فصل دهم

تولرانس‌های ابعادی

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل :

ـ مفهوم اندازه‌ی اسمی را شرح دهد.
ـ مفهوم خط صفر را بیان کند.
ـ مفهوم انحراف فوقانی را توضیح دهد.
ـ مفهوم انحراف پایینی را شرح دهد.
ـ مفهوم بزرگ‌ترین اندازه را تشریح کند.
ـ مفهوم کوچک‌ترین اندازه را شرح دهد.
ـ مفهوم تولرانس را بیان کند.
ـ مفهوم اندازه‌ی فعلی را ذکر نماید.
ـ مفهوم کیفیت و موقعیت تولرانس را شرح دهد.
ـ مقدار تولرانس را از جدول مقادیر تولرانس، استخراج کند.

۱۰ــ تولرانس‌های ابعادی

۱ــ۱۰ــ مقدمه

به شکل ۱ــ۱۰ نگاه کنید. در این شکل یکی از مهم‌ترین مفاهیم صنعتی، به زبانی ساده بیان می‌شود.

کامیونی در حال حرکت باید از زیر سقفی عبور کند. در حالت a به علت آن که سقف به‌قدر کافی بلند است، کامیون به‌راحتی از آن عبور می‌کند. در این صورت، عبور روان و آزاد انجام پذیرفته است.

در حالت b به علت آن که ارتفاع سقف تقریباً برابر با ارتفاع کامیون است، عبور به راحتی صورت نمی‌گیرد ؛ درنتیجه، حرکت، کمابیش به گونه‌ی «مقاومتی» است، اما به هر حال عبور انجام می‌شود.

در حالت c اختلاف ارتفاع زیاد باعث برخورد و اصطکاک بسیار شدید می‌شود ؛ به‌گونه‌ای که عبور به سادگی امکان ندارد.

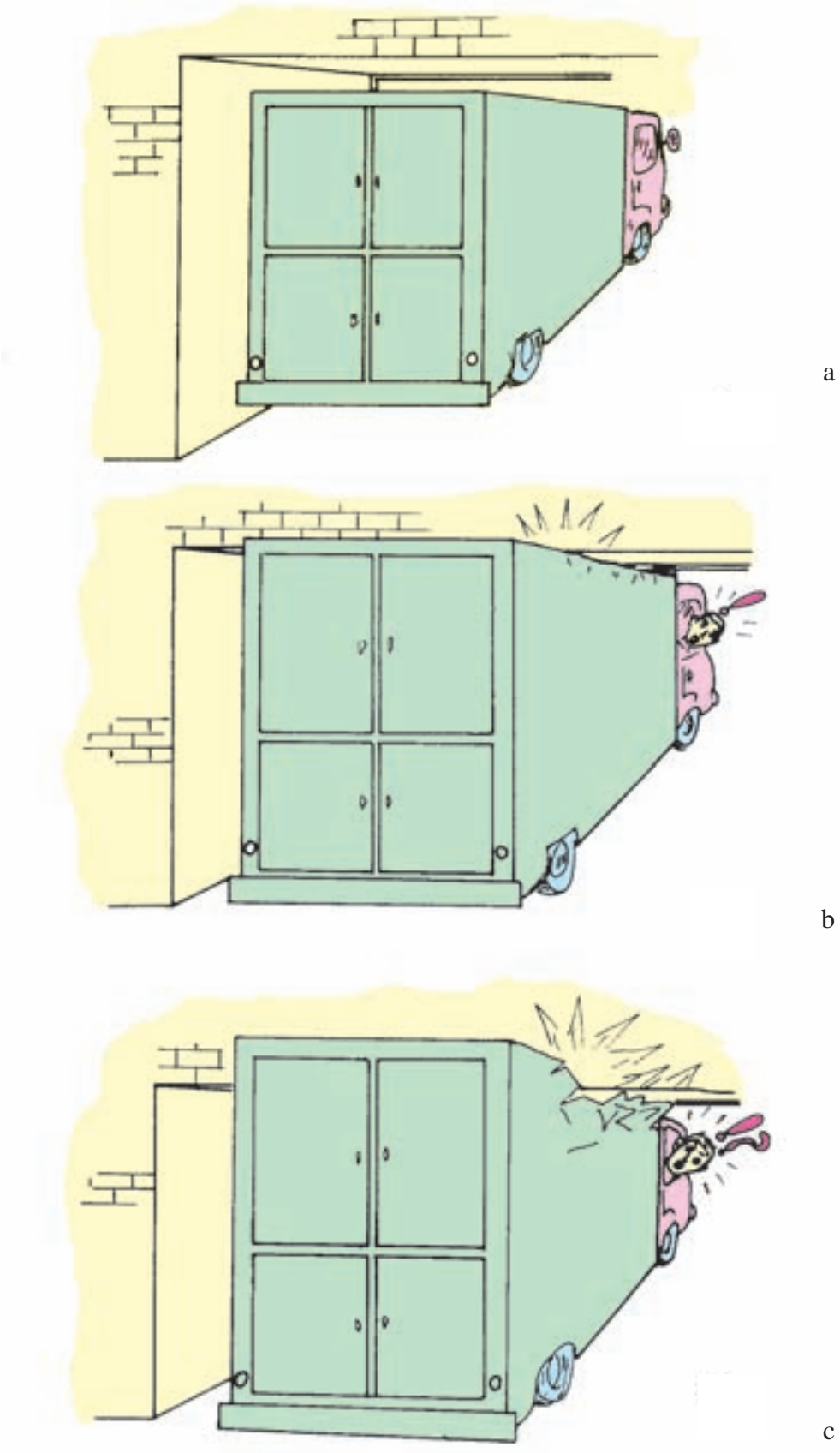
در این‌جا عامل مهم، اختلاف اندازه‌ای است که می‌توان برای بلندی سقف یا کامیون قائل شد. برای برطرف ساختن این مشکل سه حالت ممکن است :

۱ــ ارتفاع سقف ثابت باشد و ارتفاع کامیون تغییر کند ؛ «یعنی حالت‌های یاد شده را تنها با تغییر دادن ارتفاع کامیون‌ها به دست آورد».

۲ــ ارتفاع کامیون ثابت باشد، اما از زیر سقف‌هایی با ارتفاعات مختلف بگذرد.

۳ــ تغییرات ارتفاع مربوط به هر دو باشد.

بدین‌ترتیب، درنظر گرفتن بلندی کامیون یا ارتفاع سقف به‌طور مستقل، یا در نظر گرفتن آن‌ها در ارتباط با یک‌دیگر، دو



a

b

c

شکل ۱ ــ ۱۰

مقوله‌ی جداگانه هستند.

در ساخت قطعات مختلف صنعتی چنین تغییراتی در اندازه‌ها بسیار مهم تلقی می‌شود ؛ به‌طوری که طراحان صنعتی همیشه ملزم به تعیین دقیق اختلاف اندازه‌های مجاز در طراحی‌های خود هستند ؛ برای مثال، کسی که یک گیره را طراحی می‌کند باید ضمن مشخص کردن اندازه‌های اصلی برای قسمت‌های مختلف قطعه، تغییرات مجاز برای هر اندازه را نیز ذکر کند ؛ بنابراین، تغییرات موردنظر تا آن‌جا که تنها به اندازه‌ی آزاد مثل طول اهرم‌گیره مربوط شود پذیرفتنی است، اما آن‌جا که مربوط به‌دو قطعه‌ی درهم‌رفتنی و منطبق شونده است، بسته به نوع ارتباط، متفاوت خواهد بود که در هر مورد توضیحات تفصیلی بیان خواهد شد.

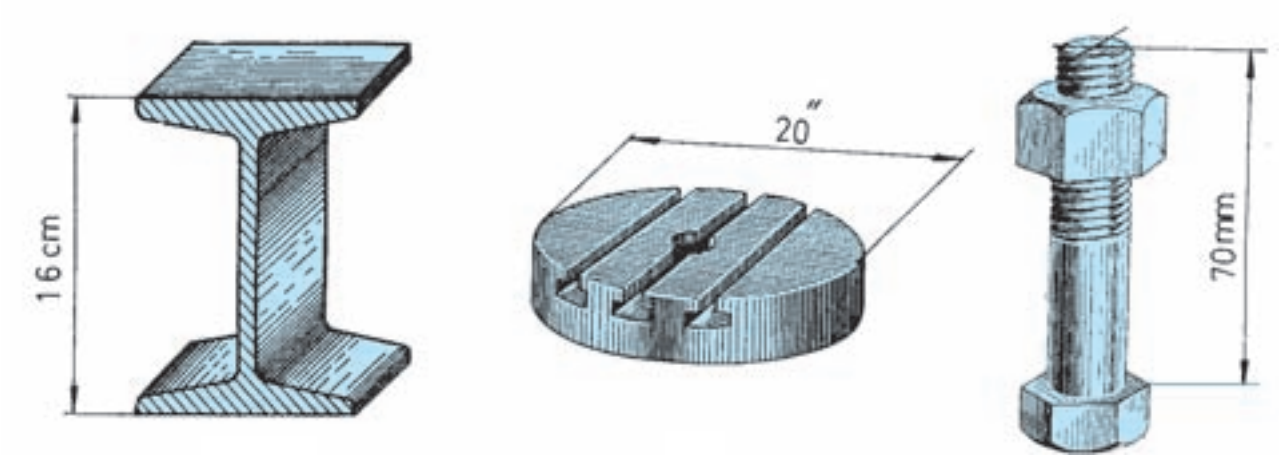
۲ــ۱۰ــ اندازه‌ی اسمی

به شکل ۲ــ۱۰ نگاه کنید. اندازه‌ی L باید به مقدار معینی ساخته شود. این اندازه در شکل a برابر ۱۶ سانتی‌متر، در شکل b برابر in ۲۰ و در شکل c معادل ۷۰ میلی‌متر است.

این مقادیر را «اندازه‌ی اسمی» می‌گویند. اطلاق اندازه‌ی اسمی به این دلیل است که اندازه‌ی موردنظر را هرگز نمی‌توان بادقت مطلق ساخت ؛ یعنی ساختن اندازه‌ای که بدون هیچ خطایی برابر مثلاً ۱۶cm باشد یا به صورت دیگر مانند L =۱۶/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰cm از نظر فنی امکان ندارد[1]، اما در صورت لزوم می‌توان آن را بسیار نزدیک به اندازه‌ی اسمی ساخت. بدیهی است هر چه بخواهیم اندازه‌ی واقعی را به اندازه‌ی اسمی نزدیک کنیم، باید هزینه‌ی زیادتری صرف کنیم و در ضمن از ماشین‌ها و ابزار دقیق‌تر و کارگران ماهرتر استفاده کنیم که البته این امر مقرون به صرفه نخواهد بود.

در نمونه‌های داده شده در شکل ۲ــ۱۰، خطای جزیی در اندازه اهمیت چندانی ندارد ؛ آیا در نمونه‌های شکل ۳ــ۱۰ نیز خطاها در اندازه، به همان نسبت کم اهمیت است؟

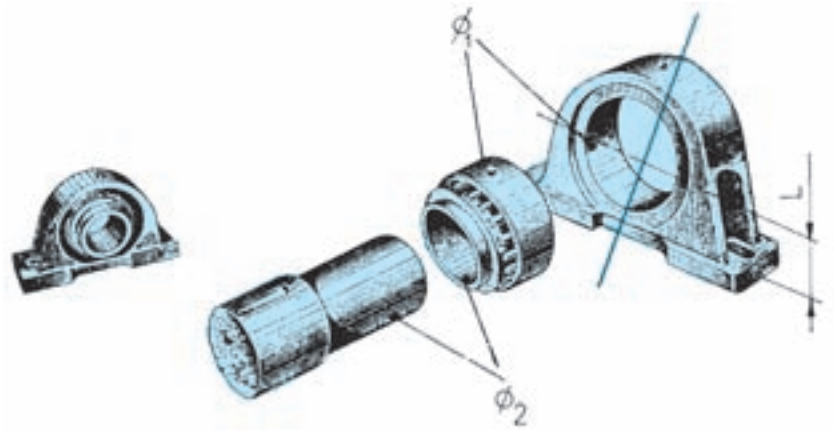
البته منظور اندازه‌های ϕ_1 و ϕ_2 و L است. بدیهی است که در این جا به علت مطرح بودن مسائل انطباقی میان قطعات، مقدار خطا در اندازه بسیار مهم است ؛ به‌طوری که انتخاب اندازه‌های مناسب در کیفیت کار اجزا اثر می‌گذارد و خود یک مسئله‌ی مهم صنعتی به شمار می‌آید.



a b c

شکل ۲ ــ ۱۰

۱ ــ امروزه ساخت اندازه‌ای با دقت ۰/۰۰۱ میکرون امکان‌پذیر است، اما فوق‌العاده گران تمام می‌شود.



شکل ۳ــ۱۰

در کنترل اندازه‌ها دو نکته، بسیار اهمیت دارد ؛ به‌خصوص در مورد دو قطعه‌ای که باید با هم در حال تماس باشند یا بر هم منطبق شوند. این نکات عبارت‌اند از :

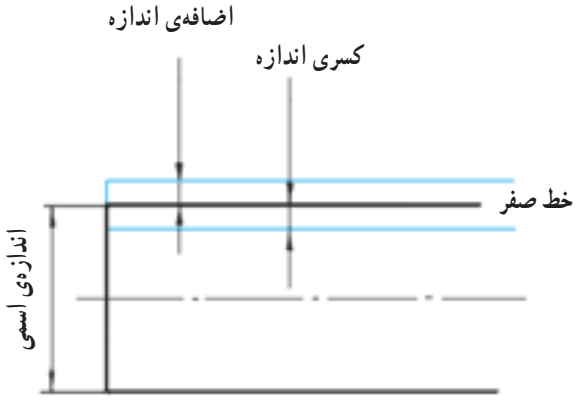
۱ــ دقت بیش‌تر در اندازه‌ها باعث دقیق‌تر بودن ماشین و بالا رفتن کیفیت کار آن خواهد شد.

۲ــ هر چه دقت در اندازه‌ها زیادتر شود، قیمت تولید بالاتر خواهد رفت.

دقت در اندازه‌ها به سبب مسائلی از قبیل فضای لازم برای روغن‌کاری، تغییرات درجه‌ی حرارت و تأثیر آن در تغییر اندازه‌ها، لقّی‌های مختلف، تعویض قطعه یا یدکی‌خوری، فشار لازم در پرس‌کاری و تنش‌های حاصل، تأثیرات بارهای اضافی بر محورها در یاتاقان‌ها و نظایر آن بسیار مهم است. پس خطاهای اندازه‌گیری و حدود مجاز آن باید از نظر طرّاح خیلی مهم تلقّی شده با دقّت کامل تعیین شود. به این ترتیب، ضرایب اصلی تعیین عمر یک ماشین، رعایت و انتخاب درست این خطاها در اندازه‌گیری است. البته نباید به علت دقت بیش از حد، باعث گران شدن قیمت قطعه یا ماشین شد.

مقدار خطایی را که طرّاح برای هر اندازه، مجاز می‌داند، «**اختلاف اندازه‌ی مجاز**» یا «**تولرانس**» «Tolerance» می‌گوییم که تجربه‌ی چند صد ساله‌ی صنعت در هر موردی آن را تعیین کرده است. هدف از این فصل بحث بیش‌تر درباره‌ی این موضوع و نحوه‌ی درج آن در نقشه است. اینک چند اصطلاح و تعریف ضروری دیگر را پی می‌گیریم :

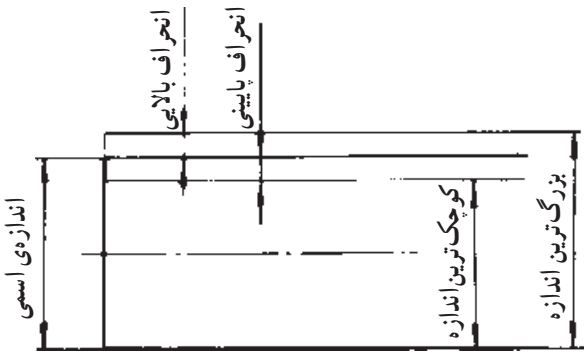
۱ــ ۲ــ ۱۰ــ خط صفر: این خط در واقع نمایش‌دهنده‌ی اندازه‌ی اسمی است که بالاتر از آن حد، مقادیر بیش از اندازه‌ی اسمی و پایین‌تر از آن، زیر اندازه‌ی اسمی خواهند بود (شکل ۴ــ۱۰).



شکل ۴ ــ ۱۰

۲ــ ۲ــ ۱۰ــ انحراف بالایی: گفته شد که ساختن اندازه‌ی اسمی به‌طور مطلق امکان ندارد ؛ بنابراین، ناگزیریم برای هر اندازه، حدودی قائل شویم ؛ یعنی بگوییم که این اندازه را می‌توان تا چه حد بیش‌تر یا کم‌تر از اندازه‌ی اسمی ساخت. حداکثر اضافه‌ی اندازه را «انحراف بالایی» یا « فوقانی» می‌گویند (شکل ۵ــ۱۰).

۳ــ ۲ــ ۱۰ــ انحراف پایینی: حداکثر کاهش اندازه‌ی مجاز نسبت به‌اندازه‌ی اسمی را «انحراف پایینی» یا «تحتانی» می‌گویند (شکل ۵ــ۱۰).



شکل ۵ ــ ۱۰

بزرگ‌ترین اندازه: در صورت افزودن انحراف بالایی به‌اندازه‌ی اسمی، بزرگ‌ترین اندازه‌ی مجاز به‌دست می‌آید ؛ پس :

انحراف بالایی + اندازه‌ی اسمی = بزرگ‌ترین اندازه‌ی مجاز

کوچک‌ترین اندازه: در صورت کاستن انحراف پایینی از اندازه‌ی اسمی، کوچک‌ترین اندازه‌ی مجاز به‌دست خواهد آمد ؛ پس :

انحراف پایینی + اندازه‌ی اسمی = کوچک‌ترین اندازه‌ی مجاز

مثال: اندازه‌ی اسمی برای قطر یک میله ۲۰mm است. اگر انحراف بالایی برابر ۰/۲ و انحراف پایینی ۰/۳− باشد، بزرگ‌ترین اندازه و کوچک‌ترین اندازه را معین کنید.

حل:

⇒ انحراف بالایی + اندازه‌ی اسمی = بزرگ‌ترین اندازه

بزرگ‌ترین اندازه = ۲۰+۰/۲ = ۲۰/۲mm

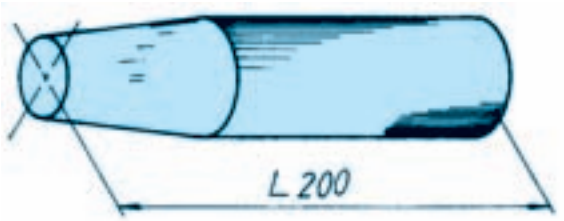
⇒ انحراف پایینی + اندازه‌ی اسمی = کوچک‌ترین اندازه

کوچک‌ترین اندازه = ۲۰−۰/۳ = ۱۹/۷mm

۳ــ۱۰ــ تولرانس

تولرانس از نظر لغوی به معنی تحمّل کردن یا حد تحمّل است که در این مورد ویژه آن را به «**اختلاف اندازه‌ی مجاز**» تعبیر می‌کنیم و با T نشان می‌دهیم. به عبارت دیگر، مقدار خطایی را که طرّاح برای هر اندازه، تحمل‌پذیر می‌داند، «تولرانس» می‌گویند. به شکل ۶ــ۱۰ توجه کنید.

فرض کنید طرّاح برای طول L مقدار ۰/۲mm افزایش طول و نیز ۰/۱mm کاهش را مجاز دانسته است ؛ بر این اساس، بزرگ‌ترین اندازه ۲۰۰/۲، و کوچک‌ترین اندازه ۱۹۹/۹ است. در این جا اختلاف اندازه‌ی مجاز یا تولرانس برابر خواهد بود با



شکل ۶ ــ ۱۰

بزرگ‌ترین اندازه، منهای کوچک‌ترین اندازه یا :

کوچک‌ترین اندازه − بزرگ‌ترین اندازه = تولرانس T

یا :

T = ۲۰۰/۲−۱۹۹/۹ = ۰/۳

بنابراین اندازه‌ی ۰/۳mm، اختلاف اندازه‌ی مجاز یا تولرانس است. می‌توان تولرانس را به‌طور مستقیم از تفاضل انحراف بالایی و پایینی به دست آورد ؛ یعنی :

در همین مسئله

انحراف پایینی − انحراف بالایی = تولرانس

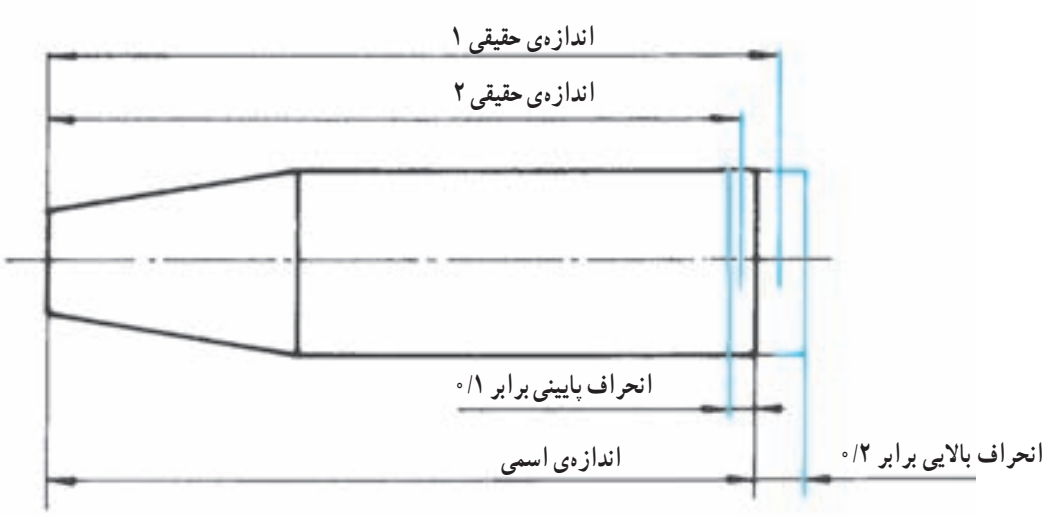
۰/۳ = (−۰/۱) − ۰/۲ = تولرانس

۱ــ۳ــ۱۰ــ اندازه‌ی فعلی: اندازه‌ی فعلی یا حقیقی عبارت است از اندازه‌ی موجود قطعه ؛ یعنی، آن مقداری که وسیله‌ی اندازه‌گیری نشان می‌دهد. البته این اندازه موقعی پذیرفته می‌شود که میان بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه واقع باشد. در مثال گذشته اگر کنترل اندازه با کولیس مقدار ۲۰۰/۰۵ را نشان می‌دهد، این اندازه پذیرفتنی خواهد بود. در مثال یاد شده آیا اندازه‌ی حقیقی می‌تواند بیش از اندازه‌ی اسمی یا کم‌تر از آن باشد؟

پاسخ این سؤال مثبت است. به شکل ۷ــ۱۰ دقت کنید.

به این ترتیب آیا می‌توانید بگویید که در مثال ذکر شده چند اندازه‌ی حقیقی می‌توانیم داشته باشیم؟

۲ــ۳ــ۱۰ــ کیفیّت تولرانس: کیفیت یا چگونگی تولرانس عبارت است از مقدار آن که هر چه کم‌تر باشد گوییم درجه‌ی مرغوبیت آن بیش‌تر است. پس هر چه اختلاف اندازه‌ی مجاز کم‌تر باشد قطعه از نظر کیفی اندازه‌ی دقیقتری دارد و اندازه‌ی حقیقی آن با خطای کم‌تری است، اما هر چه تولرانس



شکل ۷ ــ ۱۰

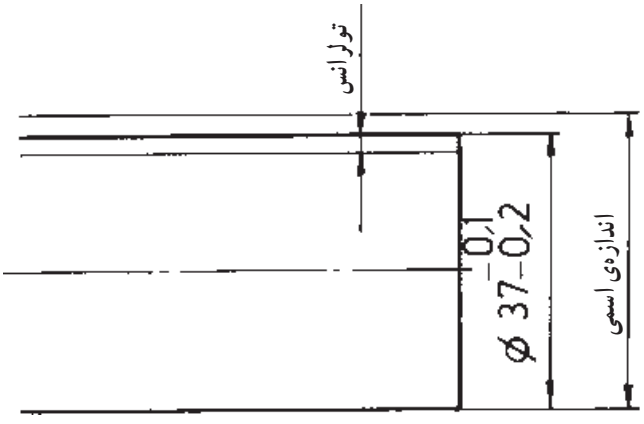
بیش‌تر شود به دست آوردن اندازه‌ی فعلی آسان‌تر خواهد بود.

۳ــ ۳ــ ۱۰ــ موقعیت تولرانس: عبارت است از وضعیت انحراف اندازه‌ی مجاز نسبت به خط صفر.

مجموعه‌ی کیفیت و موقعیت تولرانس به میدان تولرانس موسوم است.

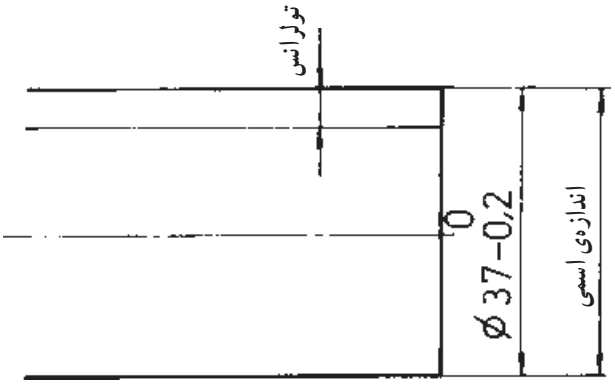
مثال: اگر اندازه‌ی اسمی قطر یک میله ۴۰ باشد، با درنظر گرفتن تولرانس‌های مختلف می‌توان وضعیت‌های متفاوتی نسبت به خط صفر به‌دست آورد. (البته این تولرانس‌ها می‌توانند هرچه ظریف‌تر یا خشن‌تر انتخاب شوند.) در این جا می‌توان اختلاف اندازه‌ی مجاز را به گونه‌ای انتخاب کرد که :

الف) بزرگ‌ترین اندازه، زیر اندازه‌ی اسمی باشد، «زیر خط صفر باشد» (شکل ۸ــ ۱۰).



