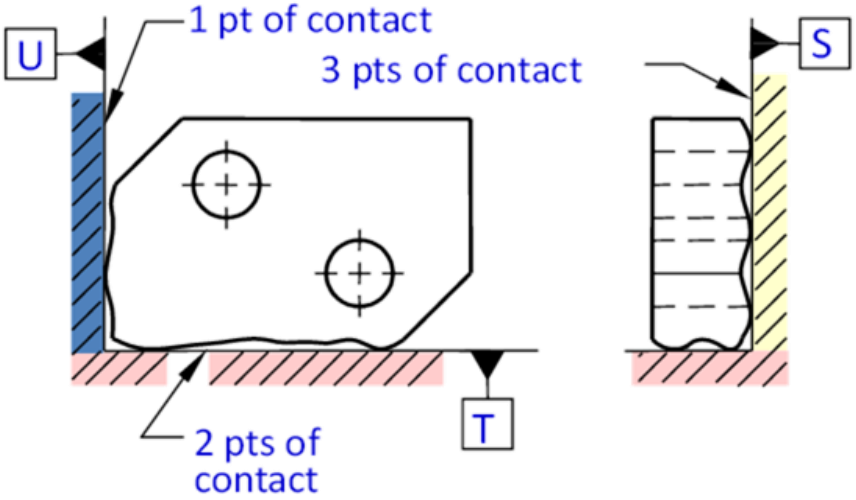
تلرانس‌های هندسی

ترتیب سطوح مبنا: ۱- سطح مبنای اولیه دارای سه نقطه تماس، ۲- سطح مبنای ثانویه دارای دو نقطه تماس، ۳- سطح مبنای ثالث دارای یک نقطه تماس

(A)This drawing symbology



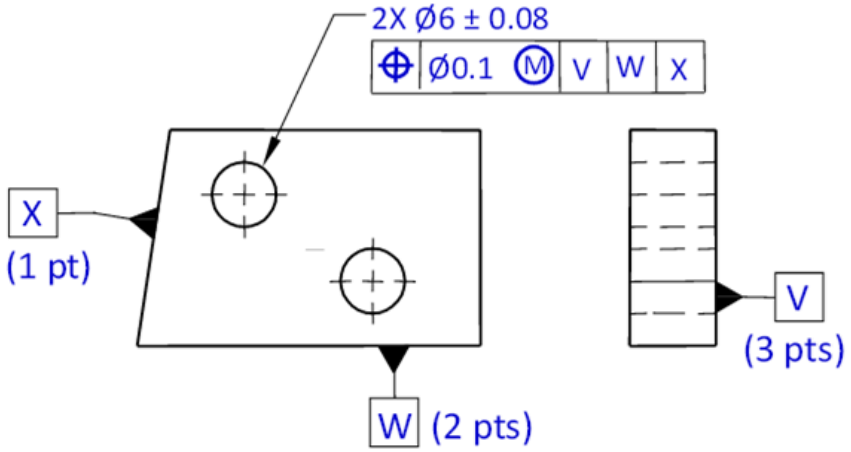
(B) Means this

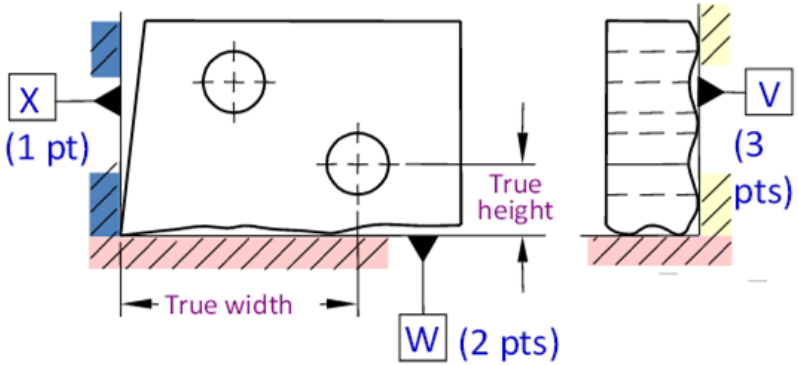


تلرانس‌های هندسی

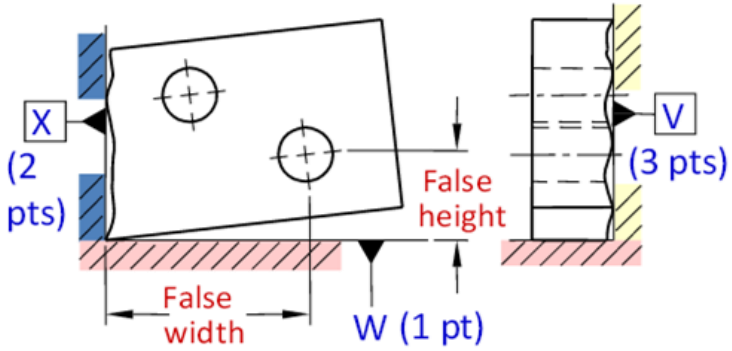
ترتیب سطوح مبنا:

- ✓ ترتیب سطوح مبنا، بسیار مهم و بحرانی است؛





Correct inspection procedure

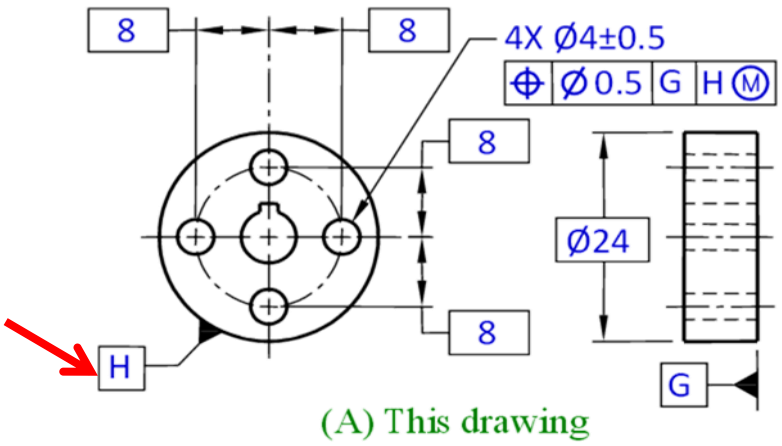


Incorrect inspection procedure

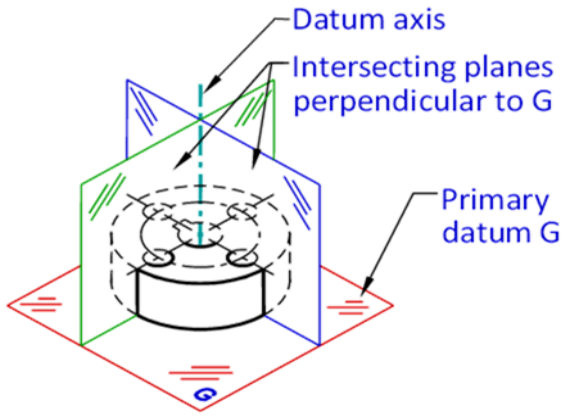
تلرانس‌های هندسی

محور مبنا:

- ✓ محور مبنا توسط تقاطع دو صفحه حاصل می‌شود.

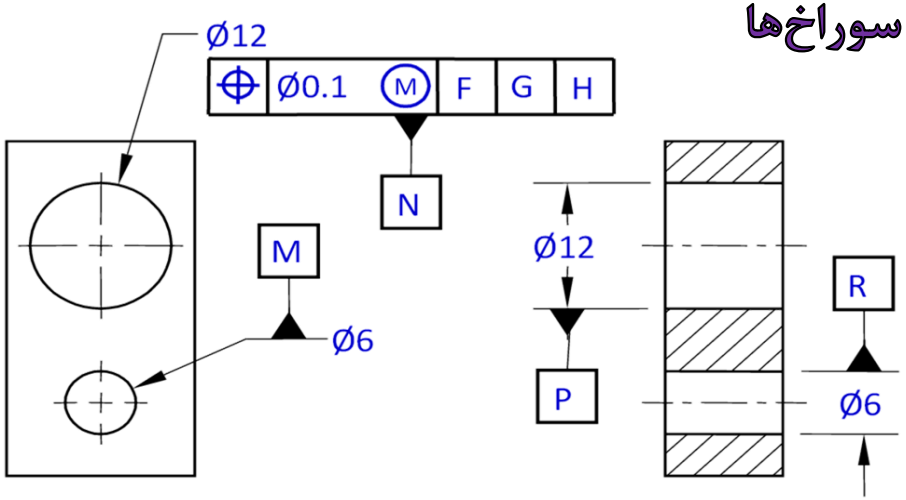


(A) This drawing



(B) Means this

- ✓ روش‌های مختلف اعمال نماد محور مبنا بر سوراخ‌ها

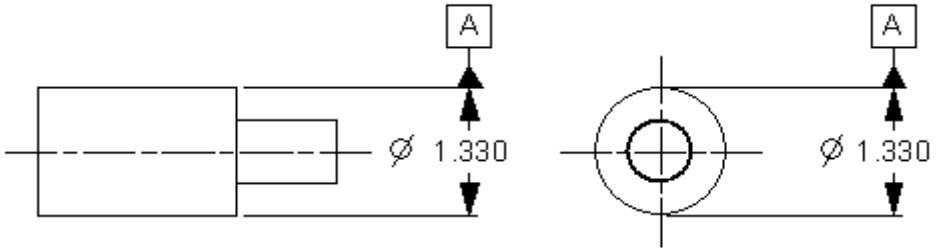


محور مبنا هرگز روی خط محور مرکزی سوراخ قرار نمی‌گیرد.

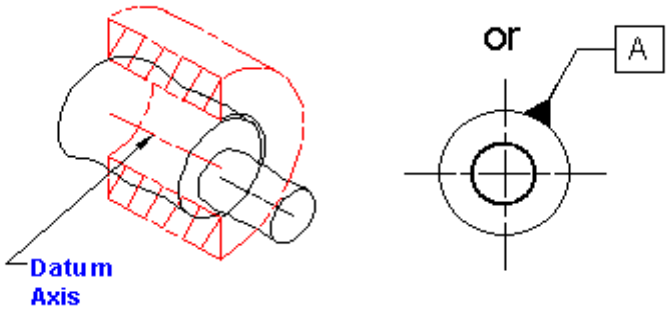
تلرانس‌های هندسی

✓ روش‌های مختلف اعمال نماد محور مبنا بر شفت‌ها

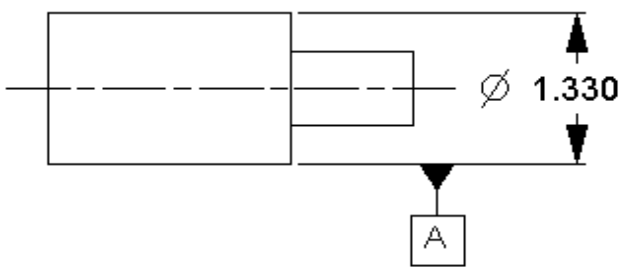
محور مبنا هرگز روی محور مرکزی شفت قرار نمی‌گیرد.

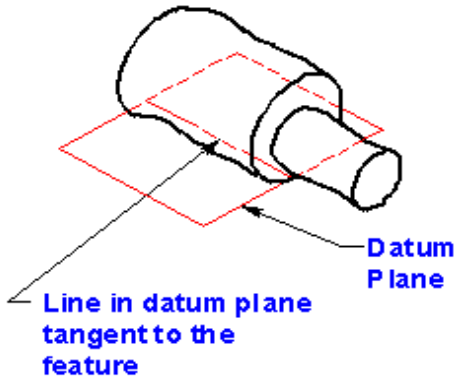


محور مبنا در راستای خطوط اندازه است.



محور مبنا در راستای خطوط اندازه نیست؛ منظور از محور مبنا، خطی است که در صفحه مماس به شکل قرار دارد.



