

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

رسم فنی تخصصی

رشته مکانیک خودرو

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۱۸۹۲

رسم فنی تخصصی / مؤلفان: عزیز خوشینی ... [و دیگران] - [ویرایش دوم] /	۶۰۴
بازسازی و تجدیدنظر: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشته مکانیک خودرو - تهران:	۲ /
شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.	۵۱۴ /
۱۹۴ ص. : مصور - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۱۸۹۲)	۱۳۹۴
متون درسی رشته مکانیک خودرو، زمینه صنعت.	
۱. رسم فنی. الف. خوشینی، عزیز. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون	
برنامه‌ریزی و تألیف رشته مکانیک خودرو. ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :
پیشنهادهای و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتابهای درسی
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وبگاه (وبسایت)

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتابهای درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : رسم فنی تخصصی - ۴۸۹/۴

مؤلفان : عزیز خوشبینی، محمدعلی موحددانش، سیدابوالحسن موسوی و

محمد خواجه حسینی

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وبسایت : www.chap.sch.ir

صفحه‌آرا : خدیجه محمدی

طراح جلد : علیرضا رضائی‌کُر

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

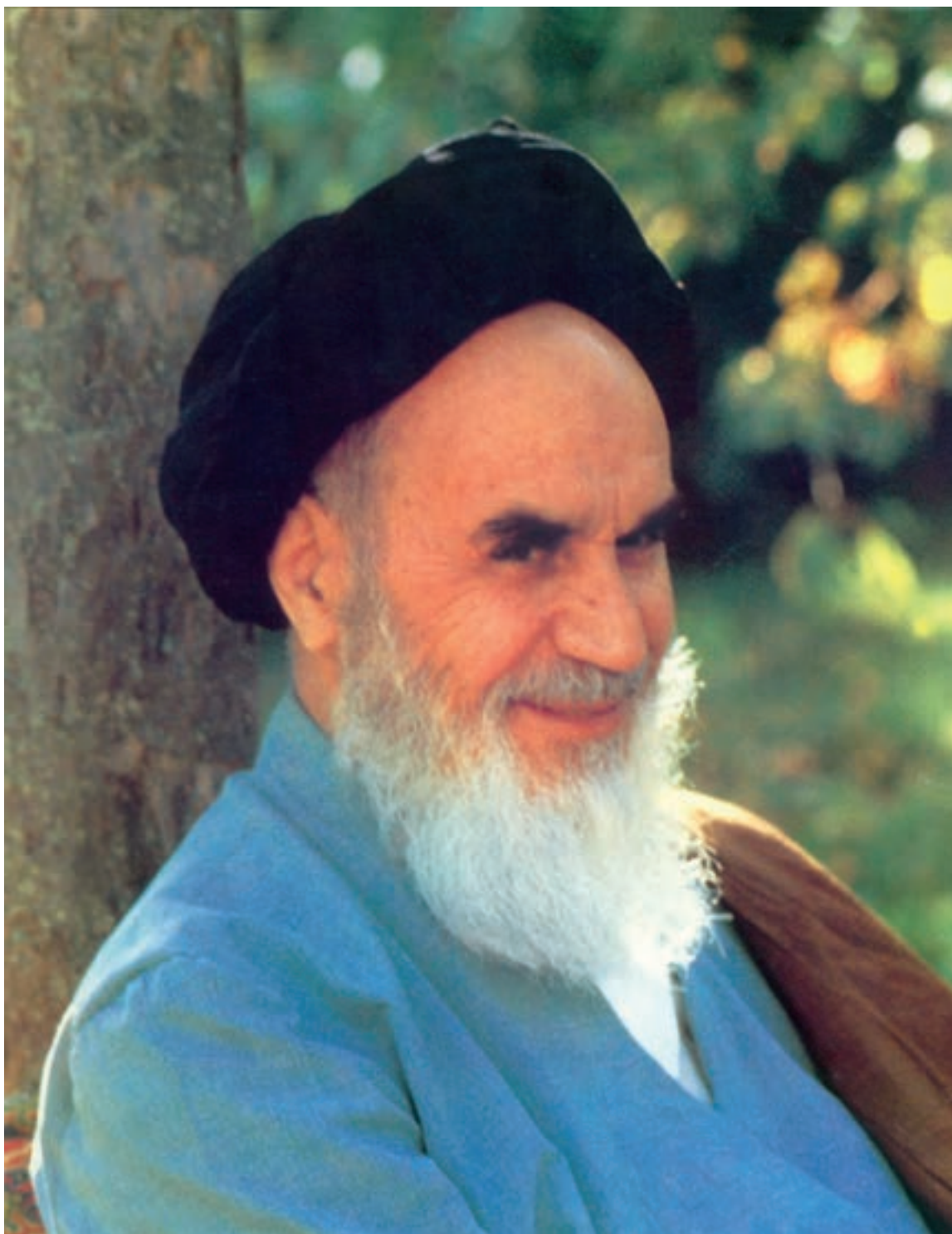
تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار : ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.

شابک X-۹۲۳-۰۵-۰۹۶۴ ISBN 964-05-0923-X



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب پرهیزید.

امام خمینی «قدس سرّه الشریف»

فهرست مطالب

۱	مقدمه
	فصل اوّل
۳	۱- هندسه ترسیمی
۳	۱-۱- نمایش صفحات تصویر و شناسایی فرجه ها
۴	۱-۲- نقطه در فرجه اوّل
۶	۱-۳- نقاط خاص
	فصل دوم
۸	۲- خط
۸	۲-۱- تعریف خط
۹	۲-۲- آثار خط
۹	۲-۳- خطوط خاص
۱۳	۲-۴- دوران
	فصل سوم
۱۶	۳- صفحه
۱۶	۳-۱- حالت های مختلف نمایش صفحه
۱۸	۳-۲- نمایش صفحه به وسیله آثار آن
۱۸	۳-۳- حالت های مختلف صفحه نسبت به صفحات تصویر
۲۰	۳-۴- حالت های مختلف صفحه محدود نسبت به صفحات تصویر
۲۳	۳-۵- اندازه واقعی صفحات خاص

فصل چهارم

- ۴- ترسیم اثر برخورد صفحه و جسم در حالت خاص ۲۵
- ۴-۱- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با چند وجهی ها ۲۵
- ۴-۲- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با استوانه ۲۷
- ۴-۳- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با هرم قائم ۳۲
- ۴-۴- ترسیم فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه افقی و مخروط قائم ۳۴
- ۴-۵- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با گره ۴۱

فصل پنجم

- ۵- ترسیم فصل مشترک برخورد اجسام ۵۵
- ۵-۱- ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه (متقارن) با استفاده از روش مرور صفحه ۵۶
- ۵-۲- روش دواير مرکزی (روش خاص) ۶۰
- ۵-۳- ترسیم فصل مشترک محل برخورد استوانه در استوانه (حالت خاص) به روش دواير مرکزی (ساجمه ای) ۶۱
- ۵-۴- ترسیم فصل مشترک مخروط در مخروط در حالت خاص ۶۴
- ۵-۵- ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با گره ۶۶

فصل ششم

- ۶- گسترش احجام مستوی، یک انحنایی و دو انحنایی ۷۵
- ۶-۱- تعریف ۷۵
- ۶-۲- گسترش منشورها ۷۷
- ۶-۳- ترسیم گسترش هرم قائم ۸۲
- ۶-۴- گسترش استوانه ۸۵
- ۶-۵- گسترش زانویی چند پارچه ۸۸
- ۶-۶- گسترش مخروط ۹۱
- ۶-۷- گسترش گره ۹۸

فصل هفتم

- ۷- کیفیت سطح ۱۱۳
- ۷-۱- مقدمه ۱۱۳
- ۷-۲- معیارهای تعیین زبری سطح ۱۱۷
- ۷-۲-۱- تعریف زبری سطح Ra ۱۱۷
- ۷-۲-۲- تعریف زبری سطح Rz ۱۱۹

فصل هشتم

- ۱۲۲ ۸- علایم قدیمی مشخص نمودن کیفیت سطوح
۱۲۲ ۸-۱- تعریف زیری سطح به روش مثلث
۱۲۳ ۸-۲- جدول تعیین زیری به روش مثلث

فصل نهم

- ۱۲۷ ۹- کاربرد علایم کیفیت سطح در نقشه
۱۲۷ ۹-۱- معرفی علایم و مشخصات
۱۲۹ ۹-۲- مشخصات ویژه کیفیت سطح
۱۳۲ ۹-۳- موقعیت علایم شاخص کیفیت سطح
۱۳۵ ۹-۴- جدول تعیین زیری Ra
۱۳۶ ۹-۵- مقایسه علایم

فصل دهم

- ۱۴۶ ۱۰- تولرانس های ابعادی
۱۴۶ ۱۰-۱- مقدمه
۱۴۸ ۱۰-۲- اندازه اسمی
۱۵۰ ۱۰-۳- تولرانس
۱۵۲ ۱۰-۴- جدول مقادیر اصلی تولرانس

فصل یازدهم

- ۱۵۹ ۱۱- انطباقات
۱۵۹ ۱۱-۱- تعریف انطباق قطعات
۱۶۰ ۱۱-۲- مفهوم میله در انطباقات
۱۶۰ ۱۱-۳- سوراخ
۱۶۱ ۱۱-۴- انطباق بازی دار
۱۶۱ ۱۱-۵- انطباق عبوری
۱۶۱ ۱۱-۶- انطباق پرسی
۱۶۲ ۱۱-۷- دستگاه انطباقی ثبوت سوراخ (سوراخ مبنا)
۱۶۸ ۱۱-۸- دستگاه انطباقی ثبوت میله (میله مبنا)

- ۱۹۴ فهرست منابع

مقدمه

اگر پیشرفت علم و تکنولوژی را مرهون تلاش‌ها و خلاقیت اندیشمندان بدانیم، باید بپذیریم علم نقشه‌کشی و طراحی که عامل اصلی انتقال اندیشه‌ی برخی دانشمندان به گروه‌های اجرایی (مهندسان و تکنسین‌ها) است، جایگاه خاصی در این مقوله دارد.

گفتنی است ریشه‌ی این علم نیز نتیجه‌ی اندیشه «گاسپار مونژ» - مهندس و ریاضی‌دان فرانسوی - بوده که در سال‌های ۱۷۹۹ میلادی، روش‌هایی به نام «هندسه ترسیمی صنعتی» که یکی از نه مقاله‌ی هندسه‌ی اقلیدسی است - به منظور انتقال ایده‌های فنی به دیگران - عرضه کرد. تا مدت کوتاهی پس از جنگ جهانی دوم، در هر یک از کشورهای بزرگ صنعتی جهان و اعمار آنها به‌طور جداگانه شیوه‌های خاصی برای طراحی نقشه‌های فنی ابداع گردید و از آن استفاده شد، اما به تدریج به دلیل توسعه‌ی صنایع و انتقال تکنولوژی میان کشورها، ضرورت هماهنگی خاص بیش‌تر احساس گردید؛ به گونه‌ای که قواعد و قراردادهای نقشه‌کشی - به صورت نوعی زبان فنی مدون - در اختیار تکنولوژیست‌ها و طراحان قرار می‌گرفت.

بدین منظور، کارشناسان و محققان صنایع از کشورهای مختلف در شهر «ژنو» (پایتخت کشور سوئیس) گرد آمده استاندارد بین‌المللی «ISO» را تدوین و به قطب‌های صنعتی و آموزشی معرفی نمودند.

در حال حاضر کلیه‌ی کشورهای بزرگ صنعتی جهان محتوای استاندارد «ISO» را پذیرفته و به عضویت مؤسسه‌ی بین‌المللی استاندارد در شهر ژنو درآمده‌اند (کشور ایران نیز یکی از اعضای این مؤسسه است). به این ترتیب، نقشه‌کشی و طراحی اکنون به صورت علمی گسترده و جهان‌شمول درآمده و با آخرین پدیده‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری مجهز گردیده و از این رهگذر، در نوع‌آوری، یاریگر اندیشمندان، طراحان، مهندسان و تکنسین‌ها شده است. هر نقشه‌ی اجرایی، یعنی نقشه‌ای که برای ساخت در کارگاه تهیه شود، باید حاوی کلیه‌ی اطلاعات لازم برای ساخت قطعه باشد، به گونه‌ای که سازنده، تا حد امکان، بدون نیاز به دریافت اطلاعات شفاهی قطعه را بسازد و قطعه‌ی موردنظر نیز بدون هیچ‌گونه اشکالی به کار گرفته شود.

مهم‌ترین اطلاعات لازم در نقشه‌ی اجرایی عبارت‌اند از:

- جزئیات دقیق ساختمانی؛

- جنس و اندازه‌ی مواد اولیه؛

- درجه‌ی پرداخت لازم برای سطوح؛

- اختلاف اندازه‌های مجاز ابعادی در ساخت قطعه؛

— انحراف‌های مجاز از اشکال تتوریک هندسی.

هرگاه از طریق نقشه بتوان اطلاعات یاد شده را انتقال داد، مقصود اصلی حاصل شده است. بر این اساس، در کتاب حاضر سعی شده که اصول نقشه با چنین ویژگی‌هایی به دست داده شود. ضمن آن که یادآور می‌شود این کتاب با هدف و محتوای «رسم فنی تخصصی» تألیف شده است. (این برنامه با توجه به اهمیت استانداردهای مورد نیاز برای ترسیم نقشه‌های اجرایی نوشته شده و هدف نهایی رسیدن به مقدمات ترسیم چنین نقشه‌ای است.) در این کتاب، سعی بر آن بوده تا مفاهیم اساسی صنعت از قبیل «پرداخت سطح»، «تولرانس و انطباق» و «تولرانس هندسی» به ساده‌ترین زبان تشریح شود. از دیگر ویژگی‌های این کتاب پرهیز از دادن فرمول، بلکه اهمیت دادن به جنبه‌های کاربردی مطالب است.

در پایان هر فصل تمرینات مناسب داده شده است تا مطالب ذکر شده، بررسی و مرور گردد. پرسش‌های کتاب نیز متضمن اهدافی، از جمله «ارزش‌یابی» است. از طرف دیگر، پاسخ به این پرسش‌ها مبتنی بر مطالعه‌ی کامل متن و مرور سخنان استاد بوده که همین امر، موجب آمادگی ورود به کار عملی می‌شود. قضاوت نهایی درباره‌ی این کتاب به عهده‌ی همکاران عزیز و نکته‌سنج است تا ان شاء الله با راهنمایی‌های خود سبب شوند، اشکالات احتمالی برطرف گردد.

مؤلفان

هدف کلی

فراگیر با مطالعه و به کار بستن مطالب این کتاب می‌تواند نقشه‌های اجرایی قطعات مکانیکی تکی را ترسیم کند.

هندسه‌ی ترسیمی

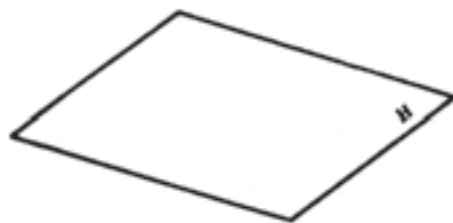
هدف‌های رفتاری : از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل :

- صفحات تصویر و فرجه‌ی اول را معرفی کند.
- تصاویر نقطه در فرجه‌ی اول را ترسیم کند.
- نقاط خاص را معرفی کند.

