مبانی تلرانس‌ها، انحرافات و انطباقات

مقدمه

برای تولید قطعات در صنعت از روش‌های گوناگون ساخت استفاده می‌شود. هر روش ساخت دارای دقت خاصی است. از این رو اندازه‌های داده شده برای قطعه همواره با مقداری انحراف از اندازه حقیقی ساخته می‌شود.

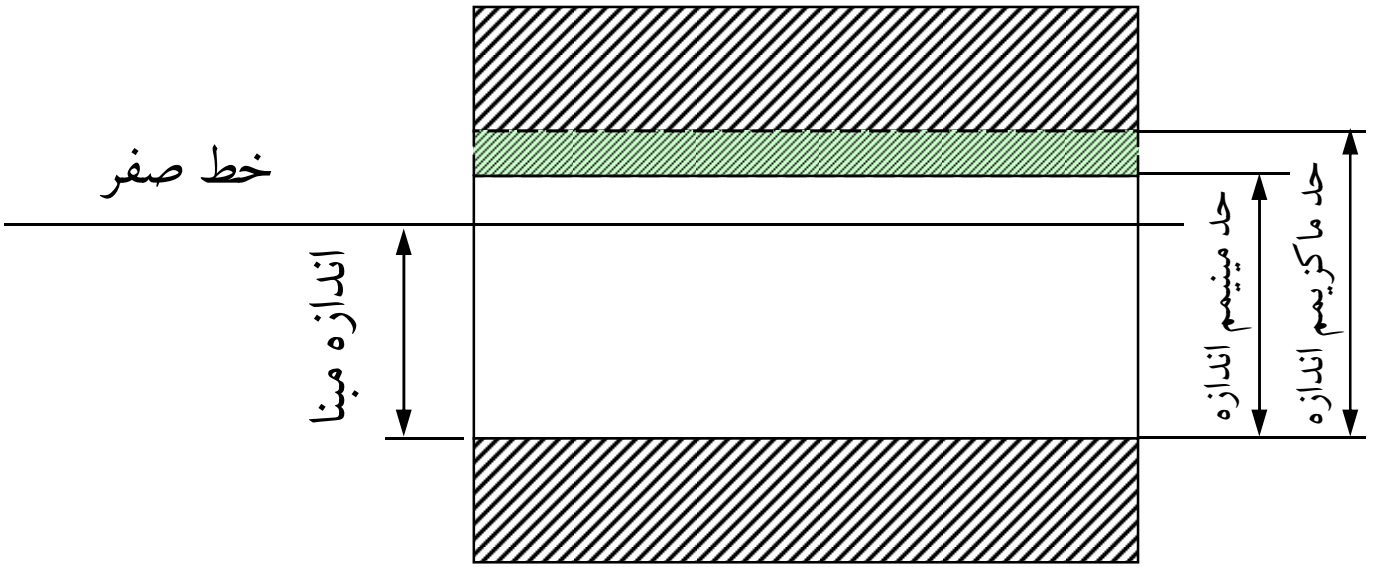
به همین دلیل در صنعت، هرگز نمی‌توان قطعه‌ای را تولید نمود که با دقت مطلق تولید شده باشد بلکه تنها می‌توان اندازه‌ها را به اندازه واقعی نزدیک نمود.

بدیهی است هرچه دقت تولید بالا رود هزینه تولید نیز افزایش می‌یابد و لازم است از ابزار دقیق‌تر و کارگر ماهرتر استفاده نمود.

از این رو در طراحی، پارامتری جدید به نام تلرانس ابعادی وارد می‌شود.

تعاریف

- سیستم حدی: سیستمی است که در آن تلرنسها و انحرافات، استاندارد شده است.
- خط صفر: در نمایش گرافیکی سیستم حدود و انطباقات، خط مستقیمی است که مبین اندازه مبنا بوده و انحرافات و تلرانسها نسبت به آن سنجیده می‌شوند.