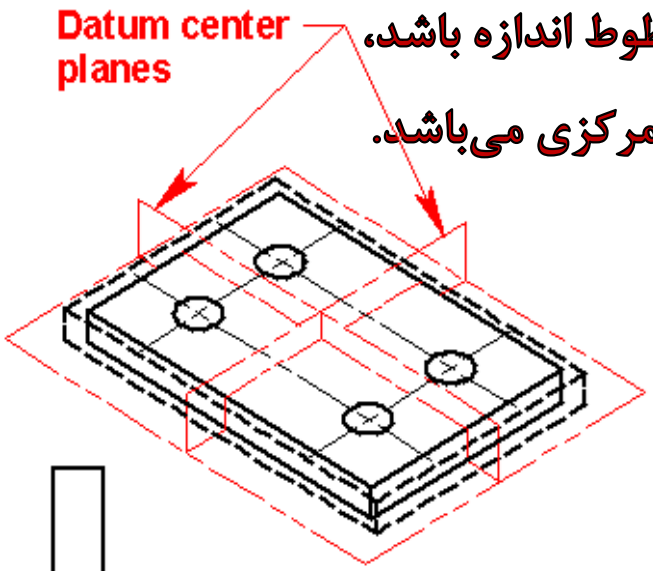


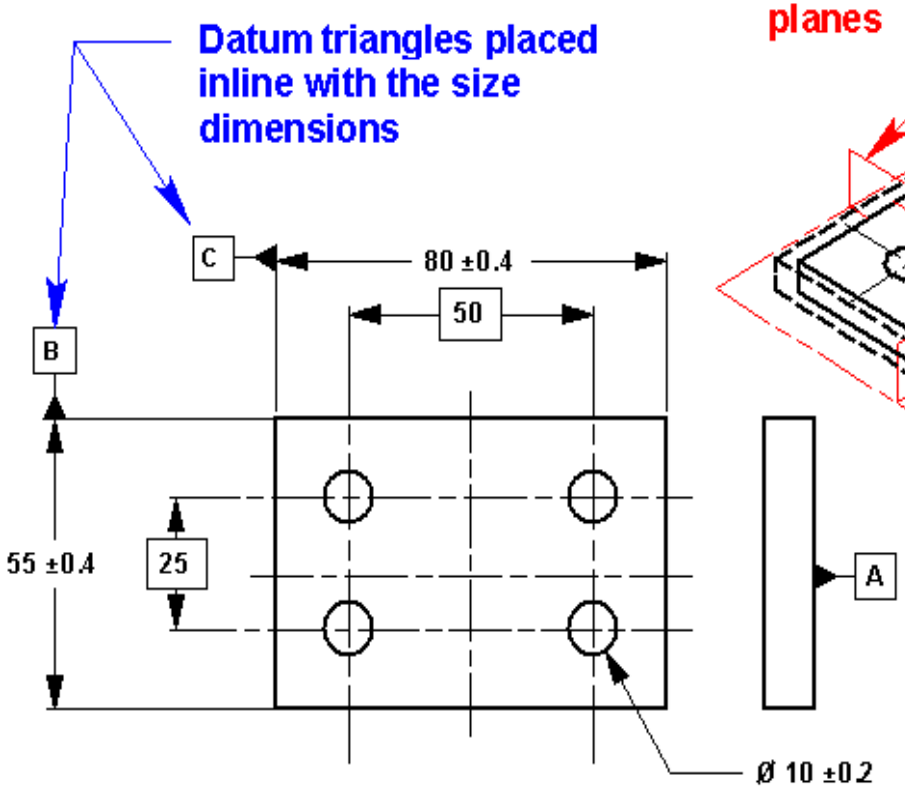
تلرانس‌های هندسی

- ✓ تفاوت تفسیر نقشه بر اساس محل قرارگیری مثلث مبنا

اگر مثلث مبنا در راستای خطوط اندازه باشد،

منظور از سطح مبنا، صفحه مرکزی می‌باشد.



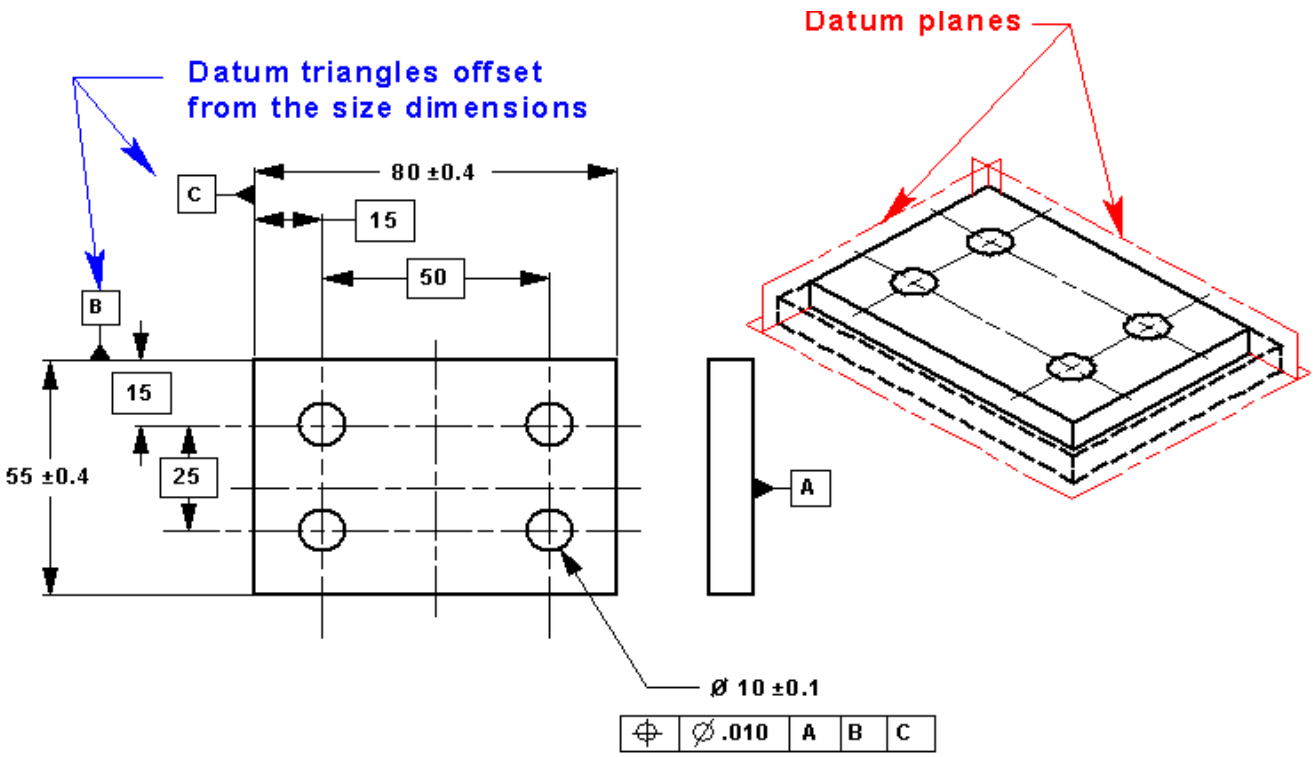


کاربرد: از این روش زمانی استفاده می‌شود که الگوی سوراخ‌ها بدون توجه به طول و عرض واقعی در مرکز صفحه باقی می‌مانند.

تلرانس‌های هندسی

- ✓ تفاوت تفسیر نقشه بر اساس محل قرارگیری مثلث مبنا

اگر مثلث مبنا در راستای خطوط اندازه نباشد، منظور از سطح مبنا، صفحه کناری قطعه می‌باشد.

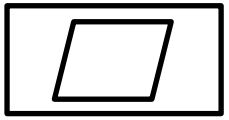


کاربرد: از این روش زمانی استفاده می‌شود که الگوی سوراخ‌ها مهم نباشند.
اگرچه معمولا سازنده‌ها این روش را ترجیح می‌دهند، تقارن قطعه از دست می‌رود و ممکن است در بازرسی ایجاد ابهام نماید

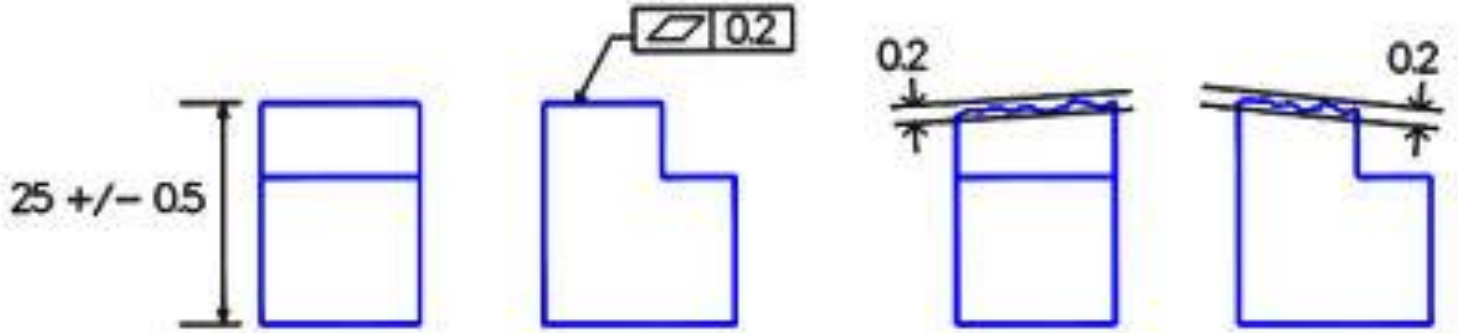
انواع تلرانس‌های هندسی

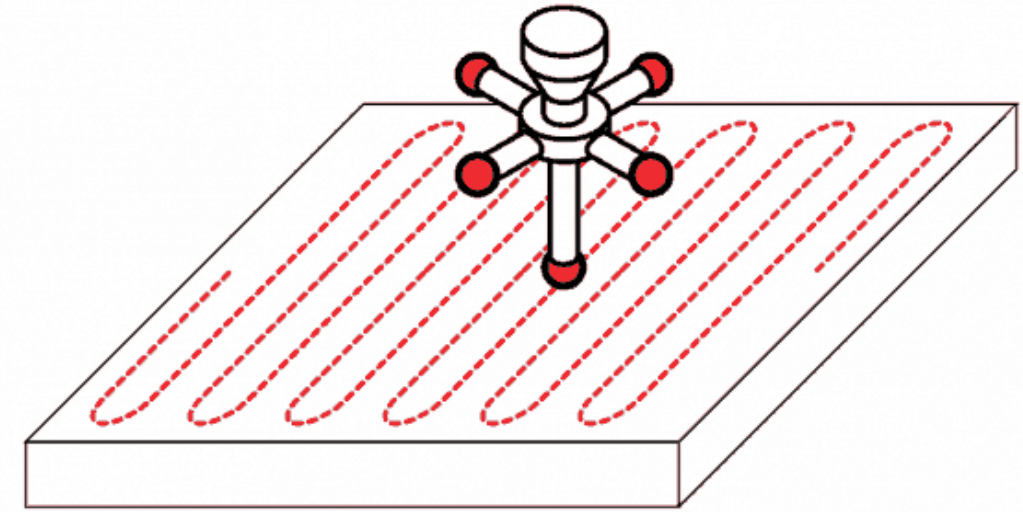
TYPE OF FEATURE	TYPE OF TOLERANCE	CHARACTERISTIC	SYMBOL	Use of Datum Reference	
INDIVIDUAL (No Datum Reference)	FORM	FLATNESS		Never	تخت بودن
		STRAIGHTNESS			مستقیم بودن
		CIRCULARITY			گرد بودن
		CYLINDRICITY			استوانه‌ای بودن
INDIVIDUAL or RELATED FEATURES	PROFILE	LINE PROFILE		Sometimes	پروفیل منحنی
		SURFACE PROFILE			پروفیل سطح
RELATED FEATURES (Datum Reference Required)	ORIENTATION	PERPENDICULARITY		Always	عمود بودن
		ANGULARITY			زاویه‌دار بودن
		PARALLELISM			موازی بودن
	RUNOUT	CIRCULAR RUNOUT			لنگی
		TOTAL RUNOUT			لنگی کل
	LOCATION	CONCENTRICITY			هم محوری
		POSITION			موقعیت
		SYMMETRY			تقارن