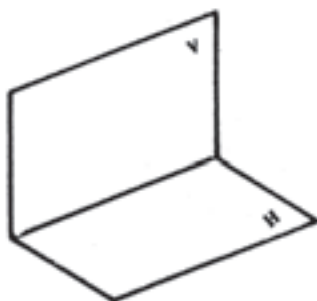
۱- هندسه‌ی ترسیمی

۱-۱- نمایش صفحات تصویر و شناسایی فرجه‌ها

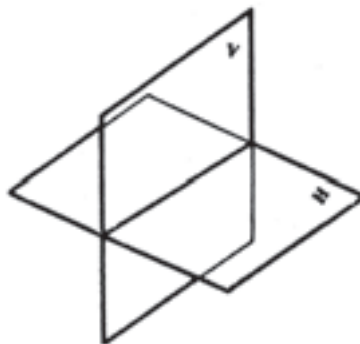
همان‌گونه که در مقدمه ذکر شد، هندسه‌ی ترسیمی پاسخی مناسب برای اشکالات مطرح شده در نمایش جسم است. برای رسیدن به این هدف از دو صفحه‌ی تصویر استفاده می‌شود که یکی «صفحه‌ی افقی تصویر» نامیده شده با حرف لاتین H نشان داده می‌شود (شکل ۱-۱) و دیگری «صفحه‌ی قائم تصویر» نام دارد که عمود بر صفحه‌ی افقی تصویر بوده با حرف لاتین V



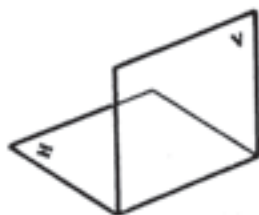
شکل ۱-۱- صفحه‌ی افقی تصویر.



شکل ۱-۳- فرجه‌ی اول.



شکل ۱-۲- صفحه‌ی افقی و قائم تصویر.



شکل ۱-۴- فرجه‌ی دوم.

نشان داده می‌شود (شکل ۱-۲). به این ترتیب فضا به چهار فرجه تقسیم می‌شود و چنانچه فرجه‌ها را به صورت جدا از هم و با نام‌گذاری آنها نمایش دهیم، به ترتیب اشکال ۱-۳ الی ۱-۶ از فرجه‌ی اول تا فرجه‌ی چهارم به دست می‌آید. از میان چهار فرجه‌ی نمایش داده شده فرجه‌ای که بیش‌تر استفاده می‌شود، فرجه‌ی اول تصویر است (شکل ۱-۳).

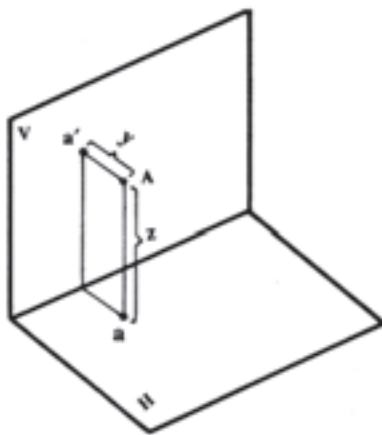
نشان می‌دهیم که قسمت بالای خط، جایگاه تصویر قائم و قسمت پایین خط، جایگاه تصویر افقی است (شکل ۱-۹).



شکل ۱-۹

۱-۲- نقطه در فرجه اول

حال برای بررسی بیش‌تر و توجیه بهتر، نقطه‌ی فضایی A را در فرجه‌ی اول در نظر می‌گیریم (شکل ۱-۱۰).

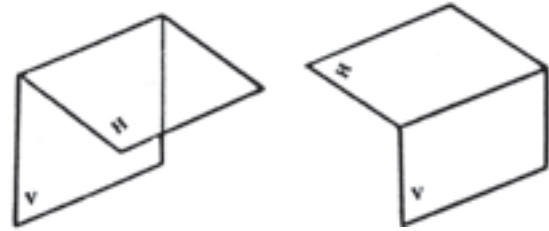


شکل ۱-۱۰

فاصله‌ی نقطه تا صفحه‌ی افقی تصویر را ارتفاع نقطه نامیده با حرف Z مشخص می‌کنیم و فاصله‌ی نقطه تا صفحه‌ی قائم تصویر را عرض نقطه نامیده با y نشان می‌دهیم. چنانچه صفحه‌ی قائم تصویر را ثابت نگاه داشته صفحه‌ی افقی را 90° درجه دوران داده در راستای صفحه‌ی قائم تصویر قرار دهیم (توجه داشته باشیم که صفحه از هر طرف نامحدود است) به ترتیب اشکال از ۱-۱۱ الی ۱-۱۳ خواهد آمد.

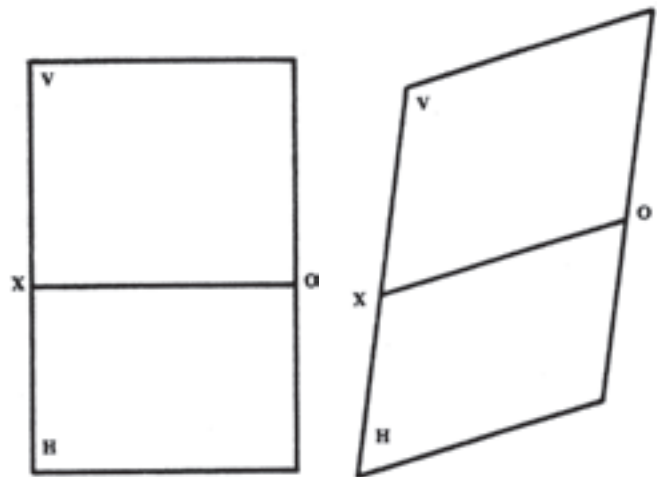
a' را تصویر قائم نقطه می‌گوییم و هنگامی می‌توانیم جای آن را مشخص کنیم که ارتفاع نقطه یعنی Z را در اختیار داشته باشیم.

a را تصویر افقی نقطه می‌گوییم و هنگامی می‌توانیم جای آن را مشخص کنیم که عرض نقطه یعنی y را در اختیار داشته باشیم.



شکل ۱-۵- فرجه‌ی سوم شکل ۱-۶- فرجه‌ی چهارم

فضا را باید به صورت سطح نشان داد؛ از این‌رو صفحه‌ی قائم تصویر را ثابت نگاه می‌داریم و صفحه‌ی افقی تصویر را در جهت عقربه‌های ساعت 90° دوران داده در راستای صفحه‌ی قائم تصویر قرار می‌دهیم (شکل ۱-۷ و ۱-۸).

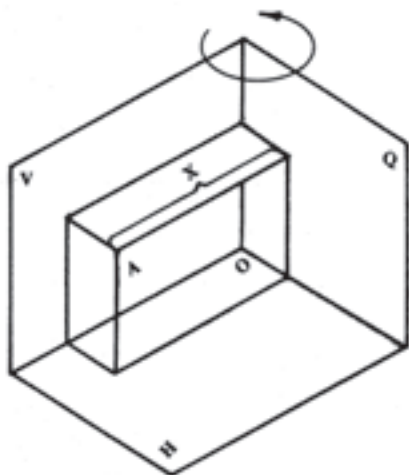


شکل ۱-۸

شکل ۱-۷

معمولاً با تصاویر اجسام از نقطه تا اشکال پیچیده، روی صفحات تصویر به خصوص فرجه‌ی اول سروکار داریم. پس از آن‌که تصاویر در فرجه‌ی اول روی صفحات تصویر ترسیم شد، فرجه را به شکل ۱-۸ درمی‌آوریم. باید توجه داشته باشیم که خط XO فصل مشترک دو صفحه‌ی قائم و افقی تصویر که در هر چهار فرجه نشان داده می‌شود، به خط زمین معروف است. با توجه به این‌که صفحه سطحی است مستوی و بدون انتها، از محدود کردن دو صفحه‌ی تصویر قائم و افقی به شکل‌های ۱-۷ و ۱-۸ صرف‌نظر می‌کنیم و تنها به کشیدن خط زمین XO اکتفا کرده با نوشتن دو حرف V و H در قسمت‌های بالا و پایین خط

تصویر عمود است (شکل ۱۴-۱). به این صفحه‌ی تصویر، «صفحه‌ی نیم‌رخ» می‌گویند.



شکل ۱-۱۴

فاصله‌ی نقطه از صفحه‌ی نیم‌رخ تصویر را با X نشان داده طول نقطه می‌نامند که در ملخص حد فاصل تقاطع خط رابط و خط زمین از نقطه‌ی O است. در فرجه‌ی اول طول و عرض

$$\left. \begin{array}{l} X \\ Y \\ Z \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{ارتفاع نقطه مثبت است.} \\ A \end{array}$$

مثال: نقطه‌ی ۱۵° ۱۰° ۴۰° مفروض است. تصاویر قائم و

افقی آن را مشخص کنید.

حل: ابتدا خط زمین را می‌کشیم (شکل ۱۵-۱). اولین عدد، یعنی ۱۵ نشان دهنده‌ی طول نقطه یعنی X است. با توجه به واحد از O به سمت X مقدار ۱۵ را جدا می‌کنیم (شکل ۱۶-۱)؛ سپس از محل مشخص شده خط رابطی رسم کرده

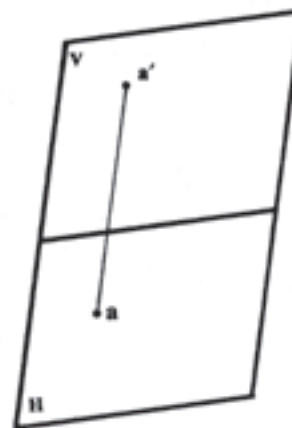


شکل ۱-۱۵

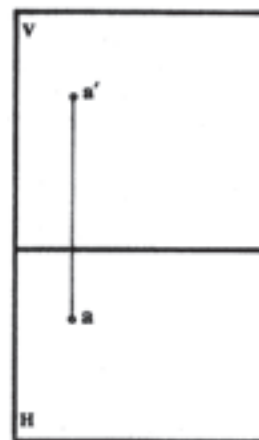


شکل ۱-۱۶

حداصل دو تصویر قائم و افقی نقطه را خط رابط می‌نامند. مجموعه‌ی تصاویر قائم و افقی نقطه و خط رابط و خط زمین را که در شکل ۱۳-۱ نمایش داده شده است، در اصطلاح «ملخص» می‌نامند.



شکل ۱-۱۱



شکل ۱-۱۲



شکل ۱-۱۳

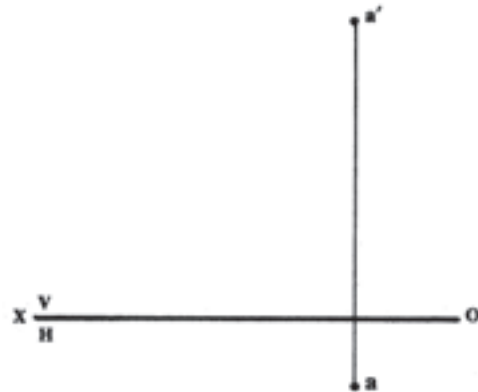
لازم به ذکر است که چون دو صفحه‌ی تصویر قائم و افقی، پاسخ‌گوی همه‌ی سؤالات مطرح شده نیست، از صفحه‌ی سوم استفاده می‌شود که بر هر دو صفحه‌ی تصویر قائم و افقی،

مبنا انتخاب کرده از نوشتن XO خودداری و به نوشتن V و H به ترتیب در بالا و پایین خط زمین اکتفا می‌کنیم.

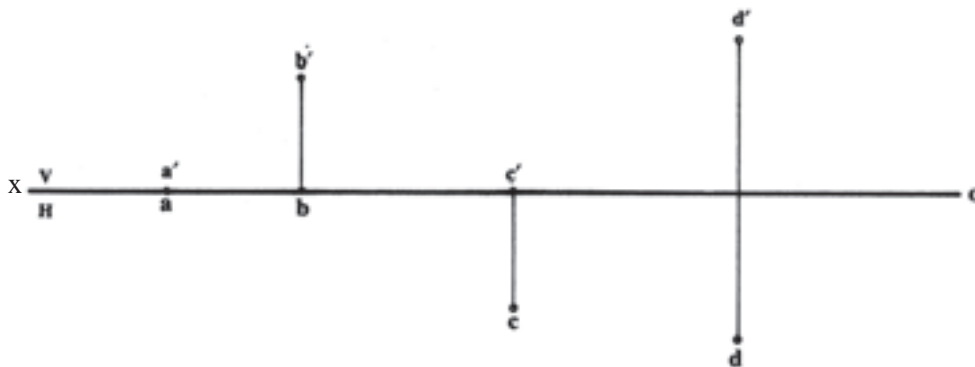
مقدار y را که برابر ۱° است، در قسمت پایین خط زمین روی خط رابط، و مقدار Z را که مساوی ۴° است، بالای خط زمین روی خط رابط تعیین می‌کنیم (شکل ۱۷-۱). لازم به توضیح است که معمولاً پس از کشیدن خط زمین، نقطه‌ای را مانند O

۳-۱- نقاط خاص

- ۱- اگر نقطه‌ای روی خط زمین قرار گیرد، عرض و ارتفاع آن صفر است (نقطه‌ی A).
- ۲- اگر نقطه‌ای در روی صفحه‌ی قائم تصویر باشد، عرض آن صفر است (نقطه‌ی B).
- ۳- اگر نقطه‌ای در صفحه‌ی افقی تصویر باشد، ارتفاع آن صفر است (نقطه‌ی C).
- ۴- اگر نقطه‌ای در نیم‌ساز فرجه‌ی اول قرار گیرد، دارای عرض و ارتفاع مساوی است (نقطه‌ی D) (شکل ۱۸-۱).



شکل ۱۷-۱



شکل ۱۸-۱

تمرین

- ۱- مکان هندسی نقاطی را تعیین کنید که فاصله‌ی آن‌ها از سطح افقی تصویر برابر Kmm و در صفحه‌ی قائم تصویر قرار گرفته باشد.
- ۲- مکان هندسی نقاطی را تعیین کنید که فاصله‌ی آن‌ها از سطح قائم تصویر برابر Lmm و در صفحه‌ی افق تصویر قرار داشته باشد.
- ۳- مکان هندسی نقاطی را تعیین کنید که فاصله‌ی آن‌ها از صفحات تصویر قائم و افقی برابر و مساوی با Rmm باشد.
- ۴- خط زمین مکان هندسی تصاویر قائم نقاطی است که آن نقاط در صفحه‌ی تصویر قرار دارد.

- ۵- خط زمین مکان هندسی تصاویر افقی، نقاطی است که آن نقاط در صفحه‌ی تصویر قرار دارد.
- ۶- در چه شرایطی نقطه‌ی فضایی همراه با دو تصویر زمین بر هم منطبق است؟
- ۷- خطی که تصویر قائم و تصویر افقی را به هم مربوط می‌کند، چه نام دارد؟
- ۸- وضعیت خط مطرح شده در پرسش شماره‌ی ۷ با خط زمین چگونه است؟
- ۹- y و z به چه معنی است؟ در صورتی که $y = z$ باشد، نقطه چه موقعیتی دارد؟
- ۱۰- نقاط داده شده را در ملخص نمایش دهید :

$\begin{array}{c} \circ \\ A \circ \\ \circ \end{array}$	$\begin{array}{c} \circ \\ B \circ \\ 20 \\ 40 \end{array}$	$\begin{array}{c} \circ \\ C \circ \\ 30 \end{array}$	$\begin{array}{c} 10 \\ D \circ \\ 50 \end{array}$	$\begin{array}{c} 20 \\ E 15 \\ 35 \end{array}$	$\begin{array}{c} 15 \\ F 25 \\ \circ \end{array}$	$\begin{array}{c} 25 \\ G \circ \\ \circ \end{array}$
--	---	---	--	---	--	---

خط

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

- خط را تعریف کند.
- آثار خط را به کمک تصاویر آن تعیین نماید.
- خطوط خاص را معرفی کند.
- دوران را توضیح دهد.
- طول واقعی خط غیر مشخص را به کمک دوران تعیین کند.