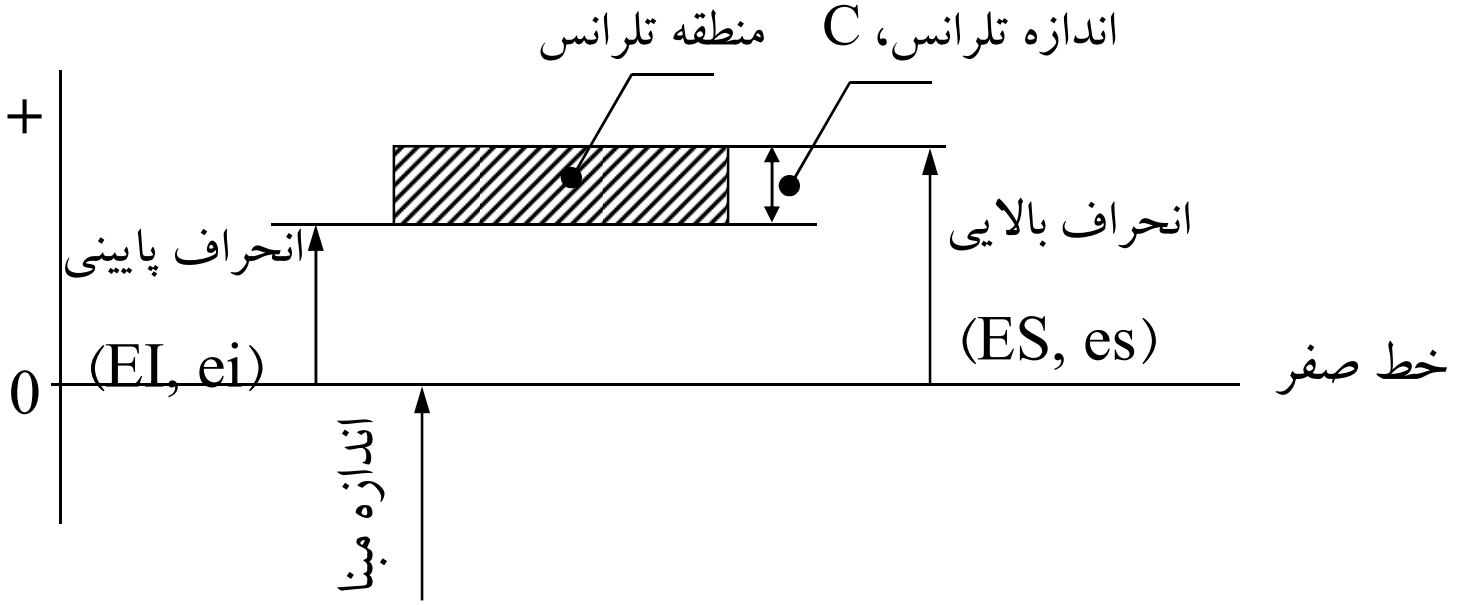


تعاریف

- اندازه مبنا (اسمی): اندازه‌ای است که انحرافات بالایی و پایینی با آن مقایسه می‌شود.
- اندازه واقعی (در عمل): اندازه‌ای است که به وسیله ابزار اندازه‌گیری به دست می‌آید.
- حد ماکزیمم اندازه (حد بالایی): بزرگترین اندازه مجاز یک قطعه است.
- حد مینیمم اندازه (حد پایینی): کوچکترین اندازه مجاز یک قطعه است.
- حدود اندازه: دو اندازه‌ی حدی مجاز قطعه است که اندازه عملی آن بین این دو حد و یا مساوی با یکی از آنهاست.
- انحراف: اختلاف جبری یک اندازه (اندازه در عمل، حد اندازه وغیره) با اندازه‌ی مبنای مربوط به آن است.

تعاریف

- انحراف بالایی (ES, es): اختلاف جبری اندازه حداکثر و اندازه‌ی مبنای مربوطه است.
- انحراف پایینی (EI, ei): اختلاف جبری اندازه حداقل و اندازه‌ی مبنای مربوطه است.
- انحراف حدی: شامل انحراف بالایی و انحراف پایینی است.

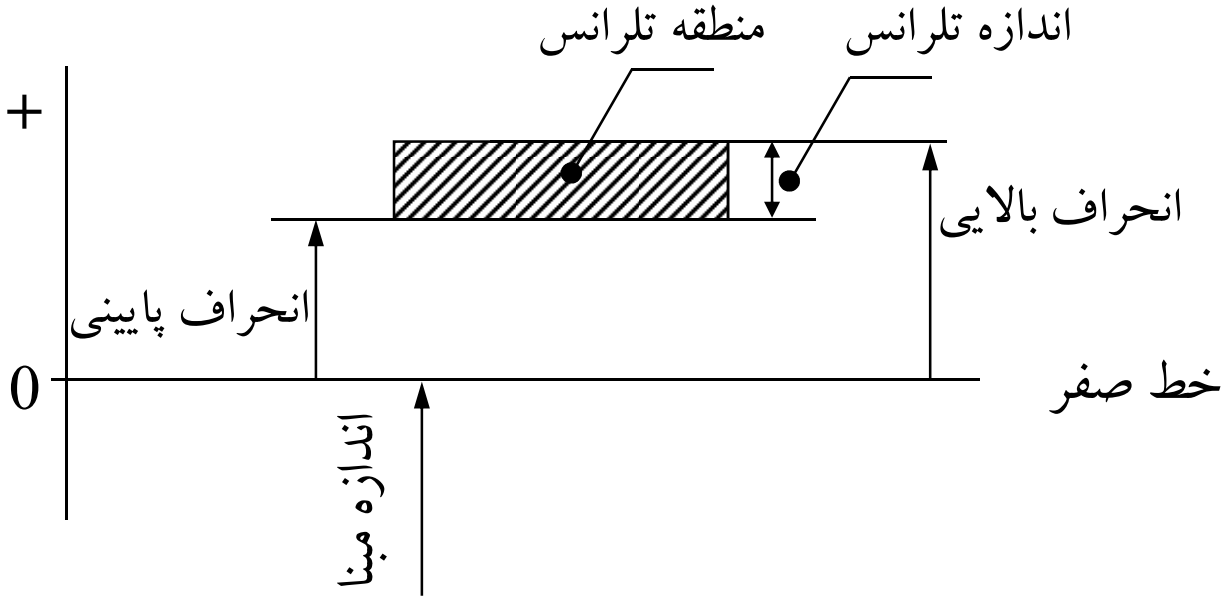


تلرانس

- تلرانس: اندازه اختلاف بین حد بزرگترین اندازه و حد کوچکترین اندازه و یا اختلاف بین انحراف بالایی و پایینی است.