انواع تلرانس‌های هندسی

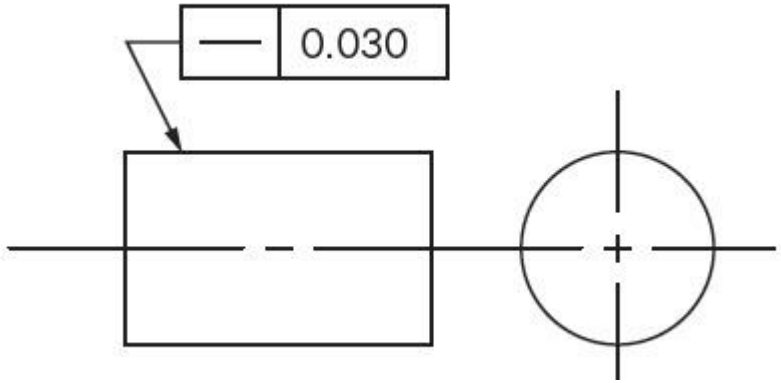


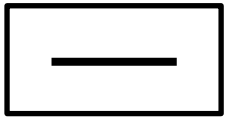
تلرانس تخت بودن





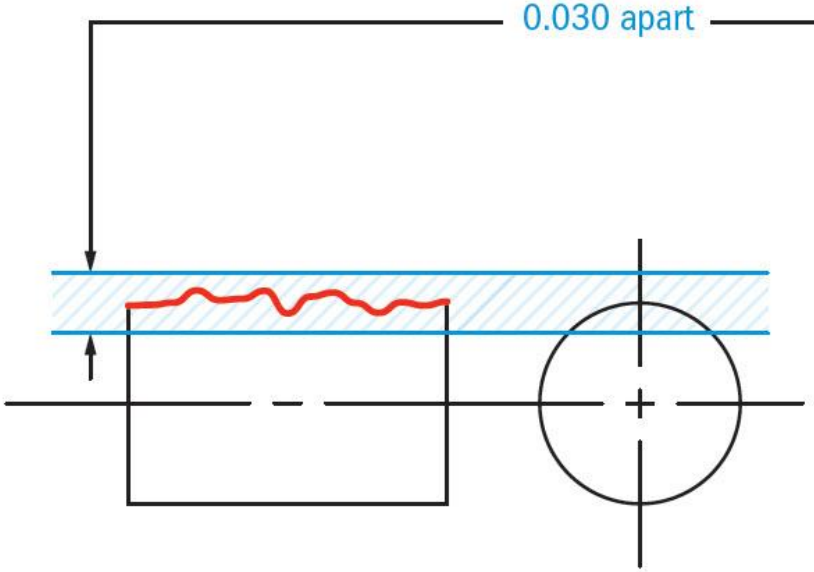
انواع تلرانس‌های هندسی

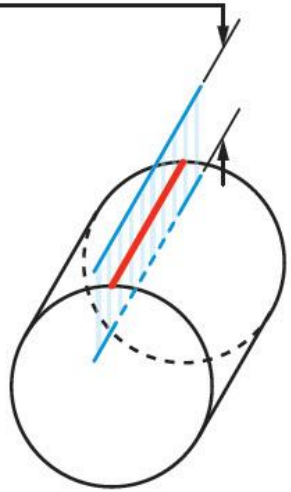


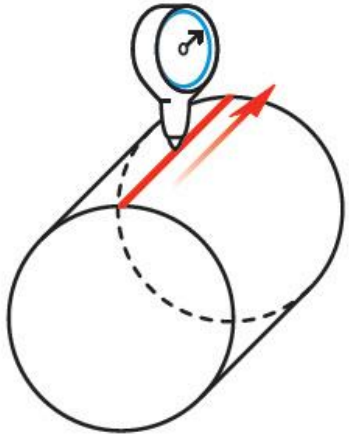


تلرانس مستقیم بودن

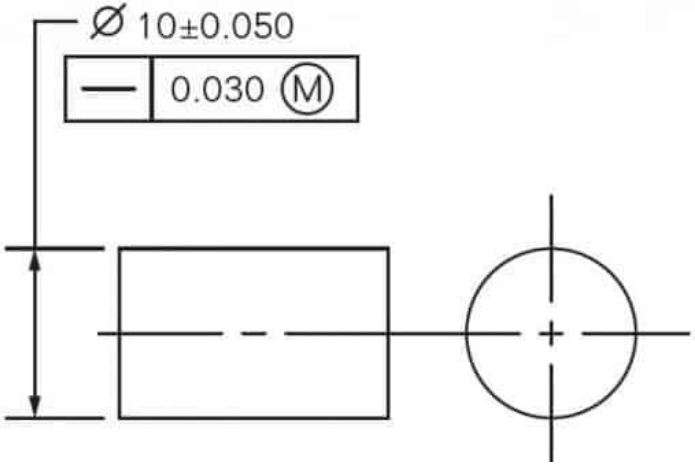
Two parallel lines
0.030 apart

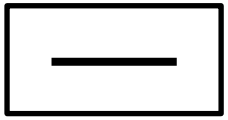




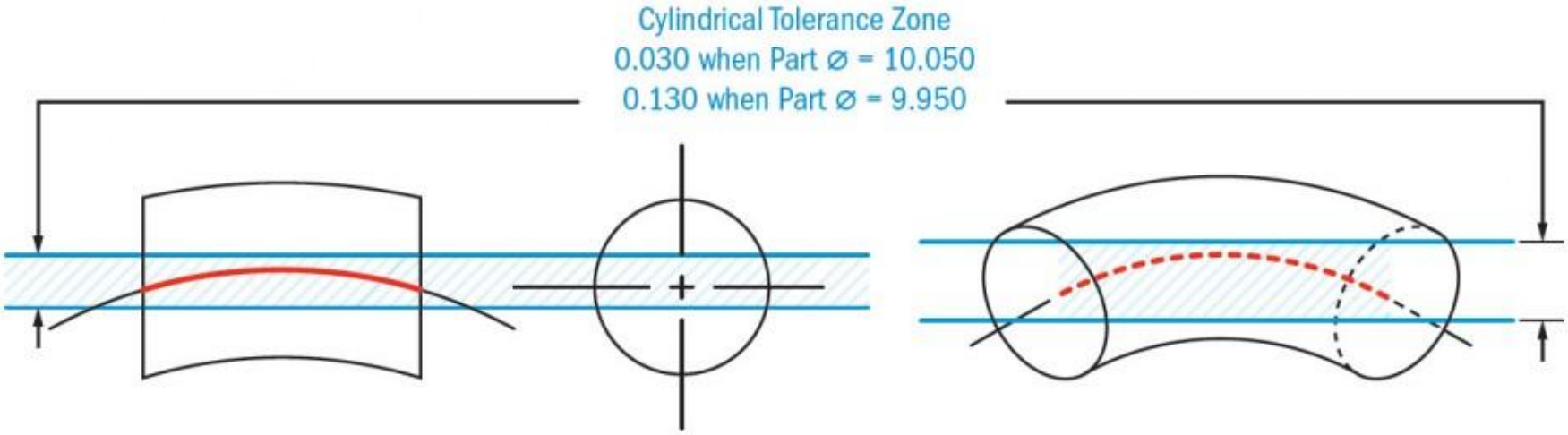


انواع تلرانس‌های هندسی

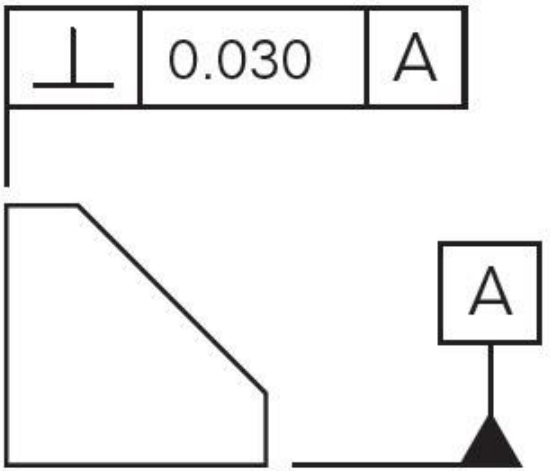


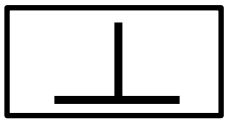


تلرانس مستقیم بودن

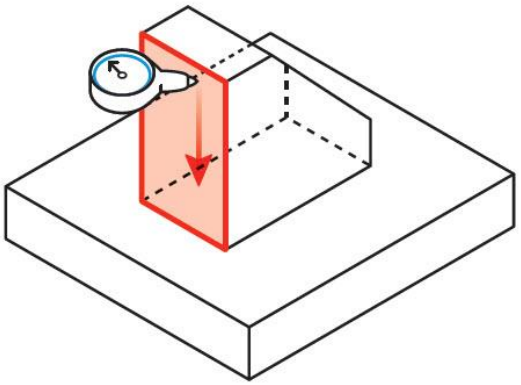


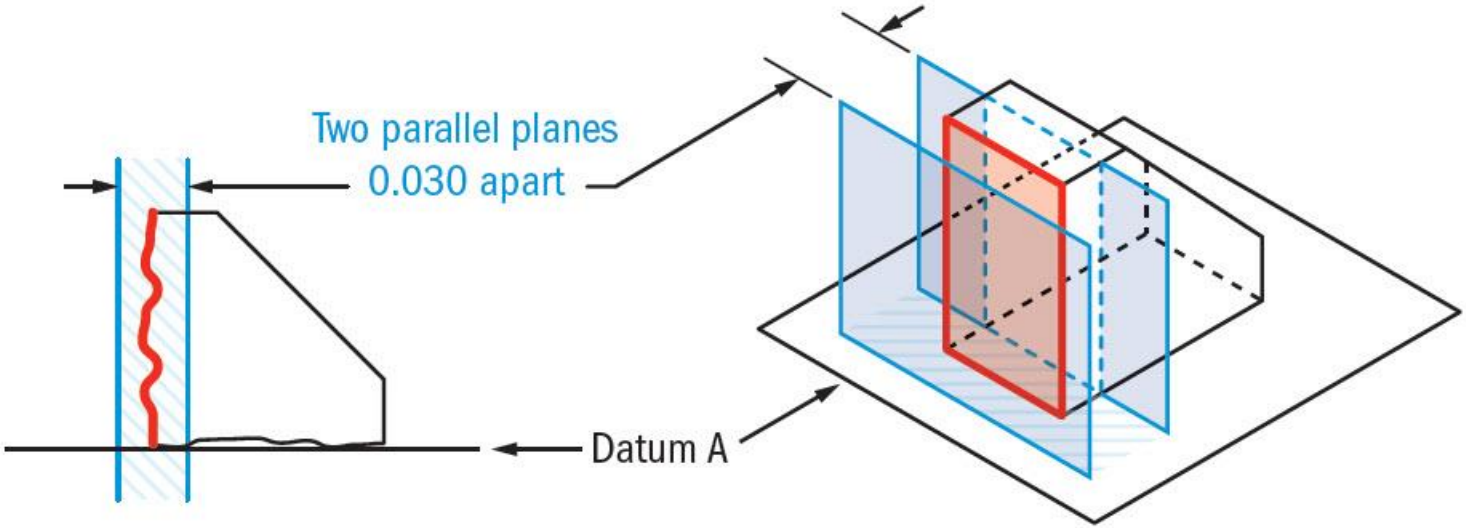
انواع تلرانس‌های هندسی





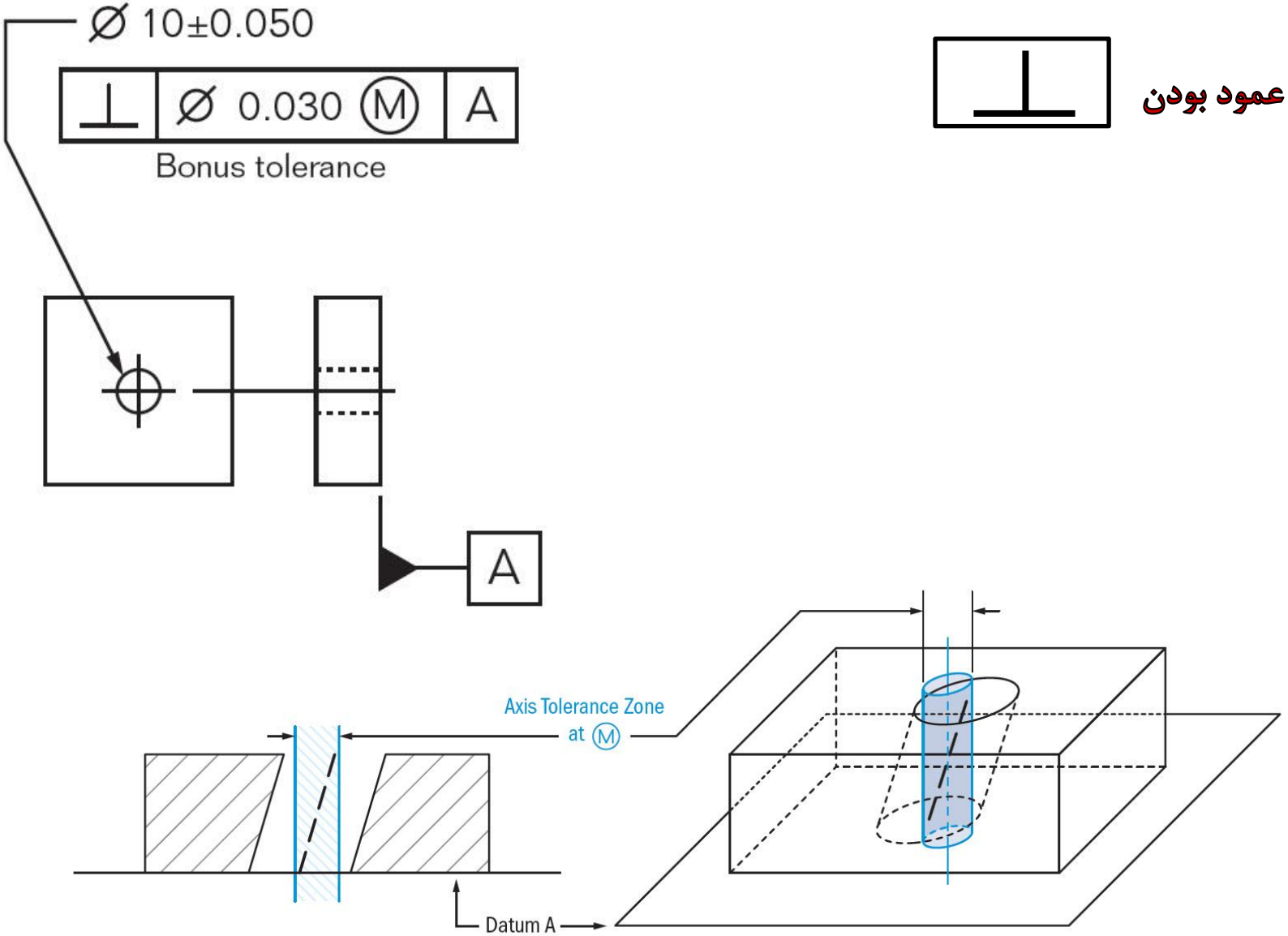
تلرانس عمود بودن



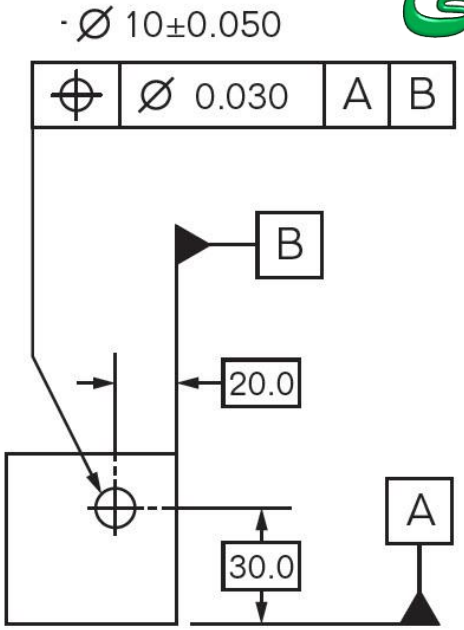


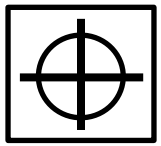