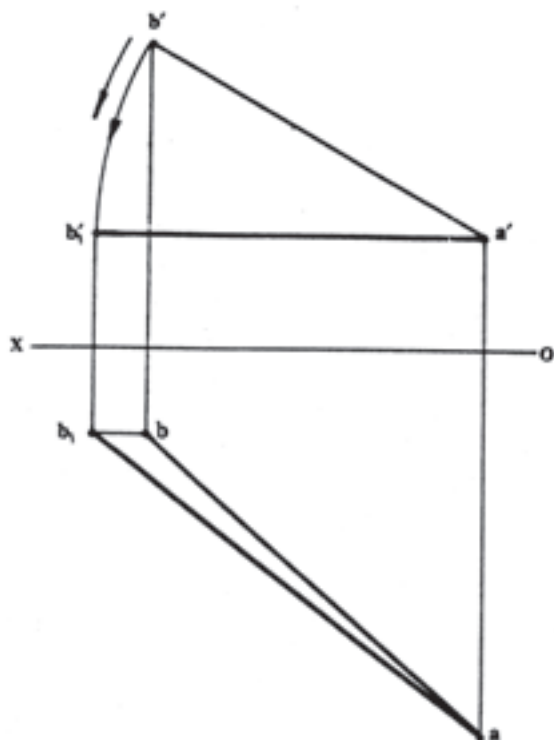
۲- خط

۲-۱- تعریف خط

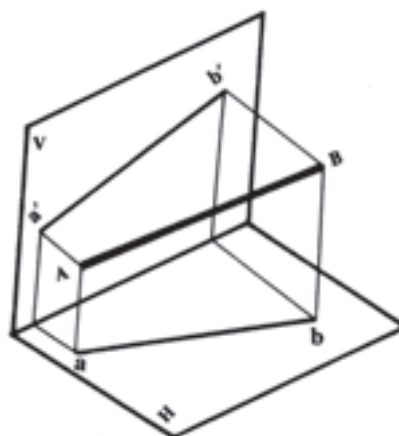
خط عبارت است از حرکت نقطه در یک راستا.

بنابراین برای آن آغاز و پایانی وجود دارد ؛ برای مثال A نقطه‌ی شروع و B نقطه‌ی انتهاست و چنان‌چه کوتاه‌ترین مسیر

بین ابتدا و انتها در نظر گرفته شود خط مستقیم به دست می‌آید ؛
مانند خط فضایی AB که در ملخص به شکل $aba'b'$ نمایش داده می‌شود (شکل‌های ۲-۱ و ۲-۲).



شکل ۲-۲



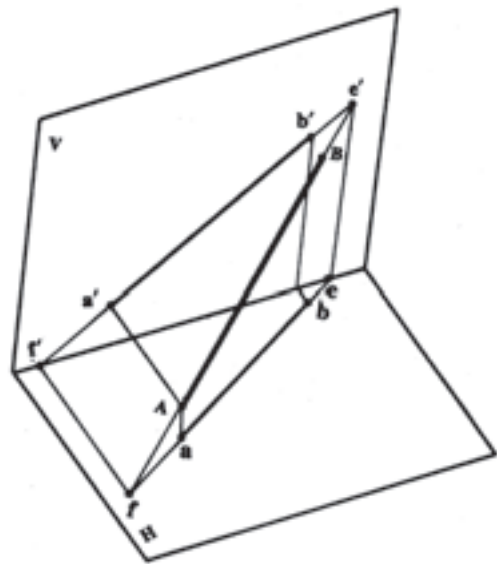
شکل ۲-۱

در شکل ۲-۱ شکل فضایی خط AB نمایش داده شده است.

نمایش خط به روش ۲-۲ را در اصطلاح «ملخص» و «تسطیح خط» گویند.

۲-۲- آثار خط

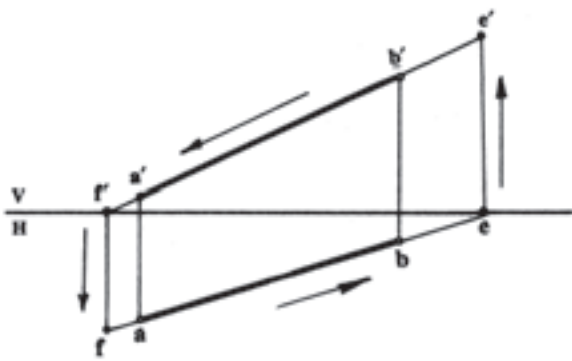
برخورد خط AB را با هریک از صفحات تصویر قائم و افقی به ترتیب «اثر قائم» و «اثر افقی خط» می‌نامند. در اثر افقی ارتفاع نقطه صفر و در اثر قائم عرض نقطه صفر است. در شکل ۲-۳ اثر قائم خط و ff' اثر افقی خط نشان داده شده است.



شکل ۲-۳

در ملخص کافی است برای پیدا کردن اثر قائم خط تصویر افقی خط را امتداد دهیم تا خط زمین را قطع کند؛ سپس از محل تقاطع e خط رابطی رسم کرده تا راستای تصویر قائم را در e' قطع کند (شکل ۲-۴).

برای پیدا کردن اثر افقی خط تصویر قائم را امتداد می‌دهیم تا خط زمین را در نقطه f' قطع کند. با رسم خط رابط از f' و به دست آوردن نقطه‌ی تقاطعش با امتداد تصویر افقی f به دست می‌آید (شکل ۲-۴).



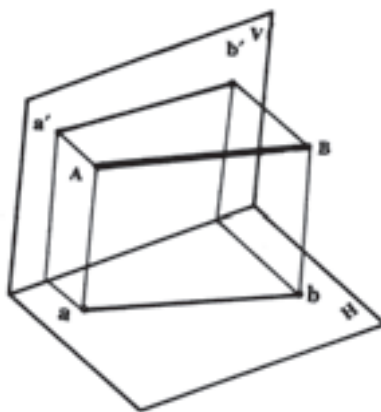
شکل ۲-۴

۲-۳- خطوط خاص

با توجه به طرز قرار گرفتن خط در فرجه‌ی اول نسبت به صفحات تصویر قائم و افقی، حالت‌های مختلفی به دست می‌آید که هریک از آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

۲-۳-۱- خط افقی: خط AB به موازات صفحه افقی

تصویر است. همان طور که در شکل فضایی ۲-۵ نمایش داده

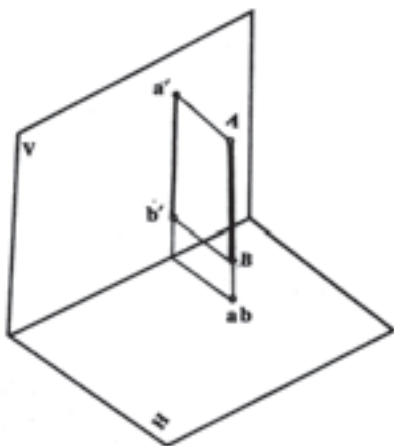


شکل ۲-۵

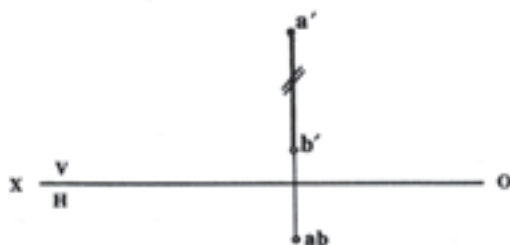
شده است، تصویر قائم خط $a'b'$ موازی خط زمین بوده اندازه‌ی تصویر افقی یعنی ab با اندازه‌ی حقیقی خط برابر است. $\overline{AB} = \overline{ab}$. به این خط، «افقیه» گفته می‌شود که در ملخص به شکل ۲-۶ درمی‌آید. به این دلیل به خطی افقیه گفته می‌شود که تصویر قائم آن موازی خط زمین باشد؛ در این صورت، تصویر افقی خط به اندازه‌ی واقعی خط در فضا خواهد شد.

۳-۲-۲ خط قائم: خط AB عمود بر صفحه‌ی افق

تصویر است؛ بنابراین همان طور که در شکل ۲-۹ مشاهده می‌شود، تصویر افقی خط فقط یک نقطه و تصویر قائم خط یعنی $a'b'$ با اندازه‌ی حقیقی خط برابر است: $\overline{a'b'} = \overline{AB}$ و در ملخص به شکل ۲-۱۰ که تصویر قائم عمود در خط زمین رسم شده است، دیده می‌شود.



شکل ۲-۹

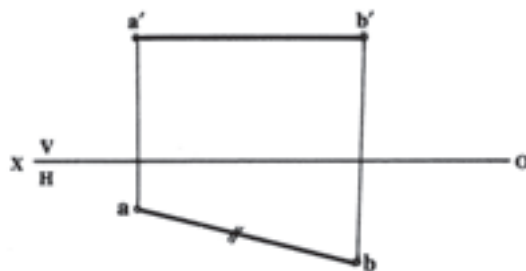


شکل ۲-۱۰

به این خط «قائم» گفته می‌شود که دارای یک شرط و یک خاصیت مهم است.
 شرط آن است که تصویر افقی خط فقط یک نقطه باشد و خاصیت نیز آن است که تصویر قائم خط با اندازه‌ی حقیقی خط برابر باشد: $(\overline{a'b'} = \overline{AB})$.

۴-۳-۲ خط منتصب: خط AB عمود بر صفحه قائم

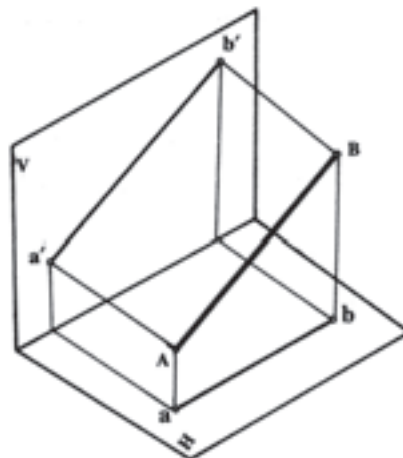
تصویر است؛ بنابراین، با توجه به شکل ۲-۱۱ تصویر قائم خط فقط یک نقطه است و تصویر افقی خط با اندازه‌ی حقیقی خط برابر است: $(\overline{ab} = \overline{AB})$ و در ملخص به شکل ۲-۱۲ که تصویر افقی عمود بر خط زمین رسم شده است، دیده می‌شود.



شکل ۲-۶

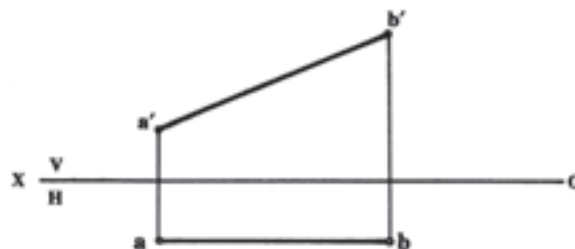
۲-۳-۲ خط جبهی یا جبهیه: خط AB موازی

صفحه‌ی قائم تصویر است.
 همان گونه که در شکل فضایی ۲-۷ نشان داده شده است، تصویر افقی خط \overline{ab} موازی خط زمین شده اندازه‌ی تصویر قائم یعنی $a'b'$ با اندازه‌ی حقیقی خط برابر است: $\overline{AB} = \overline{a'b'}$.



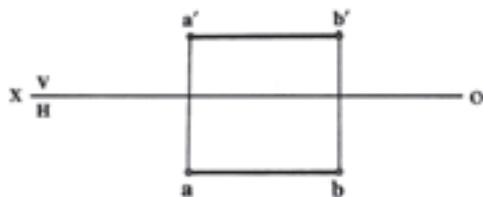
شکل ۲-۷

به این خط «جبهیه» گفته می‌شود که در ملخص به شکل ۲-۸ نمایش داده می‌شود و دارای یک شرط و یک خاصیت مهم است. شرط آن است که باید تصویر افقی موازی خط زمین باشد و خاصیت نیز آن است که باید تصویر قائم خط به اندازه‌ی حقیقی خط باشد؛ یعنی $\overline{a'b'} = \overline{AB}$.



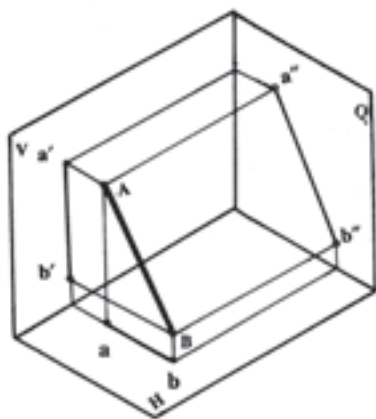
شکل ۲-۸

دارای شرط و خاصیت است. شرط آن است که تصویر قائم و تصویر افقی خط موازی خط زمین است و خاصیت نیز آن است که تصویر قائم و تصویر افقی خط به اندازه‌ی حقیقی خط در فضا باشد (شکل ۲-۱۴).



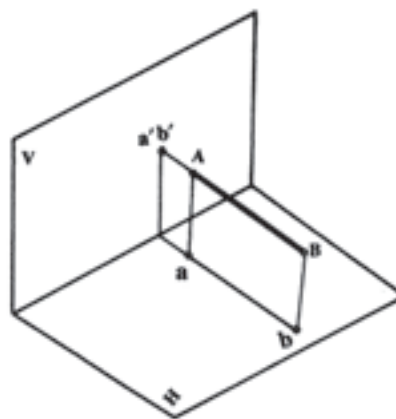
شکل ۲-۱۴

۲-۳-۶ خط نیم رخ: دو تصویر پنج خطی که شرح آن گذشت، در رسم فنی کافی به نظر می‌رسد، زیرا در دو تصویر اندازه‌ی حقیقی لا اقل در یکی از دو تصویر مشخص می‌شود، اما از خط ششم لازم است که صفحه‌ی تصویر دیگری به نام «صفحه‌ی نیم رخ» در نظر گرفته شود. دو تصویر قائم و افقی نشان‌دهنده‌ی اندازه‌ی حقیقی خط نخواهد بود؛ از این رو لازم است که از نمای سوم یا به عبارتی دیگر از تصویر جانبی خط کمک گرفته شود تا اندازه‌ی حقیقی خط به دست آید (شکل ۲-۱۵).

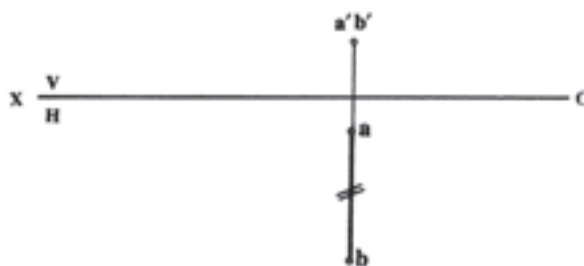


شکل ۲-۱۵

خط AB عمود بر خط زمین است؛ بنابراین، تصاویر قائم و افقی خط عمود بر خط زمین و فاقد اندازه‌ی واقعی خط است، اما نمای سوم $a''b''$ با اندازه‌ی حقیقی خط – همان گونه که در شکل مشخص شده است – برابر است؛ از این رو لازم است برای پیدا کردن اندازه‌ی حقیقی از تصویر جانبی کمک گرفته شود. هم چنین می‌توان اندازه‌ی حقیقی خط نیم رخ را از طریق دوران که توضیح آن در همین فصل خواهد آمد، به دست آورد.



شکل ۲-۱۱



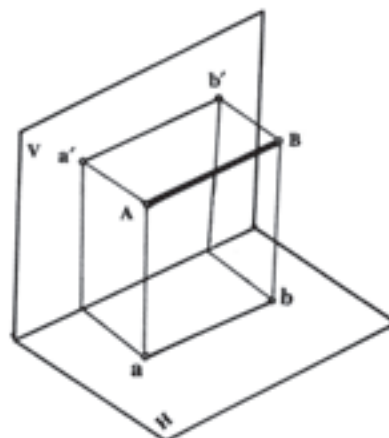
شکل ۲-۱۲

به این خط «منتصب» گفته می‌شود که دارای یک شرط و یک خاصیت مهم است. شرط آن است که تصویر قائم خط فقط یک نقطه باشد؛ هم چنین خاصیت آن است که تصویر افقی خط با اندازه‌ی حقیقی خط برابر باشد: $(\overline{AB} = \overline{ab})$.

۲-۳-۵ خط مواجه: خط \overline{AB} موازی هر دو صفحه

تصویر، قائم و افقی است.