کوچکترین اندازه – بزرگترین اندازه= تلرانس

انحراف پایینی – انحراف بالایی = تلرانس



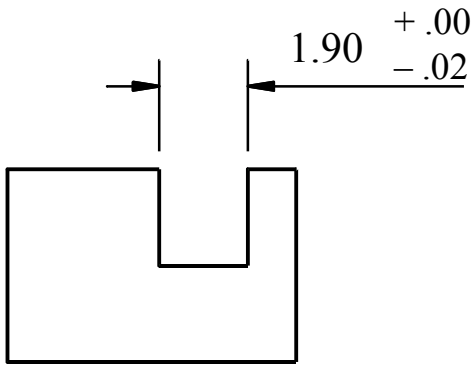
تلرانس

- تلرانس استاندارد (IT): در سیستم حدود و انطباق ISO ، هر تلرانسی با عبارت (IT) شروع می‌شود.
- درجات تلرانس استاندارد (IT): در سیستم حدود و انطباق ISO ، هر تلرانس مشخص (مثلاً IT7) برای هر دسته از اندازه‌های مبنا، دارای دقت مشابهی است.
- منطقه تلرانس در نمایش هندسی، منطقه محصور بین دو خط اندازه‌ی حدی ماکزیمم و مینیمم است.
- انحراف پایه: انحرافی است که موقعیت منطقه تلرانس را نسبت به خط صفر تعیین می کند.
- کلاس تلرانس : این عبارت برای ترکیب انحراف پایه و درجه تلرانس به کار می‌رود. مثل D13 و یا h9

نمایش تلرانس

برای نمایش تلرانس در مقابل اندازه اسمی دو عدد نوشته می‌شود. عدد بالایی بیانگر انحراف بالایی و عدد پایینی بیانگر انحراف پایینی است.

مثال:



سیستم انطباقات

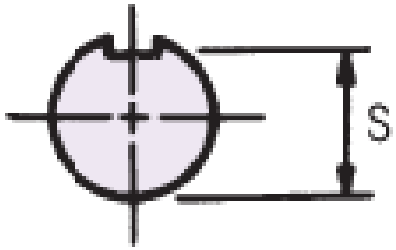
هنگامی که دو قطعه در داخل یکدیگر قرار می‌گیرند، سطوح آن دو قطعه مجاور هم قرار گرفته و بر هم منطبق می‌شوند. در این صورت نوعی انطباق حاصل شده است.

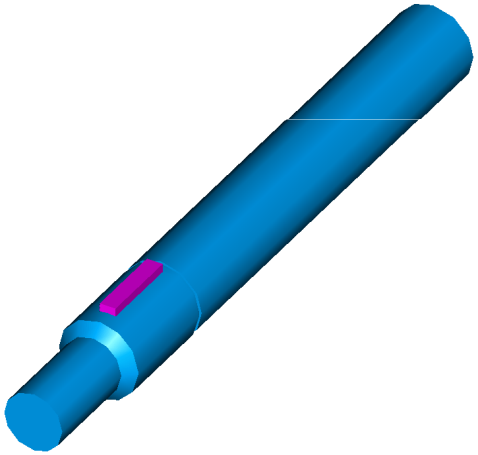
در سیستم انطباق برای بیان نمودن مفهوم جسم داخل شونده و قطعه‌ای که جسم داخل آن می‌شود، از دو مفهوم سوراخ و میله استفاده می‌شود.

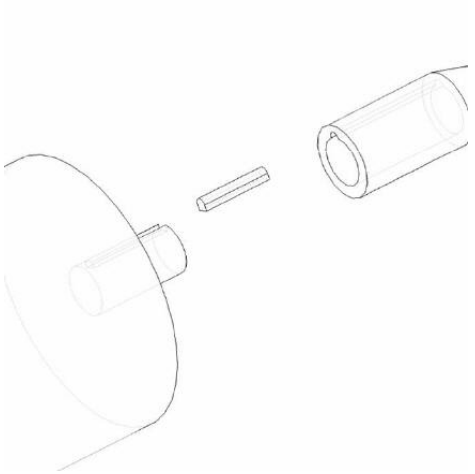
انطباق، به نحوه درگیری میله و سوراخ گفته می‌شود. انطباق می‌تواند لق، تداخلی و فیما بین باشد.

سیستم انطباقات

میله: این اصطلاح طبق قرارداد برای بیان شکل خارجی یک قطعه به کار می‌رود و شامل شکل‌های غیر استوانه‌ای نیز می گردد.







میله مبنا: انتخاب میله به عنوان مبنا در انطباقات را سیستم میله مبنا می گویند.

میله مبنا در سیستم حدود و انطباق ISO، میله‌ای است با انحراف بالایی صفر

سیستم انطباقات

سوراخ: طبق قرارداد این عبارت برای بیان شکل‌های داخلی قطعات، که شامل شکل‌های غیر استوانه‌ای نیز می‌باشد، به کار می‌رود.