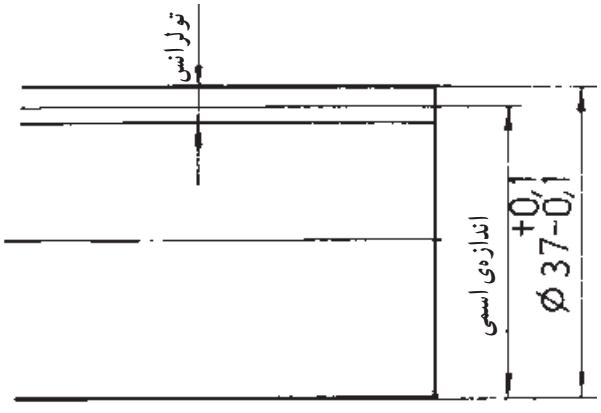
شکل ۸ ــ ۱۰

ب) بزرگ‌ترین اندازه به خط صفر برسد (شکل ۹ــ ۱۰).



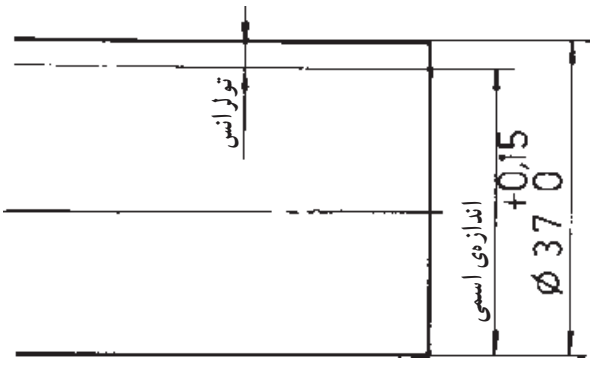
شکل ۹ ــ ۱۰

ج) بزرگ‌ترین اندازه بالای خط صفر و کوچک‌ترین اندازه زیر خط صفر باشد (شکل ۱۰ــ ۱۰).



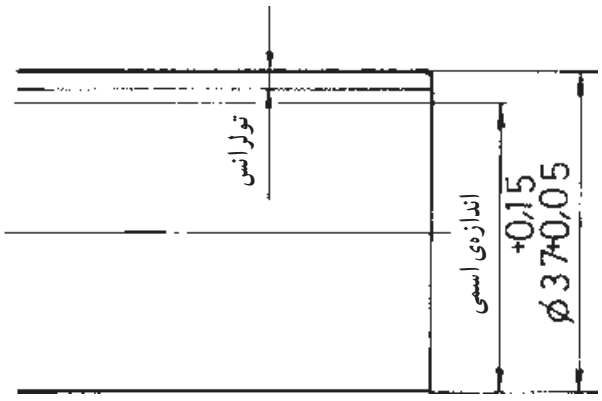
شکل ۱۰ ــ ۱۰

د) کوچک‌ترین اندازه‌ی مجاز برابر با خط صفر باشد (شکل ۱۱ــ۱۰).

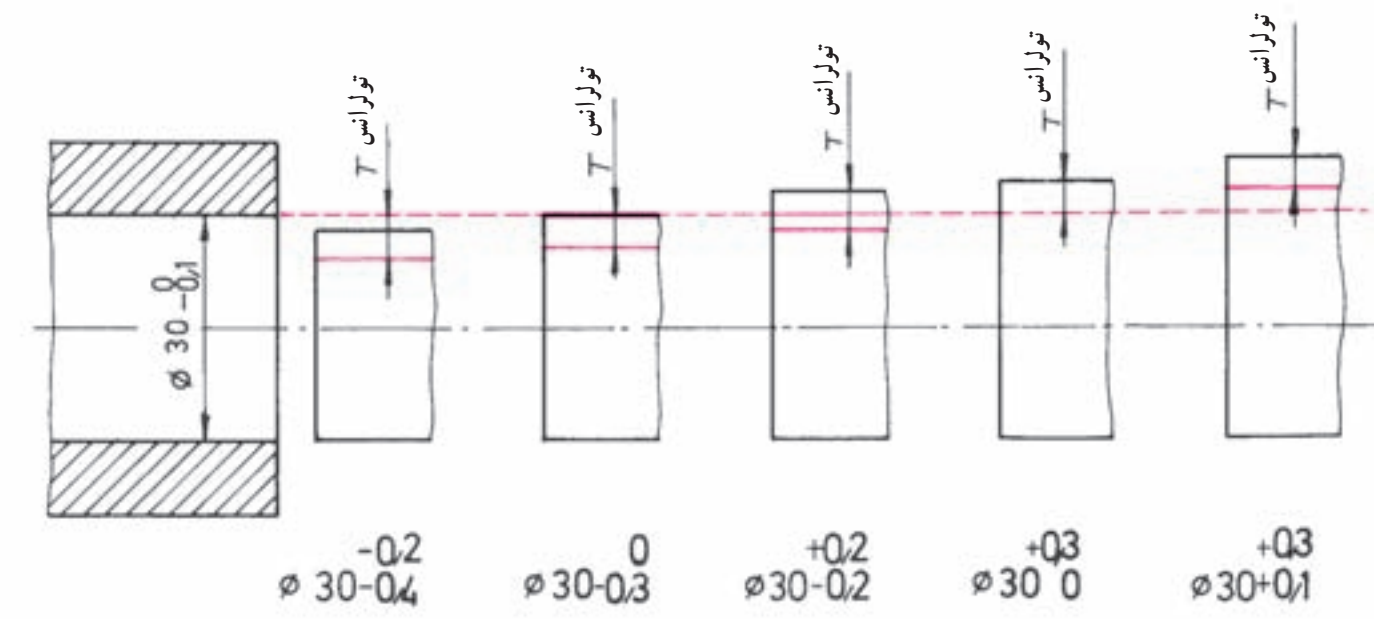


شکل ۱۱ ــ ۱۰

هـ) کوچک‌ترین اندازه بیش‌تر از خط صفر باشد ؛ یعنی «بالای خط صفر یا اندازه‌ی اسمی» (شکل ۱۲ــ۱۰).



شکل ۱۲ ــ ۱۰



شکل ۱۳ ــ ۱۰

هر کدام از وضعیت پنج‌گانه، در کارهای صنعتی کاربرد ویژه‌ای دارند که بعداً بیان خواهد شد. در شکل ۱۳ــ۱۰ مطالب ذکر شده در پنج مورد به طور یک‌جا نشان داده می‌شود. این شکل از نظر مقایسه‌ی حالت‌های یاد شده در خور توجه است.

۴ــ۱۰ــ جدول مقادیر اصلی تولرانس

انتخاب دل‌خواه مقادیر تولرانس برای اندازه‌های مختلف، کارهای ساخت و تولید را در صنعت دچار اختلال می‌کند.

به‌عبارت دیگر، اگر قرار باشد که تولیدکنندگان برای اندازه‌های مورد ساخت، تولرانس‌های متفاوت در نظر گیرند، ارتباط صنعتی منتفی خواهد بود. برای هماهنگی در کارهای صنعتی، استاندارد ISO، دارای جدول اصلی برای مقادیر اختلاف اندازه‌ی مجاز در قطرهای مختلف است. قبل از آوردن این جدول اساسی، یک جدول کوچک را با در نظر گرفتن آن‌چه راجع به کیفیت تولرانس گفته شد می‌آوریم (جدول ۱ــ۱۰).

براساس این جدول، استاندارد ISO برای کیفیت تولرانس

جدول ۱ ــ ۱۰ ــ مربوط به اعداد تولرانس ISO

اندازه‌ها با دقت بیش‌تر ←								اعداد IT								→ اندازه‌ها با دقت کم‌تر	
۰۱	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶

۱۸ مرحله در نظر گرفته است[1] که این مراحل با اعداد ۰۱، ۰، ۱، ۲، ...، ۱۶ بیان می‌شوند. برای عبارت «تولرانس ISO» اختصار IT (ISO Tolerance) را در نظر می‌گیریم. پس کیفیت‌های هجده‌گانه را می‌توان به صورت‌های IT۰۱، IT۰، IT۱، ...، IT۱۶ نشان داد. از IT۰۱ تا IT۵ برای کارهای بسیار دقیق مثل ابزارهای اندازه‌گیری، از IT۵ تا IT۷ برای ماشین‌سازی دقیق و از IT۸ به بالا برای کارهای با دقت اندازه‌ی کم‌تر استفاده می‌شود.

حال می‌توان برای روشن‌تر شدن کامل مطلب جدول مقادیر اصلی را در نظر گرفت (جدول ۲ــ۱۰).

به این جدول با دقت نگاه کنید. این جدول اساس کلیه‌ی مطالب عنوان شده در تولرانس‌ها و انطباقات[2] است.

ــ ستون اول با واحد میلی‌متر در سمت چپ مربوط به قطرها «یا اندازه‌های طولی» است ؛ برای مثال، ۱۸ تا ۱۰< به معنای قطر میله‌ی بیش‌تر از ۱۰ میلی‌متر تا حداکثر ۱۸ میلی‌متر است.

جدول ۲ــ۱۰ــ مقادیر عددی تولرانس‌های استاندارد برحسب میکرون متر µm

گروه mm	۰۱	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
≤ ۳	۰/۳	۰/۵	۰/۸	۱/۲	۲	۳	۴	۶	۱۰	۱۴	۲۵	۴۰	۶۰	۱۰۰	۱۴۰	۲۵۰	۴۰۰	۶۰۰
۶تا ۳ <	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۵	۸	۱۲	۱۸	۳۰	۴۸	۷۵	۱۲۰	۱۸۰	۳۰۰	۴۸۰	۷۵۰
۱۰تا۶ <	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۹	۱۵	۲۲	۳۶	۵۸	۹۰	۱۵۰	۲۲۰	۳۶۰	۵۸۰	۹۰۰
۱۸ تا ۱۰ <	۰/۵	۰/۸	۱/۲	۲	۳	۵	۸	۱۱	۱۸	۲۷	۴۳	۷۰	۱۱۰	۱۸۰	۲۷۰	۴۳۰	۷۰۰	۱۱۰۰
۳۰ تا ۱۸ <	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۹	۱۳	۲۱	۳۳	۵۲	۸۴	۱۳۰	۲۱۰	۳۳۰	۵۲۰	۸۴۰	۱۳۰۰
۵۰ تا ۳۰ <	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۷	۱۱	۱۶	۲۵	۳۹	۶۲	۱۰۰	۱۶۰	۲۵۰	۳۹۰	۶۲۰	۱۰۰۰	۱۶۰۰
۸۰ تا ۵۰ <	۰/۸	۱/۲	۲	۳	۵	۸	۱۳	۱۹	۳۰	۴۶	۷۴	۱۲۰	۱۹۰	۳۰۰	۴۶۰	۷۴۰	۱۲۰۰	۱۹۰۰
۱۲۰ تا ۸۰ <	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۱۰	۱۵	۲۲	۳۵	۵۴	۸۷	۱۴۰	۲۲۰	۳۵۰	۵۴۰	۸۷۰	۱۴۰۰	۲۲۰۰
۱۸۰ تا ۱۲۰ <	۱/۲	۲	۳/۵	۵	۸	۱۲	۱۸	۲۵	۴۰	۶۳	۱۰۰	۱۶۰	۲۵۰	۴۰۰	۶۳۰	۱۰۰۰	۱۶۰۰	۲۵۰۰
۲۵۰ تا ۱۸۰ <	۲	۳	۴/۵	۷	۱۰	۱۴	۲۰	۲۹	۴۶	۷۲	۱۱۵	۱۸۵	۲۹۰	۴۶۰	۷۲۰	۱۱۵۰	۱۸۵۰	۲۹۰۰
۳۱۵ تا ۲۵۰ <	۲/۵	۴	۶	۸	۱۲	۱۶	۲۳	۳۲	۵۲	۸۱	۱۳۰	۲۱۰	۳۲۰	۵۲۰	۸۱۰	۱۳۰۰	۲۱۰۰	۳۲۰۰
۴۰۰ تا ۳۱۵ <	۳	۵	۷	۹	۱۳	۱۸	۲۵	۳۶	۵۷	۸۹	۱۴۰	۲۳۰	۳۶۰	۵۷۰	۸۹۰	۱۴۰۰	۲۳۰۰	۳۶۰۰
۵۰۰ تا ۴۰۰ <	۴	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰	۲۷	۴۰	۶۳	۹۷	۱۵۵	۲۵۰	۴۰۰	۶۳۰	۹۷۰	۱۵۵۰	۲۵۰۰	۴۰۰۰

۱ ــ در برخی از استانداردهای ملی مثل استاندارد قدیم دین آلمان ۲۰ کیفیت و استاندارد روسی ۱۹ کیفیت در نظر گرفته شده است.

۲ــ مقادیر موجود در جدول را طبق فرمول محاسبه کرده‌اند. برای کسب اطلاعات بیش‌تر می‌توانید به کتاب‌های رسم فنی، ترجمه‌ی باقر رجال، یا کتاب رسم فنی تئوری سال چهارم نقشه‌کشی صنعتی نظام قدیم مراجعه کنید.

ـ ستون دوم یا ستون ۰۱ با واحد میکرون، اولین کیفیت تولرانس است ؛ به این معنا که طبق این ستون تولرانس مجاز برای اندازه‌ها داده می‌شود ؛ برای مثال، در مورد ۱۸ تا ۱۰< قطرمیله، تولرانس پیشنهادی ISO برابر ۰/۵ میکرون خواهد بود.

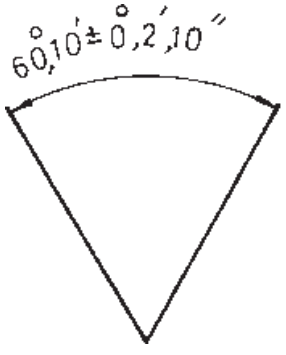
ـ ملاحظه می‌کنید که در ستون‌های بعدی به گونه‌ی مرتب مقدار تولرانس افزایش می‌یابد ؛ به‌طوری که برای مثال قبل، یعنی قطر از ۱۰ تا ۱۸ و مثلاً IT۹ خواهیم داشت : $IT۹ = ۴۳\mu$.

مسئله: IT۱۱ برای قطر ۷۰ میلی‌متر چه‌قدر است؟

حل: با مراجعه به جدول می‌بینیم که عدد ۷۰ در محدوده‌ی (۷۰ تا ۵۰ >) واقع می‌شود ؛ پس در ستون ۱۱ خواهیم داشت : $IT۱۱=۱۹۰\mu$ یعنی ۱۹۰μ برای قطر ۷۰ خواهد بود.

بنابر آن‌چه گذشت، در این جدول برای اندازه‌ی معین مثلاً ۲۰ یا ۱۸ کیفیت تولرانس درنظر گرفته شده است. امروزه تولیدکنندگان با قبول این کیفیت‌ها، تولرانس‌ها را برای اندازه‌های انطباقی را از این جدول استخراج می‌کنند.

۱ـ ۴ـ ۱۰ـ تولرانس زاویه: در مورد زوایا هم می‌توان مقادیر تولرانس را برحسب درجه و دقیقه و ثانیه قائل شد. در شکل ۱۴ـ۱۰ برای زاویه‌ی ۶۰ درجه و ۱۰ دقیقه مقدار ″۱۰ و ′۲ و °±۰ به‌صورت تولرانس در نظر گرفته شده است.



شکل ۱۴ ـ ۱۰

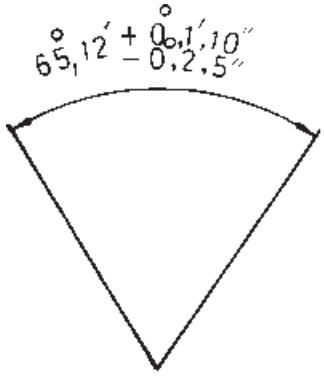
در این شکل چون انحراف بالایی و پایینی برابر است آن را به صورت ± نوشته‌اند.

در شکل ۱۵ـ۱۰ حدود ماکزیمم و مینیمم زاویه بر حسب درجه نوشته شده است.

شکل ۱۵ ـ ۱۰

شکل ۱۶ـ۱۰ زاویه‌ای را با دو حد بالایی و پایینی متفاوت نشان می‌دهد. توجه داشته باشید که کلیه‌ی شماره‌ها به یک اندازه هستند.

غیر از روش‌های ذکر شده، برای نوشتن تولرانس زاویه شکل‌های دیگری نیز موجود است. یادآور می‌شود که مقادیر تولرانس زاویه‌ی استاندارد نیست و معمولاً طرّاح، مقدار آن را تعیین می‌کند.



شکل ۱۶ ـ ۱۰

۲ـ ۴ـ ۱۰ـ تولرانس آزاد: با آن که جدول مقادیر اصلی تولرانس پاسخ‌گوی کلیه‌ی نیازهای صنعتی است، در بسیاری اوقات، طرّاح ترجیح می‌دهد که تولرانس‌هایی خارج از جدول برای اندازه‌ها قائل شود. این تولرانس‌ها را «آزاد» می‌گویند.

در این روش، طراح خود تولرانس را پیشنهاد می‌کند ؛ مثلاً در مورد اندازه‌ی ۳۰ می‌گوید :

$$30 -^{0}_{0.2} \quad \text{یا} \quad 30 -^{+0.2}_{0.3}$$

البته برای اندازه‌های موجود روی نقشه، طرّاح می‌تواند

به‌دو گونه عمل کند :

الف) برای برخی از اندازه‌های نقشه، اختلاف اندازه‌ها را ذکر کند و برای بقیه در زیر نقشه یا در جدول برای مثال بنویسد : کلیه‌ی تولرانس‌های داده نشده ۰/۱± یا آن که کلیه‌ی تولرانس‌ها ۰/۱± . این روش برای هنگامی که اندازه‌های موجود بسیار به‌هم نزدیک باشند مناسب است، اما اگر اختلاف میان اندازه‌های موجود زیاد باشد، این روش کارآیی خود را ازدست می‌دهد ؛ برای مثال، برای ساخت اندازه‌ی ۱۰mm نباید همان تولرانسی را قائل شویم که برای اندازه‌ی ۲۰mm درنظر می‌گیریم.

ب) می‌توان تولرانس را برای طول معین کم، متوسط و زیاد درنظر گرفت که در آن‌صورت می‌توان تولرانس‌ها را ظریف، متوسط و خشن نامید.

این روش در استاندارد ISO موجود نبوده اما در استانداردهای ملی موجود است. برای نمونه، می‌توان آن‌ها را از جدول ۳ــ۱۰ پیشنهاد شده در استاندارد ASA انتخاب کرد.[1]

جدول ۳ــ۱۰ــ مربوط به مقادیر پیشنهادی تولرانس آزاد

خشن	متوسط	ظریف	اندازه‌ها برحسب mm
—	± ۰/۱	± ۰/۰۵	۳ تا ۰/۵
± ۰/۲	± ۰/۱	± ۰/۰۵	۶ تا ۳
± ۰/۵	± ۰/۲	± ۰/۱	۳۰ تا ۶
± ۰/۸	± ۰/۳	± ۰/۱۵	۱۲۰ تا ۳۰
± ۱/۲	± ۰/۵	± ۰/۲	۳۱۵ تا ۱۲۰
± ۲	± ۰/۸	± ۰/۳	۱۰۰۰ تا ۳۱۵
± ۳	± ۱/۲	± ۰/۵	۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰

۱ــ این استاندارد به شماره‌ی ANSI B 4.3-1978 است.

تمرین

۱ــ آیا برای ساخت یک قطعه، همه‌ی اندازه‌ها باید یک دقت را داشته باشند؟

۲ــ اندازه‌ی اسمی یعنی چه؟

۳ــ ساختن اندازه‌ی بسیار دقیق چه مسائلی را به دنبال دارد؟

۴ــ دقت در اندازه‌ها به دلیل چه مسائلی مهم است؟

۵ــ آیا خطاهای اندازه‌گیری در کار یک ماشین مهم است؟

۶ــ مقدار خطای مجاز چه نامیده می‌شود؟

۷ــ خط صفر چیست؟

۸ــ انحراف بالایی را شرح دهید.

۹ــ انحراف پایینی را شرح دهید.

۱۰ــ بزرگ‌ترین اندازه چیست؟

۱۱ــ کوچک‌ترین اندازه چگونه به‌دست می‌آید؟

۱۲ــ تولرانس را به‌طور دقیق تعریف کنید.

۱۳ــ اگر برای طول L مقدار ۰/۳mm افزایش طول و ۰/۲mm کاهش طول مجاز باشد، تولرانس چه‌قدر است؟

۱۴ــ اندازه‌ی فعلی یعنی چه؟

۱۵ــ کیفیت تولرانس یعنی چه؟

۱۶ــ موقعیت تولرانس چیست؟

۱۷ــ منظور از حرف IT چیست؟

۱۸ــ برای کیفیت تولرانس چند مرحله موجود است؟ (آن‌ها از چند تا چند هستند؟)

۱۹ــ در مورد جدول ۲ــ۱۰ به‌طور دقیق توضیح دهید.

۲۰ــ تولرانس زاویه را تعریف کنید.

۲۱ــ تولرانس آزاد را شرح دهید.

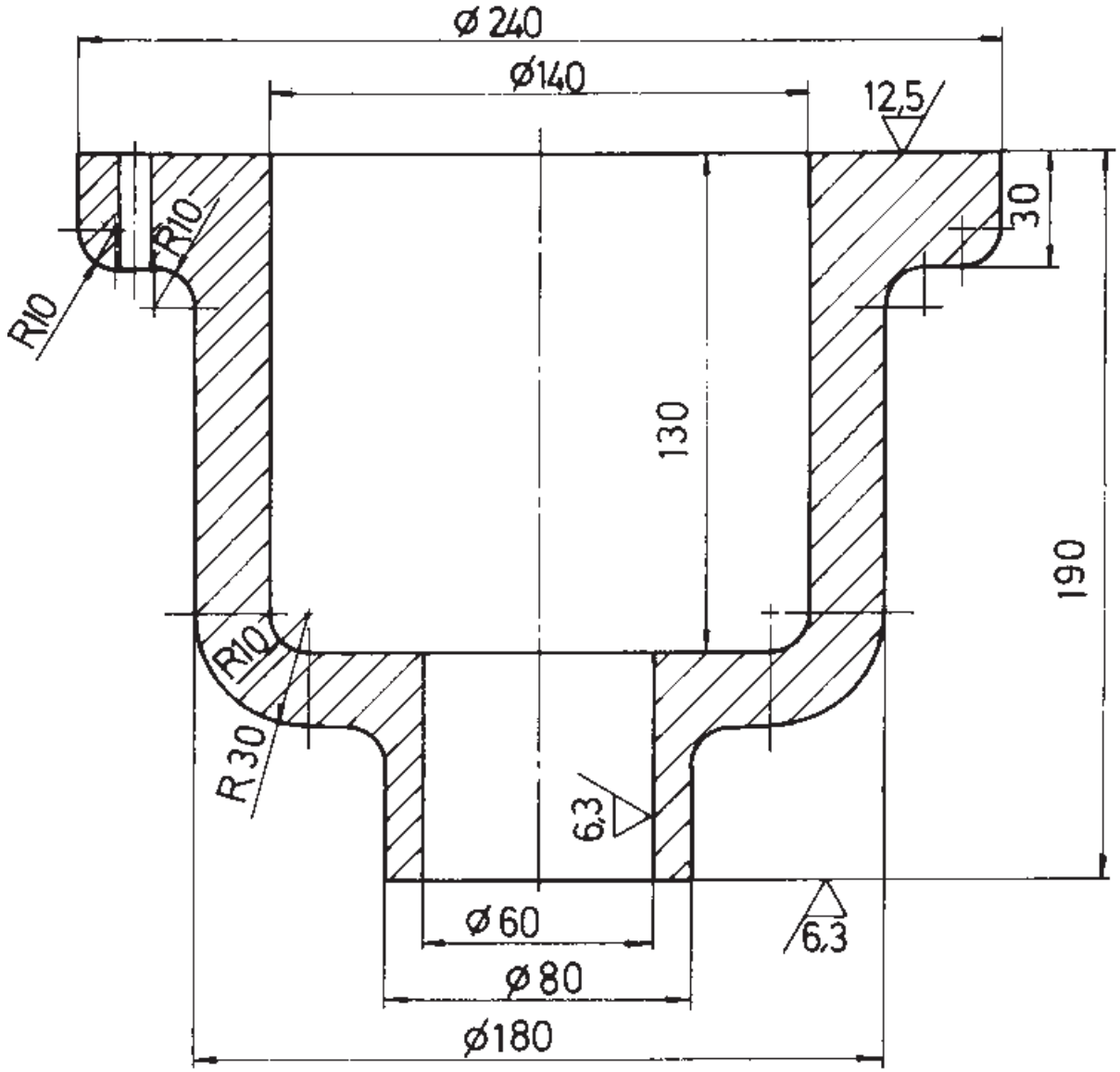
ارزش‌یابی عملی

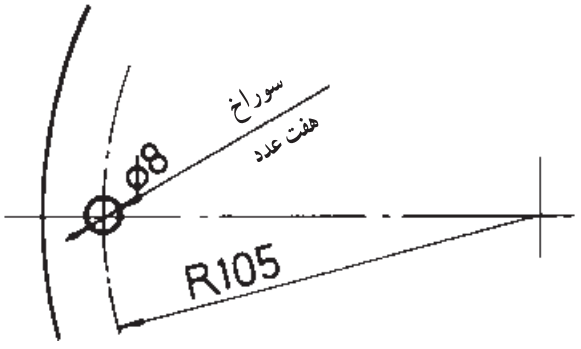
یک درپوش با دو نما معرفی شده است برای آن، این کارها را انجام دهید :

ــ ترسیم نمای قائم در نیم‌برش، نمای افقی در نیم‌نما.

ــ به‌کاربردن اندازه‌ها و علایم پرداخت سطح در حالت جدید.

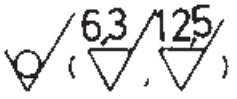
ــ با توجه به جدول ۳ــ۱۰ تولرانس آزاد برای هر اندازه‌ی موجود را در کنار آن بنویسید.