انواع تلرانس‌های هندسی

تلرانس عمود بودن

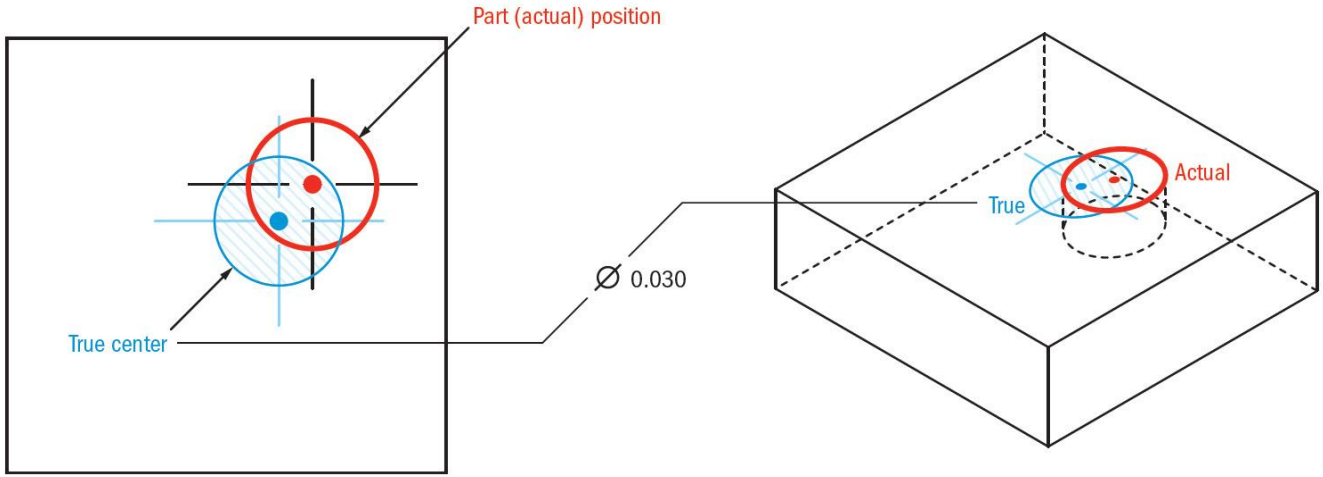


انواع تلرانس‌های هندسی





تلرانس موقعیت



انواع اصلاح کننده ها

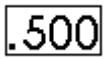
– Maximum Material Condition MMC

– Regardless of Feature Size RFS

– Least Material Condition LMC

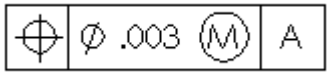
– Projected Tolerance Zone

– Diametrical (Cylindrical) Tolerance Zone or Feature



– Basic, or Exact, Dimension

– Datum Feature Symbol



– Feature Control Frame

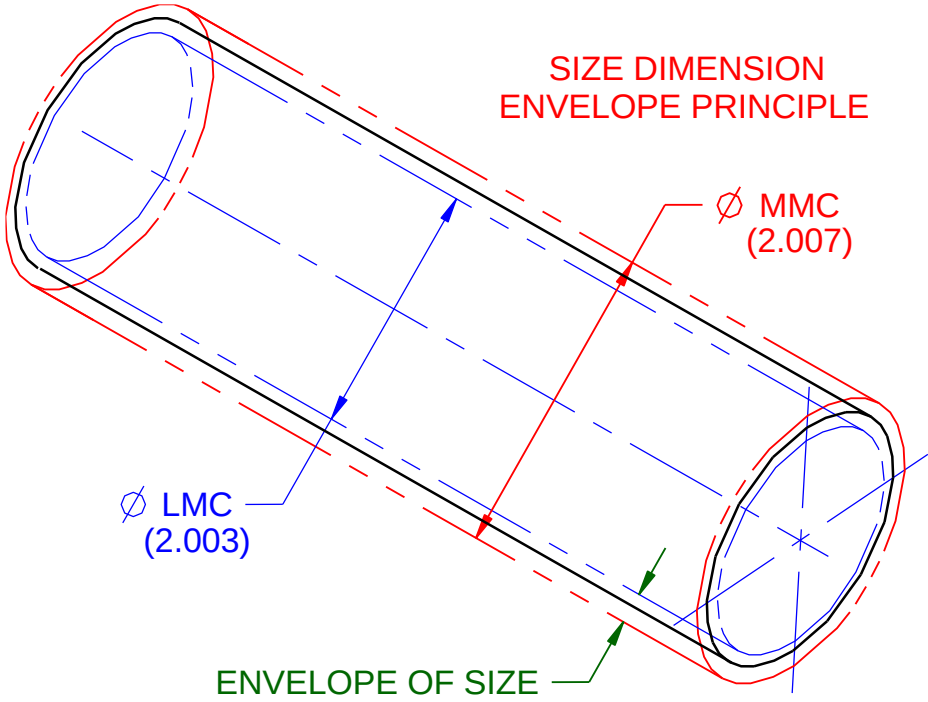
انواع اصلاح کننده‌ها

شرایط بیشینه ماده (MMC)
(Maximum Material Condition)

شرایطی از ابعاد یک قطعه که در آن:

شفت در بیشترین اندازه خود

سوراخ در کمترین اندازه خود

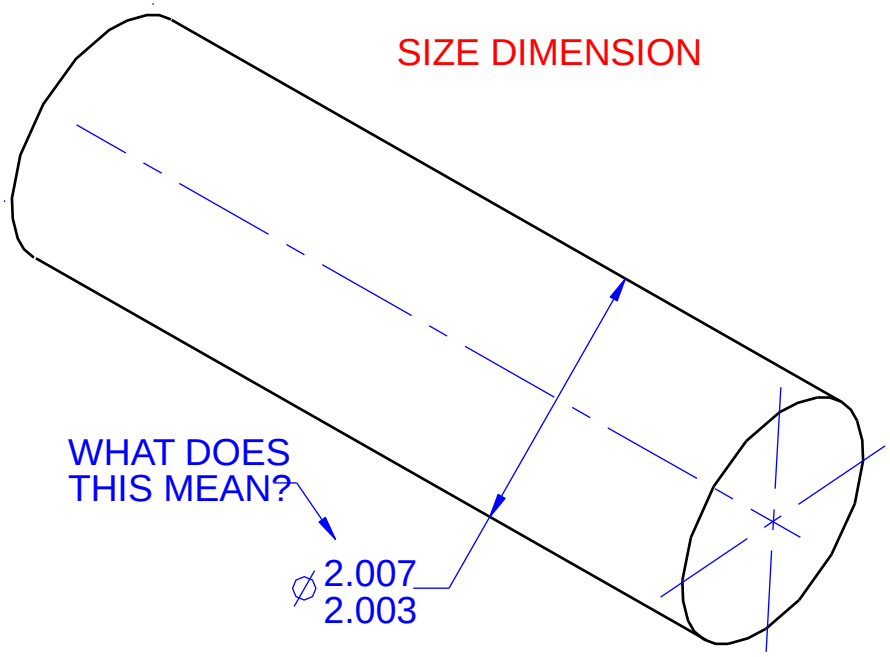


شرایط کمینه ماده (LMC)
(Least Material Condition)

شرایطی از ابعاد یک قطعه که در آن:

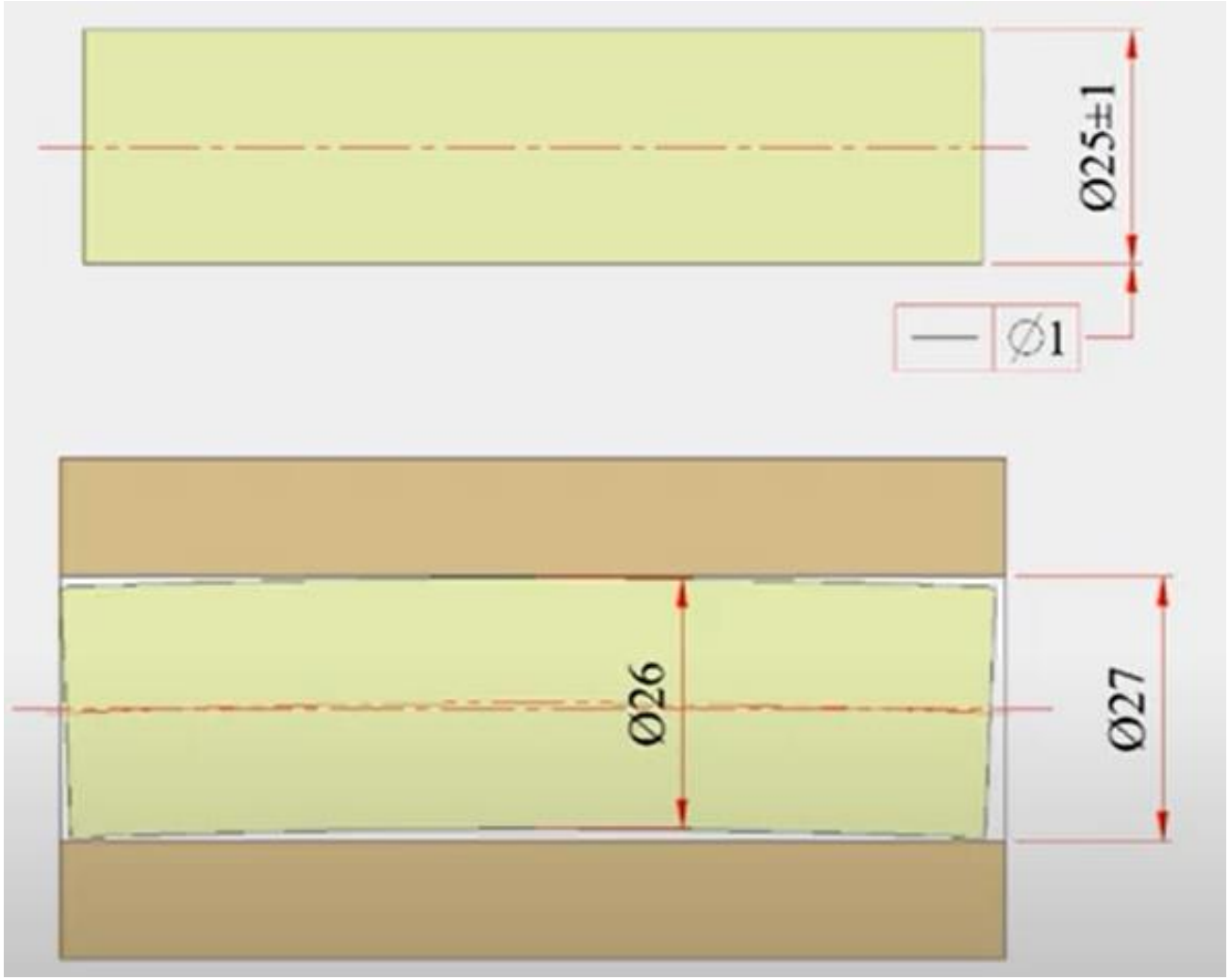
شفت در کمترین اندازه خود

سوراخ در بیشترین اندازه خود



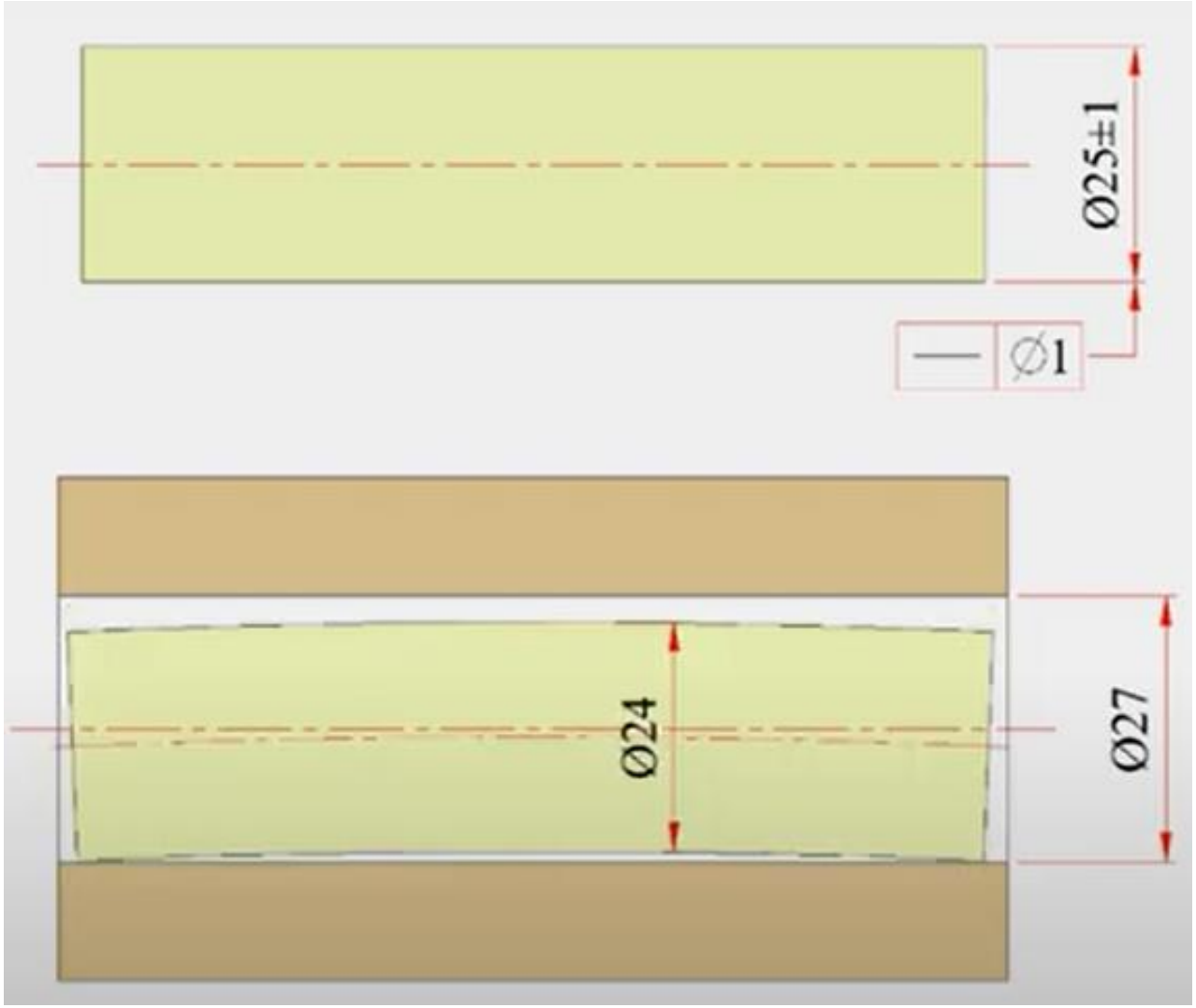
انواع اصلاح کننده‌ها

❖ تلرانس تشویقی (Bonus Tolerance):



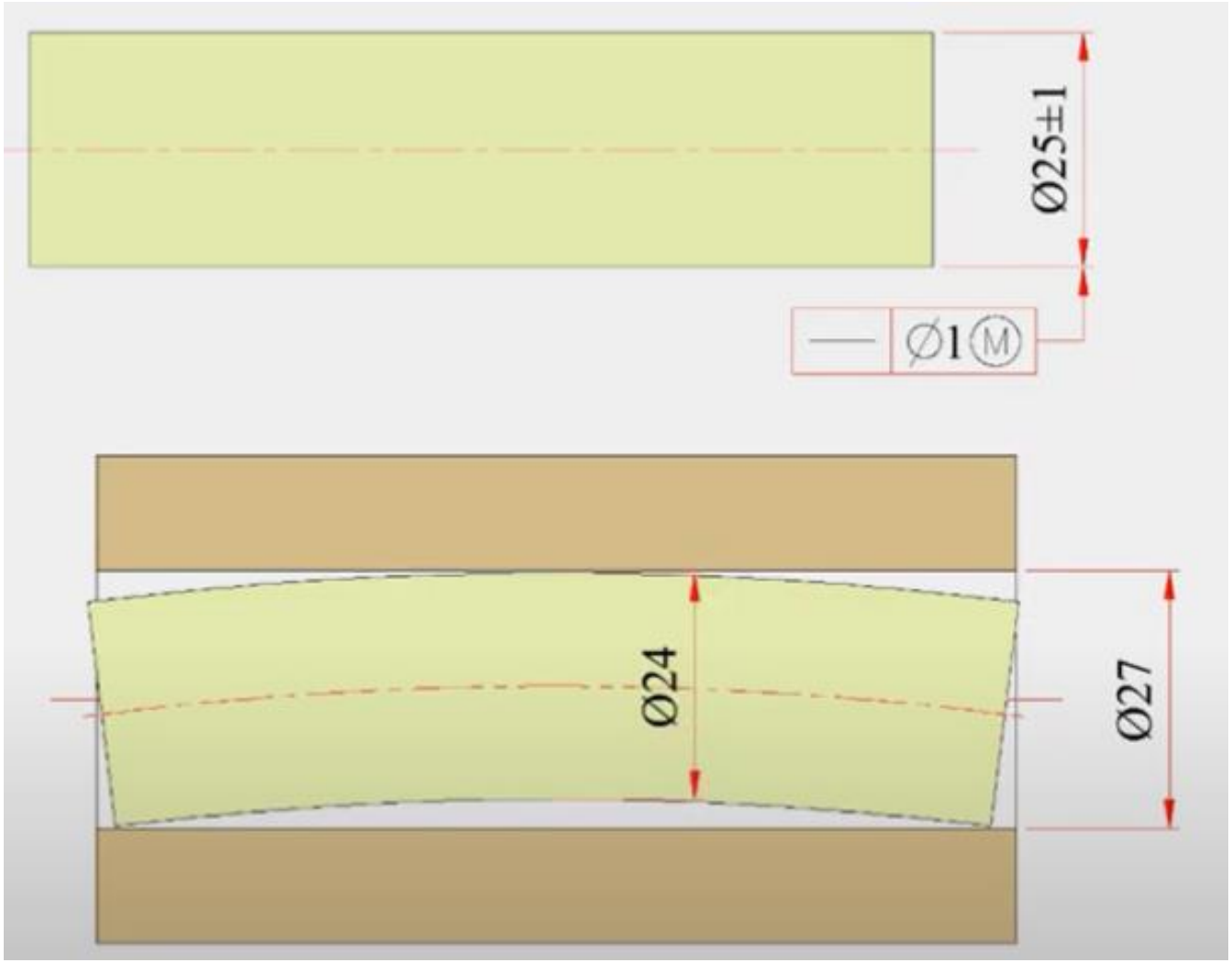
انواع اصلاح کننده‌ها

❖ تلرانس تشویقی (Bonus Tolerance):



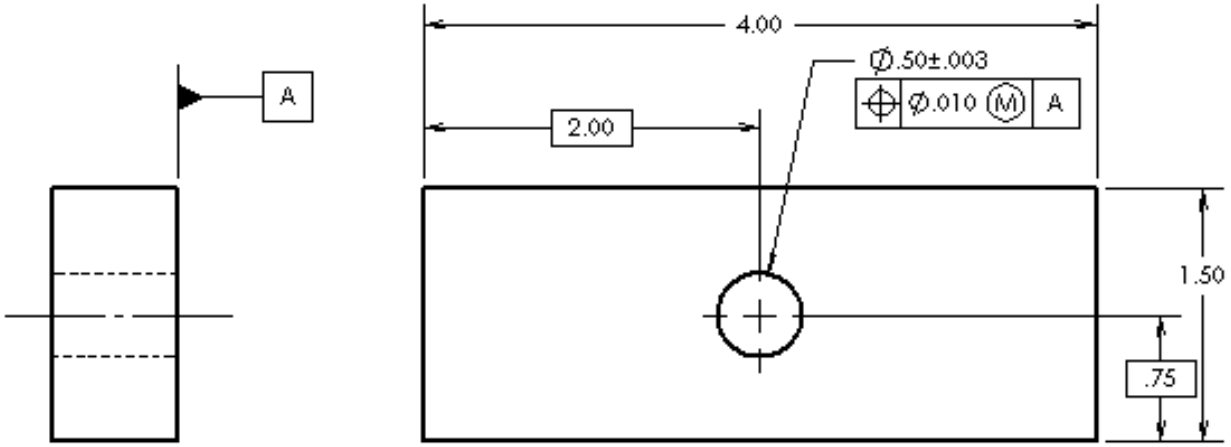
انواع اصلاح کننده‌ها

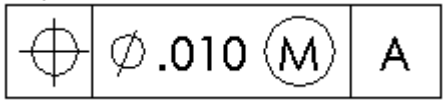
❖ تلرانس تشویقی (Bonus Tolerance):



انواع اصلاح کننده‌ها

❖ مثال: تلرانس تشویقی (Bonus Tolerance) برای سوراخ با تلرانس زیر:





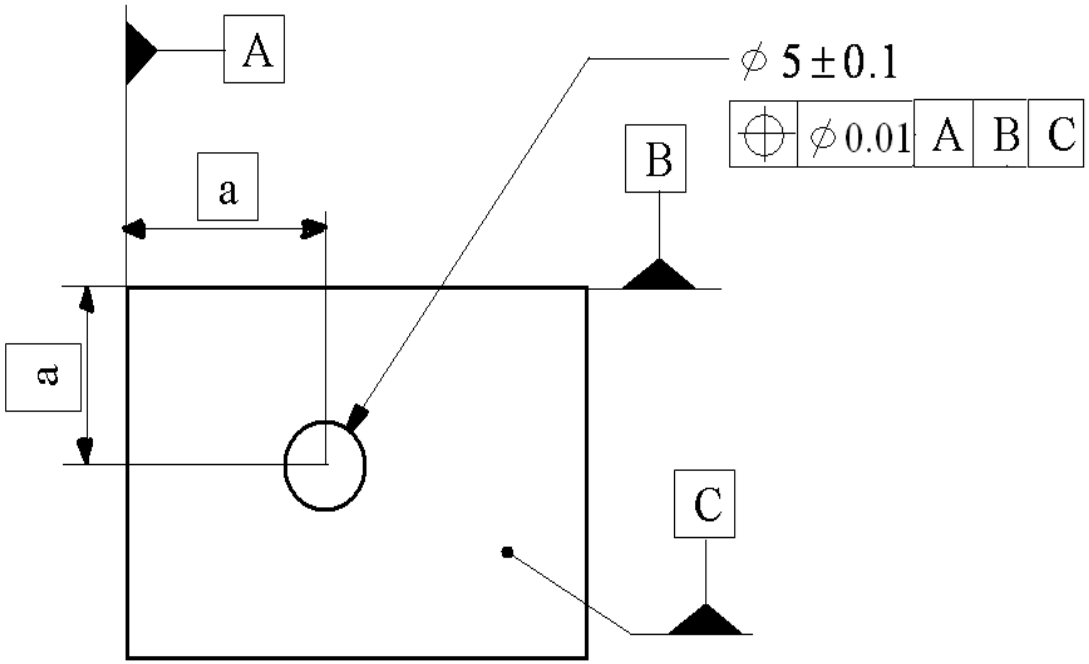
این نماد یعنی تلرانس برابر با ۰/۰۱۰ است اگر اندازه سوراخ در شرایط MMC یعنی ۰/۴۹۷ باشد. اگر سوراخ بزرگتر باشد، تلرانس تشویقی برابر با اختلاف اندازه MMC و اندازه واقعی ایجاد می‌شود.