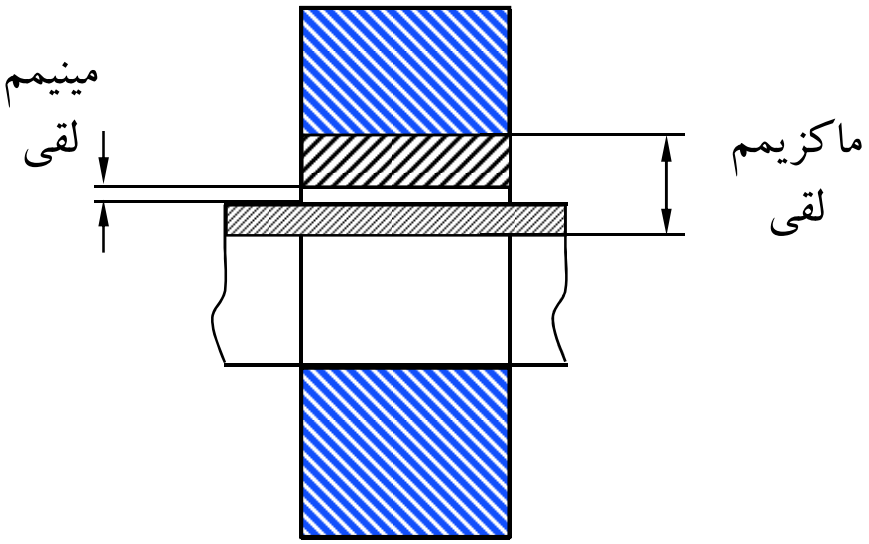
سوراخ مبنا: انتخاب سوراخ به عنوان مبنا در انطباقات را سیستم سوراخ مبنا می گویند.

سوراخ مبنا در سیستم حدود و انطباق ISO، سوراخی است با انحراف پایینی صفر

به عبارت دیگر، هر قطعه‌ای که در یک انطباق وارد قطعه دیگر می‌شود اصطلاحاً میله نامیده می‌شود. مانند قطعه‌ای T شکل که در یک شیار قرار می گیرد و یا مانند یک محور که درون یاتاقان وارد می‌شود. و از طرف دیگر، هر قطعه‌ای که در یک انطباق قطعه‌ای دیگر وارد آن می‌شود، اصطلاحاً سوراخ نامیده می‌شود.

سیستم انطباق

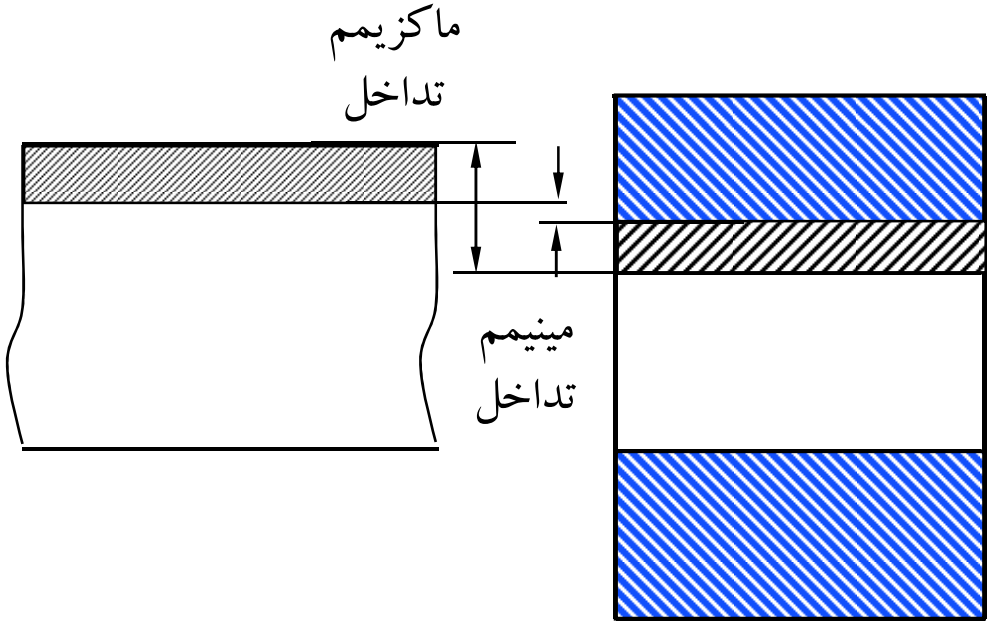
لقی: مقدار مثبت اختلاف بین اندازه‌های سوراخ و شافت قبل از سوار کردن به شرطی که قطر میله کوچکتر از قطر سوراخ باشد.



لقی

سیستم انطباق

تداخل: اختلاف منفی بین اندازه‌های سوراخ و میله قبل از سوار کردن وقتی که قطر میله بزرگتر از قطر سوراخ باشد.