مقیاس ۱:۲

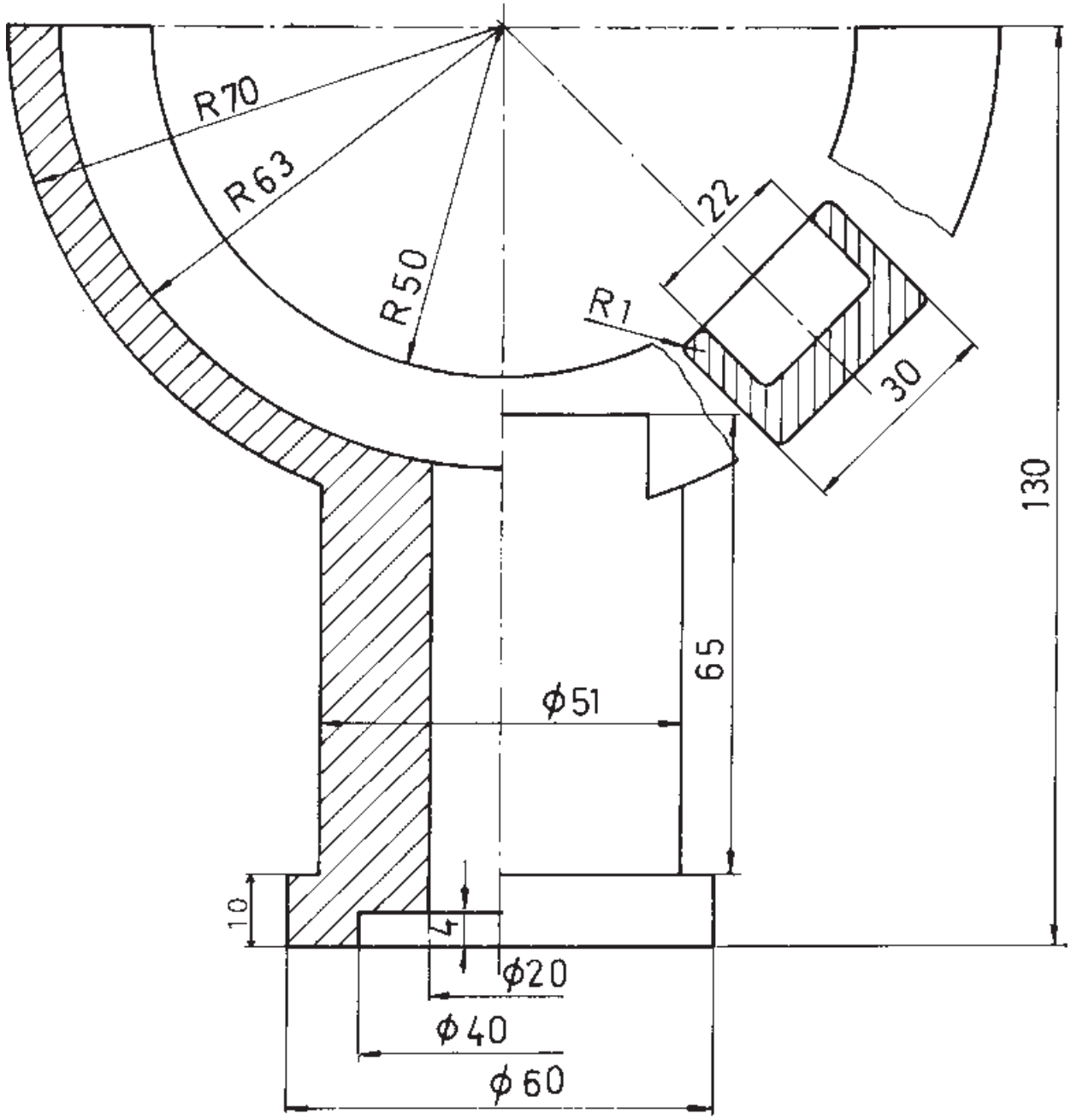
جنس GG15



شکل ۱۷ ــ ۱۰

در شکل ۱۸ــ۱۰ قطعه‌ای به وسیله‌ی نیم‌برش و برش گردشی مشخص شده است.

سطوح داخل شیار استوانه‌ای و نیز سطح داخلی سوراخ ϕ۲۰ و خزینه‌ی آن Ra برابر ۶/۳ پرداخت می‌شوند. برای سایر موارد از Ra۱۲/۵ و دستور برای ساخت بهتر استفاده کنید ؛ البته، علاوه بر تصویر از جلو و اندازه‌گذاری کامل، برش کامل در نمای از چپ و تصویر افقی نیز مورد نیاز است.



شکل ۱۸ ــ ۱۰

فصل یازدهم

انطباقات

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل :

ـ مفهوم انطباق را شرح دهد.

ـ مفهوم میله را در انطباقات توضیح دهد.

ـ مفهوم سوراخ را در انطباقات بیان نماید.

ـ انواع انطباق را معرفی کند.

ـ سیستم انطباقی ثبوت سوراخ را شرح دهد.

ـ سیستم انطباقی ثبوت میله را شرح دهد.

ـ از جدول، نوع انطباق را استخراج کند.

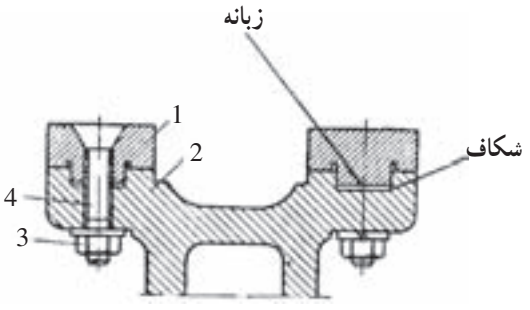
ـ مراحل مختلف انطباقی را با استفاده از جدول، معرفی کند.

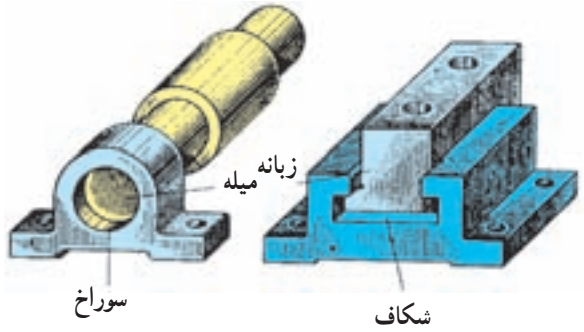
ـ مفهوم تولرانس آزاد را برای اندازه‌ی طولی، شعاع قوس و زاویه، شرح دهد.

۱۱ــ انطباقات

۱ــ۱۱ــ تعریف انطباق قطعات

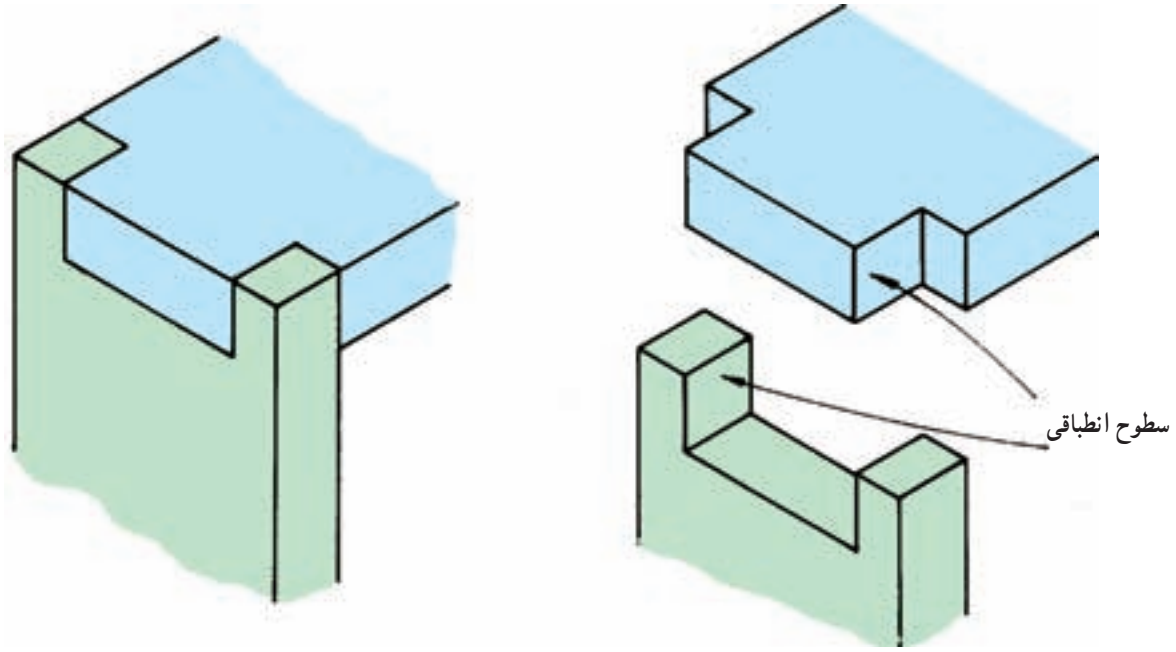
چنان‌چه یک قطعه، به هر صورت، در قطعه‌ای دیگر تداخل کند، در اصطلاح می‌گوییم یک انطباق صورت گرفته است. در شکل ۱ــ۱۱ انواعی از انطباق را ملاحظه می‌کنید.





شکل ۱ــ۱۱

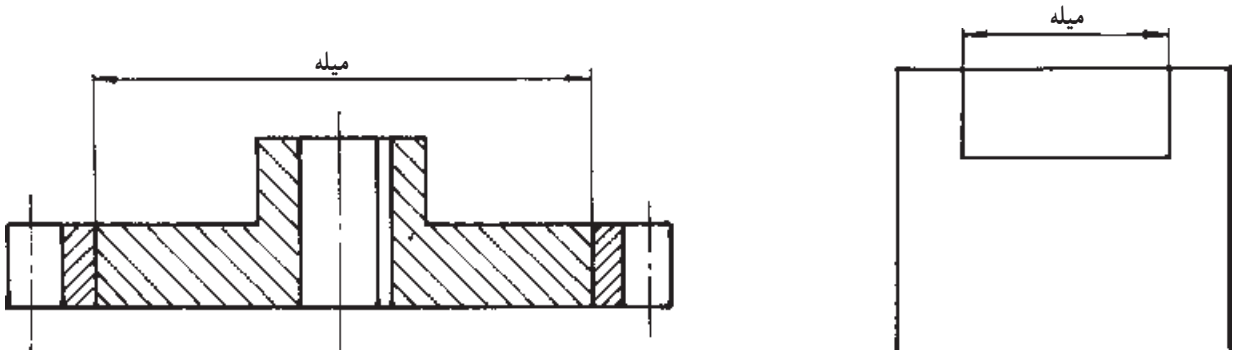
در هر انطباق، دو سطح با یک‌دیگر مجاور خواهند شد و به هر شکلی در یک‌دیگر تداخل خواهند کرد که آن دو سطح را «سطوح انطباقی» می‌نامیم (شکل ۲ــ۱۱).



شکل ۲ــ ۱۱

۲ــ۱۱ــ مفهوم میله در انطباقات

منظور از میله در انطباق علاوه بر معنی عمومی آن (قطعه‌ای استوانه‌ای)، هر فرم یا شکلی از قطعه است که در انطباق وارد قطعه‌ای دیگر می‌شود ؛ مانند میله که داخل سوراخ می‌شود و مانند زبانه که داخل شکاف قرار می‌گیرد. در شکل ۳ــ۱۱ انواعی از میله را می‌بینید.

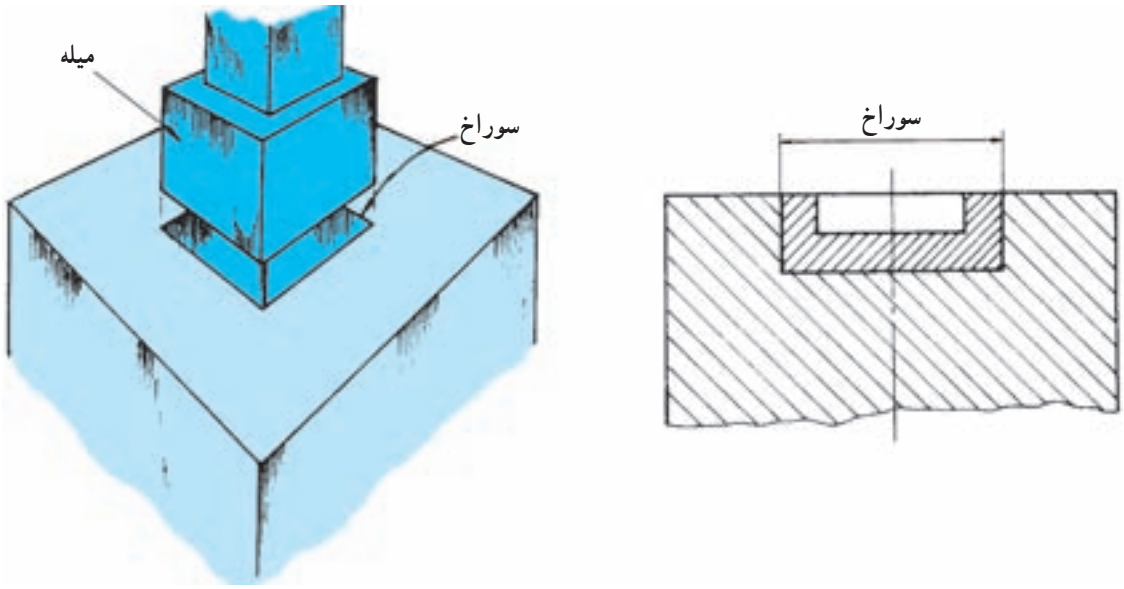


شکل ۳ــ ۱۱

۳ــ۱۱ــ سوراخ

منظور از سوراخ در انطباق علاوه بر معنی عمومی آن (سوراخ به شکل استوانه)، هر فرم و شکلی است که قطعه‌ای داخل آن می‌شود. در شکل ۴ــ۱۱ نمونه‌هایی از آن را ملاحظه می‌کنید.

بدیهی است تنوع تولیدات صنعتی نیازمند درجات مختلفی از انطباق است و یکی از مسائل مطرح و اساسی در صنعت چگونگی انطباق دو قطعه است. به‌طورکلی انطباقات به سه دسته تقسیم می‌شوند :



شکل ۴ــ ۱۱

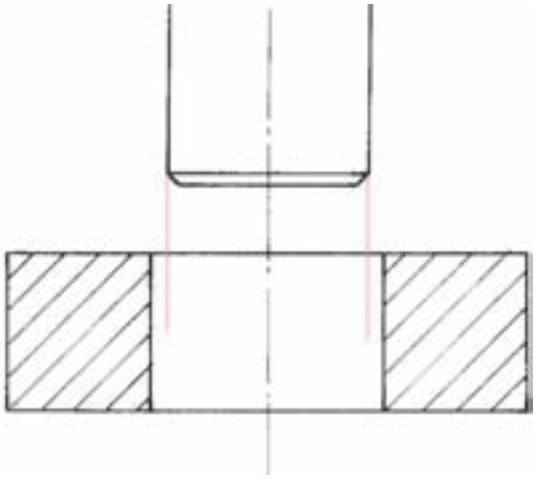
۴ــ۱۱ــ انطباق بازی‌دار

انطباق بازی‌دار، روان یا «آزاد» هنگامی پیش می‌آید که دو قطعه‌ی منطبق شونده نسبت به هم دارای لقّی باشند. میزان این لقّی از تفاضل اندازه‌ی فعلی میله از اندازه‌ی فعلی سوراخ به‌دست می‌آید. شکل ۵ــ۱۱ براساس اندازه‌های فعلی ترسیم شده است.

بدین ترتیب :

کوچک‌ترین‌اندازه‌ی میله- بزرگ‌ترین‌اندازه‌ی‌سوراخ = بزرگ‌ترین لقّی

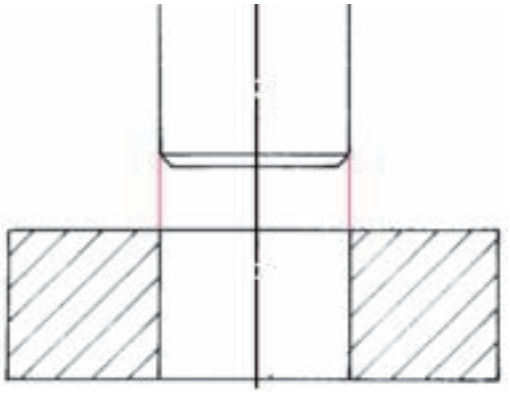
بزرگ‌ترین‌اندازه‌ی‌میله - کوچک‌ترین‌اندازه‌ی‌سوراخ =کوچک‌ترین لقّی



شکل ۵ ــ ۱۱ ــ انطباق روان

۵ــ۱۱ــ انطباق عبوری

انطباق عبوری را می‌توان به گونه‌ی ساده‌تر «انتقالی» یا «ضعیف» نیز نامید و آن حالتی است که دو قطعه ضمن نداشتن لقّی در یک‌دیگر، قابل حرکت یا لغزیدن با نیروی کم هستند. دراین شرایط اندازه‌های فعلی تقریباً معادل خواهند بود (شکل ۶ــ۱۱).

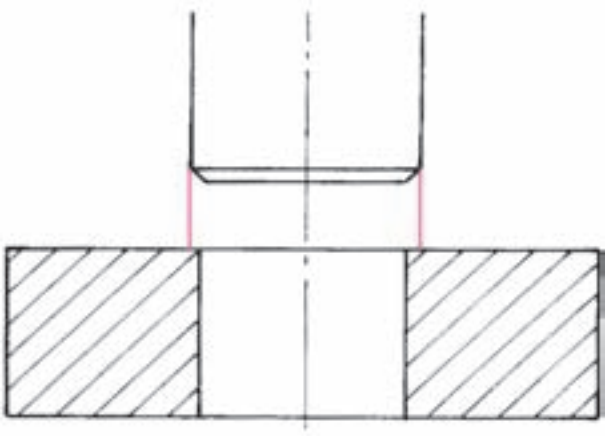


شکل ۶ ــ ۱۱ ــ انطباق عبوری

۶ــ۱۱ــ انطباق پرسی

این انطباق، داخلی یا در هم رفتنی است و اختلاف اندازه‌های فعلی میله و سوراخ بدان‌گونه است که باید از نیروهای زیادتر، حتی پرس استفاده کرد (شکل ۷ــ۱۱).

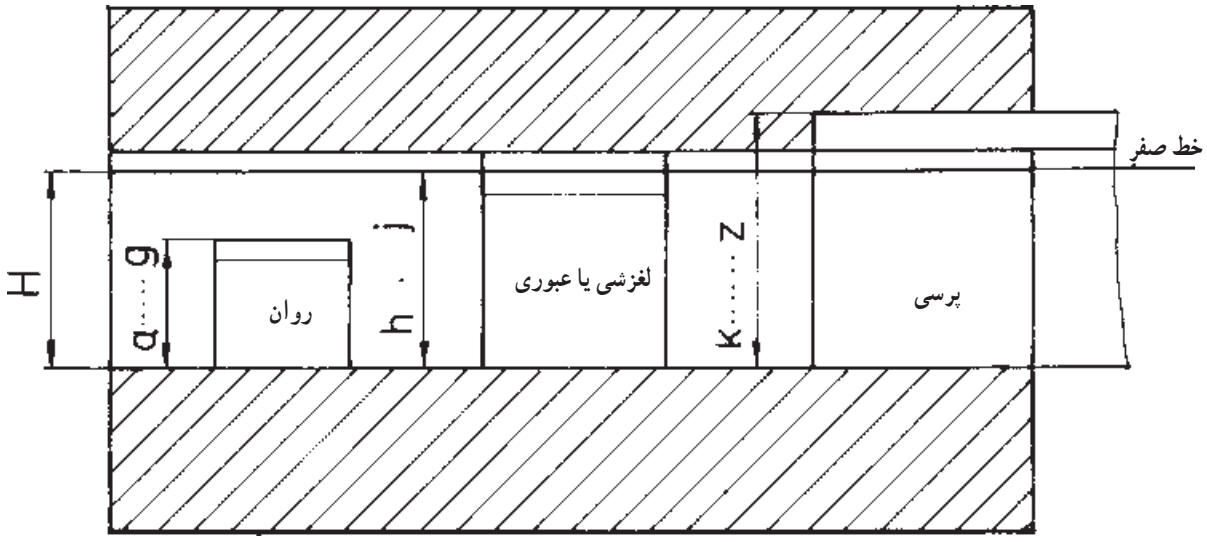
با نظری اجمالی بلافاصله درمی‌یابیم که تقسیم‌بندی‌های فوق به هیچ عنوان برای تنوع انطباقات در صنعت کافی نیست ؛ پس لازم است که خود این سه دسته را به مراحل بیش‌تری تقسیم کنیم. در جدول‌های ۱ــ ۱۱ و ۲ــ ۱۱ تقسیمات بیش‌تری را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷ ــ ۱۱ ــ انطباق پرسی

۷ــ ۱۱ــ دستگاه انطباقی ثبوت سوراخ (سوراخ مبنا[1])

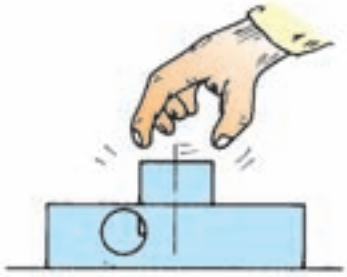
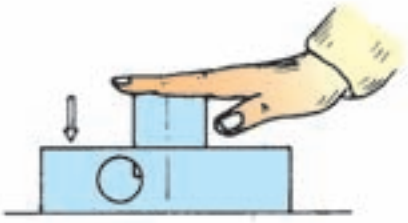
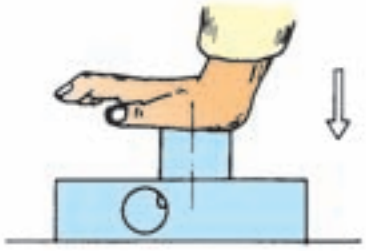
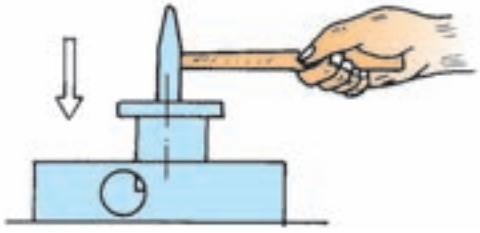
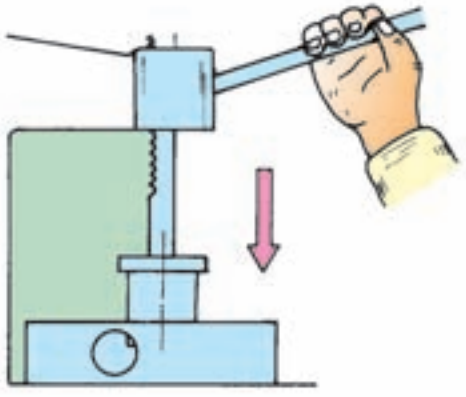
برای به‌دست آوردن یک انطباق، مثلاً فیت، می‌توان قطر سوراخ و میله را طوری تنظیم کرد که مقصود مورد نظر حاصل شود. برای رسیدن به این هدف می‌توان ابتدا سوراخ را ساخت ؛ سپس قطر میله را چنان تنظیم کرد که کار لازم انجام شود (شکل ۸ــ۱۱).



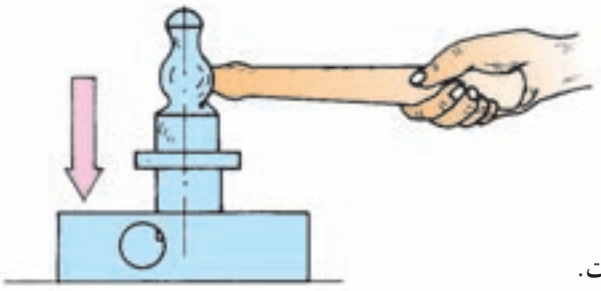
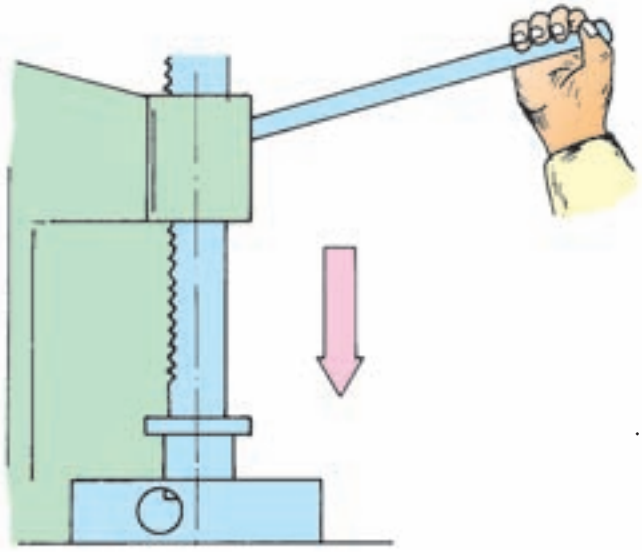
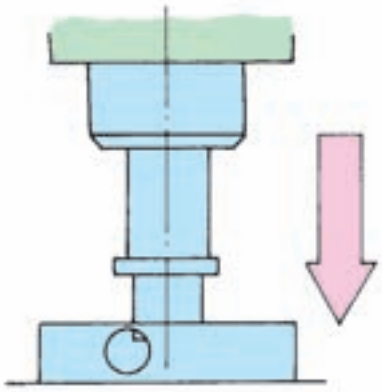
شکل ۸ ــ ۱۱

۱ ــ این انطباقات در دمای ۲۰°C معتبر هستند.

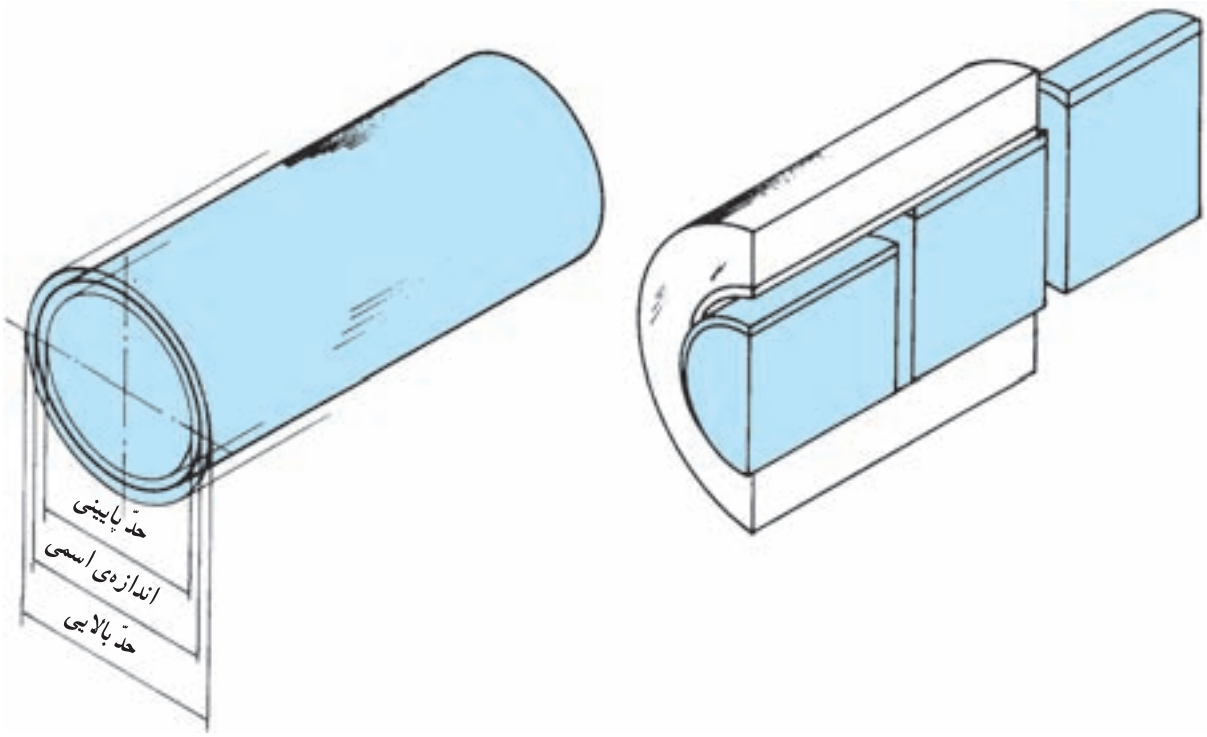
جدول ۱ــ ۱۱ ــ مربوط به انواع انطباق سبک

نوع انطباق	وضعیت	
آزاد یا روان	ــ لقّی زیاد ــ جازدن آزاد ــ متحرک نسبت به هم با بازی بسیار زیاد ــ برای جازدن نیاز به نیرو نیست.	
نسبتاً روان متحرک	ــ با لقّی متوسط، با لقّی کم ــ جا زدن شُل، جازدن راحت ــ متحرک نسبت به هم با بازی کم و در نهایت، برای جا زدن فشار کم دست کافی است.	
فیت لغزشی یا سُرِشی	ــ با لقّی خیلی کم ــ جازدن با فشار زیاد دست ــ در هر صورت با فشار دست امکان حرکت انتقالی هست.	
نسبتاً سفت سفت	ــ بدون هیچ‌گونه لقّی ــ امکان جازدن و انتقال با دست نیست. ــ جازدن با ضربات چکش سبک میسّر است.	
خیلی سفت پرسی سبک	ــ تداخلی کم ــ اتصال بدون چرخش به‌وسیله‌ی ضامن ــ جازدن با پرس سبک صورت می‌گیرد.	