همان طور که در شکل ۲-۱۳ نشان داده شده است، تصاویر قائم و افقی خط با خط زمین موازی بوده با اندازه‌ی حقیقی خط برابر است: $(\overline{AB} = \overline{ab} = \overline{a'b'})$ (شکل ۲-۱۳). این خط «مواجه» نامیده شده از خط‌های خیلی مهم به شمار می‌رود و



شکل ۲-۱۳

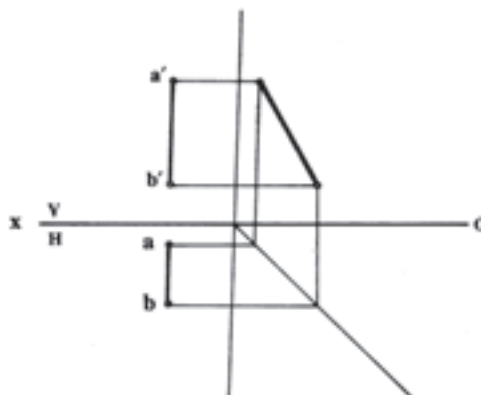
۷-۳-۲- خط غیر خاص: هر خطی موازی صفحات

قائم افقی تصویر یا عمود بر آن‌ها یا عمود بر خط زمین نباشد، «خط غیر مشخص» یا «غیر خاص» نامیده می‌شود که در هیچ یک از تصاویر اندازه‌ی حقیقی ندارد و برای رسیدن به اندازه‌ی حقیقی از دوران استفاده می‌کنیم.

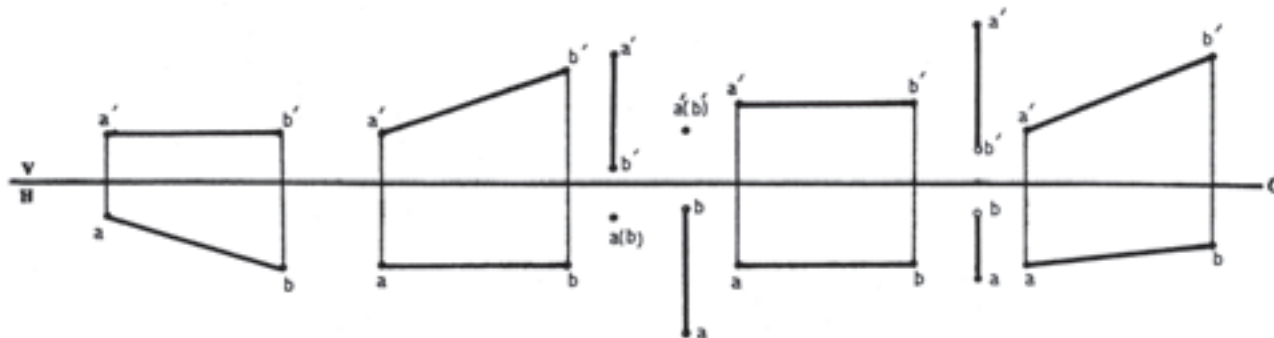
با توجه به ملخص خط‌ها (شکل ۱۷-۲- الف) از سمت

چپ به ترتیب عبارت است از: افقیه، جبهیه، قائم، منتصب، مواجه، نیم‌رخ و غیر خاص.

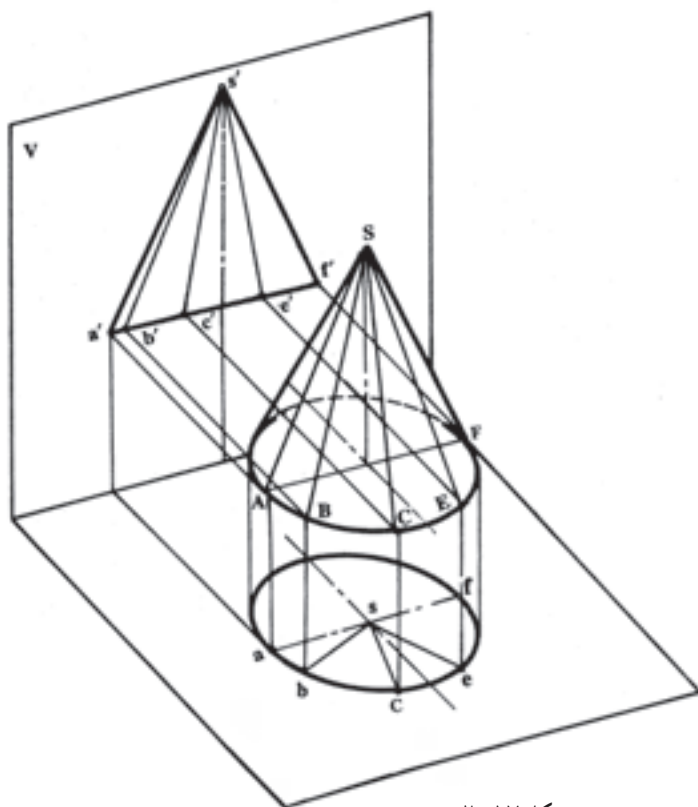
به این خط «نیم‌رخ» گفته می‌شود و تصاویر قائم و افقی آن در ملخص در راستای یک خط رابط رسم می‌شود. (شکل ۱۶-۲).



شکل ۱۶-۲



شکل ۱۷-۲- الف



شکل ۱۷-۲- ب

توجه: کلیه مولدهای موجود در روی سطح جانبی مخروط با هم دیگر برابر هستند.

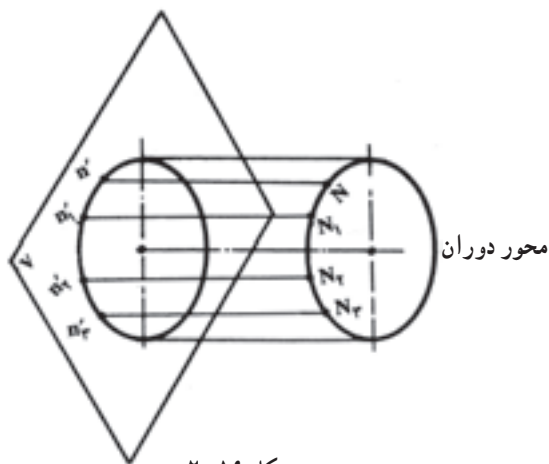
$$SA=SB=SC=SE=SF.....$$

۱- مشاهده می‌شود که در اشکال ۱۷-۲- ب و ج تنها دو مولد SA و SF به اندازه‌ی واقعی بوده زیرا به صورت خط‌های جبهی هستند.

۲- حال اگر تصاویر افقی مولدهای SC, SE و SB یعنی sb, sc, se را که به صورت خط‌های غیر مشخص در تصاویر نمایش داده می‌شود، نسبت به مرکز S و در جهت یکی از فلش‌ها چرخانده روی یال‌های s'a', s'f' منطبق کنیم اندازه‌ی واقعی آن‌ها به دست می‌آید. این عمل را «دوران» می‌نامند.

می‌شود، تغییری نمی‌کند و تنها مقدار ارتفاع نقطه متناسب با زاویه‌ی دوران کم و زیاد می‌شود (شکل ۲-۱۹)؛ یعنی:

$$N_{m'} = N_{1m'} = N_{2m'} = \dots = y$$



شکل ۲-۱۹

چنانچه بخواهیم خط غیرخاص را به خط افقیه تبدیل کنیم، باید تصویر قائم خط را به اندازه‌ی زاویه‌ای که با خط الارض دارد (β) دوران دهیم تا با خط زمین موازی شود.

هم‌چنین، چنانچه بخواهیم خط غیرخاص را به خط جبهیه تبدیل کنیم، باید تصویر افقی خط را به اندازه‌ی زاویه‌ای که با خط الارض دارد (α) دوران دهیم تا با خط زمین موازی شود. در تبدیل به خط افقیه مقدار y و در تبدیل به خط جبهیه مقدار Z ثابت خواهد بود؛ از این رو، در تصویر قائم به مرکز a' و شعاع تصویر قائم خط، به اندازه‌ی زاویه β خط را دوران داده به صورت $a'b'$ درمی‌آوریم. تصویر افقی b' را b_1 می‌نامیم.

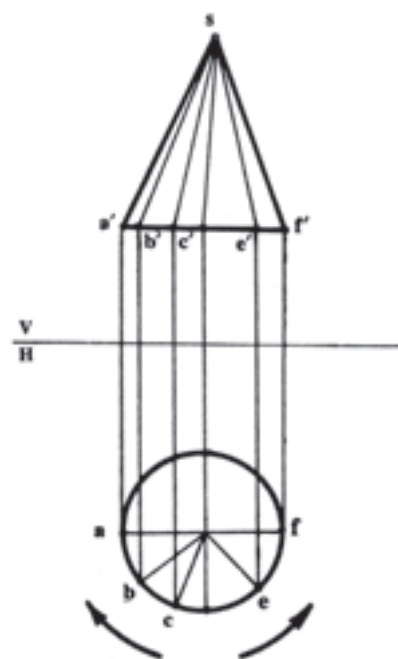
AB

تصویر افقی a' یعنی a را به b_1 وصل می‌کنیم؛ طول $||$ طول ab_1

واقعی خط است. هم‌چنین در تصویر افقی به مرکز b و شعاع تصویر افقی خط، به اندازه‌ی زاویه‌ی α خط را دوران داده به صورت $a_1b=1$ درمی‌آوریم. تصویر قائم a_1 را a'_1 می‌نامیم.

AB

تصویر قائم a'_1 را به b' وصل می‌کنیم؛ طول $||$ طول واقعی a'_1b' خط است.

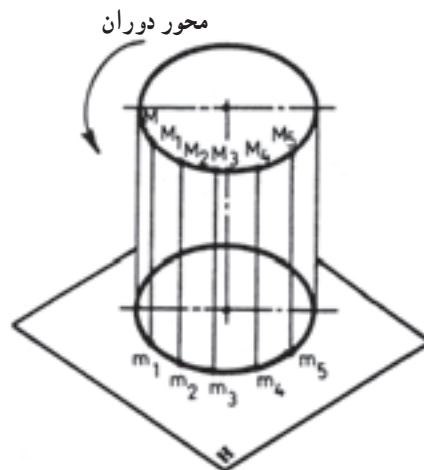


شکل ۲-۱۷ ج

۲-۴ دوران

۲-۴-۱- تعریف: وقتی نقطه‌ای با عرض و ارتفاع

مشخص حول یک خط قائم دوران کند، فاصله‌اش از صفحه‌ی افقی تصویر که همان ارتفاع نقطه یا Z نامیده می‌شود، تغییری نمی‌کند؛ فقط مقدار عرض نقطه متناسب با زاویه دوران کم و زیاد خواهد شد (شکل ۲-۱۸)؛ یعنی $M_{m_1} = M_{2m_2} = M_{3m_3} = \dots = Z$ از طرفی، اگر نقطه‌ای با عرض و ارتفاع مشخص حول یک خط منتصب دوران کند، فاصله‌اش از صفحه‌ی قائم تصویر که همان عرض نقطه یا y نامیده



شکل ۲-۱۸

(شکل ۲۰-۲).

حل : ابتدا ملخص را می کشیم. پس از رسم ملخص ملاحظه می شود که خط شرایط هیچ یک از خطوط خاص را ندارد ؛ بنابراین، خط غیر مشخص است. برای پیدا کردن اندازه ی واقعی خط باید آن را به افقیه یا جبهیه تبدیل کرد. برای تبدیل خط به افقیه کافی است نقطه ی B را در جهت خلاف حرکت عقربه های ساعت آن قدر بچرخانیم که تصویر قائم نقطه، یعنی b' ارتفاع a' را پیدا کند ؛ بنابراین، آن را به مرکز a' و به شعاع تصویر قائم خط یعنی $a'b'$ دوران می دهیم تا به صورت b_1' درآید و چون عرض آن بدون تغییر باقی مانده است، تصویر افقی جدید یعنی b_1 به دست می آید. همان طور که ملاحظه می شود، با توجه به تصاویر جدید به دست آمده، قائم و افقی یعنی $a'b_1'$ و ab_1 خط افقیه است ؛ بنابراین ab_1 با اندازه ی واقعی خط برابر است : $\overline{AB} = ab_1$.

نتیجه : در دوران طول خط قائم، نقاط تصویر افقی به اندازه ی زاویه دوران جا به جا می شود و ارتفاع نقاط هم چنان ثابت باقی می ماند.

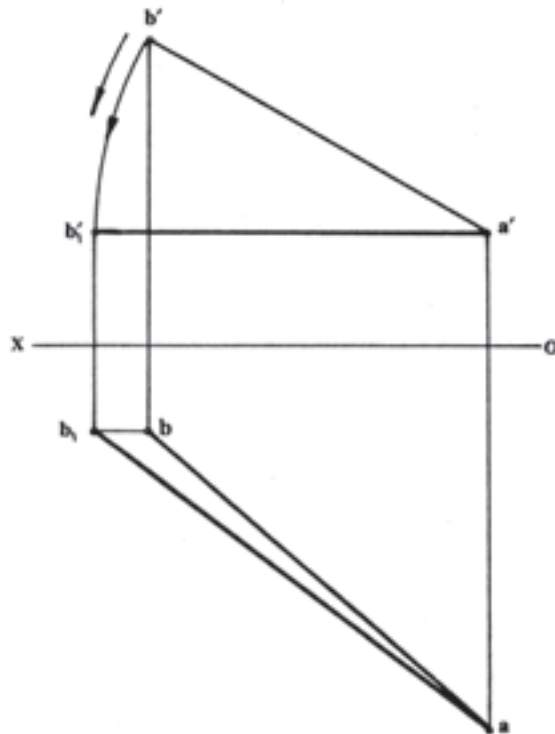
در دوران حول خط منتصب، نقاط تصویر قائم به اندازه ی زاویه دوران جا به جا می شود و عرض نقاط هم چنان ثابت باقی می ماند.

آن چه در دوران مهم است، یکی انتخاب مناسب مرکز دوران و دیگر، تعیین مقدار زاویه ی دوران است که برای رسیدن به حل مسئله باید مشخص شود. از دوران می توان برای پیدا کردن طول حقیقی خط غیر خاص استفاده کرد.

۲-۴-۲- تعیین طول واقعی خط غیر خاص AB:

برای رسیدن به طول حقیقی در هر خط غیر خاصی باید آن را به یکی از دو خط افقیه یا جبهیه تبدیل کرد (شکل ۲۰-۲).