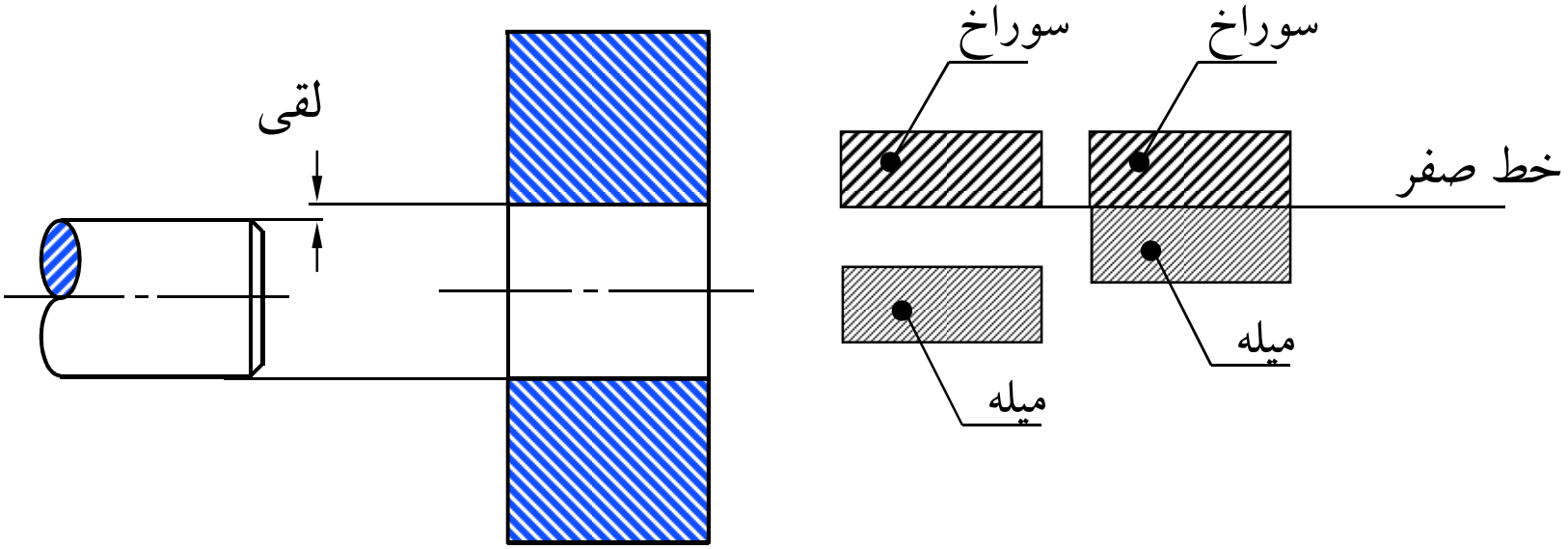
تداخل

سیستم انطباق

با توجه به موقعیت تلرانس‌های میله و سوراخ نسبت به خط صفر حالت‌های مختلفی از انطباق به دست می‌آید:

سیستم انطباق

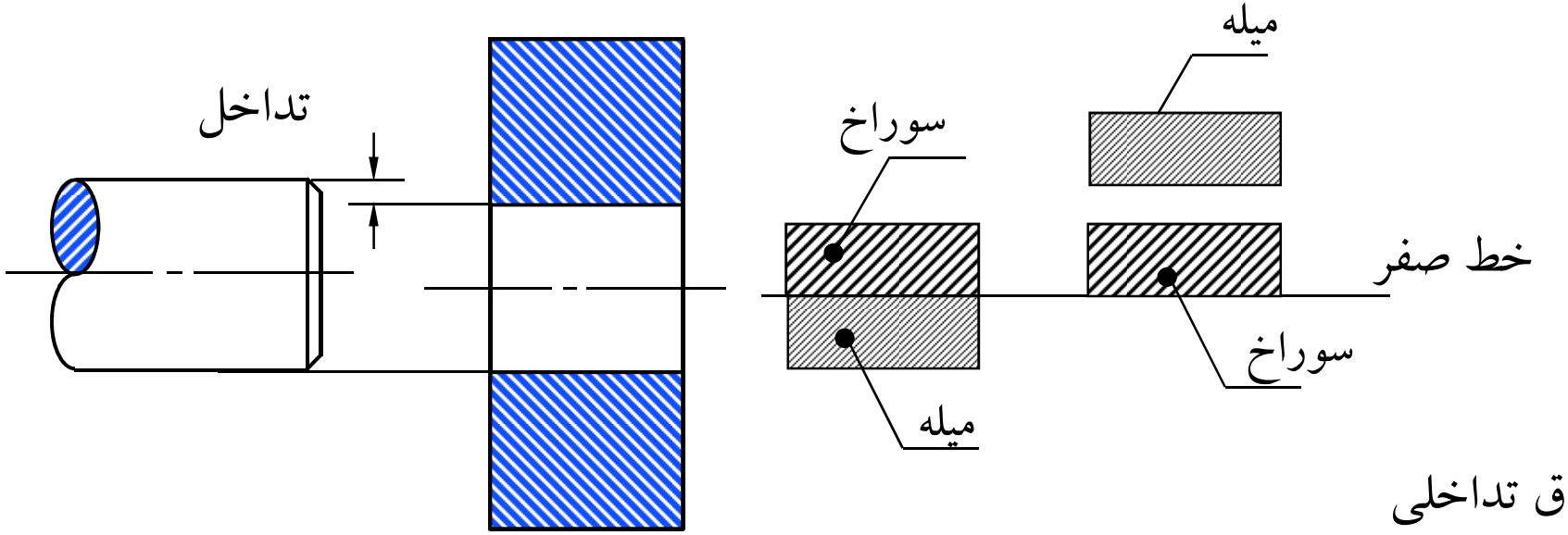
انطباق لق (آزاد): پس از مونتاژ بین سوراخ و میله حالت لقی وجود دارد. در این حالت کوچکترین اندازه سوراخ بزرگتر از بزرگترین اندازه میله است.