جدول ۲ــ ۱۱ ــ مربوط به انواع انطباق سنگین

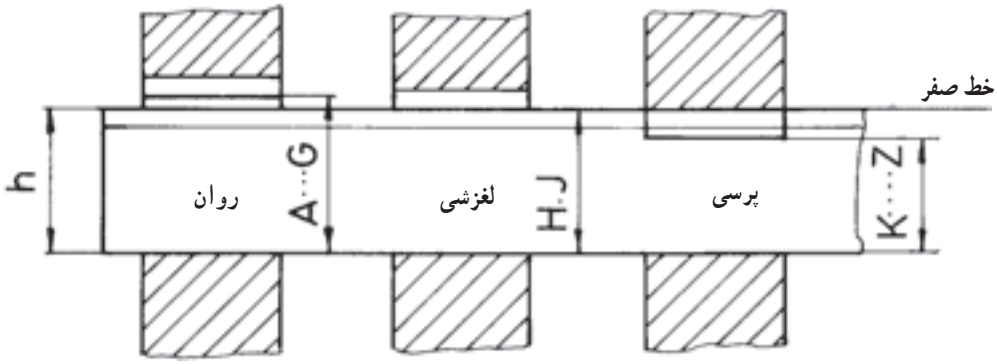
نوع انطباق	وضعیت
پرسی	ــ تداخلی متوسط ــ نوع اتصال دایم ــ تداخل با ضربات چکش سنگین ــ امکان چرخش وجود ندارد، نیاز به ضامن نیست. 
پرسی محکم	ــ تداخلی ــ نوع اتصال دایم ــ تداخل با نیروی زیاد ــ نیاز به اختلاف دما وجود دارد ؛ یعنی «باید دمای سوراخ زیاد و دمای میله کم باشد». 
پرسی سنگین	ــ تداخلی سخت ــ نوع اتصال دائم ــ تداخل با نیروی خیلی زیاد ــ نیاز به اختلاف دما هست. ــ از نظر استحکام با جوش‌کاری قابل مقایسه است. 

در شکل ۹ــ۱۱ مطلب یاد شده را به‌صورت یک دیاگرام ساده مشاهده می‌کنید.



شکل ۹ــ ۱۱

روش دیگر آن است که ابتدا قطر میله را کامل کنیم و سپس سوراخ را با آن تنظیم نماییم. در شکل ۱۰ــ۱۱ این روش نشان داده شده است.

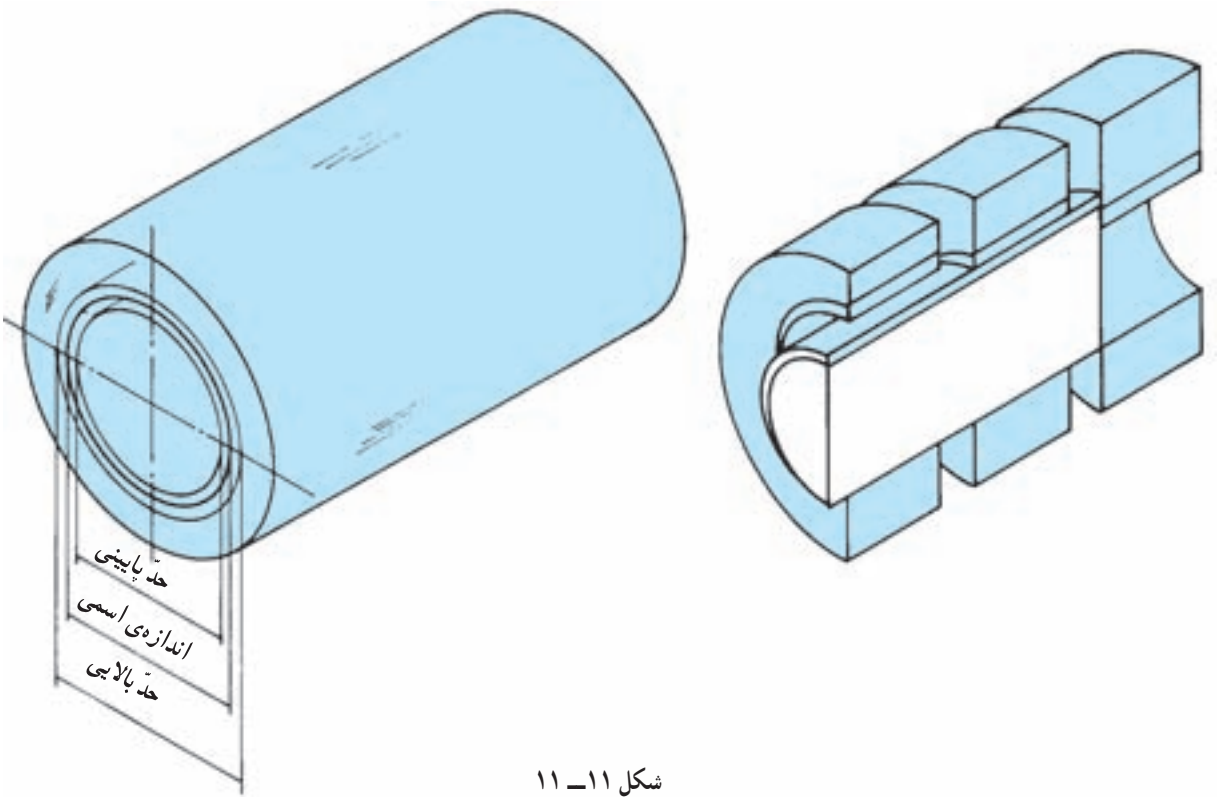


شکل ۱۰ــ ۱۱

شکل ۱۱ــ۱۱ شامل دیاگرام ساده‌ای است که موضوع یادشده را در آن مشاهده می‌کنید.

در غیر این صورت، یعنی بدون استفاده‌ی یکی از این روش‌ها، کار صنعتی دچار هرج و مرج خواهد شد.

به عبارت روشن‌تر، وسایل ساخت سوراخ از قبیل انواع مته، برقو و نظایر آن را می‌توان چنان ساخت که سوراخی با قطر



شکل ۱۱ــ ۱۱

معین را در اختیار قرار دهند ؛ سپس با تغییر اندازه‌ی میله می‌توان انطباق مورد نظر را به دست آورد. این کار در ماشین‌سازی سبک و صنایع سبک رایج است. در این روش چون ابتدا قطر سوراخ تنظیم می‌شود، می‌توان گفت که سوراخ مبنای کار است و بدین سبب، این روش را روش «سوراخ مبنا» یا «ثبوت سوراخ» نامیده‌اند.

اگر جفت شدن دو قطعه برای مقصودی معین باشد، مسئله‌ای که مطرح می‌شود این است که جفت شدن یا انطباق چگونه باشد؟ آیا دو قطعه‌ی منطبق شونده نسبت به هم روان باشند؟ فیت باشند؟ یا این انطباق با فشار زیاد و به‌وسیله‌ی پرس انجام پذیرد؟

پیش از این، تقسیم‌بندی‌هایی گفته شد که اگرچه کامل نبودند، مفهوم انواع انطباق را روشن کرده‌اند. اکنون برای آن که این مراحل به‌طور دقیق دسته‌بندی شوند، در استاندارد ISO تعداد ۲۸ مرحله درنظر گرفته شده است. در این ۲۸ مرحله آن‌چه مربوط به سوراخ است با حروف بزرگ نمایش داده می‌شود. مراحل ۲۸گانه در جدول ۳ــ۱۱ مشاهده می‌شود.

جدول داده شده شامل برخی اصطلاحات برای نامیدن مراحل نیز می‌شود[1].

جدول ۳ــ ۱۱

											پرسی	مبنا	روان			
سوراخ	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	→
	→	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC

انطباق روان مبنا «فیت» پرسی

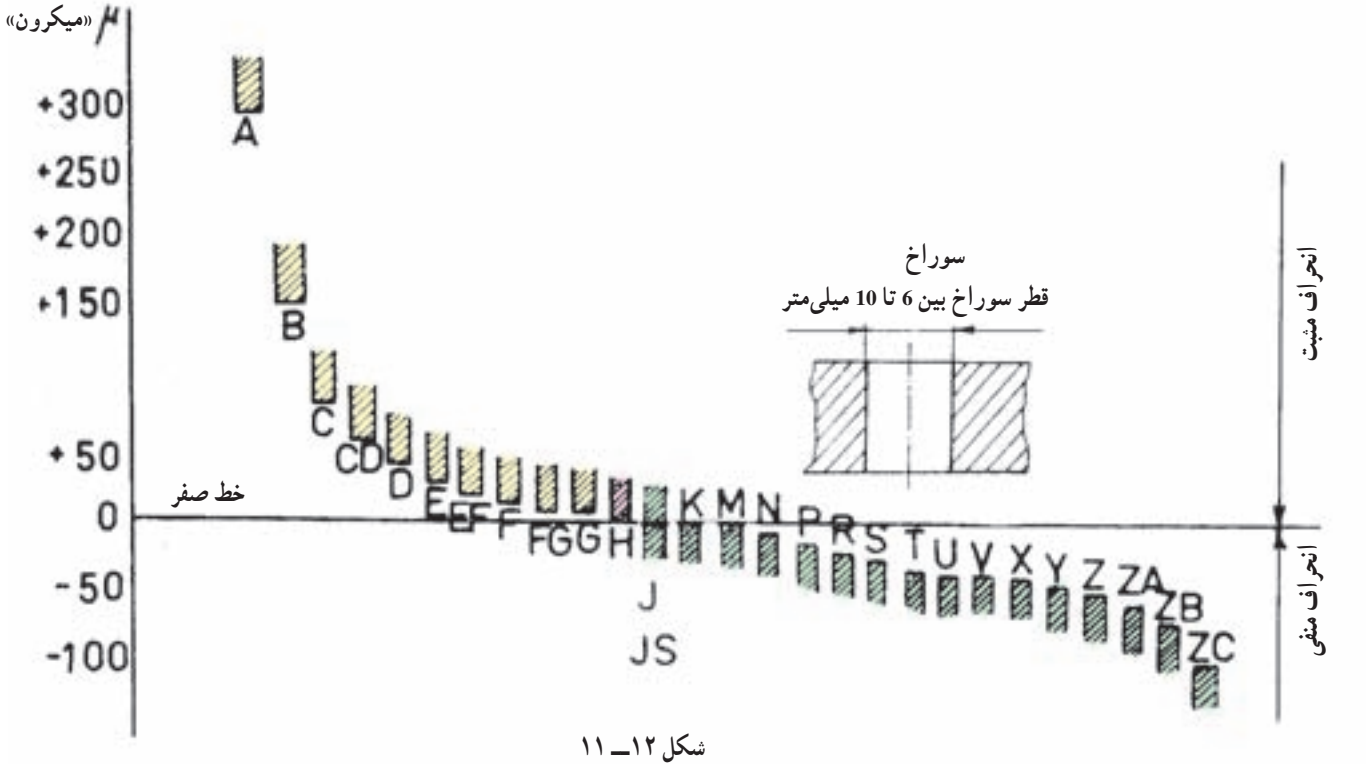
۱ ــ علت حذف برخی از حروف مثل Q، O، L و I به خاطر احتمال اشتباه آن‌ها با سایر علایم است.

به‌طور خلاصه:

ــ میله را با ۱۸ کیفیت تولرانسی می‌توان ساخت.

ــ سوراخ را با ۲۸ مرحله‌ی انطباقی می‌توان ساخت.

مفهوم استفاده از ۲۸ مرحله را از طریق دیاگرام شکل ۱۲ــ۱۱ به‌خوبی می‌توان دریافت.



شکل ۱۲ــ ۱۱

این دیاگرام برای قطر سوراخ بین ۶ تا ۱۰ میلی‌متر تنظیم شده است (مثلاً برای قطر ۱۰ میلی‌متر).

با در نظر گرفتن خط صفر ملاحظه می‌شود که در مرحله‌ی انطباقی A کوچک‌ترین قطر سوراخ تقریباً ۲۸۰μ بیش‌تر از اندازه‌ی اسمی است و برای مرحله‌ی D کوچک‌ترین اندازه‌ی سوراخ ۴۰μ بالای خط صفر قرار دارد. در مرحله‌ی H کوچک‌ترین اندازه‌ی سوراخ برابر اندازه‌ی اسمی خواهد بود. از H به بعد بزرگ‌ترین اندازه‌ی سوراخ زیر اندازه‌ی اسمی قرار می‌گیرد؛ مثلاً بزرگ‌ترین اندازه‌ی سوراخ ۱۰ در مرحله‌ی Z، ۴۲μ کم‌تر از ۱۰ خواهد بود.

به‌طور خلاصه:

ــ هر سوراخ را در ۲۸ حالت انطباقی می‌توان ساخت.

ــ هر سوراخ را در ۱۸ کیفیت تولرانسی می‌توان ساخت.

پس با یک کیفیت تولرانس، مثلاً IT۵ می‌توان ۲۸ مرحله را ساخت، هم‌چنین با IT۶ نیز ۲۸ مرحله و ... . در همین جا ملاحظه می‌کنید که این عمل باعث تنوع بیش از حد خواهد شد که به نوبه‌ی خود مشکل بزرگی است.

برای سامان دادن به این وضع پیشنهاد شده است که مرحله‌ی H در سوراخ‌ها به‌صورت مبنا انتخاب شود. به این ترتیب، می‌توان ابزارهای سوراخ‌کاری از قبیل مته، برقو و نظایر آن را طوری ساخت که کوچک‌ترین اندازه‌ی سوراخ را برابر اندازه‌ی اسمی بسازند و کلیه‌ی انحرافات مجاز را بالای خط صفر درآورند.

با ذکر مثال مطلب را پی می‌گیریم:

ــ قطر یک سوراخ را که در مرحله‌ی انطباقی H و با اندازه‌ی ۲۸ ساخته می‌شود معین کنید (IT7).

حل: با مراجعه به جدول مقادیر اصلی تولرانس ملاحظه می‌شود که برای قطر ۲۸، اختلاف اندازه‌ی مجاز ۲۱μ است.

چون مرحله‌ی انطباقی H است، باید کوچک‌ترین اندازه‌ی سوراخ ۲۸ باشد ؛ بنابراین :

اندازه‌ی قطر سوراخ $= 28\ {}^{+21}_{0}$ یا $\phi 28$ H7 یا $\phi 28\ {}^{+21}_{0}$

توجه کنید که عبارت $\phi 28$ H7 مختصر شده‌ی عبارت $\phi 28$ HIT7 است. هم‌چنین می‌توان $\phi 28\ {}^{+21}_{0}$ را که در آن تولرانس برحسب میکرون نوشته شده، با واحد میلی‌متر نوشت ؛

$$\phi 28\ {}^{+0/021}_{0}$$

بنابراین اگر مسئله‌ی ذکر شده را در IT16 حل کنیم :

$\phi 28$ H16 یا $\phi 28\ {}^{1/300}_{0}$

در ماشین‌سازی معمولی مته‌ها را با کیفیت h7 می‌سازند. برای ساخت ابزارهای دقیق و قطعات خیلی دقیق از مته‌ها با IT کم‌تر از مثلاً ۵ و پایین‌تر استفاده می‌کنند. در کارهای خشن hg و بالاتر به‌کار می‌رود.

۸ــ۱۱ــ دستگاه انطباقی ثبوت میله (میله مبنا)

براساس مطالب ذکر شده برای سوراخ، مراحل ۲۸ گانه را نیز می‌توان برای میله در نظر گرفت. در جدول ۴ــ۱۱ مراحل ۲۸ گانه‌ی انطباقی برای میله را که با حروف کوچک مشخص می‌شوند، نشان داده شده است. هم‌چنین، همان‌گونه که درباره‌ی سوراخ ذکر شد، برای میله هم می‌توان دیاگرام شکل ۱۳ــ۱۱ را ترسیم کرد.

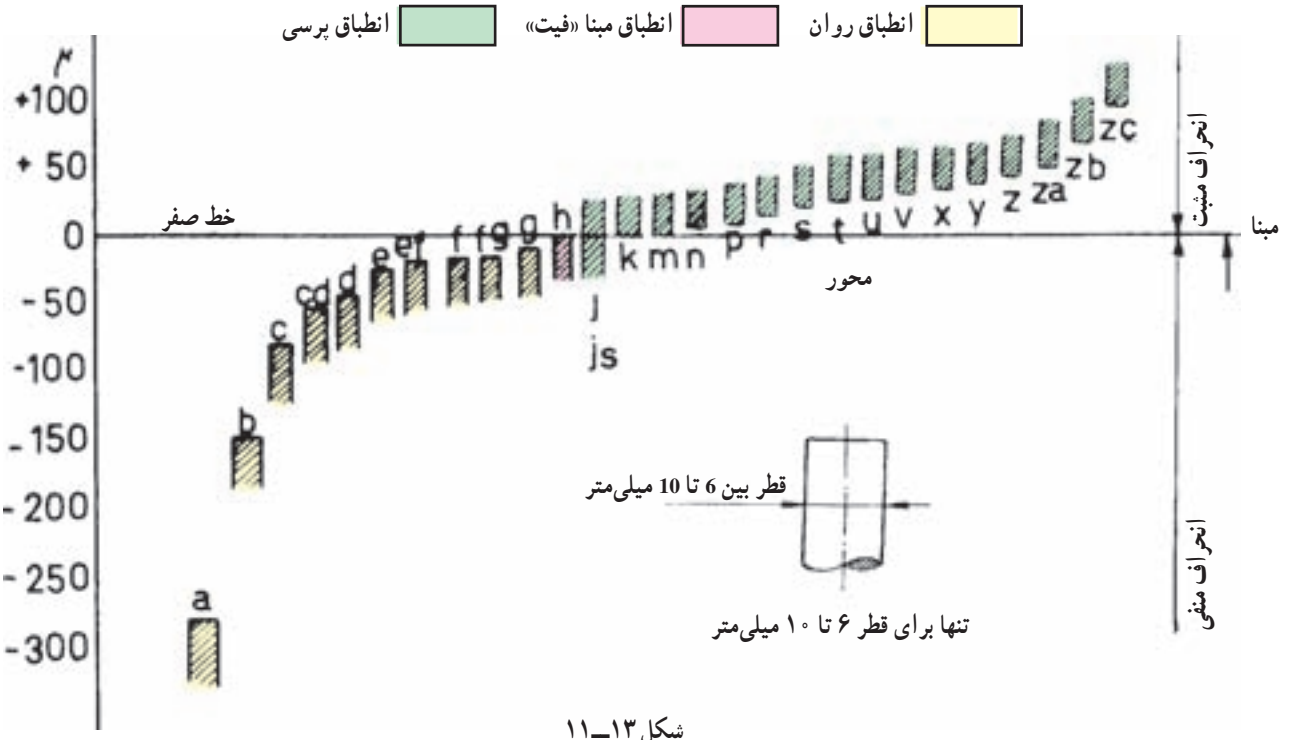
این دیاگرام برای قطر میله بین ۶ تا ۱۰ میلی‌متر (مثلاً ۱۰mm) ترسیم شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، برای ردیف انطباقی a بزرگ‌ترین قطر میله‌ی ۱۰ به اندازه‌ی ۲۸۰μ کم‌تر از اندازه‌ی اسمی ساخته می‌شود ؛ یعنی، بزرگ‌ترین اندازه‌ی میله ۲۸۰μ زیر خط صفر قرار دارد. در این جا نیز مرحله‌ی h را مبنا انتخاب کرده‌اند. پس میله‌ای که در مرحله‌ی h ساخته می‌شود دارای بزرگ‌ترین اندازه برابر اندازه‌ی اسمی یا خط صفر خواهد بود.

جدول ۴ــ ۱۱

پرسی ← مبنا ← روان

فیت

میله	a	آزاد b	c	ed	بسیار روان d	روان e	ef	f	کمی روان fg	گردشی سفت g	لغزشی h	js	فشاری j	k	→
	فشاری چکشی →	m	n	محکم p	r	s	پرسی t	u	v	x	y	z	za	zb	zc



شکل ۱۳ــ۱۱

مثال: برای میله‌ای با قطر ۲۸، در مرحله‌ی h و با استفاده از جدول و IT7 اندازه را بنویسید. چون برای قطر ۲۸، IT7 برابر ۲۱μ است، بنابراین :

$$\phi 28\ h7 = \phi 28 - 21^{\circ}$$

در صنایع سنگین که سوراخ‌های بزرگ تراش‌کاری می‌شوند، می‌توان میله‌ها را قبلاً با اندازه‌ی لازم در ردیف h ساخت و آن‌گاه با تغییرات اندازه روی سوراخ، انطباق لازم را به‌دست آورد.

مسئله: مرحله‌ی y مربوط به انطباق‌پرسی سنگین است. اگر قطر اسمی میله و سوراخ ۴۰ باشد، در سیستم سوراخ مبنا، اندازه را نمایش دهید (عدد تولرانس برای سوراخ ۷ و برای میله ۶).

حل: چون سوراخ مبنا است، ردیف انطباقی و عدد آن H7 خواهد بود ؛ بنابراین :

$$\phi 40\ H7 / y6$$

اگر بخواهیم اندازه‌های سوراخ و میله را با اعداد نشان دهیم ــ به گونه‌ای که کوچک‌ترین اندازه‌ی میله ۹۴μ بالای خط صفر باشد ــ می‌نویسیم :

$$\phi 40\ H7 = \phi 40\ {}^{+25}_{0} \quad \text{برای سوراخ}$$

$$\phi 40 y6 = \phi 40 + {}^{+110}_{94} \quad \text{برای میله}$$

مقادیر ۲۵μ و ۱۶μ را برای IT7 و IT6 از جدول استخراج کردیم.

در جدول ۵ــ۱۱ مقادیر انحراف‌های اصلی برای سوراخ‌ها نشان داده می‌شود.

ــ در این جدول ستون سمت چپ با نام «انحراف پایینی» مشخص می‌گردد که کوچک‌ترین اندازه‌ی سوراخ چه‌قدر بالای اندازه‌ی اسمی است.

ــ در ستون سمت راست با عنوان «انحراف بالایی» نشان داده می‌شود که بزرگ‌ترین اندازه‌ی سوراخ چه‌قدر کم‌تر از اندازه‌ی اسمی است.

یادآور می‌شود که در این جدول مقادیر متری مشخص می‌گردد[1].

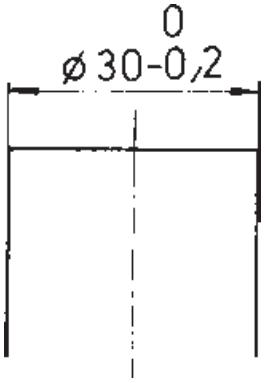
در جدول ۶ــ۱۱ مقادیر انحراف‌های اصلی برای میله‌ها مشخص گردیده است.

ــ در این جدول ستون سمت چپ با نام «انحراف بالایی» نشان می‌دهد که بزرگ‌ترین اندازه‌ی میله چه مقدار زیر اندازه‌ی اسمی است.

ــ ستون سمت راست با نام «انحراف پایینی» نشان می‌دهد که کوچکترین اندازه‌ی میله چه‌قدر بالای اندازه‌ی اسمی است. جدول‌های دیگری که در کارهای عملی بسیار مفید هستند نیز داده می‌شوند.

اکنون برای درج صحیح و طبق استاندارد تولرانس‌های ابعادی، نیز اندازه‌های انطباقی در نقشه‌ها، به نمونه‌های زیر توجه کنید. این نمونه‌ها مثال‌هایی اساسی هستند[2]. در ضمن توجه کنید که همیشه کلیه‌ی اندازه‌ها را برحسب میلی‌متر درج می‌کنیم[3].

ــ در شکل ۱۴ــ۱۱ میله‌ای با تولرانس آزاد ترسیم شده است. اندازه‌ی قطر میله ۳۰ است که طبق معمول، انحراف پایینی در مقابل آن و انحراف بالایی که در این‌جا برابر ۰ است، بدون هیچ‌گونه علامتی اضافه، در بالای آن نوشته شده است. اندازه‌ی شماره‌ها تغییری نمی‌کند و همه با یک ارتفاع نوشته می‌شوند. در این مثال یکی از انحراف‌ها صفر است.



شکل ۱۴ــ۱۱

---

۱ ــ جهت کسب اطلاعات بیش‌تر می‌توان به استانداردهای ISO مثلاً ISO/R286 مراجعه کرد.

۲ ــ براساس توصیه‌نامه‌ی شماره‌ی ۴۰۶ ISO ISOR/406:1987(E)

۳ ــ از همکاران محترم تقاضا می‌شود که در نقشه‌ها نهایت دقت را در نوشتن صحیح این علائم و اعداد برطبق نمونه‌ها به کار برند.