Actual Hole Size	Bonus Tol.	Φ of Tol. Zone
Ø .497 (MMC)	0	.010
Ø .499 (.499 - .497 = .002)	.002 (.010 + .002 = .012)	.012
Ø .500 (.500 - .497 = .003)	.003 (.010 + .003 = .013)	.013
Ø .502	.005	.015
Ø .503 (LMC)	.006	.016

انواع اصلاح کننده‌ها

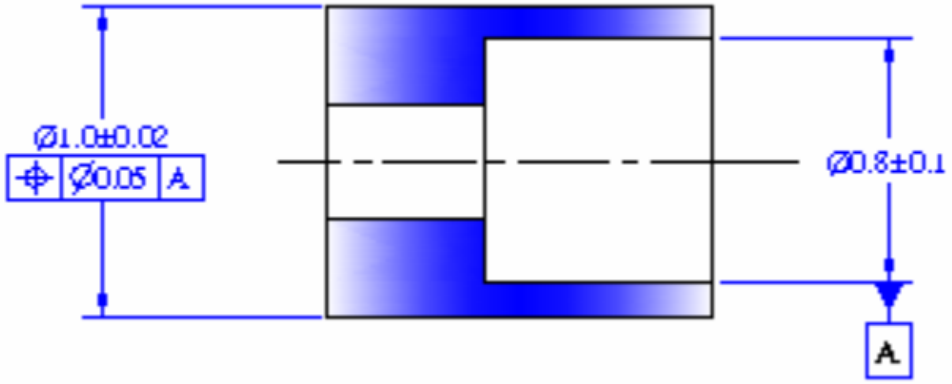
❖ شرایط بدون توجه به اندازه قطعه (RFS) (Regardless of Feature Size)

این شرط در مواقعی به کار می رود که اعمال تلرانس هندسی بدون در نظر گرفتن اندازه های قطعه باید مورد توجه قرار گیرد. به عبارت دیگر تلرانس های ابعادی و هندسی به صورت مجزا باید مورد بررسی قرار گیرند.



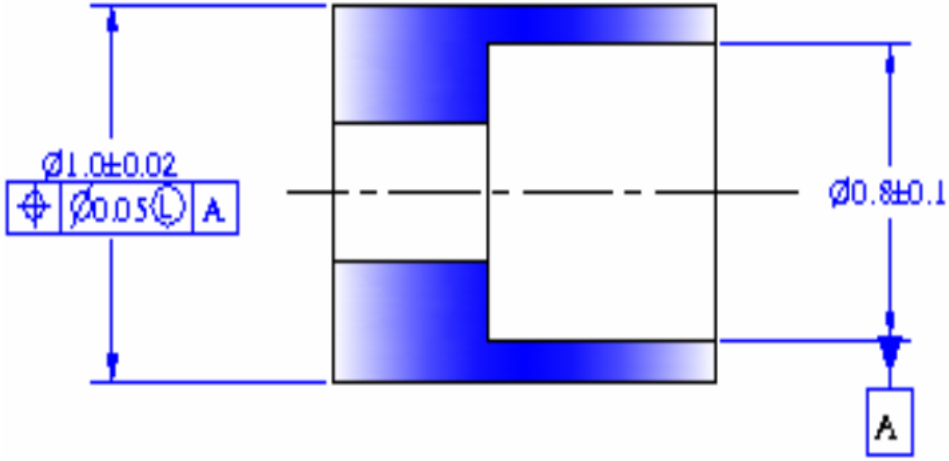
انواع اصلاح کننده‌ها

❖ مقایسه شرایط MMC، LMC و RFS



Part Dia.	Tol	Bonus Tol.	Total Tol
1.02	0.05	0	0.05
1.00	0.05	0	0.05
0.98	0.05	0	0.05

RFS

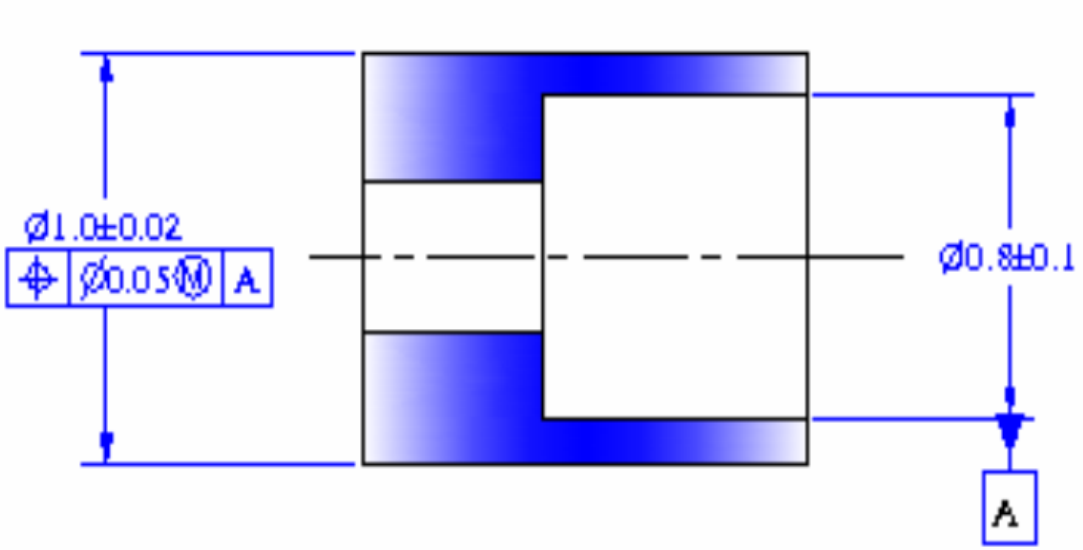


Part Dia.	Tol	Bonus Tol.	Total Tol
1.02	0.05	0.04	0.09
1.00	0.05	0.02	0.07
0.98	0.05	0	0.05

LMC

انواع اصلاح کننده‌ها

❖ **مقایسه شرایط MMC، LMC و RFS**



Part Dia.	⌖ Tol	Bonus Tol.	Total ⌖ Tol
1.02	0.05	0	0.05
1.00	0.05	0.02	0.07
0.98	0.05	0.04	0.09

MMC

مزایا و کاربردهای شرط بیشینه ماده (MMC)

- ✓ وقتی قیمت ماده بالا باشد مثل تیتانیم در صنایع هوائی.
- ✓ کاهش ضخامت دیواره‌های قطعه لطمه‌ای به مقاومت آن در برابر نیروهای وارده به آن نزند.
- ✓ جهت اطمینان از وجود مقدار کافی اضافه ضخامت برای ماشینکاری در نقشه قطعات ریخته‌گری استفاده می شود.
- ✓ از نگرانی ماشینکار در نزدیک شدن ابزار به قطعه کار و برداشت براده بدون خارج شدن اندازه های قطعه از تلرانس های تعیین شده جلوگیری می کند.
- ✓ چون ضخامت دیواره ها نسبت به انطباق قطعات مهم تر است اگر سوراخ کوچکتر و میله بزرگتر ساخته شود تلرانس بیشتری می توان اعمال نمود.
- ✓ در مقایسه با شرط بدون توجه به اندازه قطعه، قطعات بیشتری از مرحله بازرسی بدون مشکل عبور می کنند.

مزایا و کاربردهای شرط کمینه ماده (LMC)

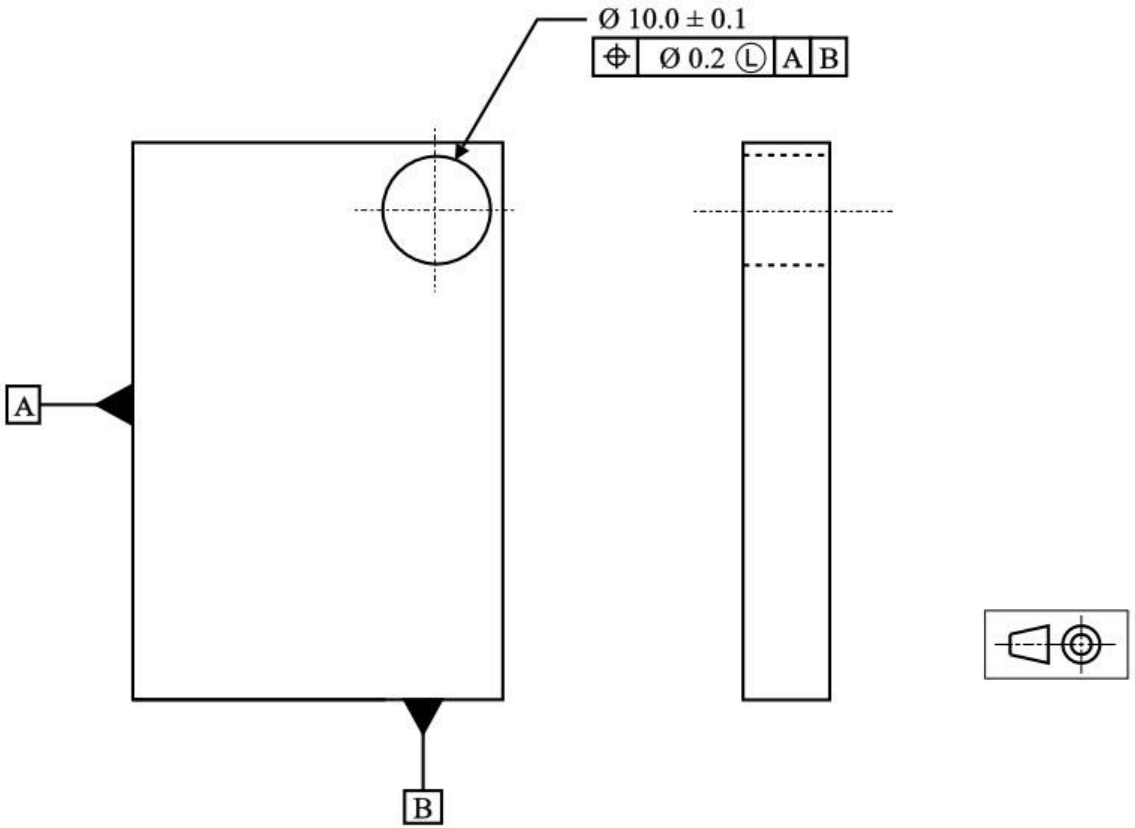
- ✓ برای انطباقات آزاد استفاده می‌شود.
- ✓ باعث ایجاد تلرانس اضافی می‌شود .
- ✓ برای تلرانس موقعیت، لنگی و لنگی کل، زاویه‌دار بودن، موازی بودن و هم مرکزی استفاده می‌شود.