انطباق لق

سیستم انطباق

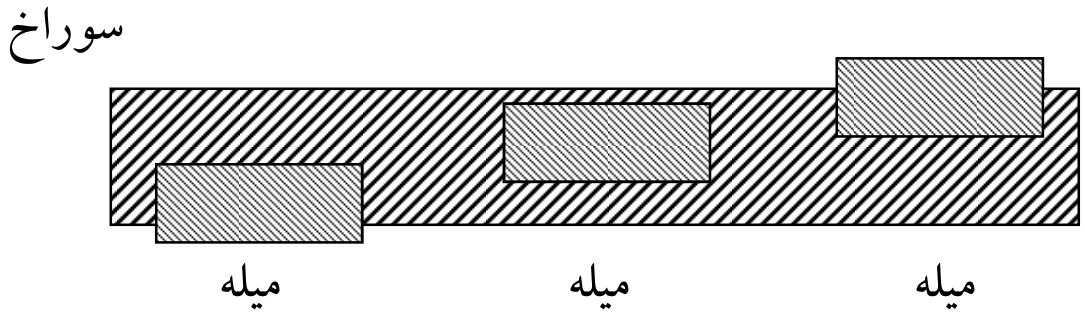
انطباق تداخلی (پرسی): در این حالت پس از مونتاژ همواره بین سوراخ و میله تداخل روی می‌دهد. و باید قطعه داخل شونده با یک نیروی فشاری (تقریباً زیاد) وارد سوراخ شود. در این حالت کوچکترین اندازه میله از بزرگترین اندازه سوراخ بزرگتر است.



انطباق تداخلی

سیستم انطباق

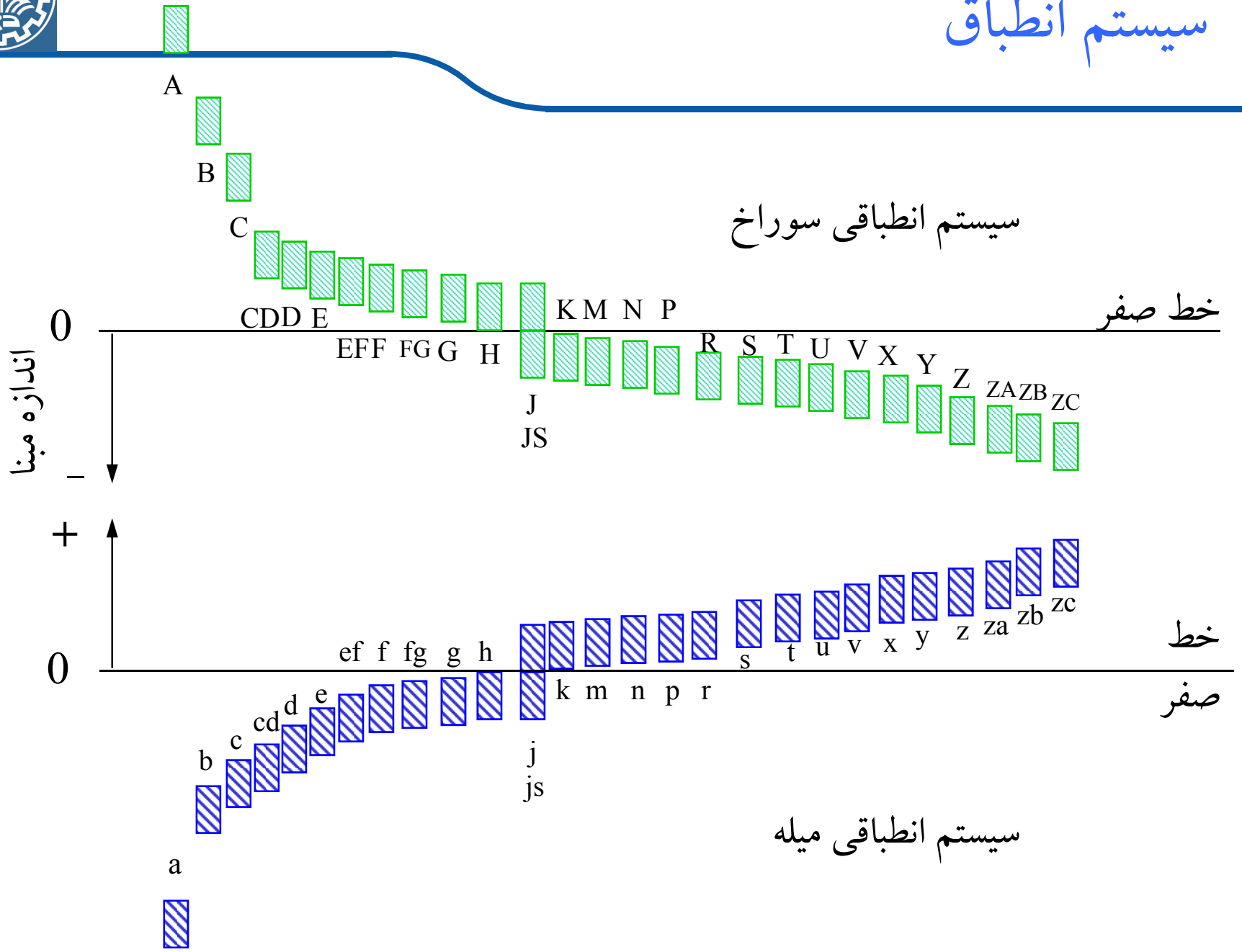
انطباق فیما بین (عبوری): در این حالت اندازه عملی میله به اندازه عملی سوراخ نزدیک است و بین سوراخ و میله پس از مونتاژ حالت لقی یا تداخل روی می‌دهد. در این حالت دو قطعه با یک نیروی نسبتاً کم نسبت به یکدیگر حرکت می کنند.