سوراخها

انحراف‌های اصلی برحسب میکرون ($1\mu = 0.001mm$) — برای قطرهای مختلف برحسب میلی‌متر

علامت / حرف	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J_S	J			K		M		N		P–ZC
	انحراف پایینی EI												انحراف بالایی ES									
گروه	تمام گروه‌ها												۶	۷	۸	<۸	>۸	<۸	>۸	<۸	>۸	<۷
۰<۳	+۲۷۰	+۱۴۰	+۶۰	+۳۴	+۲۰	+۱۴	+۱۰	+۶	+۴	+۲	۰	انحراف‌ها $=\pm\frac{IT}{2}$	+۲	+۴	+۶	۰	۰	−۲	−۲	−۴	−۴	همان انحراف گروه‌ها> ۷ به‌اضافهٔ Δ
>۳ to ۶	+۲۷۰	+۱۴۰	+۷۰	+۴۶	+۳۰	+۲۰	+۱۴	+۱۰	+۶	+۴	۰		+۳	+۶	+۱۰	−۱+Δ	—	−۴+Δ	−۲	−۸+Δ	۰	
>۶ to ۱۰	+۲۸۰	+۱۵۰	+۸۰	+۵۶	+۴۰	+۲۵	+۱۸	+۱۳	+۸	+۵	۰		+۵	+۸	+۱۲	−۱+Δ	—	−۶+Δ	−۶	−۱۰+Δ	۰	
>۱۰ to ۱۴	+۲۹۰	+۱۵۰	+۹۵	—	+۵۰	+۳۲	—	+۱۶	—	+۶	۰		+۶	+۱۰	+۱۵	−۱+Δ	—	−۷+Δ	−۷	−۱۲+Δ	۰	
>۱۴ to ۱۸																						
>۱۸ to ۲۴	+۳۰۰	+۱۶۰	+۱۱۰	—	+۶۵	+۴۰	—	+۲۰	—	+۷	۰		+۸	+۱۲	+۲۰	−۲+Δ	—	−۸+Δ	−۸	−۱۵+Δ	۰	
>۲۴ to ۳۰																						
>۳۰ to ۴۰	+۳۱۰	+۱۷۰	+۱۲۰	—	+۸۰	+۵۰	—	+۲۵	—	+۹	۰		+۱۰	+۱۴	+۲۴	−۲+Δ	—	−۹+Δ	−۹	−۱۷+Δ	۰	
>۴۰ to ۵۰	+۳۲۰	+۱۸۰	+۱۳۰																			
>۵۰ to ۶۵	+۳۴۰	+۱۹۰	+۱۴۰	—	+۱۰۰	+۶۰	—	+۳۰	—	+۱۰	۰		+۱۳	+۱۸	+۲۸	−۲+Δ	—	−۱۱+Δ	−۱۱	−۲۰+Δ	۰	
>۶۵ to ۸۰	+۳۶۰	+۲۰۰	+۱۵۰																			
>۸۰ to ۱۰۰	+۳۸۰	+۲۲۰	+۱۷۰	—	+۱۲۰	+۷۲	—	+۳۶	—	+۱۲	۰		+۱۶	+۲۲	+۳۴	−۳+Δ	—	−۱۳+Δ	−۱۳	−۲۳+Δ	۰	
>۱۰۰ to ۱۲۰	+۴۱۰	+۲۴۰	+۱۸۰																			
>۱۲۰ to ۱۴۰	+۶۶۰	+۲۶۰	+۲۰۰	—	+۱۴۵	+۸۵	—	+۴۳	—	+۱۴	۰		+۱۸	+۲۶	+۴۱	−۳+Δ	—	−۱۵+Δ	−۱۵	−۲۷+Δ	۰	
>۱۴۰ to ۱۶۰	+۵۲۰	+۳۲۰	+۲۱۰																			
>۱۶۰ to ۱۸۰	+۵۶۰	+۳۱۰	+۲۳۰																			
>۱۸۰ to ۲۰۰	+۶۰	+۳۱۰	+۲۱۰	—	+۱۷۰	+۱۰۰	—	+۵۰	—	+۱۵	۰		+۲۲	+۳۰	+۴۷	−۴+Δ	—	−۱۷+Δ	−۱۷	−۳۱+Δ	۰	
>۲۰۰ to ۲۲۵	+۷۴۰	+۳۰۰	+۲۰۰																			
>۲۲۵ to ۲۵۰	+۸۲۰	+۴۵۰	+۳۰۰																			
>۲۵۰ to ۲۸۰	+۹۲۰	+۴۹۰	+۳۰۰	—	+۱۹۰	+۱۱۰	—	+۵۶	—	+۱۷	۰		+۲۵	+۳۶	+۵۵	−۴+Δ	—	−۲۰+Δ	−۲۰	−۳۴+Δ	۰	
>۲۸۰ to ۳۱۵	+۱۰۵۰	+۵۴۰	+۳۳۰																			
>۳۱۵ to ۳۵۵	+۱۲۰۰	+۶۰۰	+۳۶۰	—	+۲۱۰	+۱۲۵	—	+۶۲	—	+۱۸	۰		+۲۹	+۳۹	+۶۰	−۴+Δ	—	−۲۱+Δ	−۲۱	−۳۷+Δ	۰	
>۳۵۵ to ۴۰۰	+۱۳۵۰	+۶۵۰	+۴۰۰																			
>۴۰۰ to ۴۵۰	+۱۵۰۰	+۷۶۰	+۴۰۰	—	+۲۳۰	+۱۳۵	—	+۶۵	—	+۲۰	۰		+۳۳	+۴۳	+۶۶	−۵+Δ	—	−۲۳+Δ	−۲۳	−۴۰+Δ	۰	
>۴۵۰ to ۵۰۰	+۱۶۵۰	+۳۴۰	+۴۵۰																			

علامت / حرف	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Δ برحسب میکرون					
	انحراف بالایی ES																	
گروه	>۷												۳	۴	۵	۶	۷	۸
۰<۳	−۶	−۱۰	−۱۴	—	−۱۸	—	−۲۰	—	−۲۶	−۳۲	−۴۰	−۶۰	Δ=۰					
>۳ to ۶	−۱۲	−۱۵	−۱۹	—	−۲۳	—	−۲۸	—	−۳۵	−۴۲	−۵۰	−۸۰	۱	۱/۵	۱	۳	۴	۶
>۶ to ۱۰	−۱۵	−۱۹	−۲۳	—	−۲۳	—	−۳۴	—	−۴۲	−۵۲	−۶۷	−۹۷	۱	۱/۵	۲	۳	۶	۷
>۱۰ to ۱۴	−۱۸	−۲۳	−۲۸	—	−۳۳	—	−۴۰	—	−۵۰	−۶۴	−۹۰	−۱۳۰	۱	۲	۳	۳	۷	۹
>۱۴ to ۱۸						−۳۹	−۴۵	—	−۶۰	−۷۷	−۱۰۸	−۱۵۰						
>۱۸ to ۲۴	−۲۲	−۲۸	−۳۵	—	−۴۱	−۴۷	−۵۴	−۶۳	−۷۳	−۹۸	−۱۳۶	−۱۸۸	۱/۵	۲	۳	۴	۸	۱۲
>۲۴ to ۳۰				−۴۱	−۴۸	−۵۵	−۶۴	−۷۵	−۸۸	−۱۱۸	−۱۶۰	−۲۱۸						
>۳۰ to ۴۰	−۲۶	−۳۴	−۴۳	−۴۸	−۶۰	−۶۸	−۸۰	−۹۴	−۱۱۲	−۱۴۸	−۲۰۰	−۲۷۴	۱/۵	۳	۴	۵	۹	۱۴
>۴۰ to ۵۰				−۵۴	−۷۰	−۸۱	−۹۷	−۱۱۴	−۱۳۶	−۱۸۰	−۲۴۲	−۳۲۵						
>۵۰ to ۶۵	−۳۲	−۴۱	−۵۳	−۶۶	−۸۷	−۱۰۲	−۱۲۲	−۱۴۴	−۱۷۲	−۲۲۶	−۳۰۰	−۴۰۵	۲	۳	۵	۶	۱۱	۱۶
>۶۵ to ۸۰		−۴۳	−۵۹	−۷۵	−۱۰۲	−۱۲۰	−۱۴۶	−۱۷۴	−۲۱۰	−۲۷۴	−۳۶۰	−۴۸۰						
>۸۰ to ۱۰۰	−۳۷	−۵۱	−۷۱	−۹۱	−۱۲۴	−۱۴۶	−۱۷۸	−۲۱۴	−۲۵۸	−۳۳۵	−۴۴۵	−۵۸۵	۲	۴	۵	۷	۱۳	۱۹
>۱۰۰ to ۱۲۰		−۵۴	−۷۸	−۱۰۴	−۱۴۴	−۱۷۲	−۲۱۰	−۲۵۴	−۳۱۰	−۴۰۰	−۵۲۵	−۶۹۰						
>۱۲۰ to ۱۴۰	−۴۳	−۶۳	−۹۲	−۱۲۲	−۱۷۰	−۲۰۲	−۲۴۸	−۳۰۰	−۳۶۵	−۴۷۰	−۶۲۰	−۸۰۰	۳	۴	۶	۷	۱۵	۲۳
>۱۴۰ to ۱۶۰		−۶۵	−۱۰۰	−۱۳۴	−۱۹۰	−۲۲۸	−۲۸۰	−۳۴۰	−۴۱۵	−۵۳۵	−۷۰۰	−۹۰۰						
>۱۶۰ to ۱۸۰		−۶۸	−۱۰۸	−۱۴۶	−۲۱۰	−۲۵۲	−۳۱۰	−۳۸۰	−۴۶۵	−۶۰۰	−۷۸۰	−۱۰۰۰						
>۱۸۰ to ۲۰۰	−۵۰	−۷۷	−۱۲۲	−۱۶۶	−۲۳۶	−۲۸۴	−۳۵۰	−۴۲۵	−۵۲۰	−۶۷۰	−۸۸۰	−۱۱۵۰	۳	۴	۶	۹	۱۷	۲۶
>۲۰۰ to ۲۲۵		−۸۰	−۱۳۰	−۱۸۰	−۲۵۸	−۳۱۰	−۳۸۵	−۴۷۰	−۵۷۵	−۷۴۰	−۹۶۰	−۱۲۵۰						
>۲۲۵ to ۲۵۰		−۸۴	−۱۴۰	−۱۹۶	−۲۸۴	−۳۴۰	−۴۲۵	−۵۲۰	−۶۴۰	−۸۲۰	−۱۰۵۰	−۱۳۵۰						
>۲۵۰ to ۲۸۰	−۵۶	−۹۴	−۱۵۸	−۲۱۸	−۳۱۵	−۳۸۵	−۴۷۵	−۵۸۰	−۷۱۰	−۹۲۰	−۱۲۰۰	−۱۵۵۰	۴	۴	۷	۹	۲۰	۲۹
>۲۸۰ to ۳۱۵		−۹۸	−۱۷۰	−۲۴۰	−۳۵۰	−۴۲۵	−۵۲۵	−۶۵۰	−۷۹۰	−۱۰۰۰	−۱۳۰۰	−۱۷۰۰						
>۳۱۵ to ۳۵۵	−۶۲	−۱۰۸	−۱۹۰	−۲۶۸	−۳۹۰	−۴۷۵	−۵۹۰	−۷۳۰	−۹۰۰	−۱۱۵۰	−۱۵۰۰	−۱۹۰۰	۴	۵	۷	۱۱	۲۱	۳۲
>۳۵۵ to ۴۰۰		−۱۱۴	−۲۰۸	−۲۹۴	−۴۳۵	−۵۳۰	−۶۶۰	−۸۲۰	−۱۰۰۰	−۱۳۰۰	−۱۶۵۰	−۲۱۰۰						
>۴۰۰ to ۴۵۰	−۶۸	−۱۲۶	−۲۳۲	−۳۳۰	−۴۹۰	−۵۹۵	−۷۴۰	−۹۲۰	−۱۱۰۰	−۱۴۵۰	−۱۸۵۰	−۲۴۰۰	۵	۵	۷	۱۳	۲۳	۳۴
>۴۵۰ to ۵۰۰		−۱۳۲	−۲۵۲	−۳۶۰	−۵۴۰	−۶۶۰	−۸۲۰	−۱۰۰۰	−۱۲۵۰	−۱۶۰۰	−۲۱۰۰	−۲۶۰۰						

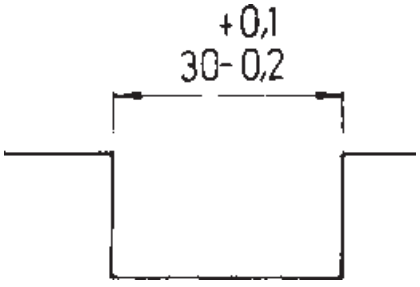
جدول ۵ــ۱۱ــ مقادیر عددی انحراف‌های اصلی برای سوراخ‌ها

میله‌ها

علامت	انحراف‌های اصلی	انحراف بالایی cs												انحراف پایینی el																				
	حرف	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
	گروه	تمام گروه‌ها												۵_۶	۷	۸	۴_۷	>۷	تمام گروه‌ها															
انحراف‌های اصلی برحسب میکرون ($1\mu = 0.001mm$) برای قطرهای مختلف برحسب میلی‌متر	۰<۳	− ۲۷۰	− ۱۴۰	− ۶۰	− ۳۴	− ۲۰	− ۱۴	− ۱۰	− ۶	− ۴	− ۲	۰	انحراف‌ها $= \pm\frac{IT}{2}$	− ۲	− ۴	− ۶	۰	۰	+۲	+۴	+۶	+۱۰	+۱۴	—	+۱۸	—	+۲۰	—	+۲۶	+۳۲	+۴۰	+۶۰
	>۳to۶	− ۲۷۰	− ۱۴۰	− ۷۰	− ۴۶	− ۳۰	− ۲۰	− ۱۴	− ۱۰	− ۶	− ۴	۰		− ۲	− ۴	—	+۱	۰	+۴	+۸	+۱۲	+۱۵	+۱۹	—	+۲۳	—	+۲۸	—	+۳۵	+۴۲	+۵۰	+۸۰
	>۶to۱۰	− ۲۸۰	− ۱۵۰	− ۸۰	− ۵۶	− ۴۰	− ۲۵	− ۱۸	− ۱۳	− ۸	− ۵	۰		− ۲	− ۵	—	+۱	۰	+۶	+۱۰	+۱۵	+۱۹	+۲۳	—	+۲۸	—	+۳۴	—	+۴۲	+۵۲	+۶۷	+۹۷
	>۱۰to۱۴	− ۲۹۰	− ۱۵۰	− ۹۵	—	− ۵۰	− ۳۲	—	− ۱۶	—	− ۶	۰		− ۳	− ۶	—	+۱	۰	+۷	+۱۲	+۱۸	+۲۳	+۲۸	—	+۳۳	—	+۴۰	—	+۵۰	+۶۴	+۹۰	+۱۳۰
	>۱۴to۱۸																									+۳۹	+۴۵	—	+۶۰	+۷۷	+۱۰۸	+۱۵۰
	>۱۸to۲۴	− ۳۰۰	− ۱۶۰	− ۱۱۰	—	− ۶۵	− ۴۰	—	− ۲۰	—	− ۷	۰		− ۴	− ۸	—	+۲	۰	+۸	+۱۵	+۲۲	+۲۸	+۳۵	—	+۴۱	+۴۷	+۵۴	+۶۳	+۷۳	+۹۸	+۱۳۶	+۱۸۸
	>۲۴to۳۰																							+۴۱	+۴۸	+۵۵	+۶۴	+۷۵	+۸۸	+۱۱۸	+۱۶۰	+۲۱۸
	>۳۰to۴۰	− ۳۱۰	− ۱۷۰	− ۱۲۰	—	− ۸۰	− ۵۰	—	− ۲۵	—	− ۹	۰		− ۵	− ۱۰	—	+۲	۰	+۹	+۱۷	+۲۶	+۳۴	+۴۳	+۴۸	+۶۰	+۶۸	+۸۰	+۹۴	+۱۱۲	+۱۴۸	+۲۰۰	+۲۷۴
	>۴۰to۵۰	− ۳۲۰	− ۱۸۰	− ۱۳۰																				+۵۴	+۷۰	+۸۱	+۹۷	+۱۱۴	+۱۳۶	+۱۸۰	+۲۴۲	+۳۲۵
	>۵۰to۶۵	− ۳۴۰	− ۱۹۰	− ۱۴۰	—	− ۱۰۰	− ۶۰	—	− ۳۰	—	− ۱۰	۰		− ۷	− ۱۲	—	+۲	۰	+۱۱	+۲۰	+۳۲	+۴۱	+۵۳	+۶۶	+۸۷	+۱۰۲	+۱۲۲	+۱۴۴	+۱۷۲	+۲۲۶	+۳۰۰	+۴۰۵
	>۶۵to۸۰	− ۳۶۰	− ۲۰۰	− ۱۵۰																		+۴۳	+۵۹	+۷۵	+۱۰۲	+۱۲۰	+۱۴۶	+۱۷۴	+۲۱۰	+۲۷۴	+۳۶۰	+۴۸۰
	>۸۰to۱۰۰	− ۳۸۰	− ۲۲۰	− ۱۷۰	—	− ۱۲۰	− ۷۲	—	− ۳۶	—	− ۱۲	۰		− ۹	− ۱۵	—	+۳	۰	+۱۳	+۲۳	+۳۷	+۵۱	+۷۱	+۹۱	+۱۲۴	+۱۴۶	+۱۷۸	+۲۱۴	+۲۵۸	+۳۳۵	+۴۴۵	+۵۸۵
	>۱۰۰to۱۲۰	− ۴۱۰	− ۲۴۰	− ۱۸۰																		+۵۴	+۷۹	+۱۰۴	+۱۴۴	+۱۷۲	+۲۱۰	+۲۵۴	+۳۱۰	+۴۰۰	+۵۲۵	+۶۹۰
	>۱۲۰to۱۴۰	− ۴۶۰	− ۲۶۰	− ۲۰۰	—	− ۱۴۵	− ۸۵	—	− ۴۳	—	− ۱۴	۰		− ۱۱	− ۱۸	—	+۳	۰	+۱۵	+۲۷	+۴۳	+۶۳	+۹۲	+۱۲۲	+۱۷۰	+۲۰۲	+۲۴۸	+۳۰۰	+۳۶۵	+۴۷۰	+۶۲۰	+۸۰۰
	>۱۴۰to۱۶۰	− ۵۲۰	− ۲۸۰	− ۲۱۰																		+۶۵	+۱۰۰	+۱۳۴	+۱۹۰	+۲۲۸	+۲۸۰	+۳۴۰	+۴۱۵	+۵۳۵	+۷۰۰	+۹۰۰
	>۱۶۰to۱۸۰	− ۵۸۰	− ۳۱۰	− ۲۳۰																		+۶۸	+۱۰۸	+۱۴۶	+۲۱۰	+۲۵۲	+۳۱۰	+۳۸۰	+۴۶۵	+۶۰۰	+۷۸۰	+۱۰۰۰
	>۱۸۰to۲۰۰	− ۶۶۰	− ۳۴۰	− ۲۴۰	—	− ۱۷۰	− ۱۰۰	—	− ۵۰	—	− ۱۵	۰		− ۱۳	− ۲۱	—	+۴	۰	+۱۷	+۳۱	+۵۰	+۷۷	+۱۲۲	+۱۶۶	+۲۳۶	+۲۸۴	+۳۵۰	+۴۲۵	+۵۲۰	+۶۷۰	+۸۸۰	+۱۱۵۰
	>۲۰۰to۲۲۵	− ۷۴۰	− ۳۸۰	− ۲۶۰																		+۸۰	+۱۳۰	+۱۸۰	+۲۵۸	+۳۱۰	+۳۸۵	+۴۷۰	+۵۷۵	+۷۴۰	+۹۶۰	+۱۲۵۰
	>۲۲۵to۲۵۰	− ۸۲۰	− ۴۲۰	− ۲۸۰																		+۸۴	+۱۴۰	+۱۹۶	+۲۸۴	+۳۴۰	+۴۲۵	+۵۲۰	+۶۴۰	+۸۲۰	+۱۰۵۰	+۱۳۵۰
	>۲۵۰to۲۸۰	− ۹۲۰	− ۴۸۰	− ۳۰۰	—	− ۱۹۰	− ۱۱۰	—	− ۵۶	—	− ۱۷	۰		− ۱۶	− ۲۶	—	+۴	۰	+۲۰	+۳۴	+۵۶	+۹۴	+۱۵۸	+۲۱۸	+۳۱۵	+۳۸۵	+۴۷۵	+۵۸۰	+۷۱۰	+۹۲۰	+۱۲۰۰	+۱۵۵۰
	>۲۸۰to۳۱۵	− ۱۰۵۰	− ۵۴۰	− ۳۳۰																		+۹۸	+۱۷۰	+۲۴۰	+۳۵۰	+۴۲۵	+۵۲۵	+۶۵۰	+۷۹۰	+۱۰۰۰	+۱۳۰۰	+۱۷۰۰
	>۳۱۵to۳۵۵	− ۱۲۰۰	− ۶۰۰	− ۳۶۰	—	− ۲۱۰	− ۱۲۵	—	− ۶۲	—	− ۱۸	۰		− ۱۸	− ۲۸	—	+۴	۰	+۲۱	+۳۷	+۶۲	+۱۰۸	+۱۹۰	+۲۶۸	+۳۹۰	+۴۷۵	+۵۹۰	+۷۳۰	+۹۰۰	+۱۱۵۰	+۱۵۰۰	+۱۹۰۰
	>۳۵۵to۴۰۰	− ۱۳۵۰	− ۶۸۰	− ۴۰۰																		+۱۱۴	+۲۰۸	+۲۹۴	+۴۳۵	+۵۳۰	+۶۶۰	+۸۲۰	+۱۰۰۰	+۱۳۰۰	+۱۶۵۰	+۲۱۰۰
	>۴۰۰to۴۵۰	− ۱۵۰۰	− ۷۶۰	− ۴۴۰	—	− ۲۳۰	− ۱۳۵	—	− ۶۸	—	− ۲۰	۰		− ۲۰	− ۳۲	—	+۵	۰	+۲۳	+۴۰	+۶۸	+۱۲۶	+۲۳۲	+۳۳۰	+۴۹۰	+۵۹۵	+۷۴۰	+۹۲۰	+۱۱۰۰	+۱۴۵۰	+۱۸۵۰	+۲۴۰۰
	>۴۵۰to۵۰۰	− ۱۶۵۰	− ۸۴۰	− ۴۸۰																		+۱۳۲	+۲۵۲	+۳۶۰	+۵۴۰	+۶۶۰	+۸۲۰	+۱۰۰۰	+۱۲۵۰	+۱۶۰۰	+۲۱۰۰	+۲۶۰۰

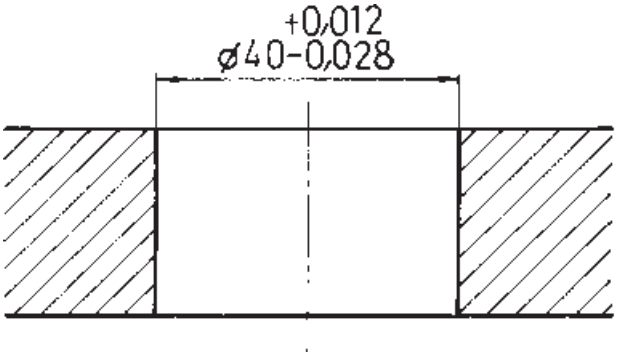
جدول ۶ــ ۱۱ــ مقادیر عددی انحراف‌های اصلی برای میله‌ها

ـ در شکل ۱۵ـ۱۱ هر دو انحراف دارای مقدار است. در این‌جا شکاف همان مفهوم سوراخ را خواهد داشت.



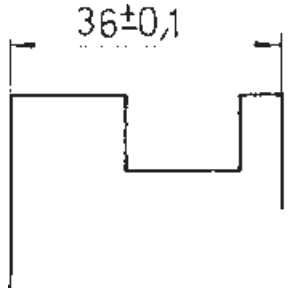
شکل ۱۵ـ ۱۱

ـ شکل ۱۶ـ۱۱ مثال دیگری است از اندازه‌گذاری تولرانسی سوراخ.



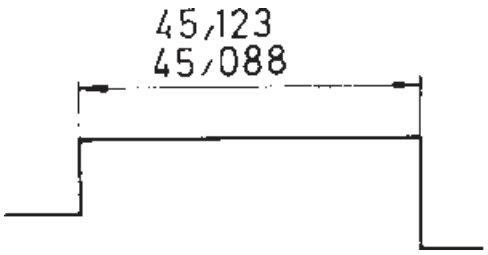
شکل ۱۶ـ ۱۱

ـ در شکل ۱۷ـ۱۱ تولرانس متقارن است ؛ پس می‌توان آن را یک بار نوشت و با علامت + و - این امر را رساند.



شکل ۱۷ـ ۱۱

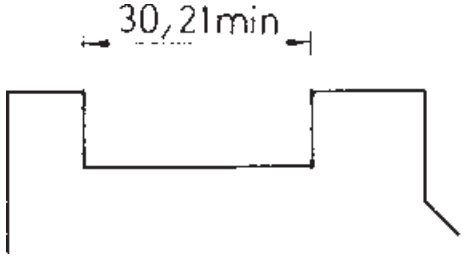
ـ می‌توان برای هر اندازه، بزرگ‌ترین اندازه و کوچک‌ترین اندازه را نوشت. به شکل ۱۸ـ۱۱بنگرید. طبق این شکل بزرگ‌ترین اندازه در بالا قرار می‌گیرد.



شکل ۱۸ـ ۱۱

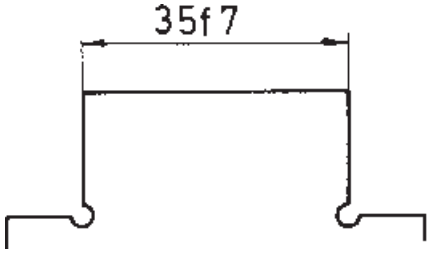
ـ ممکن است بخواهیم کوچک‌ترین اندازه از حد معینی کم‌تر نشود ؛ در این صورت با استفاده از علامت .min (مینیمم)، کوچک‌ترین اندازه را می‌نویسیم.

در شکل ۱۹ـ۱۱ این موضوع بیان شده است. این کار را با استفاده از علامت .max برای بزرگ‌ترین اندازه نیز می‌توان انجام داد.