* مطلوب است : طول واقعی خط AB به کمک دوران



شکل ۲۰-۲

تمرین

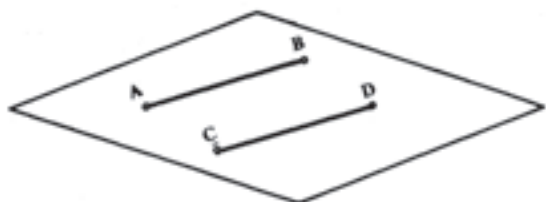
- ۱- تصاویر قائم و افقی خطی را رسم کنید که فاصله‌اش از صفحه‌ی افقی تصویر بین دو اندازه‌ی ۱۵ mm و ۳۵ mm بوده از طرفی در صفحه‌ی قائم تصویر قرار داشته باشد.
- ۲- تصاویر قائم و افقی خطی را رسم کنید که فاصله‌اش از صفحه‌ی قائم تصویر بین دو اندازه‌ی ۱۰ mm و ۴۰ mm بوده از طرفی در صفحه‌ی افقی تصویر قرار داشته باشد.
- ۳- یک خط نسبت به صفحات تصویر چه حالتی دارد؟
- ۴- تصویر جانبی کدام یک از خطوط دارای اندازه‌ی حقیقی است؟
- ۵- کدام یک از خطوط تصاویری به صورت نقطه دارد و کدام خط به کدام تصویر؟
- ۶- در کدام یک از خطوط طول حقیقی خط با اندازه‌ی تصاویر قائم و افقی آن خط برابر است؟
- ۷- خطی که دارای z های مساوی باشد، چه نام دارد؟
- ۸- خطی که دارای y های مساوی باشد، چه نام دارد؟
- ۹- تصویر جانبی کدام یک از خطوط به صورت نقطه نمایش داده می‌شود؟
- ۱۰- چهار حالت برای یک خط غیر خاص نمایش دهید.
- ۱۱- تصاویر قائم و افقی خطی را نمایش دهید که در صفحه‌ی نیم‌ساز فرجه‌ی اول قرار دارد.
- ۱۲- وجه مشترک خط مواجه و خط افقیه در چیست؟
- ۱۳- وجه مشترک خط مواجه و خط جبهیه در چیست؟
- ۱۴- خط زمین مکان هندسی تصاویر افقی نقاطی است که روی اثر خط واقع است.
- ۱۵- خط زمین مکان هندسی تصاویر قائم نقاطی است که روی اثر خط واقع است.
- ۱۶- برای تبدیل خط غیر خاص به خط افقیه دوران حول چه محوری است؟
- ۱۷- برای تبدیل خط غیر خاص به خط جبهیه دوران حول چه محوری است؟
- ۱۸- آیا می‌توان به کمک دوران، خط غیر خاص را به خط مواجه تبدیل کرد؟
- ۱۹- در دوران به چه نکاتی باید توجه داشت؟
- ۲۰- خط قائمی رسم کنید و سپس تحقیق نمایید که آیا می‌توان به کمک دوران، آن را تبدیل به خط مواجه کرد؟ در آن صورت محور دوران چگونه خطی است؟
- ۲۱- یک خط افقیه رسم کرده سپس به کمک دوران، آن را به خط مواجه تبدیل کنید؛ در آن صورت، محور دوران چگونه خطی است؟

صفحه

- هدف‌های رفتاری : از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل :
- صفحه را معرفی و حالت‌های مختلف آن را بیان کند.
 - صفحه را به وسیله‌ی آثار آن نمایش دهد.
 - حالت‌های مختلف صفحه نسبت به صفحات تصویر را شرح دهد (صفحه‌ی قائم، منتصب، افقی و جبهی).
 - حالت‌های مختلف صفحه‌ی محدود را نسبت به صفحات تصویر شرح دهد.
 - اندازه‌ی واقعی صفحات خاص را معین کند.

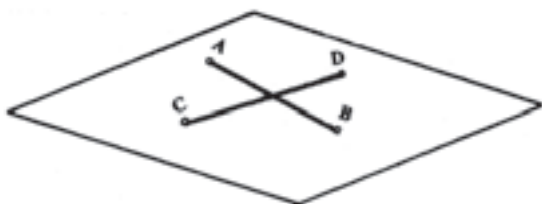
۳- صفحه

پ- دو خط موازی (شکل ۳-۳) :



شکل ۳-۳

ت- دو خط متقاطع (شکل ۳-۴).

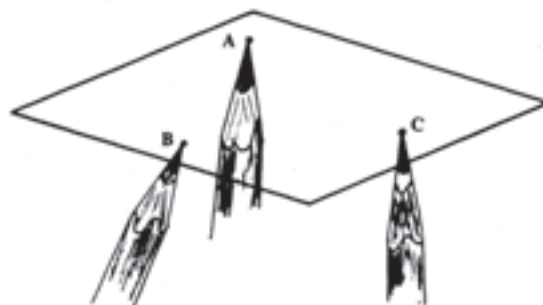


شکل ۳-۴

در ملخص که با تصاویر سر و کار داریم، تصاویر صفحات را با توجه به شکل‌هایی فضایی نشان می‌دهیم (شکل‌های ۳-۵ الی ۳-۱۲).

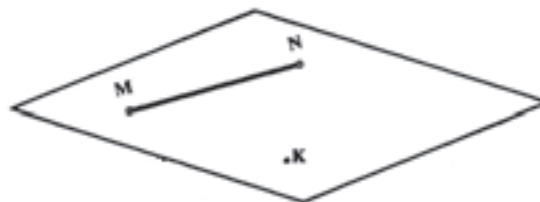
۳-۱- حالت‌های مختلف نمایش صفحه

تعریف: صفحه سطحی است مستوی، بدون انحنا و از هر جهت نامحدود. صفحه در فضا و از این طریق ساخته می‌شود :
الف- سه نقطه‌ی غیر واقع بر یک راستا (شکل ۳-۱) :

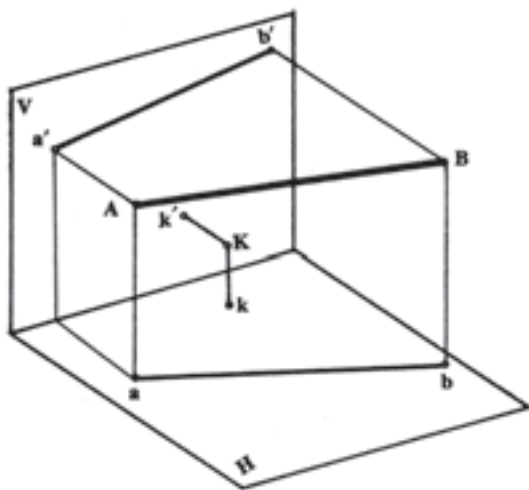


شکل ۳-۱

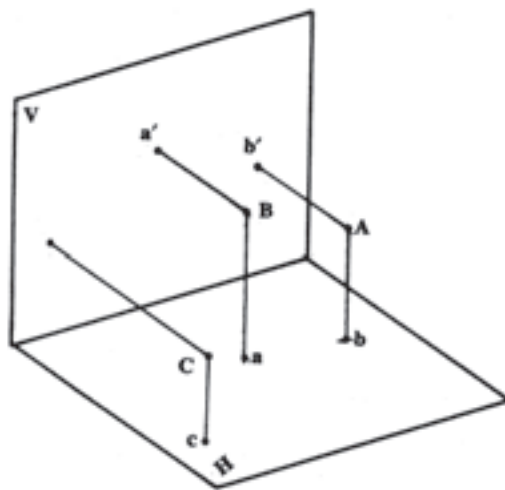
ب- یک خط و یک نقطه (شکل ۳-۲) :



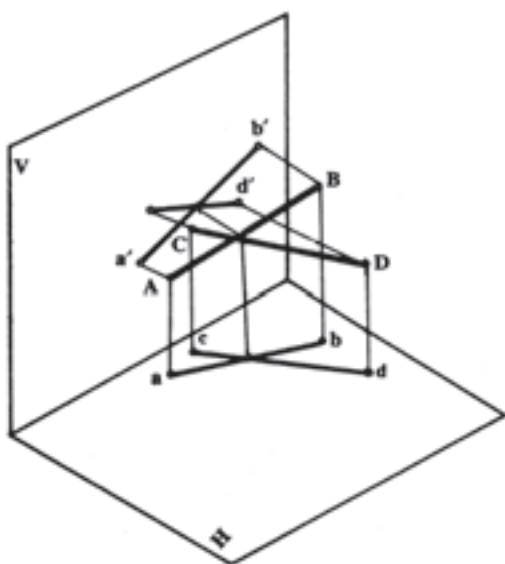
شکل ۳-۲



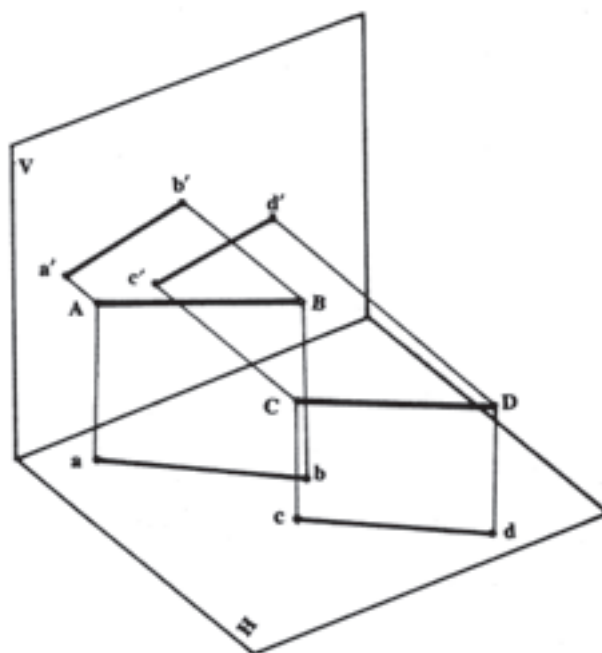
شکل ۳-۶



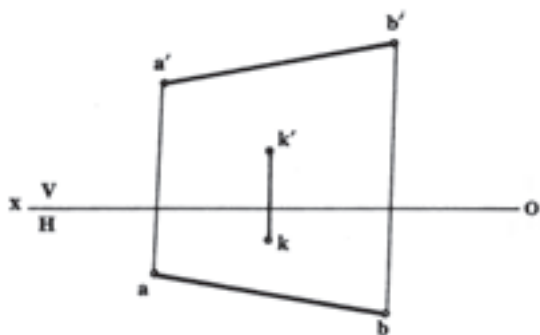
شکل ۳-۵



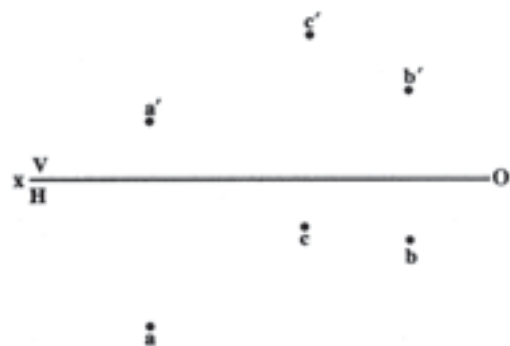
شکل ۳-۸



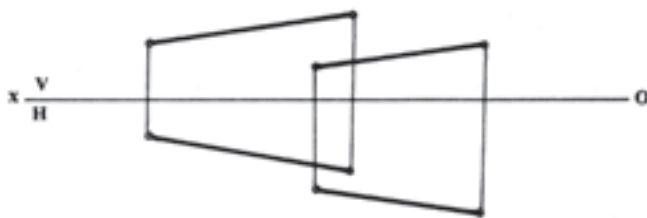
شکل ۳-۷



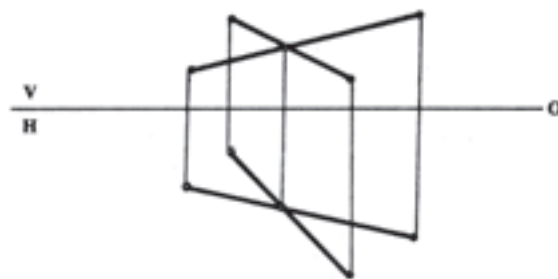
شکل ۳-۱۰



شکل ۳-۹



شکل ۳-۱۲



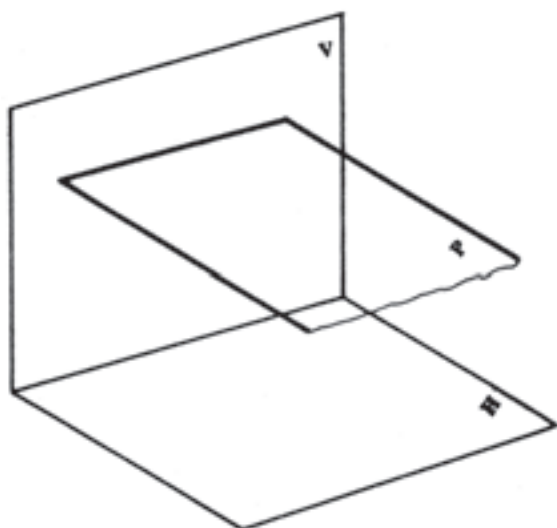
شکل ۳-۱۱

آثار قائم صفحات را در فضا با حروف بزرگ Q و S و ...، هم چنین آثار افقی را با P و R و ... مشخص می کنیم.

۳-۳- حالت های مختلف صفحه نسبت به صفحات تصویر

با توجه به وضع قرار گرفتن صفحه نسبت به صفحات تصویر، در فرجه ی اول حالت های مختلفی پیش می آید که آن را بررسی می کنیم.

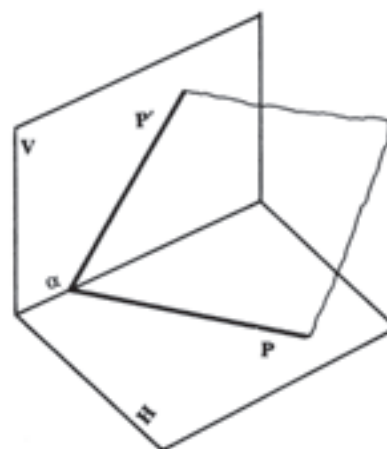
۳-۳-۱- صفحه ی افقی: صفحه ای موازی صفحه ی افقی تصویر قرار دارد (شکل ۳-۱۵) که به آن صفحه ی «افقیه» گفته می شود و دارای اثر قائم است که در ملخص موازی خط زمین رسم می شود و اثر افقی ندارد^۱ (شکل ۳-۱۶).



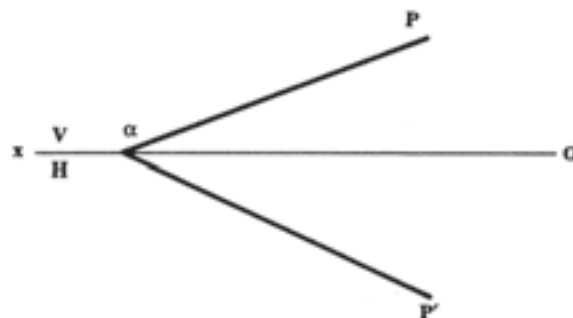
شکل ۳-۱۵

۳-۲- نمایش صفحه به وسیله ی آثار آن
روش دیگر نشان دادن صفحات نمایش آن ها به وسیله ی آثارشان است.

فصل مشترک هر صفحه را با صفحات تصویر قائم و افقی تصویر به ترتیب، «اثر قائم صفحه» و «اثر افقی صفحه» می نامند. (شکل های ۳-۱۳ و ۳-۱۴).



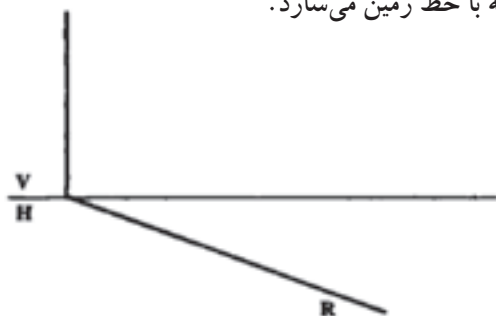
شکل ۳-۱۳



شکل ۳-۱۴

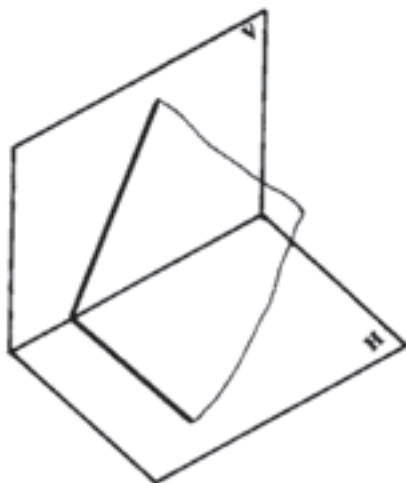
۱- باردیگر به دنبال همین مبحث از صفحات به صورت محدود صحبت خواهد شد که در آن قسمت، به شرح خواص هریک از صفحات اشاره خواهد شد.

به این صفحه «قائم» گفته می‌شود که در ملخص به شکل ۳-۲۰ نشان داده شده است و زاویه‌ای که صفحه با صفحه‌ی قائم تصویر می‌سازد، همان زاویه‌ای است که در ملخص اثر افقی صفحه با خط زمین می‌سازد.