سیستم انطباق

استاندارد ISO تعداد ۲۸ مرحله برای انحراف پایه در نظر گرفته است. این ۲۸ مرحله که هر یک با یکی از حروف لاتین نشان داده می‌شود برای میله و سوراخ به صورت زیر است:

سیستم انطباق



سیستم انطباق

استاندارد ISO تعداد ۲۰ درجه تلرانس استاندارد وجود دارد. درجه تلرانس با حروف IT و به وسیله یک عدد پس از آن مشخص می گردد؛ مانند IT7. درجات IT1 تا IT18 دارای کاربرد عمومی هستند و درجات IT0 و IT01 کاربرد آزمایشگاهی دارند. با افزایش شماره (درجه) تلرانس زیاد (دقت کمتر) می‌شود. درجه تلرانس IT5 تا IT7 در صنعت بیشترین کاربرد را دارند.

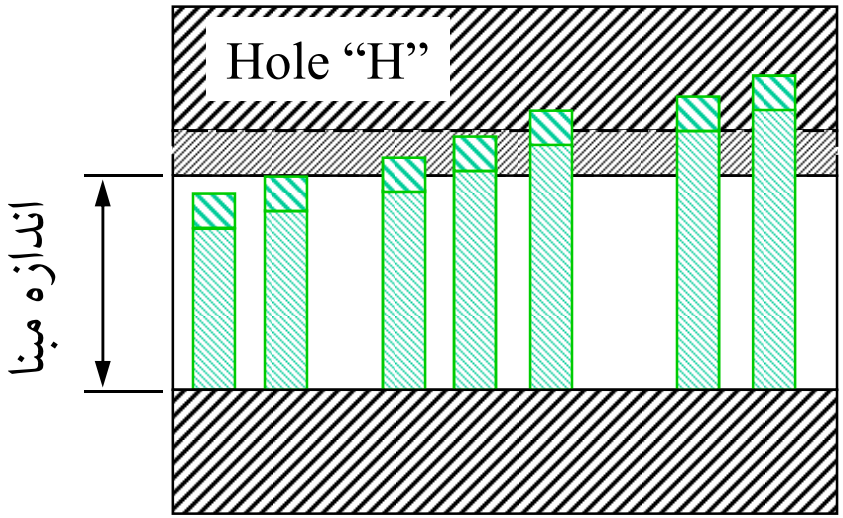
سیستم انطباق

سوراخی با کلاس تلرانس H7، در نظر بگیرید. برای ورود میله‌ای در این سوراخ ، ۲۸ حالت مختلف وجود دارد. در بعضی از این حالات میله به راحتی در داخل سوراخ وارد می‌شود. در برخی از آنها میله در داخل سوراخ لقی دارد و در برخی دیگر باید میله را با فشار وارد سوراخ نمود.

همچنین می‌توان میله‌ای با تلرانسی ثابت در نظر گرفت و تلرانس سوراخ‌ها را مطابق شکل تغییر دهیم. این دو روش تحت عنوان سیستم سوراخ مبنا و سیستم میله مبنا شناخته می‌شود.

سیستم انطباق

سیستم سوراخ مبنا: سیستم انطباقی که در آن لقی و یا تداخل لازم، به وسیله ترکیب حاصل از کلاسهای مختلف تلرانس میله‌ها با یک کلاس تلرانس ثابت سوراخها به دست می‌آید.



سیستم سوراخ مبنا

سیستم انطباق

سیستم سوراخ مبنا:

در سیستم سوراخ مبنا، قطر سوراخ در حالت مبنا ثابت می‌ماند و با تغییر موقعیت تلرانس میله نسبت به خط صفر حالات مختلفی از انطباق به دست می‌آید. در سیستم سوراخ مبنا ابتدا سوراخی با تلرانس معین ساخته می‌شود و سپس با تغییر تلرانس میله حالتهای مختلف انطباق بدست می‌آید. در سیستم سوراخ مبنا موقعیت H برای سوراخ در نظر گرفته می‌شود. البته باید توجه داشت که حرف H تنها بیانگر موقعیت تلرانس نسبت به خط صفر است و میزان تلرانس با عددی که در کنار آن می‌آید (درجه تلرانس) بیان می‌شود. به عنوان مثال H7(کلاس تلرانس) برای سوراخی به قطر 15 میلیمتر بیانگر تلرانسی به صورت 15^{+18} است.

سیستم انطباق

استاندارد ایزو برای بیان کردن مقدار تلرانس‌ها در انطباقات مختلف از جداولی استفاده می‌کند. در جداولی که برای سیستم سوراخ مبنا طراحی شده است ستونهایی وجود دارد که مقادیر انحراف بالا و پایین را برای درجات مختلف تلرانس H بر حسب قطرهای مختلف بیان می‌کند. با مقایسه تلرانس سوراخ و میله حالت انطباق را می‌توان تشخیص داد.