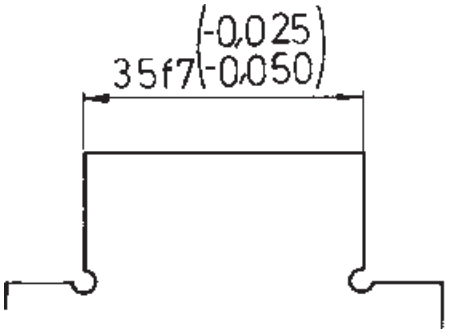
شکل ۱۹ـ ۱۱

ـ می‌توان اندازه را با استفاده از ردیف‌های انطباقی و عدد تولرانس نمایش داد. در شکل ۲۰ـ۱۱ اندازه‌ی ۳۵ را در ردیف f، مشاهده می‌کنید. توجه دارید که چون قسمت اندازه‌گذاری شده یک زبانه است، مفهوم میله را داراست و برای آن از حرف کوچک «f» استفاده شده است. البته با مراجعه به جدول مقادیر، انحراف بالایی و پایینی را می‌توان به دست آورد.



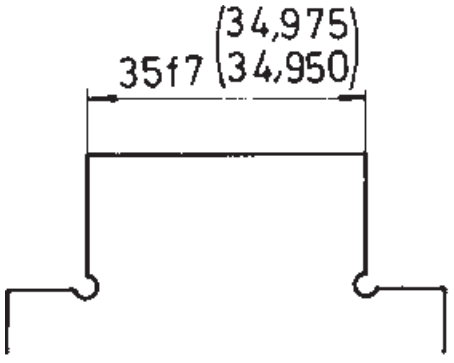
شکل ۲۰ـ ۱۱

ــ اگر به دلایلی لازم باشد که انحرافات بالایی و پایینی هم نوشته شود، می‌توان آن‌ها را برحسب میلی‌متر و در داخل پرانتز اضافه کرد. در شکل ۲۱ــ۱۱ این موضوع را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۲۱ــ ۱۱

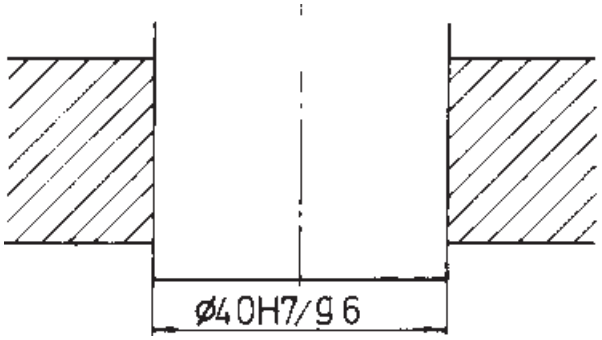
ــ ممکن است ضمن استفاده از علایم انطباقی، بخواهیم بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه را نیز درج کنیم ؛ در این صورت، طبق شکل ۲۲ــ۱۱ عمل خواهیم کرد.



شکل ۲۲ــ ۱۱

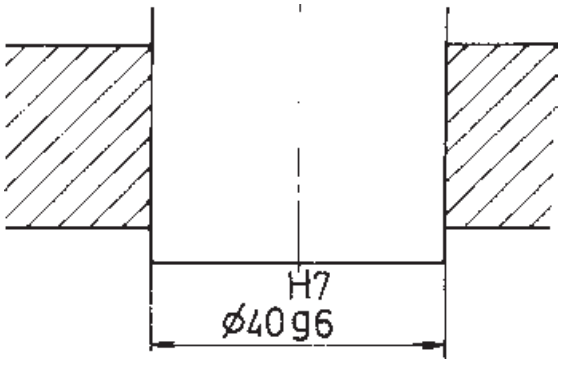
ــ در اندازه‌گذاری انطباقی که میله و سوراخ هر دو موجودند، ابتدا علایم انطباقی مربوط به سوراخ «با حرف بزرگ»، سپس علایم انطباقی مربوط به میله «با حرف کوچک» درج خواهد شد. شکل ۲۳ــ۱۱ مثالی در این باره است.

در این جا قطر میله ۴۰، ردیف انطباقی H7 و برای میله g6 خواهد بود. اضافه می‌شود که بهتر است اندازه‌ها طبق این شکل، به صورت خطی نوشته شوند (دو علامت با یک خط مورب از هم جدا هستند).



شکل ۲۳ــ ۱۱

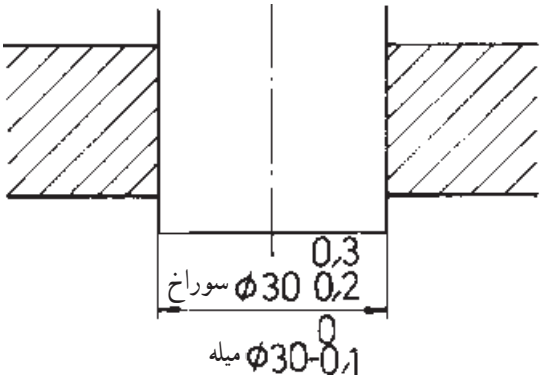
ــ در صورت کمبود جا یا به دلایل دیگر، ممکن است علایم انطباقی به صورت کسری درج شوند. شکل ۲۴ــ۱۱ نمونه‌ای است، «بدون خط کسری».



شکل ۲۴ــ ۱۱

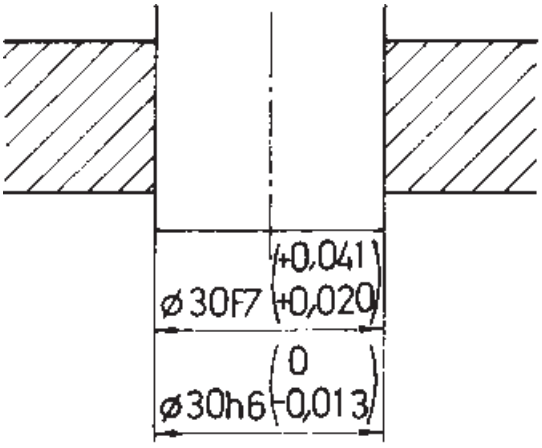
ــ هرگاه از تولرانس‌های آزاد ــ آن‌چه که در جدول اصلی تولرانس‌ها نیست ــ استفاده می‌شود، می‌توان سوراخ و میله را جداگانه اندازه‌گذاری کرد.

در این مورد باید از کلمات سوراخ (شکاف...) و میله (زبانه...) استفاده کرد ؛ یعنی مطابق معمول سوراخ در بالا و میله در پایین (شکل ۲۵ــ۱۱).



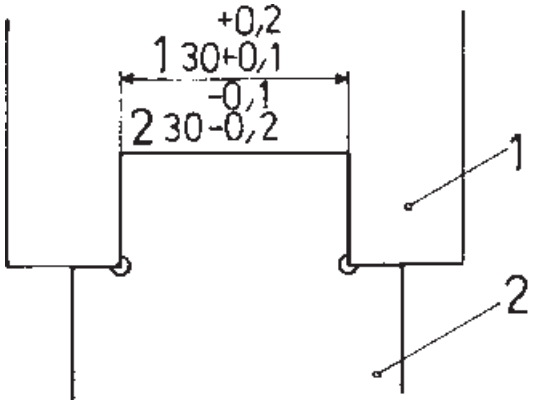
شکل ۲۵ــ ۱۱

ــ اگر بخواهیم ضمن استفاده از علائم انطباقی مقادیر انحراف را هم درج نماییم، می‌توانیم مطابق شکل ۲۶ــ۱۱ عمل کنیم.



شکل ۲۶ــ ۱۱

ــ در صورتی که قطعات شماره داشته باشند، می‌توان به‌جای نوشتن کلمات میله و سوراخ، به‌طور مستقیم شماره‌ی آن‌ها را نوشت ؛ پس اندازه‌گذاری براساس شکل ۲۷ــ۱۱ خواهد بود (در این جا از تولرانس‌های آزاد استفاده شده است).



شکل ۲۷ــ ۱۱

جدول ۷ــ ۱۱ ــ ماشین‌سازی دقیق

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میله مبنا		نوع انطباق	مثال‌هایی از کاربرد
H7	r6 s6	h6	R7 S7	با فشار زیاد	بوش یاتاقان‌ها ــ صفحات روتور ماشین‌های برق
	n6		N7	نشیمن محکم بدون ضامن	بوش یاتاقان‌ها ــ اهرم و لنگ روی میله‌ها
	m6		M7	سوار شدن به وسیله‌ی چکش با ضامن	چرخ‌دنده‌ها ــ چرخ تسمه‌ها، حلقه‌ی داخلی بلبرینگ روی میله
	k6		K7	با نیروی کم‌تر و با ضامن «جلوگیری کننده از چرخش»	فلکه‌ها ــ اهرم‌ها
	j6		J7	اتصال به آسانی	چرخ‌دنده‌های عوض شونده در جعبه دنده حلقه‌های خارجی بلبرینگ‌ها هنگام نصب در جای خود
	h6		H7	قابل حرکت انتقالی با دست	قسمت های با حرکت انتقالی ــ پین دسته‌ها ــ فلانش‌های متحدالمرکزکننده
	g6		G7	متحرک با بازی کم	چرخ‌دنده‌های آزاد ــ میله‌ی دستگاه تقسیم‌ماشین فرز ــ پیستون‌ها
	f 7		F7	متحرک	یاتاقان‌ها ــ غلاف‌ها ــ میله‌ها با دور زیاد
	e8		E8	قسمت‌های متحرک با بازی نسبتاً زیاد	میله پیچ‌های حرکتی ــ میله‌های گذرنده از داخل چند یاتاقان ــ میله‌ها با دور متوسط
	d9		D9	متحرک با بازی خیلی زیاد	میله‌های ترانسمیسیون وچرخ‌های آزاد روی آنها

جدول ۸ ــ ۱۱ــ ماشین‌سازی عمومی با دقت معمولی

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میله‌ی مبنا		نوع انطباق	برخی از کاربردها
H8	h8 و h9		H8	قسمت‌هایی که به آسانی متصل می‌شوند با امکان حرکت انتقالی	حلقه‌های مکانی ــ دسته‌های لنگ ــ چرخ‌دنده‌ها چرخ تسمه‌های محکم
	e9 و f8	h8 و h9	E9 و F8	قسمت‌های متحرک با بازی	میله سوپاپ‌ها ــ پیستون‌های اتومبیل ــ یاتاقان دینام ــ یاتاقان تلمبه
	d10		D10		بوش محور جرثقیل‌ها ــ یاتاقان ماشین‌های کشاورزی

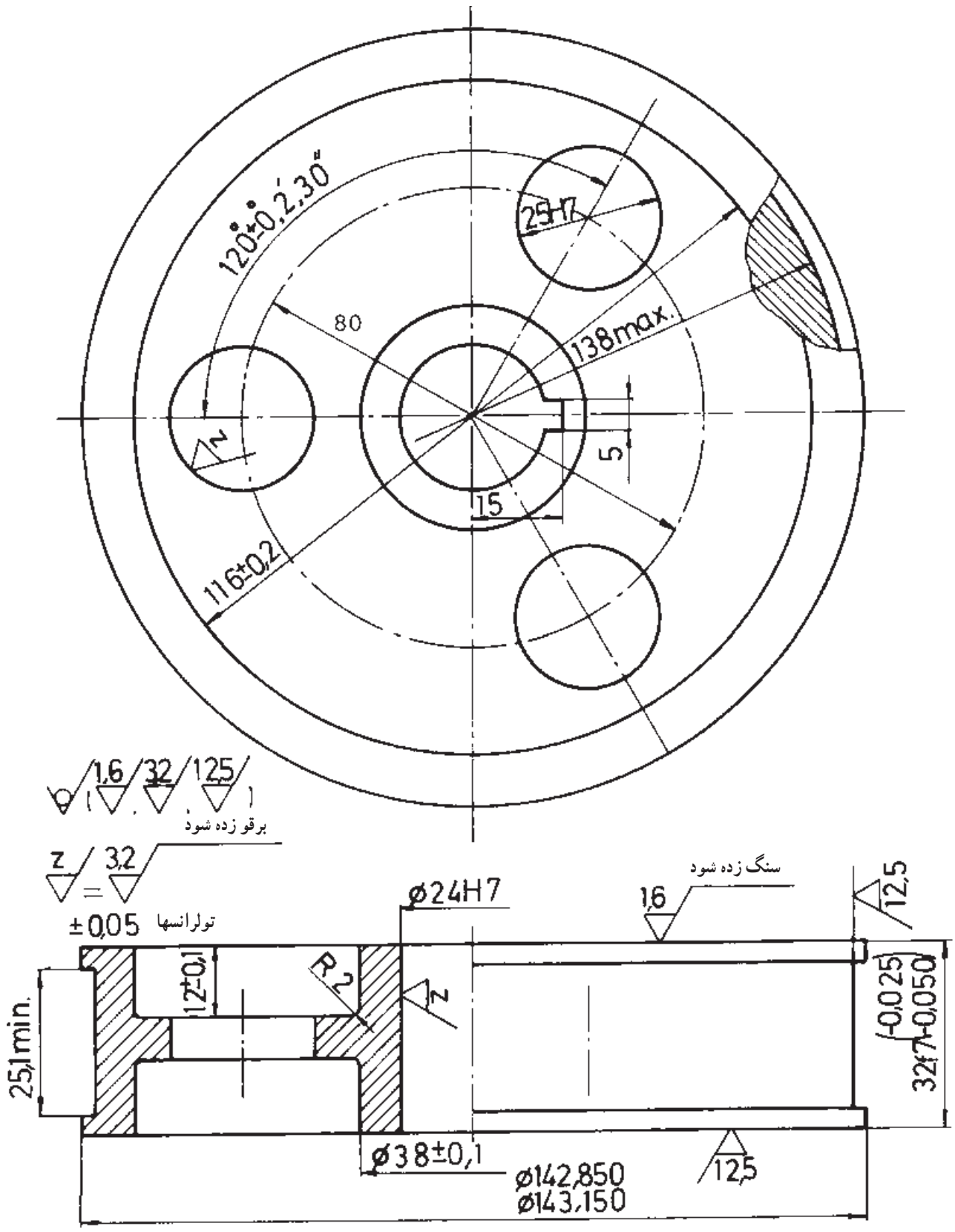
جدول ۹ــ۱۱ــ مواردی که تولرانس زیاد مجاز است «در صورت زنگ زدن اشکالی پیش نمی‌آید»

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میله مبنا		نوع انطباق	برخی از کاربردها
H11	h11		H11	جایی که با وجود تولرانس زیاد در ساختن دو قسمت بازی میان آنها کم باشد.	قطعاتی که برای جوش‌کاری روی هم نصب‌می‌شوند ــ قطعاتی که با پین متصل شوند ــ لولاها ــ ماشین‌های تحریر
	d11	h11	D11	حرکت تحت هر شرایطی امکان دارد.	اهرم‌هایی که بتوان از روی قطعات دیگر برداشت ــ میخ پرچ‌ها ــ پین مفصل‌ها
	C11 و b11		C11 و B11	حداقل بازی با IT11	یاتاقان کلیدهای گردنده‌ی برق ــ پین‌های متحرک
	a11		A11	قسمت‌های خیلی لق نسبت به هم حداقل بازی با IT13	میله‌ی رگولاتور بخار در لوکوموتیو ــ یاتاقان میله‌ی ترمز ــ بوش چرخ‌ها در درب‌های کشویی

ــ شکل ۲۸ــ۱۱ یک مثال کلی است. در این شکل، چرخ تسمه که قطعه‌ای صنعتی است، نشان داده می‌شود. در این نقشه از علایم انطباقی و پرداخت سطح استفاده شده است. لازم است شکل را به طور دقیق بررسی کنید.

در این نقشه تولرانس‌های آزاد داده نشده برابر ۰/۰۵± است که در خارج نقشه درج گردیده است. پس از دقت کامل در نقشه، در مواردی که لازم است با مربی محترم مشورت کنید.

در پایان لازم به یادآوری است که کلیه‌ی اندازه‌های انطباقی داده شده در جدول‌ها، در سیستم ISO در حرارت ۲۰°C در نظر گرفته می‌شود و اعتبار دارد. هم‌چنین استانداردهای ISO در هر دو سیستم متریک و اینچی پذیرفتنی است. جدول‌های ضمیمه حاوی اطلاعات بیش‌تری راجع به انطباقات هستند.


120°±0,2'3,0"
25H7
80
138max.
Z
5
15
116±0,2
1,6
32
125
برقو زده شود
Z
3,2
±0,05
تولرانسها
ø24H7
سنگ زده شود
1,6
12,5
12±0,1
R2
Z
25,1min.
(-0,025
32,7-0,050)
ø38±0,1
ø142,850
ø143,150
12,5

شکل ۲۸ــ ۱۱

تمرین

۱ــ مفهوم میله را شرح دهید.

۲ــ مفهوم سوراخ را شرح دهید.

۳ــ انطباق بازی چیست؟

۴ــ انطباق عبوری چیست؟

۵ ــ انطباق پرسی چیست؟

۶ــ درمورد دستگاه انطباقی ثبوت سوراخ توضیح دهید.

۷ــ بر اساس استاندارد، چند مرحله‌ی انطباقی درنظر گرفته شده است؟

۸ ــ درباره‌ی دستگاه انطباقی ثبوت میله توضیح دهید.

۹ــ انطباق میان یک زبانه و شکاف با علایم m9 و K10 مشخص شده، انطباق از چه نوعی است؟

۱۰ــ تفاوت میان علایم m6 و mIT6 چیست؟

۱۱ــ انطباق میان یک میله و سوراخ با علایم D9 و h11 مشخص شده، نوع انطباق و سیستم چیست؟

۱۲ــ با توجه به جدول بگویید برای نصب کردن چرخ‌دندانه روی محور معمولاً از چه انطباقی استفاده می‌شود؟

۱۳ــ انطباقات ISO در چه دمایی معتبر است؟

۱۴ــ برای تصاویر داده شده که مربوط به یک بدنه است، این کارها را انجام دهید (شکل ۲۹ــ۱۱) :

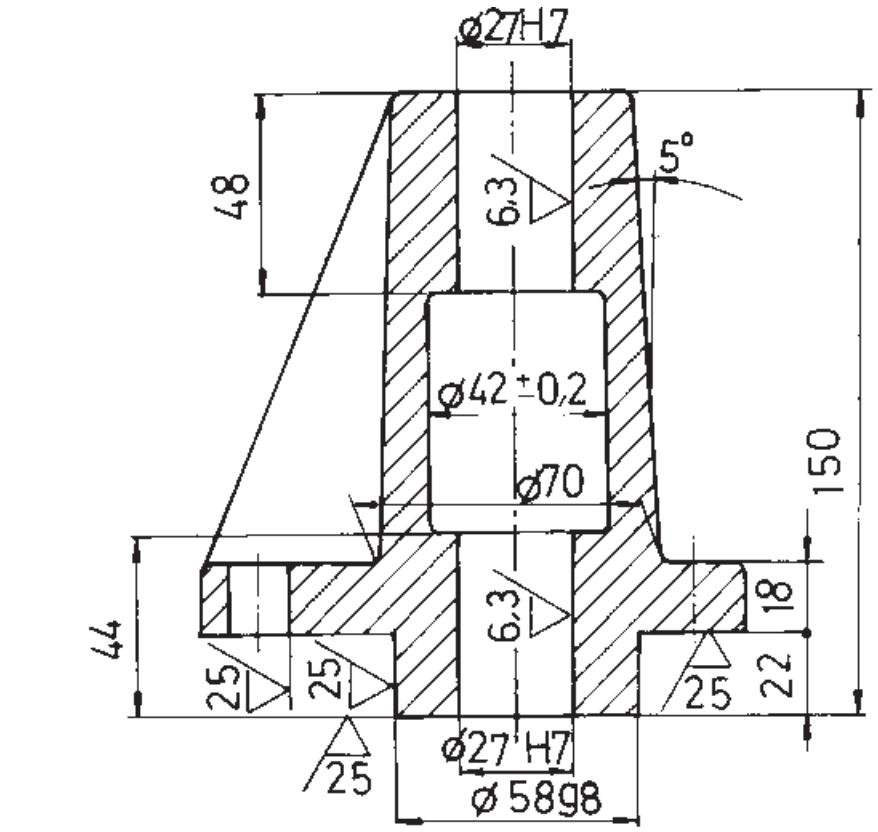
الف) با توجه به نماها، کلیه‌ی قسمت‌هایی را که می‌توان سوراخ نامید مشخص کنید و بگویید میله‌ها کدامند؟

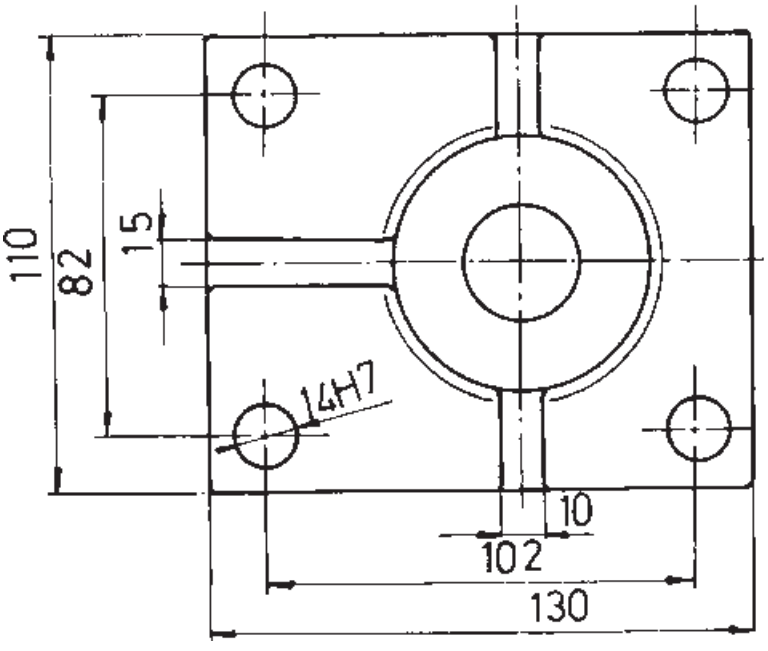
ب) خصوصیات پای نقشه را با توجه به کلیه‌ی تولرانس‌های داده نشده برابر ۰/۱± و سطوح فاقد علامت پرداخت سطح برطبق دستور ساخت خوب و راکوردها را برابر ۲ تکمیل کنید.

(نمای جلو و نمای بالا بدون برش و نمای از چپ در نیم‌برش).

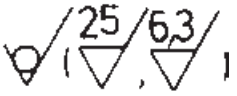
ج) نقشه را به مقیاس ۱ :۱ ترسیم کنید.

د) کلیه‌ی اعداد و علایم نوشته شوند، (در وضعیت جدید).





مقیاس ۱:۲



تولرانس‌ها ±0,1

راکوردها R2

جنس GG۱۵

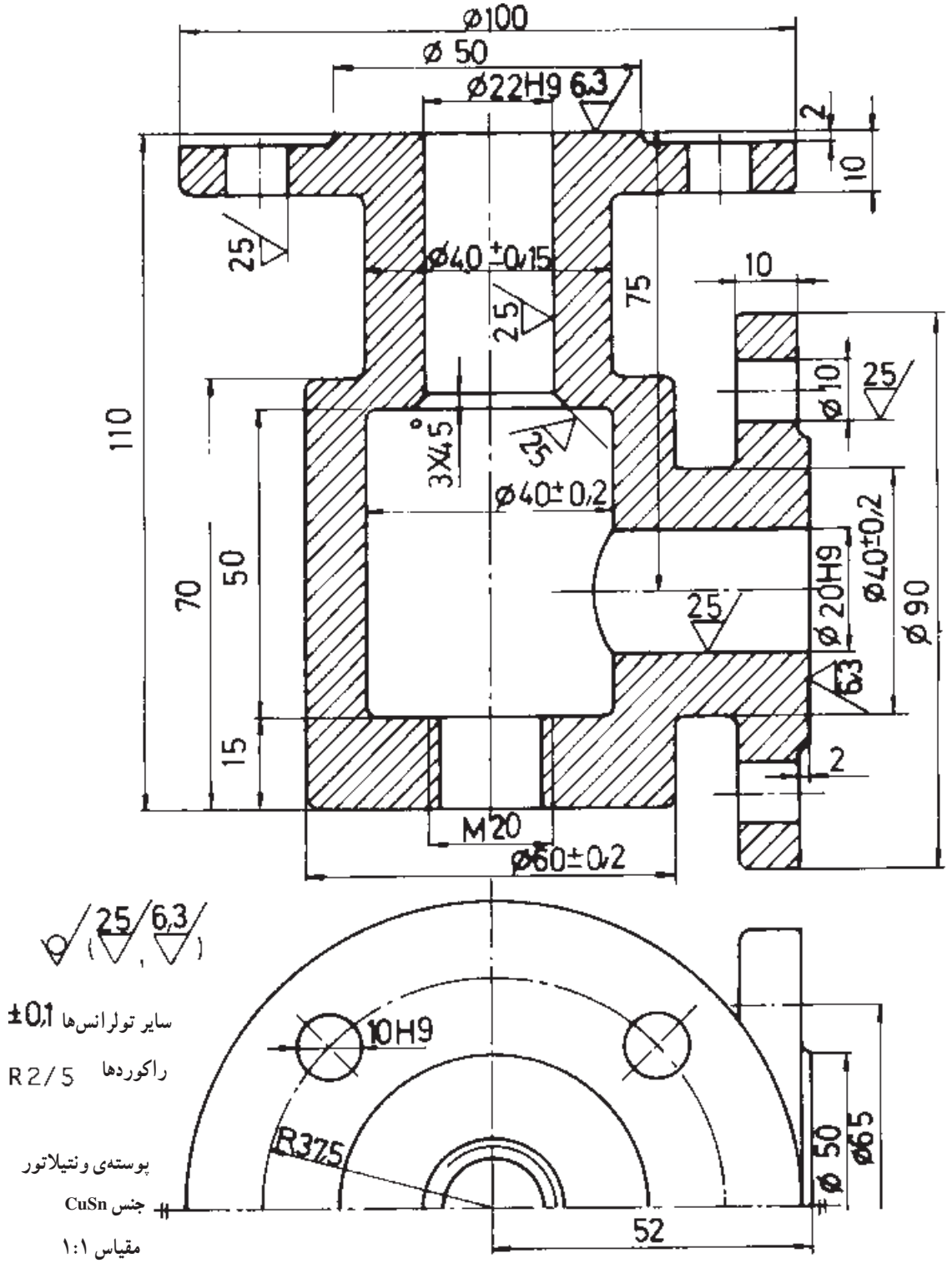
شکل ۲۹ــ ۱۱

۱۵ــ شکل ۳۰ــ۱۱ مربوط به پوسته‌ی ونتیلاتور است ؛ با توجه به آن، این کارها را انجام دهید :

الف) ترسیم نمای از جلو (کامل)، نمای از بالا (کامل)، نمای از سمت راست (کامل).

ب) نوشتن اندازه‌ها و علایم انطباقی و علایم پرداخت سطح با توجه به وضعیت جدید.

ج) برای کلیه‌ی اندازه‌های فاقد تولرانس، تولرانس آزاد را از جدول استخراج کنید و در کنار اندازه بنویسید (تولرانس متوسط).