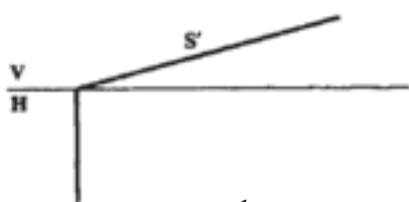


شکل ۳-۲۰

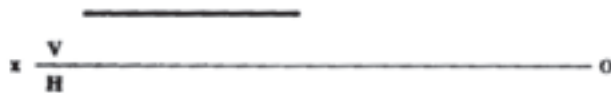
۳-۳-۴ صفحه‌ی منتصب: صفحه‌ی عمود بر صفحه‌ی قائم تصویر است (شکل ۳-۲۱) اثر افقی صفحه خطی عمود بر خط زمین و اثر قائم آن خطی متقاطع با خط زمین است به این صفحه «منتصب» گفته می‌شود که در ملخص به (شکل ۳-۲۲) نمایش داده می‌شود. زاویه‌ای که صفحه با صفحه‌ی افقی تصویر دارد، همان زاویه‌ای است که در ملخص اثر قائم با خط الارض می‌سازد.



شکل ۳-۲۱

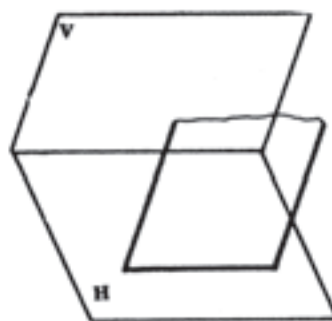


شکل ۳-۲۲

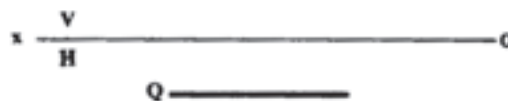


شکل ۳-۱۶

۳-۳-۲ صفحه‌ی جبهی: صفحه‌ای موازی صفحه‌ی قائم تصویر قرار دارد (شکل ۳-۱۷) که به آن «صفحه‌ی جبهی» گفته می‌شود و همان طور که در شکل فضا مشخص شده است، فقط اثر افقی دارد که در ملخص خطی موازی خط زمین رسم می‌شود^۱ (شکل ۳-۱۸).

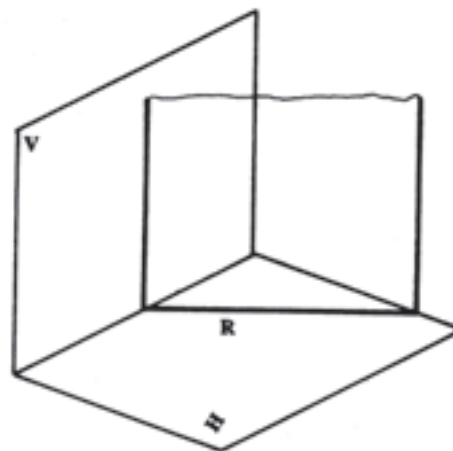


شکل ۳-۱۷



شکل ۳-۱۸

۳-۳-۳ صفحه‌ی قائم: صفحه‌ای عمود بر صفحه‌ی افقی تصویر است (شکل ۳-۱۹) که اثر قائم آن عمود بر خط زمین و اثر افقی آن متقاطع با خط زمین است.



شکل ۳-۱۹

۱- تذکر این نکته نیز لازم است که در ملخص تصویر افقی اثر قائم را که روی خط زمین است و تصویر قائم اثر افقی را نیز که روی زمین است نام‌گذاری نمی‌کنیم؛ برای مثال، برای QQ' که روی خط زمین است نوشته نمی‌شود.

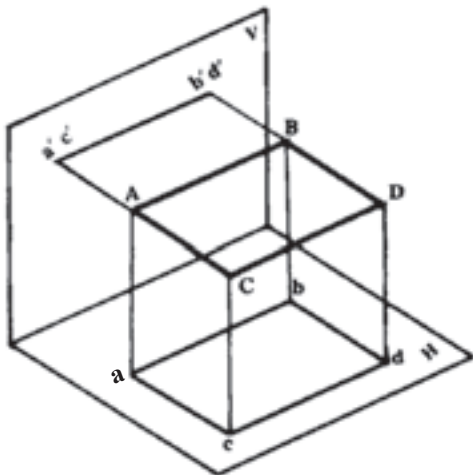


شکل ۳-۲۶

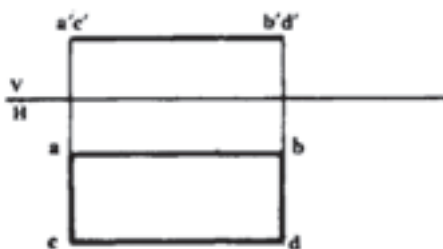
۴-۳- حالت‌های مختلف صفحه‌ی محدود نسبت به صفحات تصویر

بار دیگر حالت‌های مختلف صفحه را نسبت به صفحات تصویر قائم و افقی با در نظر گرفتن یک محدود بررسی می‌کنیم تا آگاهی بیش‌تری از شرایط و خواص صفحه در حالت‌های مختلف پیدا کنیم.

الف- صفحه‌ی افقی که موازی صفحه‌ی افقی تصویر است: همان‌طور که در شکل ۳-۲۷ نشان داده شده است، تصویر قائم آن خطی موازی خط زمین و تصویر افقی آن اندازه‌ی واقعی صفحه در فضا است که در ملخص به شکل ۳-۲۸ نشان داده می‌شود.

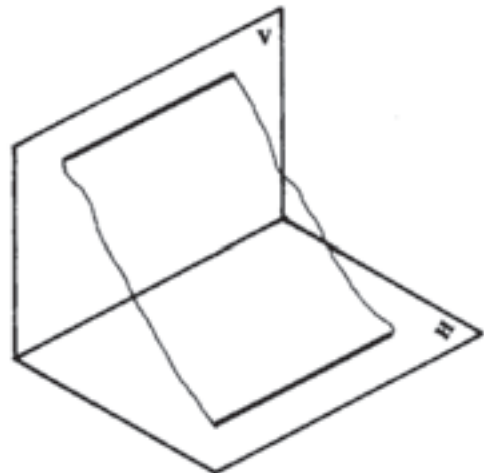


شکل ۳-۲۷



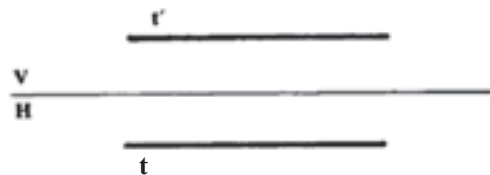
شکل ۳-۲۸

۵-۳-۳- صفحه‌ی مواجه: صفحه‌ی موازی خط زمین است (شکل ۳-۲۳). اثر قائم صفحه‌ی موازی خط زمین و اثر افقی صفحه نیز موازی خط زمین است.



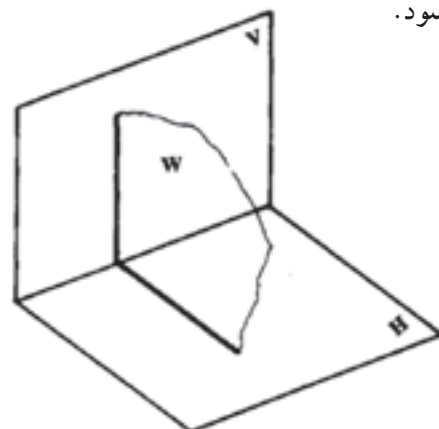
شکل ۳-۲۳

به این صفحه «مواجه» گفته می‌شود و اثر آن در ملخص شکل ۳-۲۴ به صورت دو خط موازی با خط زمین رسم می‌شود.

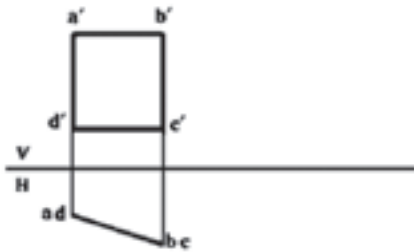


شکل ۳-۲۴

۶-۳-۳- صفحه‌ی نیم‌رخ: صفحه‌ی عمود بر خط زمین است (شکل ۳-۲۵). اثر قائم صفحه خطی عمود بر خط زمین و اثر افقی صفحه نیز خطی عمود بر خط زمین است. به این صفحه «نیم‌رخ» می‌گویند و در ملخص به (شکل ۳-۲۶) نشان داده می‌شود.

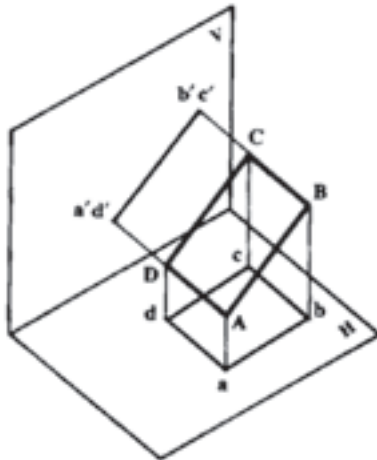


شکل ۳-۲۵

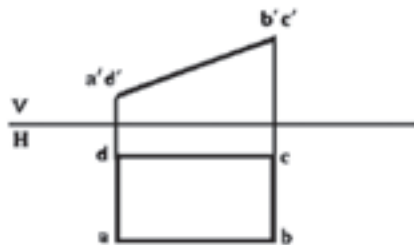


شکل ۳-۳۲

د—صفحه‌ی منتصب عمود بر صفحه قائم تصویر
 است (شکل ۳-۳۳): تصویر قائم صفحه فقط یک خط و تصویر
 افقی آن یک شکل بدون اندازه‌ی حقیقی است که در ملخص
 به (شکل ۳-۳۴) نمایش داده می‌شود.



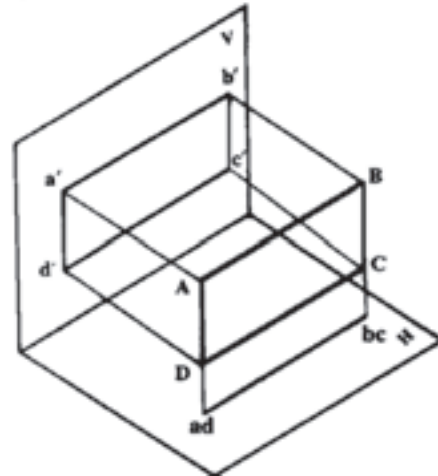
شکل ۳-۳۳



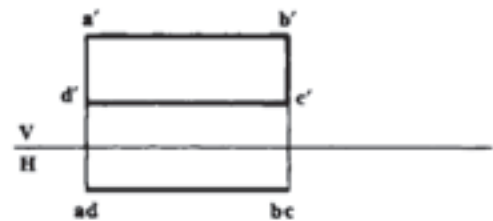
شکل ۳-۳۴

ه—صفحه‌ی مواجه موازی خط زمین است (شکل
 ۳-۳۵): تصویر قائم واقعی آن یک شکل بدون اندازه‌ی واقعی و
 تصویر جانبی آن یک خط است که در ملخص به شکل ۳-۳۶
 نشان داده می‌شود.

ب—صفحه‌ی جبهی که موازی صفحه‌ی قائم تصویر
 است (شکل ۳-۲۹): تصویر افقی آن خطی موازی خط زمین
 و تصویر قائم آن به اندازه و شکل حقیقی صفحه در فضا است که
 در ملخص به (شکل ۳-۳۰) نمایش داده می‌شود.

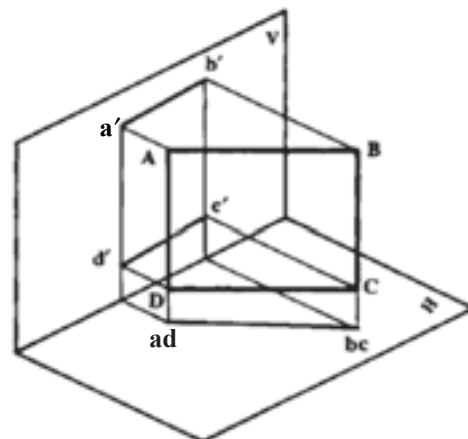


شکل ۳-۲۹

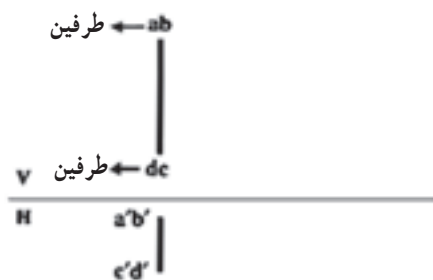


شکل ۳-۳۰

ج—صفحه‌ی قائم عمود بر صفحه‌ی افقی تصویر است
 (شکل ۳-۳۱): تصویر افقی آن یک خط و تصویر قائم آن
 یک شکل بدون اندازه‌ی واقعی است که در ملخص به (شکل
 ۳-۳۲) نمایش داده می‌شود.

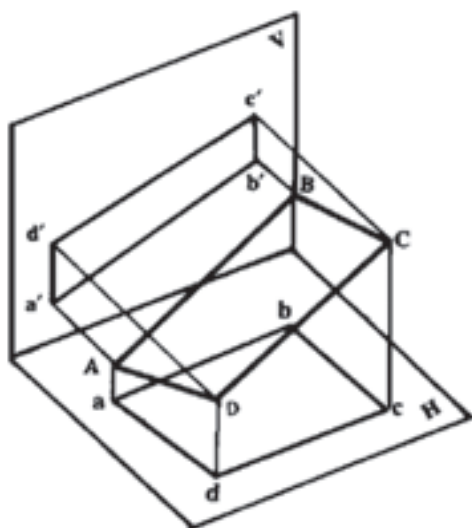


شکل ۳-۳۱

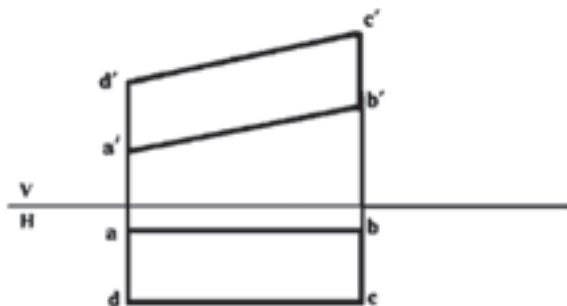


شکل ۳-۳۸

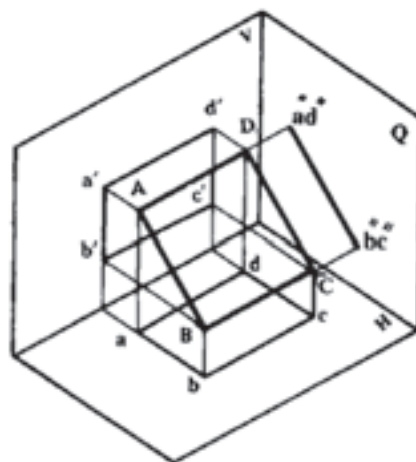
ز- صفحه‌ی غیر خاص: که موازی هیچ یک از صفحات تصویر نبوده همچنین عمود بر خط زمین یا موازی با آن نیست (شکل ۳-۳۹) و در ملخص به (شکل ۴-۳) نمایش داده می‌شود.



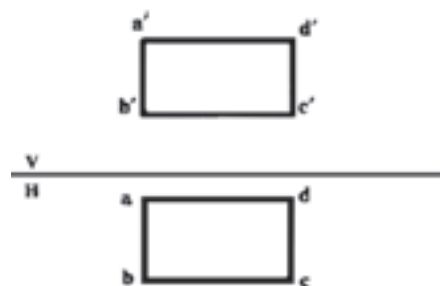
شکل ۳-۳۹



شکل ۳-۴۰

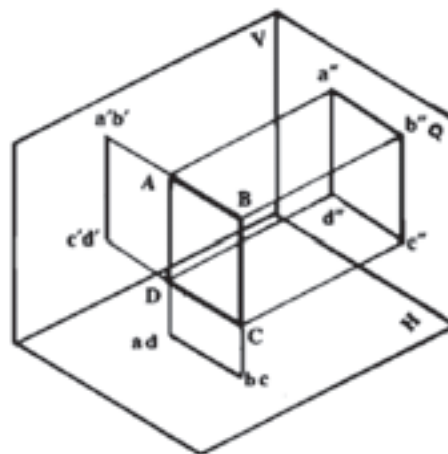


شکل ۳-۳۵



شکل ۳-۳۶

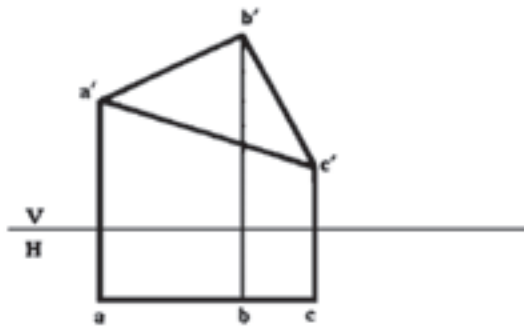
و- صفحه‌ی نیم‌رخ عمود بر خط زمین است (شکل ۳-۳۷): تصویر قائم و تصویر افقی آن خطی است در راستای یک خط رابط و تصویر جانبی آن به شکل و اندازه‌ی واقعی صفحه است که در ملخص به (شکل ۳-۳۸) نمایش داده می‌شود.