سیستم انطباق

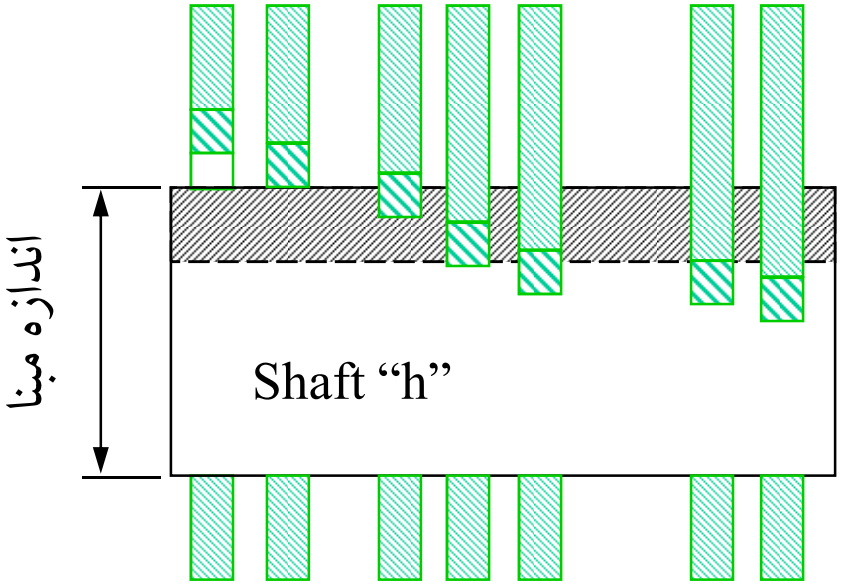
Nominal Dimension		Tolerance Zone in mm (Internal Measurements)					
over	to	H7	H8	H9	H11	H13	H14
0	1	+0.010 0	+0.014 0	+0.025 0	+0.060 0	+0.14 0	
1	3	+0.010 0	+0.014 0	+0.025 0	+0.060 0	+0.14 0	+0.25 0
3	6	+0.012 0	+0.018 0	+0.030 0	+0.075 0	+0.18 0	+0.30 0
6	10	+0.015 0	+0.022 0	+0.036 0	+0.090 0	+0.22 0	+0.36 0
10	18	+0.018 0	+0.027 0	+0.043 0	+0.110 0	+0.27 0	+0.43 0
18	30	+0.021 0	+0.033 0	+0.052 0	+0.130 0	+0.33 0	+0.52 0
30	50					+0.39 0	+0.62 0
50	80					+0.46 0	+0.74 0
80	120					+0.54 0	+0.87 0

سیستم انطباق

در صنعت همواره به این صورت نخواهد بود که ابتدا سوراخ و سپس میله طراحی شود. بلکه گاهی اوقات ابتدا میله طراحی می‌شود و سپس قطر سوراخ مطابق با آن تغییر می‌کند. این مطلب ما را به سمت تعریف سیستم دیگر برای انطباقات موسوم به سیستم میله مبنا رهنمون می‌سازد.

سیستم انطباق

سیستم میله مبنا: سیستم انطباقی که در آن لقی و یا تداخل لازم، به وسیله ترکیب حاصل از کلاسهای مختلف تلرانس سوراخها با یک کلاس تلرانس ثابت میله ایجاد می‌شود.



سیستم میله مبنا

سیستم انطباق

سیستم میله مبنا:

سیستم میله مبنا، قطر میله در حالت مبنا ثابت می‌ماند و با تغییر موقعیت تلرانس سوراخ نسبت به خط صفر حالات مختلفی از انطباق بدست می‌آید. در سیستم میله مبنا، موقعیت h برای میله در نظر گرفته می‌شود.

سیستم انطباق

Nominal Dimension		Tolerance Zone in mm (External Measurements)								
over	to	m6	h6	h8	h10	h11	h13	h14	h15	h16
0	1	+0.002 +0.008	0 -0.006	0 -0.014	0 -0.040	0 -0.060	0 -0.14			
1	3	+0.002 +0.008	0 -0.006	0 -0.014	0 -0.040	0 -0.060	0 -0.14	0 -0.25	0 -0.40	0 -0.60
3	6	+0.004 +0.012	0 -0.008	0 -0.018	0 -0.048	0 -0.075	0 -0.18	0 -0.30	0 -0.48	0 -0.75
6	10	+0.006 +0.015	0 -0.009	0 -0.022	0 -0.058	0 -0.090	0 -0.22	0 -0.36	0 -0.58	0 -0.90
10	18	+0.007 +0.018	0 -0.011	0 -0.027	0 -0.070	0 -0.110	0 -0.27	0 -0.43	0 -0.70	0 -1.10
18	30	+0.008 +0.021	0 -0.030	0 -0.033	0 -0.084	0 -0.130	0 -0.33	0 -0.52	0 -0.84	0 -1.30
30	50						0 -0.39	0 -0.62	0 -1.00	0 -1.60
50	80						0 -0.46	0 -0.74	0 -1.20	0 -1.90
80	120						0 -0.54	0 -0.87	0 -1.40	0 -2.20