شکل ۳۰ ــ ۱۱

۱۶ــ تصویر یک اهرم در نماهای شکل ۳۱ــ۱۱ آمده است. این نقشه را دوباره ترسیم و با این مشخصات برای علایم داده شده، تکمیل کنید :

ــ a برابر ۳۰ با f۷ و نمایش اعداد تولرانس «با استفاده از جدول ۲ــ۱۰ و ۶ــ۱۱»

ــ b برابر ۱۰ با علامت H۷.

ــ c برابر $5\times45^\circ$ و با تولرانس زاویه‌ی $\pm10'$.

ــ d برابر ۱۰.

ــ e برابر ۵۵ با تولرانس $^{-0/2}_{-0/1}$.

ــ f برابر ۲۰ و با تولرانس $\pm0/1$.

ــ g برابر ۱۰ و با اختلاف اندازه‌ی مجاز $^{+0/2}_{+0/05}$.

ــ h برابر ۱۲ با علامت انطباقی H۷.

ــ i با اندازه‌ی حداکثر R۱۱/۱.

ــ j برابر ۵۶ به صورت اعشاری، ۰/۰۱۳ اضافه و ۰/۰۷۰ کم.

ــ k با حداقل ۵۰/۱.

ــ l برابر 20° با $10''$ و $2'$ و 0° اضافه و $18''$ و $2'$ و 0° کسری نشان داده شود.

ــ m معادل ۱۵ درجه با تولرانس $20''$ و $20'$ و $\pm0^\circ$ نمایش داده شود (تولرانس متقارن).

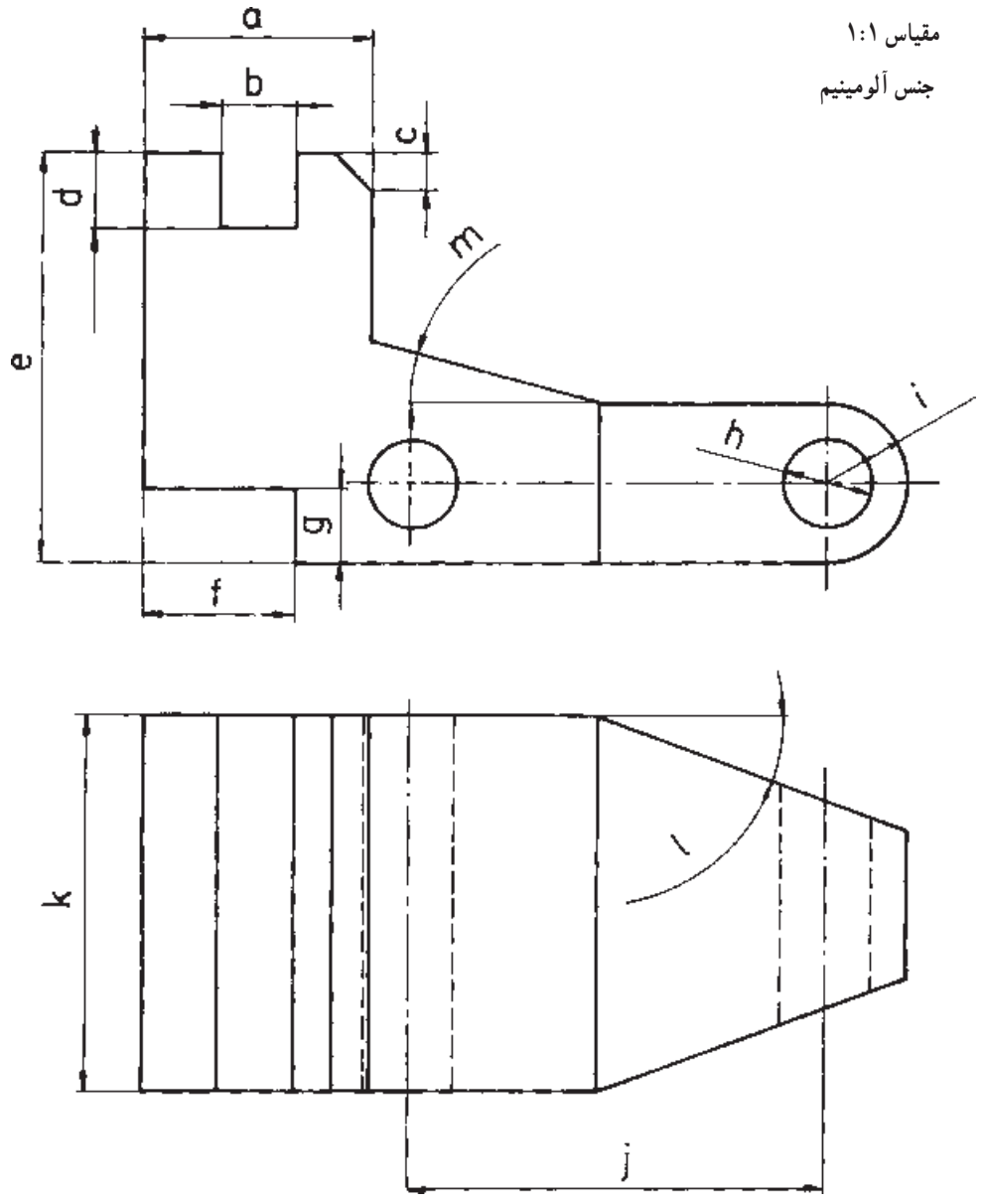
ــ طول کلی جسم نیز برابر ۱۰۳ بوده که لازم است طول به صورتی مناسب داده شود.

تولرانس‌های داده نشده عموماً برابر $\pm0/1$.

ضمناً در این نقشه لازم است که پرداخت سطح Ra برابر ۳/۲، برای شکاف b و سوراخ‌ها، Ra برابر ۱۲/۵ برای شیب‌ها و $Ra = 6/3$ برای کلیه‌ی سطوح دیگر باشد.

مقیاس ۱:۱

جنس آلومینیم



شکل ۳۱ ــ ۱۱

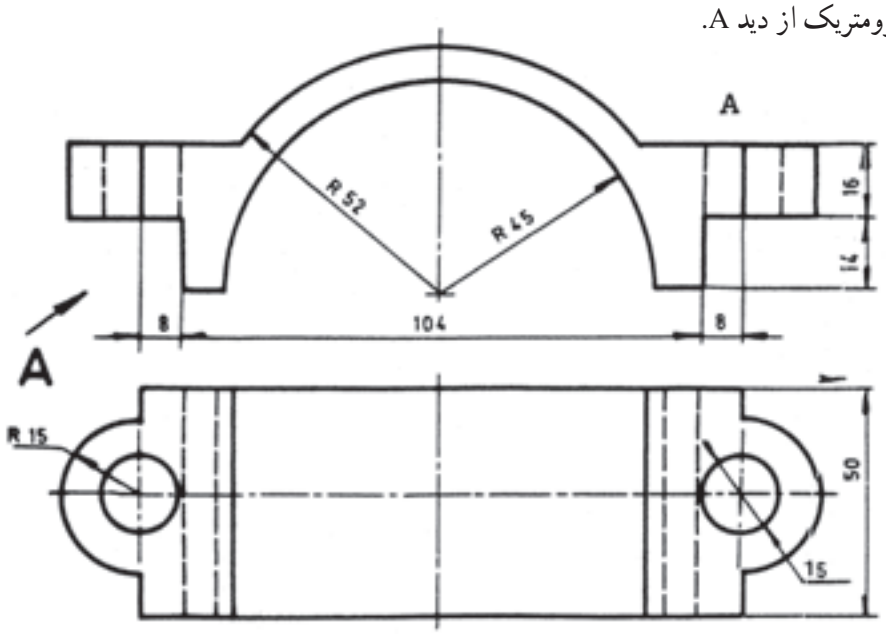
مطلوب است :

۱ــ تصویر اصلی،

۲ــ تصویر افقی،

۳ــ برش تصویر جانبی،

۴ــ ایزومتریک از دید A.



شکل ۳۲ ــ ۱۱

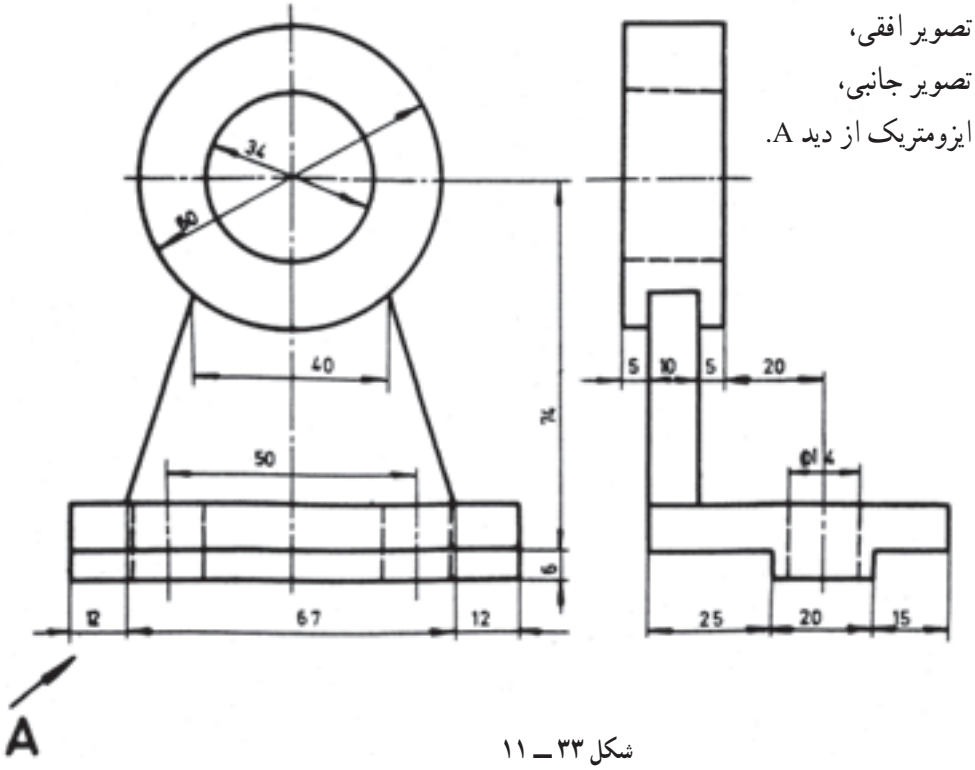
مطلوب است :

۱ــ برش تصویر قائم،

۲ــ تصویر افقی،

۳ــ تصویر جانبی،

۴ــ ایزومتریک از دید A.



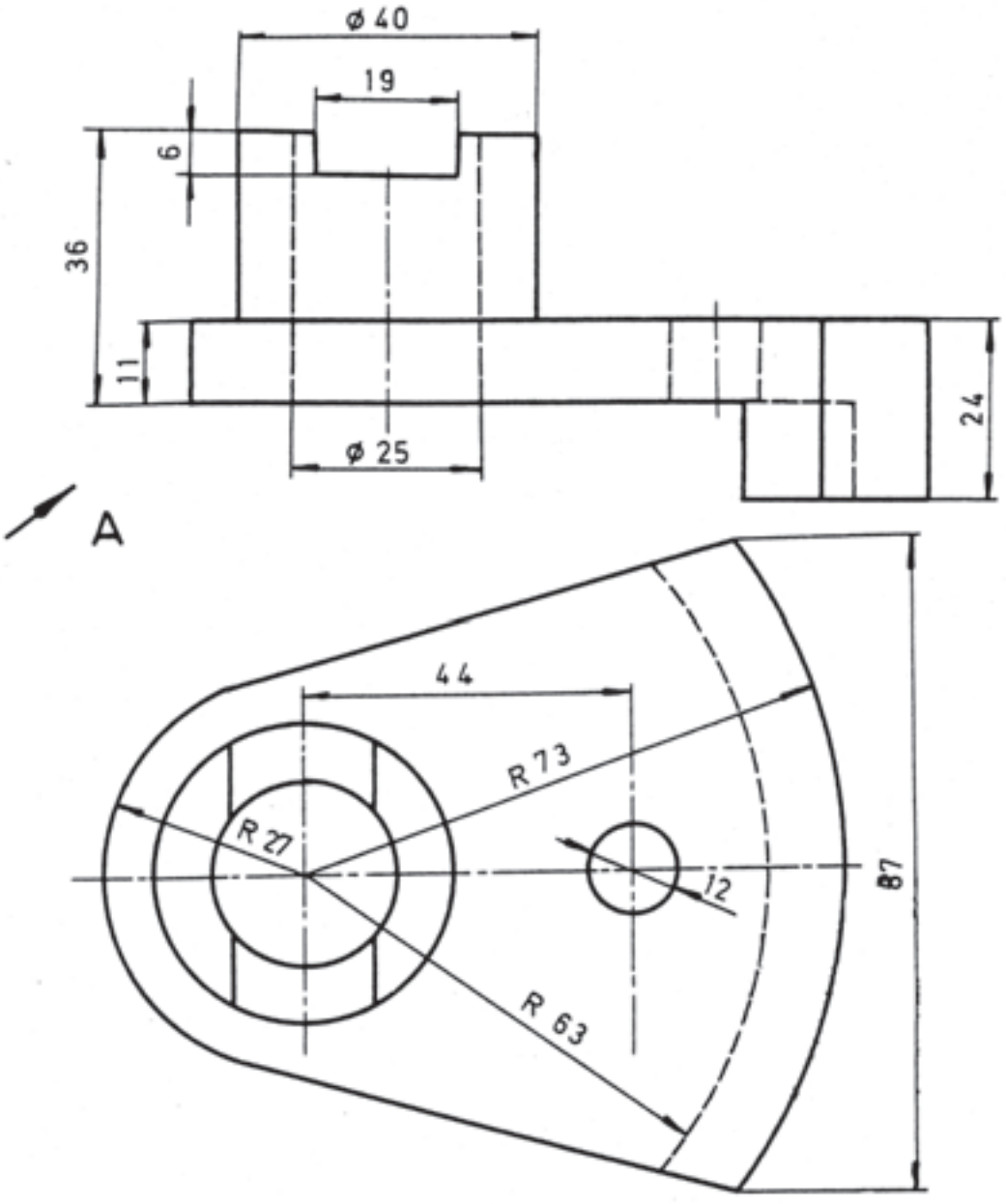
شکل ۳۳ ــ ۱۱

مطلوب است :

۱ــ برش تصویر از رو به رو،

۲ــ تصویر از بالا،

۳ــ تصویر از پهلو.



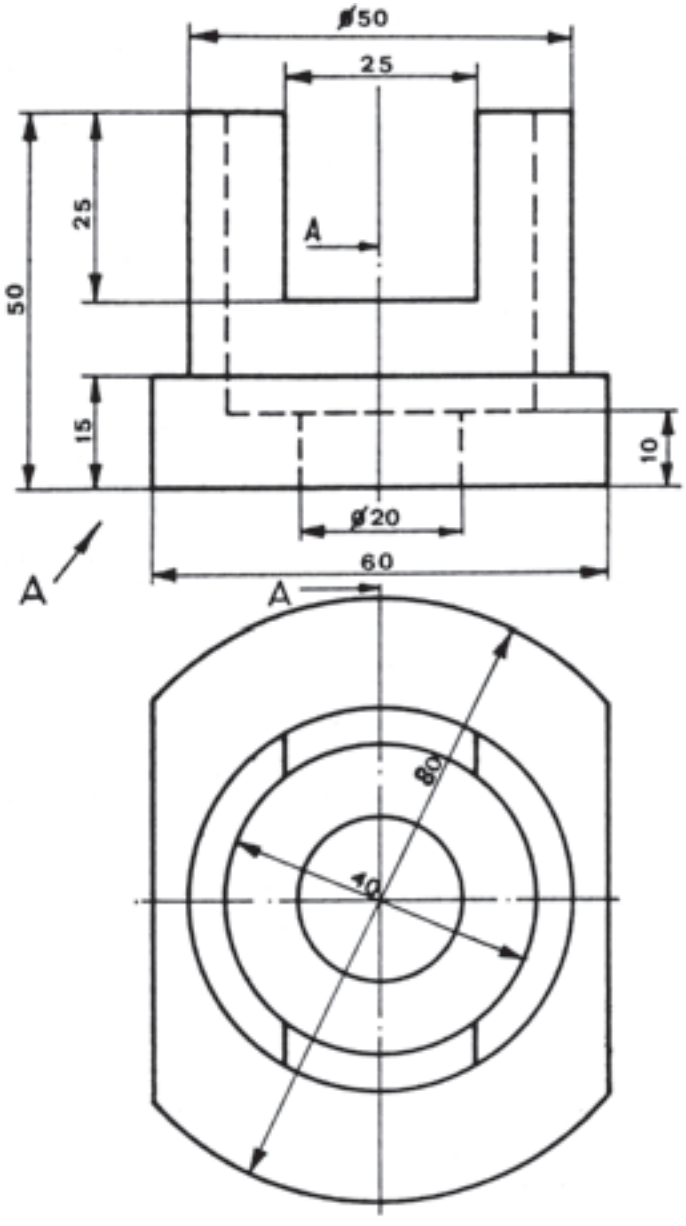
شکل ۳۴ ــ ۱۱

مطلوب است :

۱ــ رسم نمای اصلی و سطحی با مقیاس ۱ :۱،

۲ــ رسم نمای جانبی در سمت چپ (کامل)،

۳ــ رسم نمای جانبی در سمت راست در برش A-A.



شکل ۳۵ ــ ۱۱

* تمرین منزل

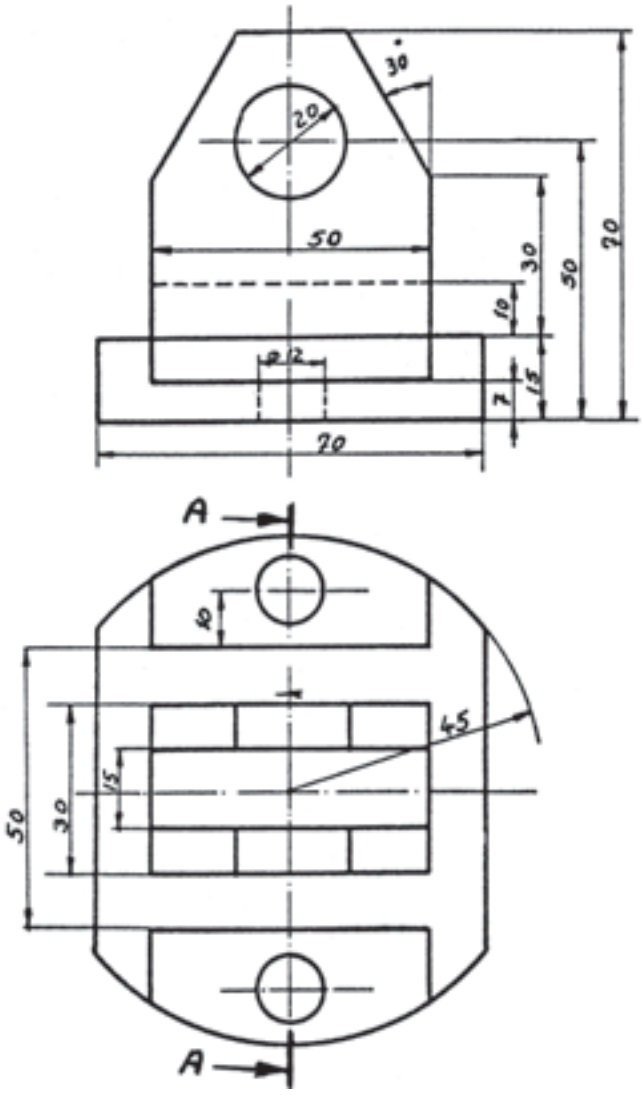
از نماهای داده شده در شکل ۳۶ــ۱۱ مطلوب است :

۱ــ رسم نمای اصلی و سطحی داده شده به مقیاس ۱ :۱،

۲ــ رسم نمای جانبی در سمت راست در برش A-A،

۳ــ رسم نمای جانبی در سمت چپ بدون برش،

۴ــ اندازه‌گذاری و تکمیل علایم زبری سطوح.



شکل ۳۶ ــ ۱۱

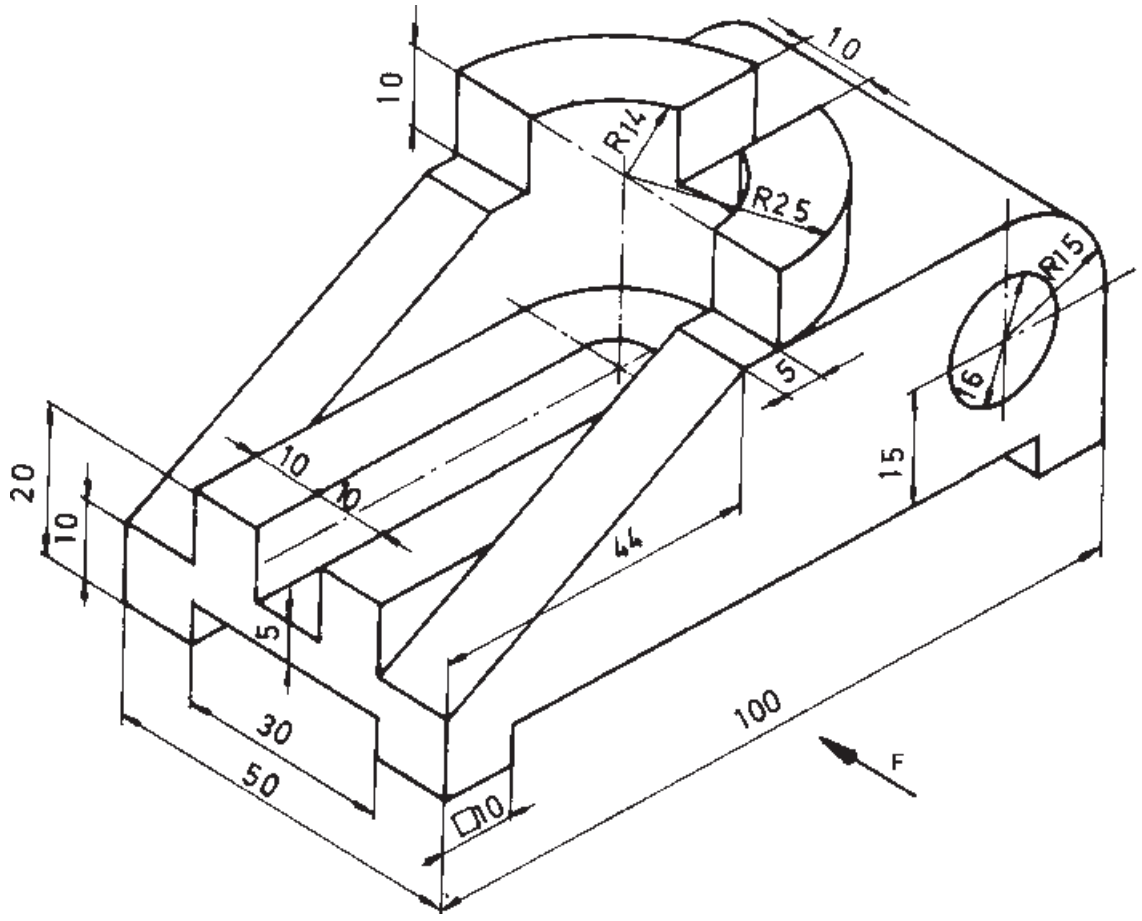
مطلوب است :

۱ــ رسم تصویر قائم از جهت دید F،

۲ــ رسم تصویر جانبی دید از چپ،

۳ــ رسم تصویر افقی،

۴ــ اندازه‌گذاری کامل.



شکل ۳۷ ــ ۱۱

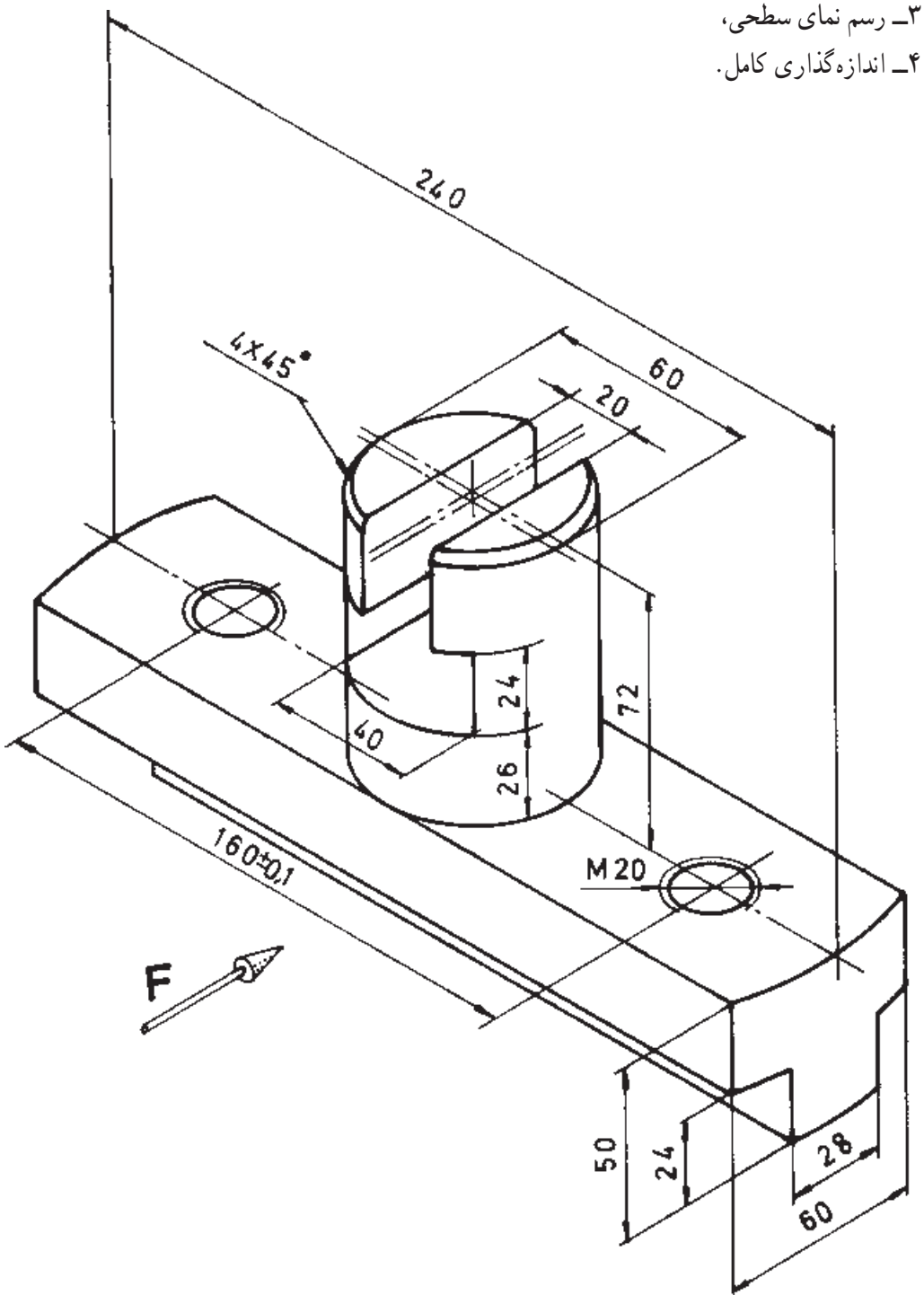
* قطعه‌ی مکانیکی شکل ۳۸ــ۱۱ را که در تصویر مجسّم ایزومتریک رسم شده، با مقیاس ۱ :۱ روی کاغذ A۴ در تصاویر خواسته شده ترسیم کنید :

۱ــ رسم نمای اصلی از دید F،

۲ــ رسم نمای جانبی،

۳ــ رسم نمای سطحی،

۴ــ اندازه‌گذاری کامل.