شکل ۳-۳۷

۳-۵- اندازه‌ی واقعی صفحات خاص

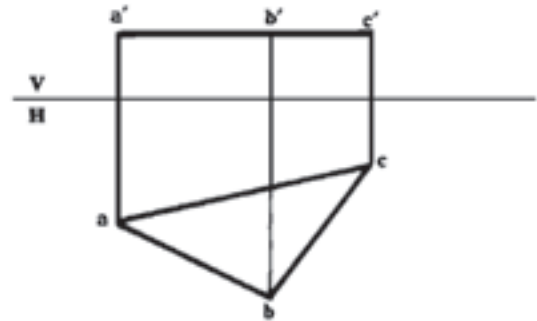
با توجه به ملخص صفحات همان‌گونه که قبلاً شرح داده شد، تصویر افقی صفحه‌ی افقیه و تصویر قائم صفحه‌ی جبهیه (شکل‌های ۳-۴۱ و ۳-۴۲) دارای اندازه‌ی حقیقی هستند. برای پیدا کردن اندازه حقیقی سایر صفحات خاص می‌توان از روش دوران یا تغییر صفحه استفاده کرد که در این‌جا از روش دوران استفاده شده است.



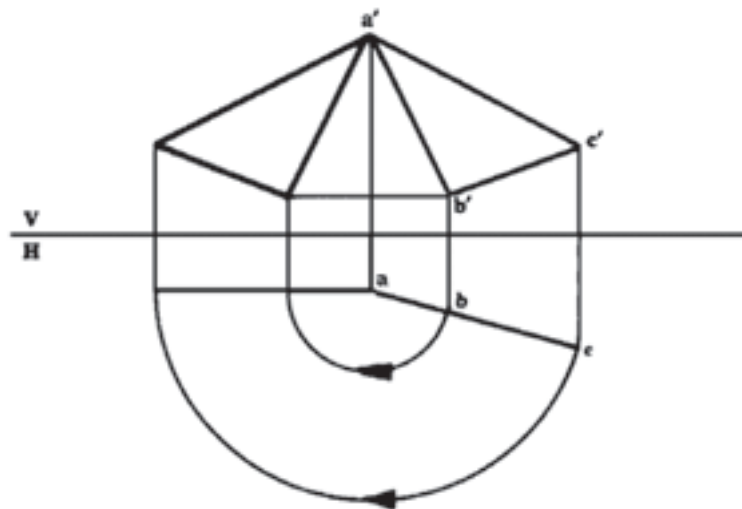
شکل ۳-۴۲

الف- برای پیدا کردن اندازه‌ی واقعی صفحه‌ی قائم: می‌توان با دوران حول محور قائم آن را به صفحه‌ی جبهیه تبدیل کرد (شکل ۳-۴۳).

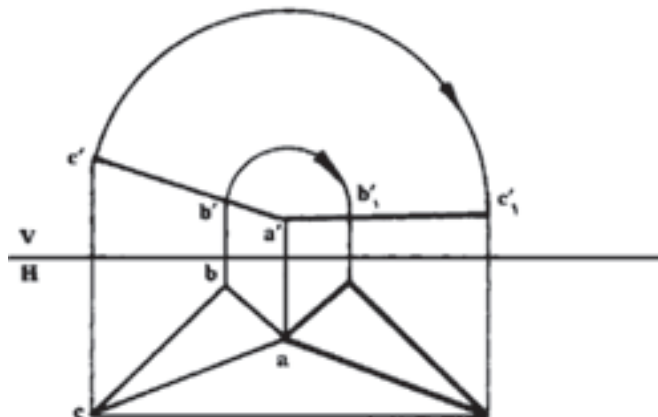
ب- برای پیدا کردن اندازه‌ی واقعی صفحه‌ی منتصب: می‌توان با دوران حول محور منتصب، آن را به صفحه‌ی افقیه تبدیل کرد (شکل ۳-۴۴).



شکل ۳-۴۱

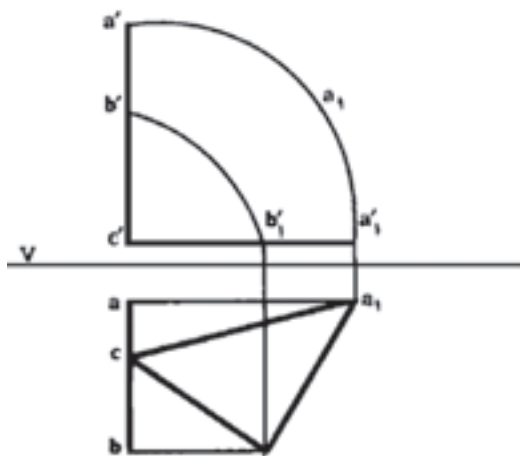


شکل ۳-۴۳

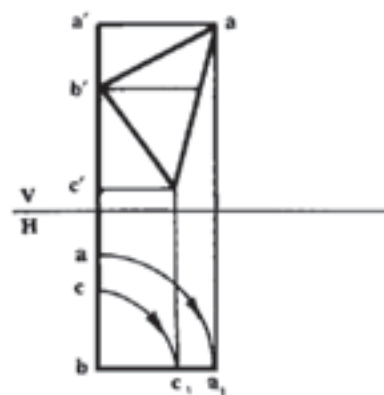


شکل ۳-۴۴

خط زمین جدید تحت زاویه ی ϕ نسبت به خط زمین قبلی رسم می شود). یا به روش دوران در دو حالت به اندازه ی واقعی صفحه رسید (شکل های ۳-۴۵ و ۳-۴۶).



شکل ۳-۴۶



شکل ۳-۴۵

تمرین

- ۱- مجموعه ی Z های یک صفحه ی افقی همه با هم.....
- ۲- مجموعه ی Y های یک صفحه ی جبهی همه با هم.....
- ۳- صفحه ی افقی فقط دارای اثر..... است.
- ۴- صفحه ی جبهی فقط دارای اثر..... است.
- ۵- خط زمین نسبت به آثار قائم واقعی صفحه ی مواجه چه وضعی دارد؟
- ۶- اثر قائم صفحه ی قائم با خط زمین چه رابطه ای دارد؟
- ۷- اثر افقی صفحه ی قائم با خط زمین چه رابطه ای دارد؟
- ۸- تصاویر قائم و افقی صفحه ی نیم رخی به شکل دایره با قطر ۴۵ mm را که مرکز آن O است نمایش

دهید.

- ۹- هر خط افقیه موجود در یک صفحه با اثر افقی آن صفحه چه رابطه ای دارد؟
- ۱۰- خط جبهیه ی موجود در یک صفحه با اثر قائم آن صفحه چه رابطه ای دارد؟
- ۱۱- مطلوب است : رسم تصاویر قائم و افقی صفحه ی جبهیه ای به شکل دایره با شعاع ۲۵ mm که فاصله اش از صفحه ی قائم تصویر برابر ۱۵ mm و فاصله ی مرکز آن از صفحه ی افقی تصویر مساوی ۳۰ mm باشد.

اثر برخورد صفحه و جسم در حالت خاص

- هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل:
- فصل مشترک برخورد صفحات خاص با چند وجهی‌ها را ترسیم کند.
 - فصل مشترک برخورد استوانه با صفحات خاص را ترسیم کند.
 - فصل مشترک برخورد صفحات خاص با هرم را رسم کند.
 - فصل مشترک برخورد صفحات خاص با مخروط را رسم کند.
 - فصل مشترک برخورد صفحات خاص با کره را رسم کند.

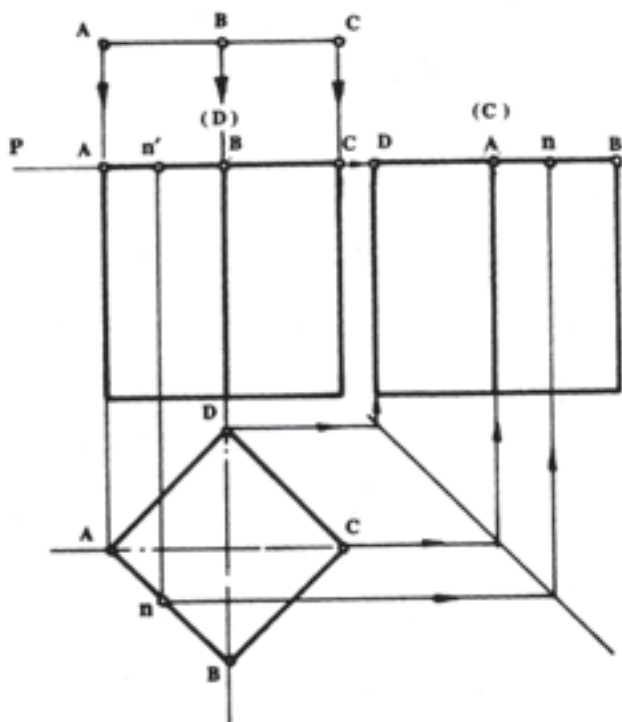
۴- ترسیم اثر برخورد صفحه و جسم در حالت خاص

۴-۱- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با چند وجهی‌ها

۴-۱-۱- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحه‌ی

افقی با چند وجهی: در شکل ۴-۱ صفحه‌ی افقی P در ارتفاع ۱۵ میلی‌متری از منشور مربع القاعده مرور داده شده است؛ در نتیجه، نقاط A و B و C و D بدون تغییر موقعیت در محور Xها، در امتداد یال‌های خود به مقداری به پایین کشیده شده‌اند؛ بنابراین، تصاویرشان در نمای سطحی به محل اولیه‌ی خود منطبق خواهند شد.

نمای جانبی را با استفاده از روش محور یابی رسم می‌کنیم. تصاویر نقاط A و B و C و D، هم‌چنین نقطه‌ی n در روی سطح قاعده‌ی بالایی منشور قرار می‌گیرد (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- برخورد صفحه‌ی افقی با منشور

کشیده شده و روی سطح مورب قرار گرفته‌اند.

روش ترسیم:

۱- محل برخورد یال‌های با فصل مشترک صفحه را

مشخص می‌کنیم. (A و B و C و D و E و F).

۲- نقاط مشخص شده را روی نمای سطحی رابط

می‌کنیم. تصاویر نقاط بدون تغییر مکان بر روی تصاویر قبل از

برش منطبق می‌شود.

۳- از طریق خطوط کمکی و ۴۵، نمای جانبی را ترسیم

می‌کنیم. امتداد هر یک از یال‌ها در نمای جانبی معلوم است.

شماره یا حروف مربوط را در روی آن‌ها می‌نویسیم.

۴- ارتفاع باقی‌مانده یال‌ها در نمای اصلی را از طریق

خط رابط به نمای جانبی انتقال داده نقاط برخورد با یال‌های

مربوط را مشخص و دو به دو به هم دیگر وصل می‌کنیم.

می‌توان گفت که در نتیجه محور صفحه‌ی افقی از

چند وجهی، جز کاهش ارتفاع تغییرات دیگری در نماها، ایجاد

نمی‌شود. در ضمن هر نقطه‌ای که در سطح جانبی منشور (چند

وجهی) فرض شود، می‌توان از آن نقطه صفحه‌ی افقی مرور داده

تصاویر نقطه را مثل روش یاد شده در نمای سطحی و جانبی پیدا

کرد.

نتیجه‌ی نهایی این که تصاویر کلیه نقاط واقع در روی سطح

جانبی چند وجهی روی محیط قاعده قرار دارد و موقعیت آن‌ها

با رابط کردن نقاط روی سطح قاعده معین می‌شود (شکل ۴-۱).

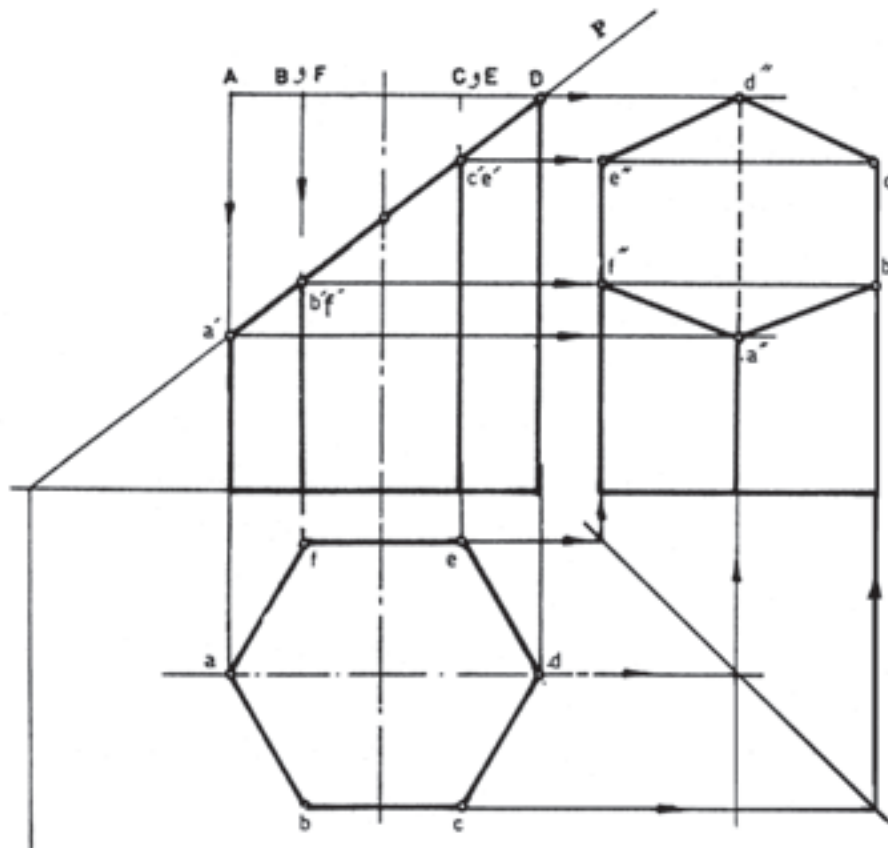
۲-۱-۴- روش تعیین فصل مشترک برخورد صفحه‌ی

منتصب با چند وجهی: در شکل ۴-۲ صفحه‌ی منتصب P از

چند وجهی مرور داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود،

نقاط A و B و C و D و E و F محل برخورد یال‌ها با سطح

قاعده‌ی بالایی، در امتداد یال‌های خود به طور نامساوی به پایین



شکل ۴-۲- روش ترسیم فصل مشترک برخورد صفحه منتصب با منشور

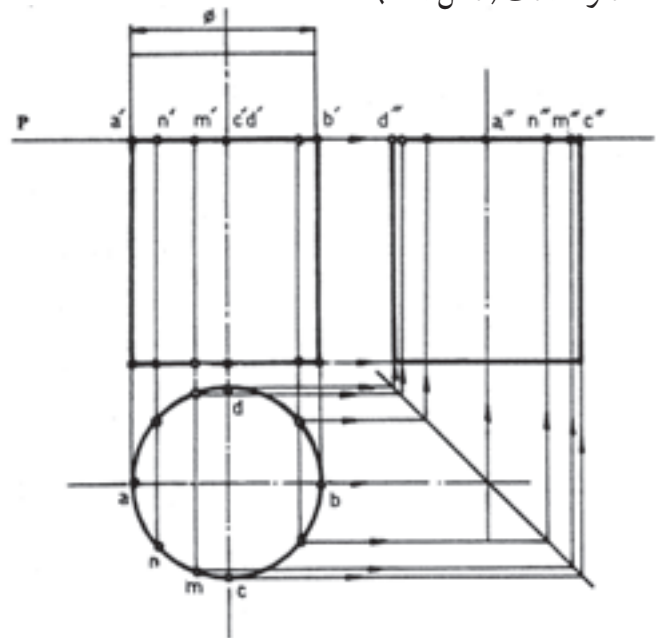
۴-۲- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با استوانه

۴-۲-۱- تعیین فصل مشترک برخورد صفحه‌ی

افقی با استوانه: در شکل ۴-۳ استوانه‌ی قائم با صفحه‌ی افقی P برش داده شده است.