مزایا و کاربردهای شرط بدون توجه به اندازه ماده (RFS)

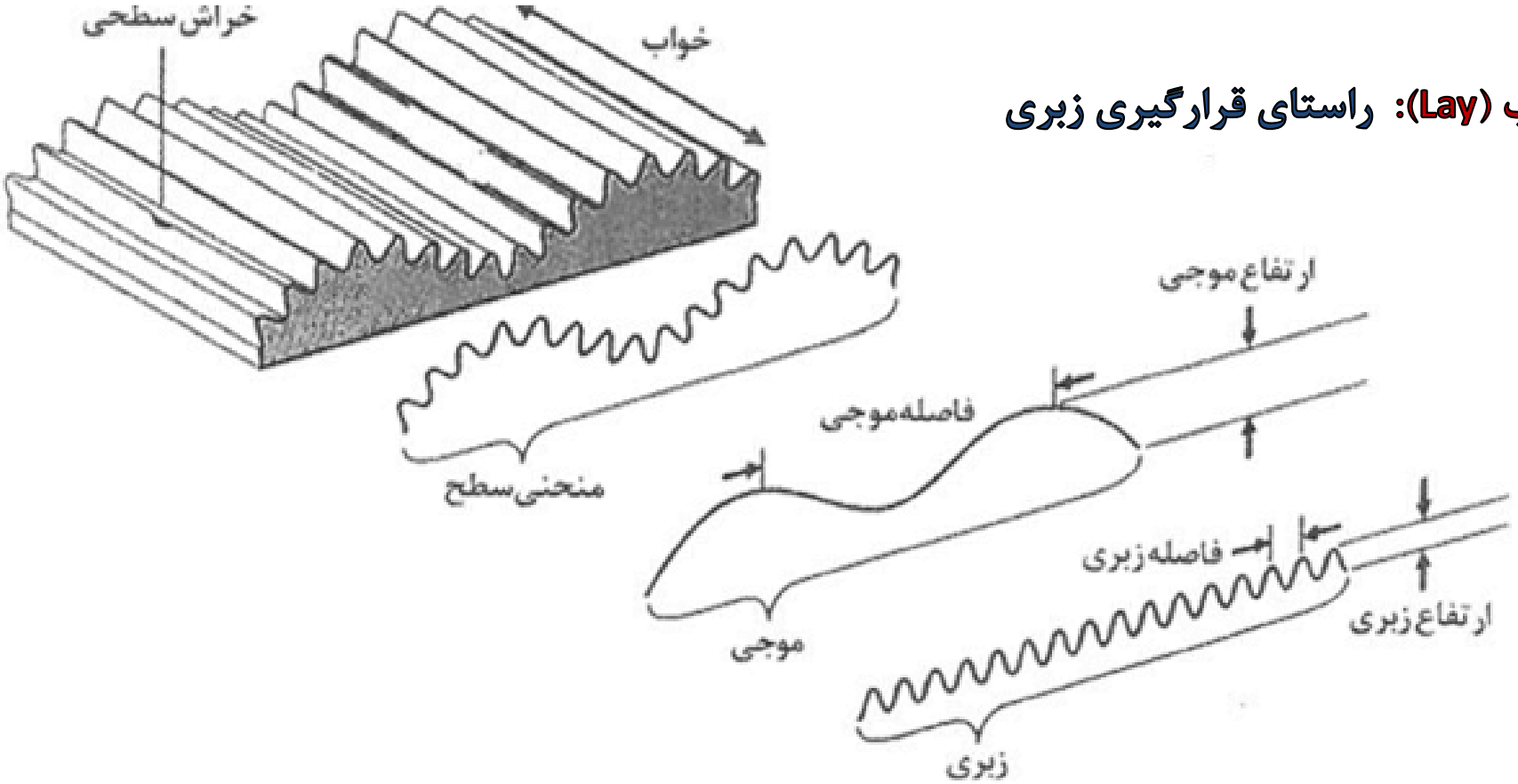
- ✓ هنگامی که بالانس بودن در قطعه از اهمیت برخوردار باشد.
- ✓ در قطعات دوار مانند روتورها، پروانه‌ها و اجزای دورانی پمپ ها و غیره استفاده می‌شود.
- ✓ مواردی که یک پین حتماً باید در مرکز سوراخ با آن منطبق شود (بالانس جرمی داشته باشد).
- ✓ در مقایسه با دو روش MMC و LMC از تلرانس اضافی برخوردار نیستیم.

مزایا و کاربردهای شرط بیشینه ماده (MMC)

- ✓ LMC خیلی کم استفاده می شود. در شرایط خاصی مثل سوراخ موجود در قطعه زیر که اگر با حداکثر قطر ساخته شود (شرایط LMC)، آنگاه موقعیت آن فقط می تواند به اندازه تلرانس مشخص شده تغییر کند.



زبری سطح



خواب (Lay): راستای قرارگیری زبری

زبری (Roughness): پستی و بلندی‌هایی که با فاصله بسیار کم بر روی سطح قطعه قرار دارند. زبری به پارامترهای ماشینکاری نظیر عمق بار، سرعت براده‌برداری و شکل هندسی ابزار بستگی دارد.

موجی (Waviness): پستی و بلندی‌هایی با فاصله بزرگتر از زبری که روی سطح قطعه قرار دارند. این پستی و بلندی‌ها به مشخصاتی نظیر جنس قطعه‌کار، ارتعاش دستگاه و نیروهای وارد شده از طرف ابزار بر قطعه کار بستگی دارد.

زبری سطح

روش‌های محاسبه زبری

میانگین زبری سطح

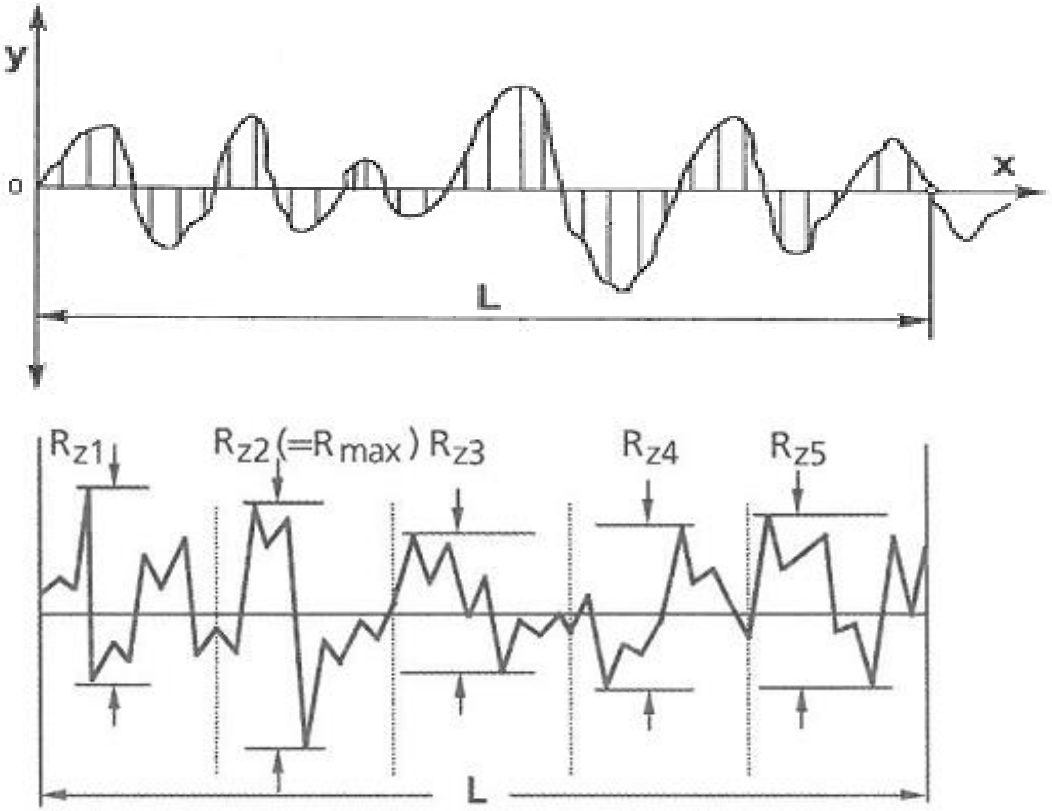
$$R_a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |y_i|$$

جذر متوسط مربع ارتفاع ها

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2}$$

$$R_z = \frac{1}{n}\left(R_{z1}+R_{z2}+\ldots+R_{zn}\right)$$

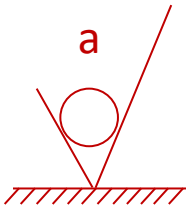
میانگین بلندترین ارتفاع های زبری



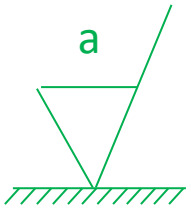
زبری سطح

نحوه نمایش زبری سطح بر اساس استاندارد ISO

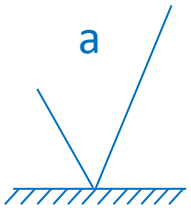
حرف a: اندازه زبری سطح (Ra) بر حسب میکرومتر
سطح بدون عملیات براده‌برداری به کمک روش‌هایی نظیر ریخته‌گری و نورد به زبری مورد نظر برسد.



حرف a: اندازه زبری سطح (Ra) بر حسب میکرومتر
سطح با عملیات براده‌برداری (نظیر ماشینکاری) به زبری مورد نظر برسد.

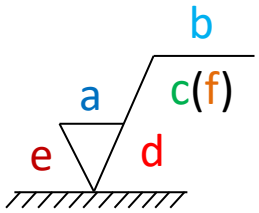


حرف a: اندازه زبری سطح (Ra) بر حسب میکرومتر
سطح با هر روشی به زبری مورد نظر برسد.

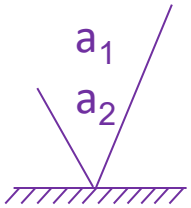


زبری سطح

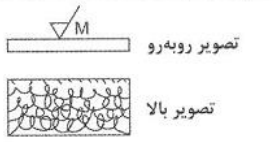
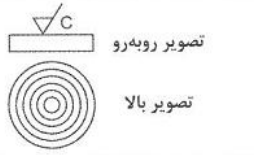
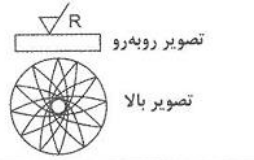
کاملترین نحوه نمایش زبری سطح:

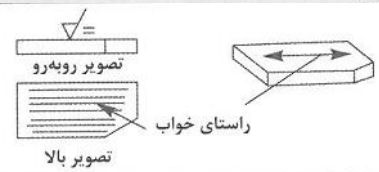
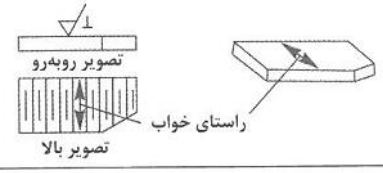
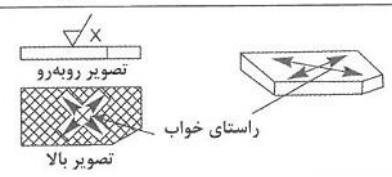


حرف a: اندازه زبری سطح (Ra) بر حسب میکرومتر
حرف b: ذکر نوع عملیات ماشینکاری یا پرداخت
حرف c: طول نمونه جدا شده از قطعه‌کار برای اندازه‌گیری زبری (۰٫۰۸، ۰٫۲۵، ۰٫۸، ۲٫۵، ۸ میلیمتر)
حرف f: اندازه زبری در سایر استانداردها نظیر Rz یا Rq
حرف d: راستای خواب زبری که به جای d یکی از علامت‌های ستون سمت راست جدول زیر قرار داده می‌شود.
حرف e: مقدار مجاز عملیات ماشینکاری برای رسیدن به زبری مورد نظر



گاهی اوقات لازم است که زبری به صورت یک محدوده مشخص شود، محدوده زبری با دو عدد مثل a_1 (عدد بزرگتر) و a_2 (عدد کوچکتر) مشخص می‌گردد.

علامت	شرح علامت	
M	خواب زبری در جهت‌های مختلفی قرار دارد.	
C	خواب زبری به صورت دایره‌ای نسبت به مرکز سطحی که علامت زبری روی آن قرار گرفته است، می‌باشد.	
R	خواب زبری به صورت شعاعی نسبت به مرکز سطحی که علامت زبری روی آن قرار گرفته است، می‌باشد.	

علامت	شرح علامت	
=	خواب زبری موازی با صفحه تصویری است که علامت زبری در آن قرار دارد.	
⊥	خواب زبری عمود با صفحه تصویری است که علامت زبری در آن قرار دارد.	
X	خواب زبری به صورت ضرب‌در و مایل نسبت به صفحه تصویری است که علامت زبری در آن قرار دارد.	