شکل ۳۸ ــ ۱۱

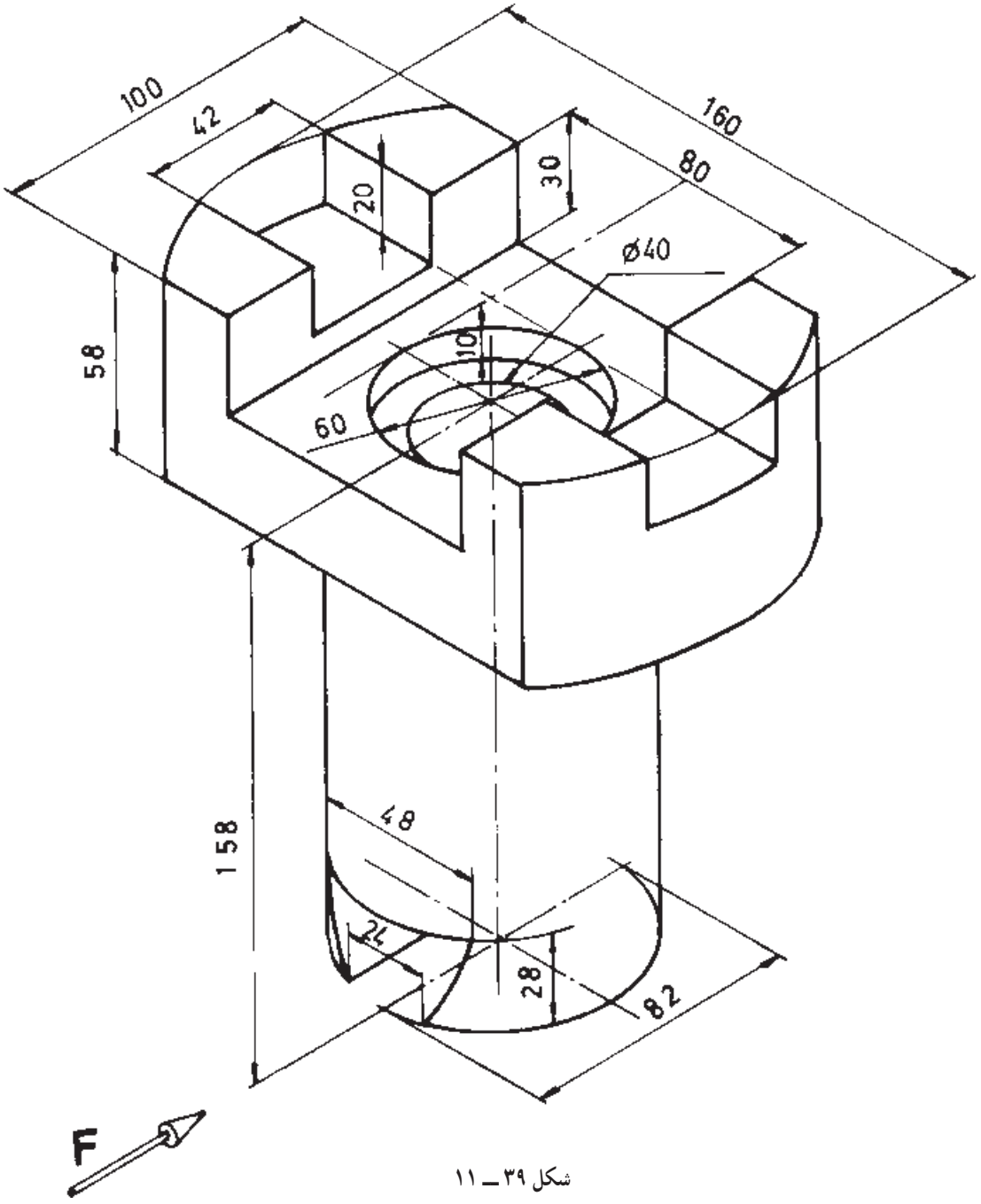
* قطعه‌ی مکانیکی شکل ۳۹ــ۱۱، را که در تصویر جسم مجسم ایزومتریک رسم شده با مقیاس ۱ :۱ روی کاغذ A۴ در تصاویر خواسته شده ترسیم کنید :

۱ــ رسم نمای اصلی از دید F در حالت برش کامل،

۲ــ رسم نمای سمت چپ،

۳ــ رسم نمای قائم،

۴ــ اندازه‌گذاری با علایم سطوح و تولرانس‌های لازم.



شکل ۳۹ ــ ۱۱

* در شکل ۴۰ــ۱۱ که مربوط به قسمتی از یک کوپلینگ است، تصاویر خواسته شده را با مقیاس ۱ : ۱ روی کاغذ A۴ رسم کنید.

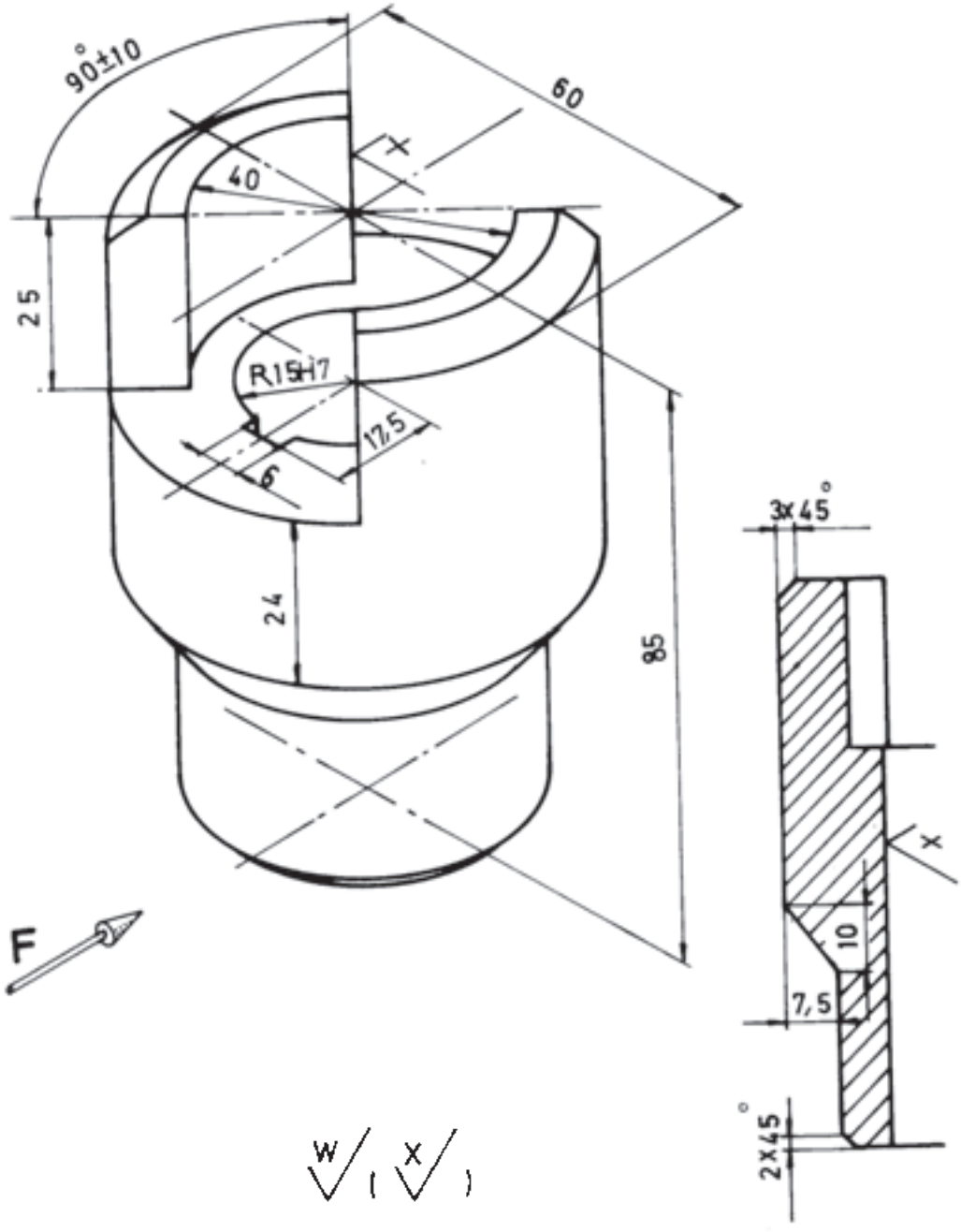
۱ــ رسم تصویر قائم از جهت دید F در برش کامل،

۲ــ رسم نمای جانبی،

۳ــ رسم نمای افقی (سطحی)،

۴ــ اندازه‌گذاری کامل،

۵ــ تعیین کیفیت سطح Ra در سطوح تعیین شده روی نقشه.



شکل ۴۰ ــ ۱۱

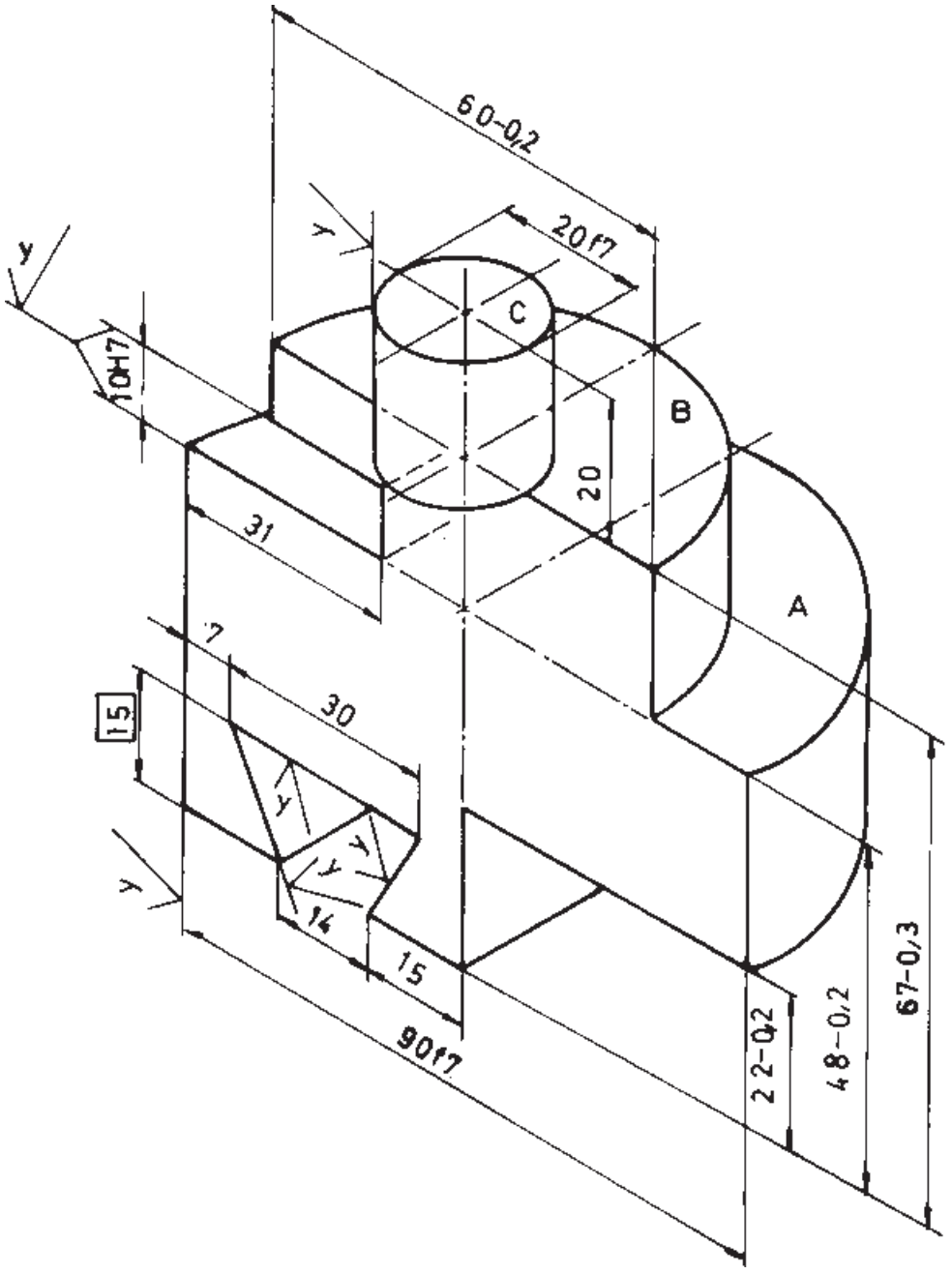
* شکل ۴۱ـ۱۱ که یک قطعه‌ی مکانیکی است، مطلوب است :

۱ـ رسم نمای اصلی، جانبی و سطحی با مقیاس ۱ :۱،

۲ـ اندازه‌گذاری کامل نقشه،

۳ـ رسم کیفیت سطح بر اساس Rz، اگر سطوح نشان داده شده روی شکل یعنی :$\sqrt{Rz6.3}=\sqrt[y]{}$ و بقیه‌ی سطوح با کیفیت $\sqrt{Rz25}$ پرداخت شود.

۴ـ رسم تولرانس‌های ابعادی و انطباقی روی نقشه.



شکل ۴۱ ــ ۱۱

* برای قطعه‌ی مکانیکی داده شده در شکل ۴۲ــ۱۱ که در دو تصویر رسم شده است، این کارها را انجام دهید :

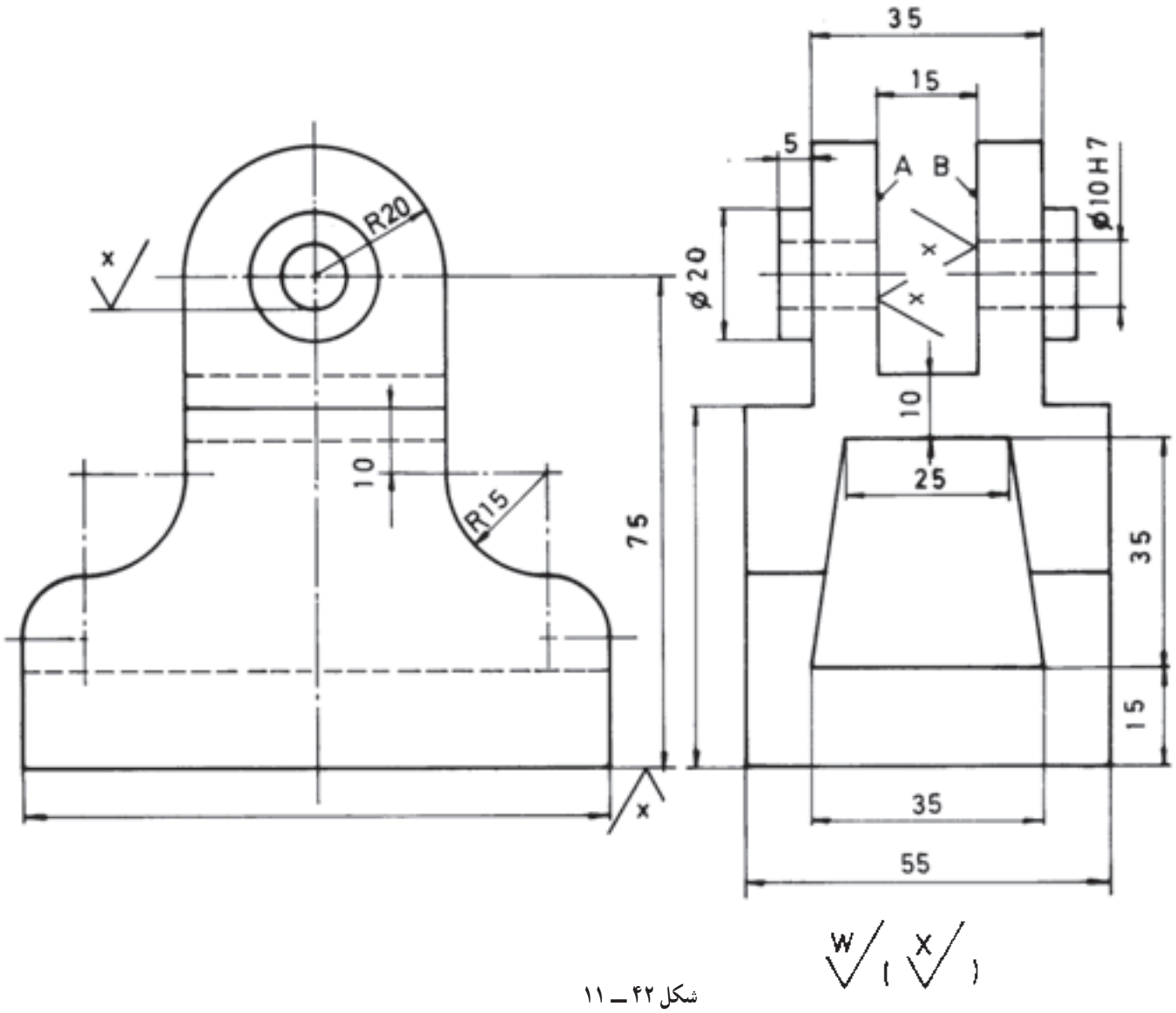
۱ــ رسم نمای اصلی،

۲ــ رسم نمای جانبی دید از چپ در برش کامل،

۳ــ رسم نمای سطحی،

۴ــ اندازه‌گذاری کامل،

۵ ــ رسم کیفیت سطح سطوح تعیین شده بر اساس Ra، طبق جدول ISO 130a.



شکل ۴۲ ــ ۱۱

* برای قطعه‌ی مکانیکی داده شده در شکل ۴۳ــ۱۱ که در دو تصویر رسم شده، مطلوب است :

۱ــ رسم نمای اصلی،

۲ــ رسم جانبی در برش A-A،

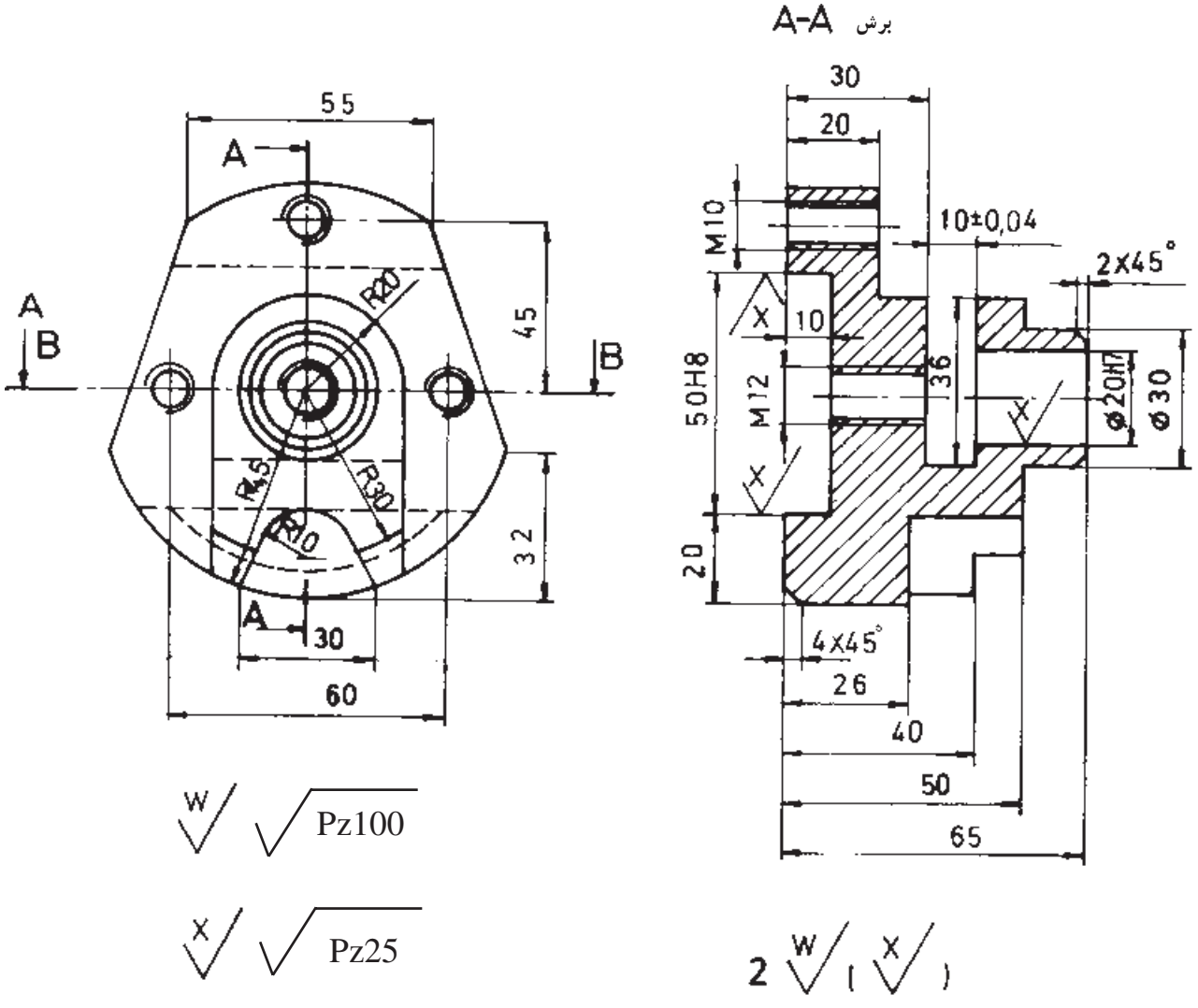
۳ــ رسم نمای جانبی دید از راست در نمای ساده،

۴ــ رسم نمای افقی در برش B-B،

۵ ــ اندازه‌گذاری کامل،

۶ــ رسم کیفیت سطح، سطوح تعیین شده بر اساس Rz،

۷ــ تعیین انحرافات فوقانی و تحتانی سوراخ ϕ20H7 و شکاف 50H8 از جدول انطباقات ISO.



شکل ۴۳ ــ ۱۱

* شکل ۴۴ــ۱۱ که یک قطعه‌ی مکانیکی است، در یک نما داده شده است. نقشه را با مقیاس ۱ :۱ روی کاغذ A3 و با مشخصات و خواسته‌های زیر رسم کنید.

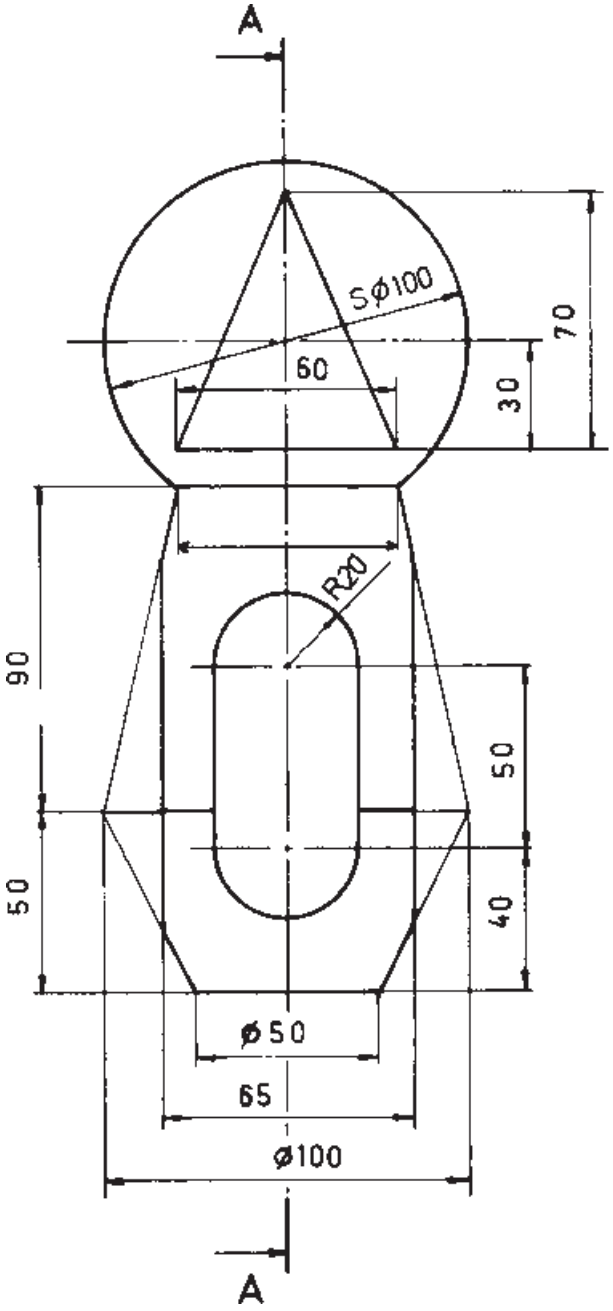
۱ــ رسم نمای اصلی،

۲ــ رسم نمای سطحی (رسم خطوط کمکی الزامی است)،

۳ــ رسم نمای جانبی در برش نشان داده شده در شکل،

۴ــ اندازه‌گذاری کامل،

۵ــ اگر شکاف مثلث شکل و شکاف با عرض ۴۰ با کیفیت H6 و بقیه سطوح با کیفیت H7 پرداخت شود، صافی سطح را روی نقشه مشخص کنید.



شکل ۴۴ ــ ۱۱

فهرست منابع

1. Die technische Zeichnung
Grund fertigkeiten Metall ناشرKLEH سال نشر1990

2.ENGINEERING DRAWING
for Metalworkers. Mir Publishers Moscow 1986

3. ISO 1302 1978
Technical drawings - Method of indicating Surface
Texture on drawings

4. ISO 406 1987 Technical drawings - Tolerancing of linear
and anqular dimensions.

5. DARSTELLEN DE GEOMETRIE
von Ober baurat Dipling. Rumann

از انتشارات مرکز آموزش عالی فنی انقلاب اسلامی