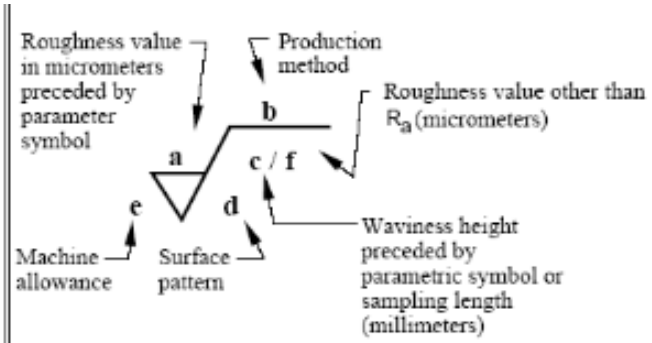
زبری سطح

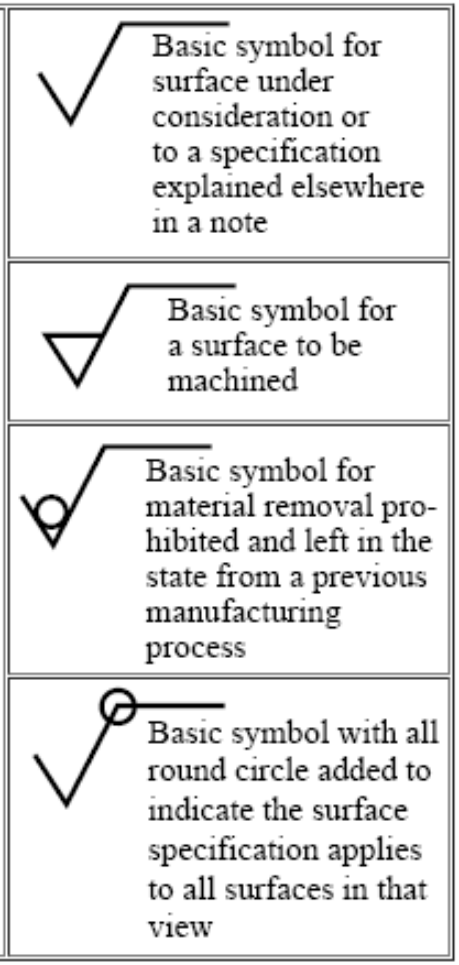
2. Obsolete indications

The ISO 1302 standard has evolved since its first version in the 1970s, and several practices are now obsolete and should not be used anymore on modern drawings. This is why, users should be cautious with books that are quite old because they are not compliant anymore with current rules.

Here, two examples of obsolete notations, where the limit was indicated on the left of the root symbol. It was even possible to use classes (here N6). The Ra parameter was the default parameter and therefore was omitted.

These notations should not be used on drawings after 2002.

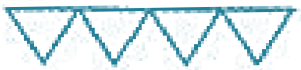




زبری سطح

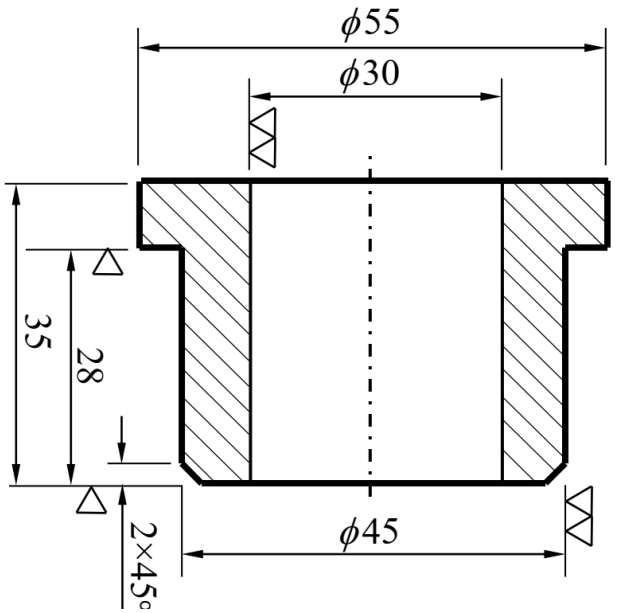
می‌توان بجای اندازه زبری (حرف a) از کدهای زبری (N1 تا N12) نیز استفاده نمود.

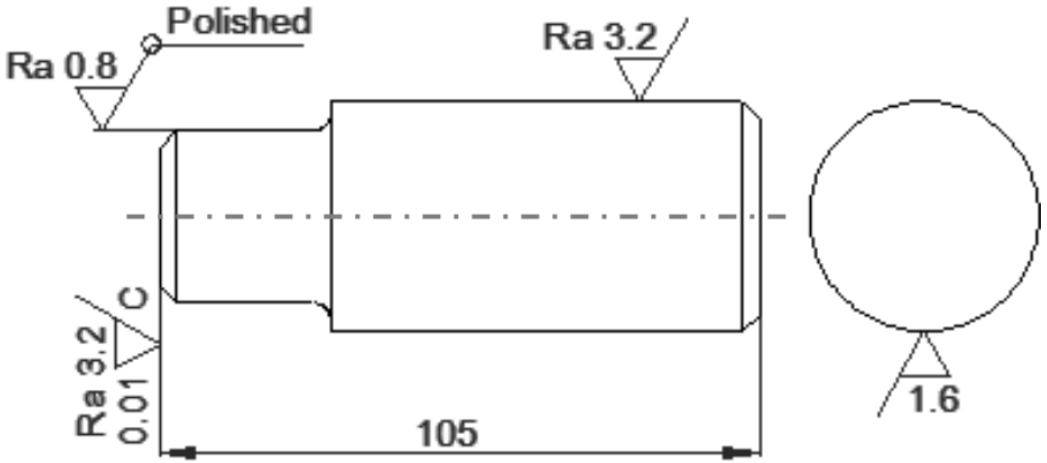
نمایش زبری سطح به روش مثلثی

اندازه زبری $R_a\ \mu m$	کد زبری	علامت زبری به روش مثلث
50	N12	
25	N11	
12.5	N10	
6.3	N9	
3.2	N8	
1.6	N7	
0.8	N6	
0.4	N5	
0.2	N4	
0.1	N3	
0.05	N2	
0.025	N1	

زبری سطح

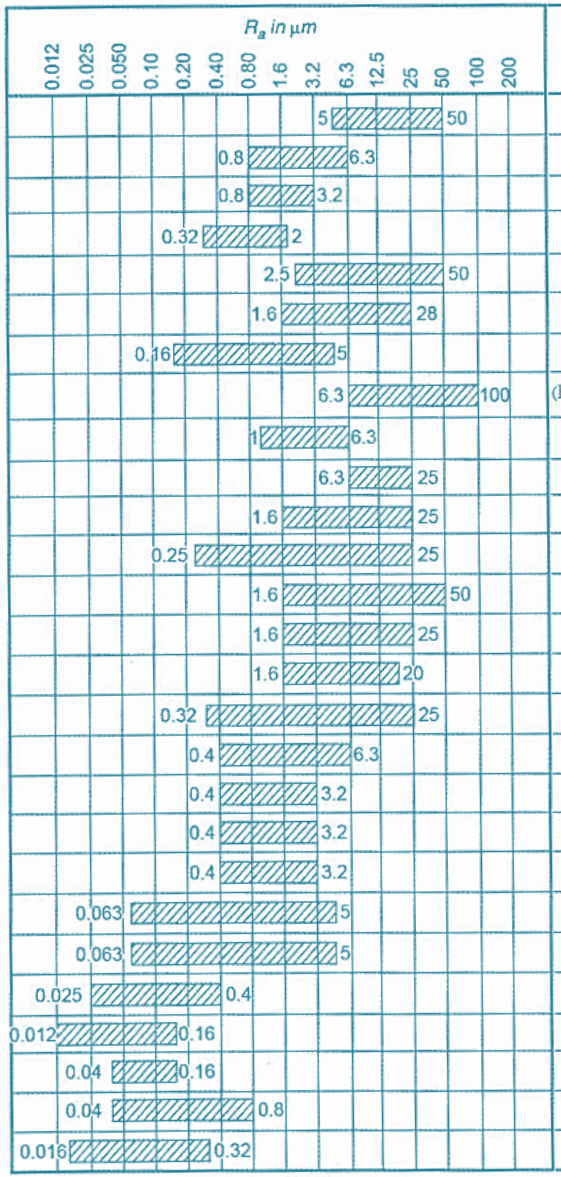
مثالهایی از نمایش زبری در استاندرادهای قدیمی و جدید





زبری سطح

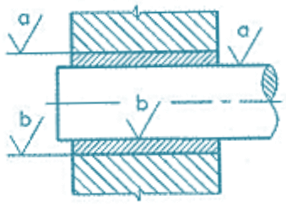
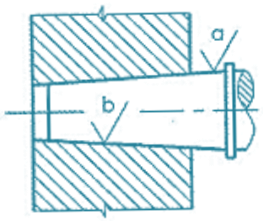
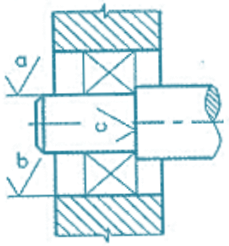
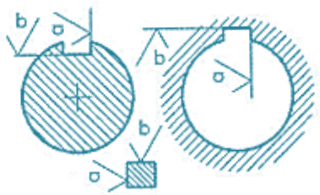
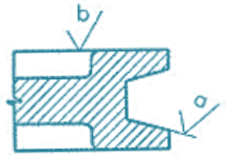
روش‌های مختلف کارگاهی برای رسیدن به زبری سطح مورد نظر



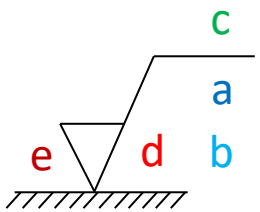
	روش ماشین‌کاری
۱	ریخته‌گری ماسه (Sand Casting)
۲	ریخته‌گری در قالب دائمی (Permanent Mould Casting)
۳	دایکست (Die Casting)
۴	ریخته‌گری تحت فشار (High Pressure Casting)
۵	نورد گرم (Hot Rolling)
۶	فورجینگ (Forging)
۷	اکستروژن (Extrudion)
۸	برش‌کاری با شعله، اره کردن، برادەبرداری (Flame Cutting, Sawing & Chipping)
۹	اره شعاعی (Radial Cut-off Sawing)
۱۰	سنگ دستی (Hand Grinding)
۱۱	سنگ ماشین (Disc Grinding)
۱۲	سوهان‌کاری (Filing)
۱۳	صفحه‌تراشی (Planing)
۱۴	شکل‌دهی، کله‌زنی (Shaping)
۱۵	سوراخ‌کاری (Drilling)
۱۶	تراش‌کاری و فرزکاری (Turning & Milling)
۱۷	سوراخ‌تراشی (Boring)
۱۸	برقوکاری (Reaming)
۱۹	خانکشی (Broaching)
۲۰	هاب‌زنی (Hobbing)
۲۱	سنگ‌زنی تخت (Surface Grinding)
۲۲	سنگ‌زنی محوری (Cylindrical Grinding)
۲۳	هونینگ- یک نوع پرداخت‌کاری- (Honing)
۲۴	پرداخت‌کاری با مواد ساینده (Lapping)
۲۵	صیقل‌کاری (Polishing)
۲۶	پرداخت‌کاری دقیق (Burnishing)
۲۷	پرداخت‌کاری ظریف (Super Finishing)

زبری سطح

انتخاب زبری سطح برای اجزای ماشین

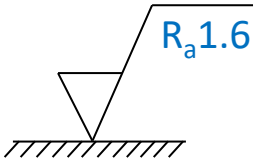
مقدار زبری		کاربرد	شکل
a = N4 b = N5	خیلی دقیق	شفت داخل بوش دوران می‌کند و بوش داخل بدنه در دمای محیط پرس می‌شود.	
a = N5 b = N6	دقیق		
a = N6 b = N7	معمولی		
a = N4 b = N5	دقیق	سوراخ مخروطی برای نشیمنگاه مرغک، محور وغیره.	
a = N5 b = N6	معمولی		
a = N5 b = N6 c = N6	دقیق	سطوح تکیه‌گاهی برای یاتاقان‌های غلتشی	
a = N6 b = N7 c = N7	معمولی		
a = N7 b = N8	دقیق	خار و جای خار در شفت و نافی	
a = N8 b = N9	معمولی		
a = N8 b = N9 to N10		شیار قرقره‌ها و سطوح جانبی چرخ‌ها	

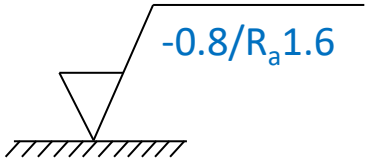
زبری سطح



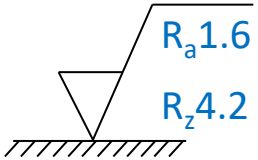
کاملترین نحوه نمایش زبری سطح بر اساس استاندارد جدید ISO 1302:2001

حرف a: اندازه زبری سطح (Ra) بر حسب میکرومتر

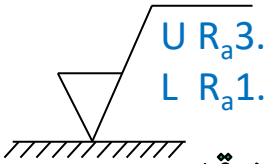




حرف b: ذکر اندازه زبری در استانداردهای دیگری نظیر R_z



ذکر اندازه زبری یک محدوده (حد بالا و پایین)



حرف c: ذکر روش ماشینکاری، عملیات سطحی و ... نظیر استاندارد قدیم

حرف d: راستای خواب زبری نظیر استاندارد قبل. همچنین استفاده از علامت P به معنی اینکه زبری جهت ندارد و براده‌برداری به صورت ذره‌ای (نقطه‌ای) می‌باشد.

حرف e: مقدار مجاز براده‌برداری