۱- خط $a'b'$ اثر برخورد صفحه و استوانه، فصل مشترک

در نمای اصلی است. این خط موازی و مساوی با قطر قاعده‌ی استوانه است (شکل ۴-۳).



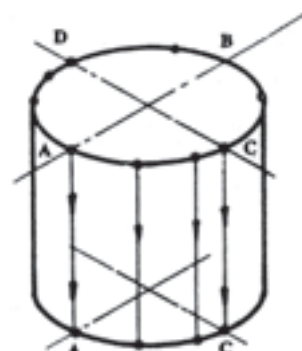
شکل ۴-۳- برش استوانه به وسیله‌ی صفحه‌ی افقی

۲- نقاط دیگری نیز در روی فصل مشترک برش انتخاب

کرده تصاویرشان را در نمای سطحی معین می‌کنیم.

همان گونه که در شکل ۴-۴ نشان داده شده است، وقتی

نقاط در امتداد قائم و مماس با سطح جانبی به پایین حرکت کنند، در سطح قاعده (روی دایره) جمع خواهند بود.



شکل ۴-۴- تصویرگیری

بنابراین می‌توان گفت: تصاویر کلیه‌ی نقاط موجود در روی فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه و استوانه، روی دایره در نمای سطحی قرار می‌گیرد. «در حالت خاص وقتی صفحه افقی باشد، شکل حقیقی دایره کامل و هم قطر سطح قاعده و در سایر حالت‌ها، شکل حقیقی بیضی و تصویر آن دایره کامل خواهد بود.»

۳- با در دست داشتن مکان هندسی نقاط در نمای اصلی

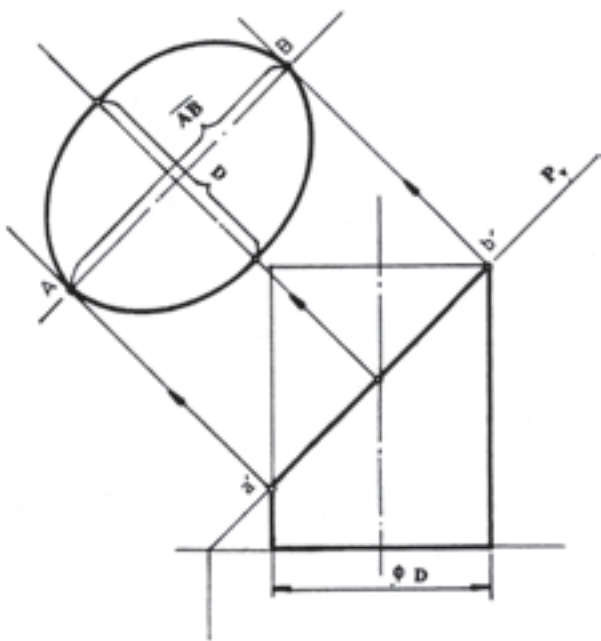
و سطحی، از طریق خطوط رابط و خط 45° اثر فصل مشترک برش را در نمای جانبی پیدا می‌کنیم. همان گونه که مشاهده می‌کنید، فصل مشترک برش در نمای جانبی خط مستقیم CD است که برابر و موازی قطر قاعده است.

۴-۲-۲- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحه‌ی

منتصب با استوانه‌ی قائم: در شکل ۴-۵ استوانه به وسیله‌ی صفحه‌ی منتصب P_v برش داده شده است.

الف) اثر صفحه در نمای اصلی خط مورب $a'b'$ است که

«فصل مشترک برش» نامیده می‌شود. در این جا فصل مشترک به موازات قاعده‌ی استوانه نیست؛ بنابراین، شکل واقعی آن دایره کامل نبوده به شکل بیضی با قطر بزرگ برابر طول خط AB و قطر کوچک برابر با قطر قاعده‌ی استوانه در خواهد آمد (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵- برش استوانه با صفحه‌ی منتصب

ب) طبق تعریف مربوط به برخورد صفحه‌ی افقی با استوانه، کلیه نقاط موجود در روی سطح مورّب، روی محیط قاعده‌ی استوانه تصویر می‌شوند؛ بنابراین، در نمای سطحی تغییری ایجاد نمی‌شود.

ج - تعیین اثر برش استوانه در نمای جانبی:

۱- فصل مشترک برش را به قسمت‌های مساوی تقسیم کرده شماره گذاری می‌کنیم؛ به گونه‌ای که ابتدا و انتها و محل برخورد خط محور با فصل مشترک جزء نقاط انتخابی باشد (شکل ۴-۵).

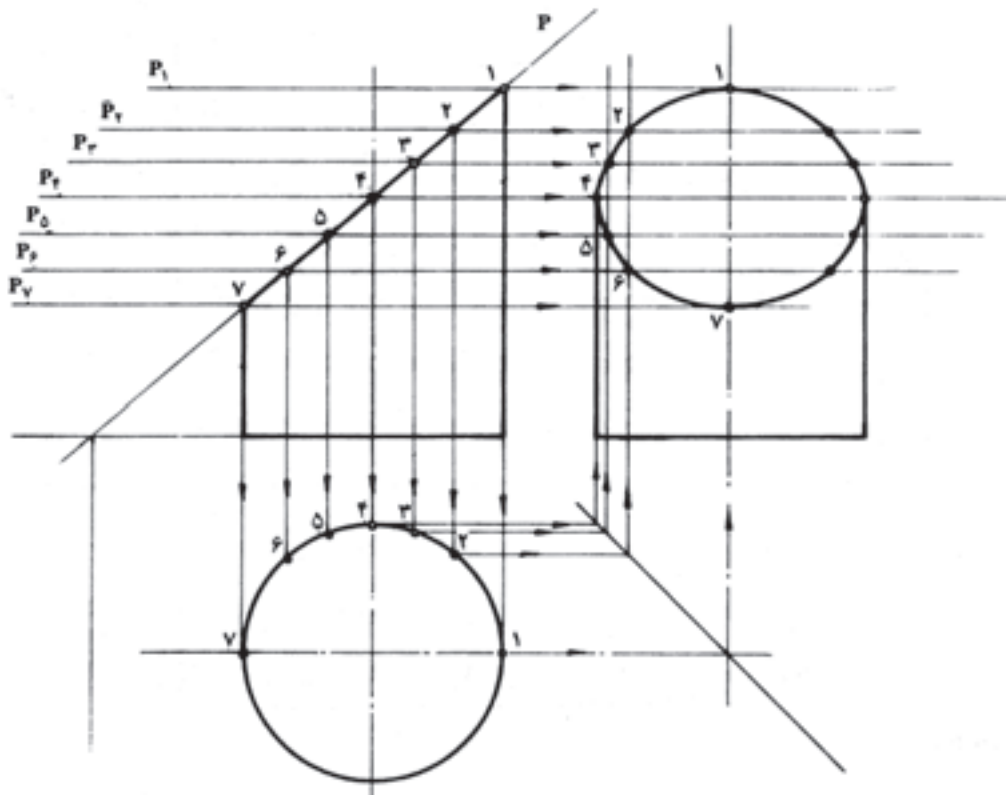
۲- از نقاط مشخص شده در روی فصل مشترک برش صفحات افقی مرور می‌دهیم. می‌دانیم که تصویر هر نقطه در روی محیط دایره ایجاد شده به وسیله‌ی مرور صفحه قرار گرفته است. چون قطر کلیه‌ی دوایر ایجاد شده به وسیله‌ی مرور صفحات افقی

به یک اندازه است، بنابراین دایره سطح مقطع را مبنا قرار داده نقاط واقع در روی فصل مشترک برش را بر آن تصویر و شماره گذاری می‌کنیم.

۳- موقعیت نمای جانبی را با خط نازک تعیین کرده صفحات افقی را امتداد می‌دهیم تا از آن بگذرند.

۴- با استفاده از خط ۴۵ و خطوط رابط، تصویر هر یک از نقاط را که مکان هندسی‌شان در روی نمای اصلی و سطحی کاملاً معین است، در محدوده‌ی نمای جانبی به دست می‌آوریم.

۵- نقاط تعیین شده را به یک‌دیگر وصل می‌کنیم. شکل حاصل تصویری است از مقطع حاصل از برخورد صفحه و استوانه که معمولاً به شکل بیضی و در مورد خاص که زاویه‌ی صفحه و استوانه ۴۵ باشد، به شکل دایره‌ی کامل است (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- روش تعیین تصویر فصل مشترک برش در نمای جانبی

۳-۲-۴- روش ترسیم تصاویر مقاطع مورّب استوانه در نماهای مختلف: در شکل ۴-۷ استوانه‌ای پس از انحراف ۳۰ نسبت به سطح افقی به وسیله‌ی صفحه‌ی افقی P برش داده شده

توجه: کافی است که تصویر نقاط را جهت دقت لازم در سمت چپ (کم‌ترین فاصله) مشخص کرده قرینه‌ی آن‌ها را در سمت راست منتقل کنید.

تقسیم می‌کنیم. (در این جا از نیم‌دایره استفاده شده و به شش قسمت تقسیم شده است).

۲- نقاط تقسیم را پس از شماره‌گذاری به موازات محور اصلی به بدنه‌ی استوانه انتقال می‌دهیم.

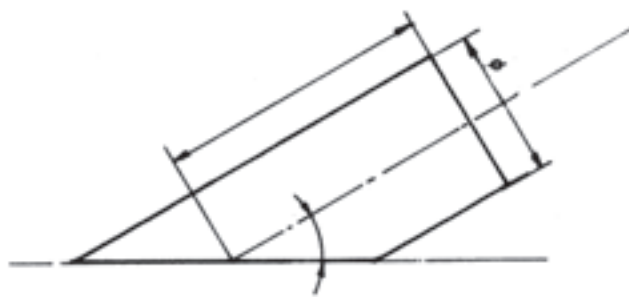
۳- محل برخورد با سطح قاعده‌ی بالا و پایین را براساس شماره‌های موجود و در روی نیم‌دایره شماره‌گذاری می‌کنیم.

۴- محورهای نمای سطحی را رسم می‌کنیم (محور X و Y و Y_1).

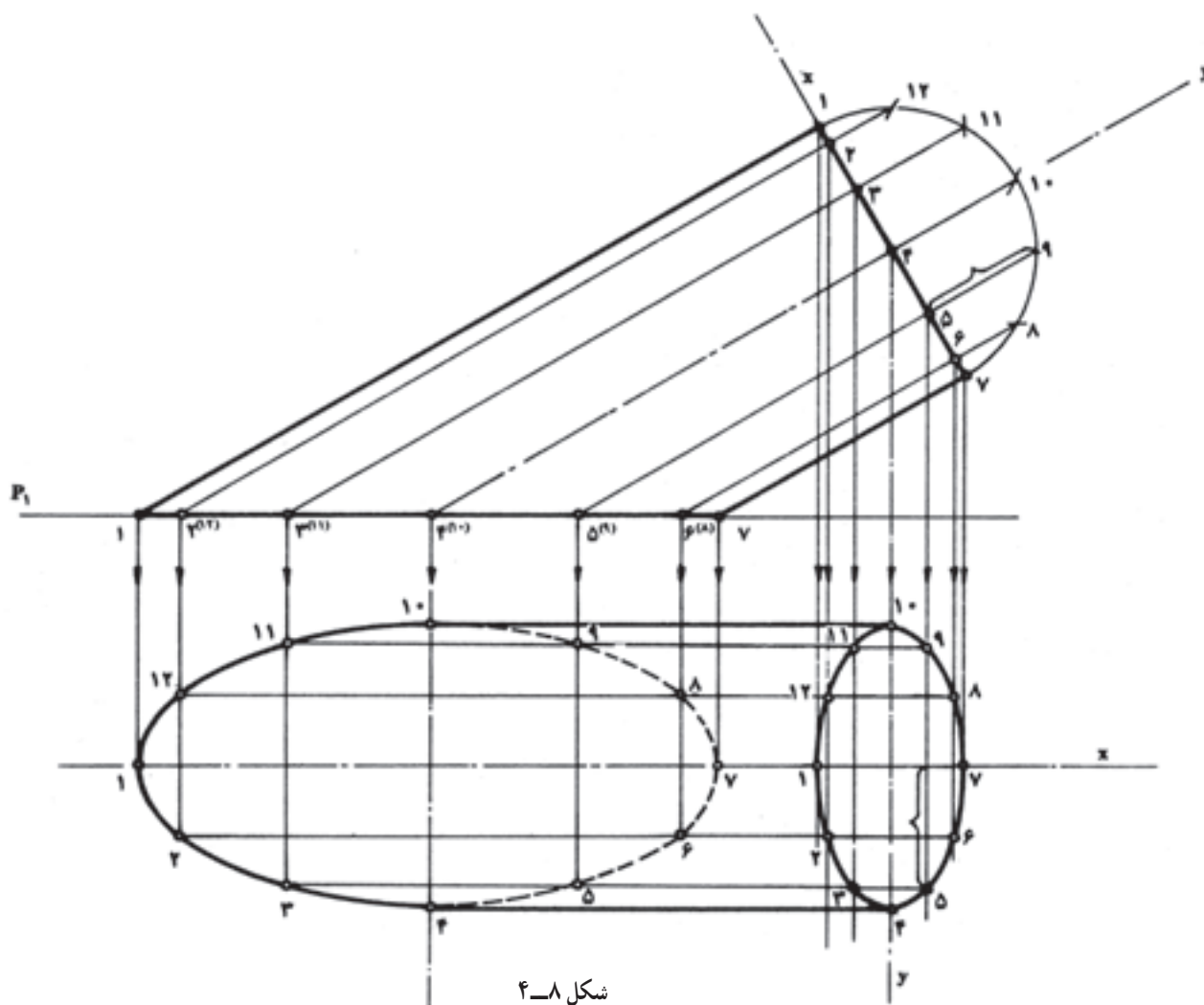
با توجه به شکل ۸-۴ مشاهده می‌کنیم که فواصل موجود، بین شماره‌های ۱ تا ۷ در مقطع بالایی به علت قرار گرفتن در یک سطح شیب‌دار، موجب کاهش طول یکی از قطرهای دایره شده در نتیجه، تصویر مقطع به صورت بیضی درآمده که قطر کوچک آن به موازات محور X ها و قطر بزرگ در امتداد محور Y ها در نمای سطحی قرار می‌گیرند.

است. جهت ترسیم تصاویر مقاطع حاصل در نماهای جانبی یا سطحی، از روش خط‌کشی سطح جانبی که در مبحث گسترش نیز استفاده‌ی بیش‌تری دارد به کار می‌بریم. روش یاد شده در اصل استفاده از مرور صفحات خاص از جسم است که به این طریق مدون شده است:

۱- نیم‌دایره یا دایره‌ی کامل کمکی در امتداد خط محور اصلی استوانه سمت راست رسم کرده به دوازده قسمت مساوی



شکل ۴-۷



شکل ۴-۸

۵- با توجه به نکته‌ی یاد شده نقاط واقع در روی سطح مقطع بالایی را به موازات محور قائم امتداد می‌دهیم تا محور X در نمای سطحی را قطع کند. نقاط ۱ و ۷ بُعدی ندارند و روی محور X ها قرار می‌گیرند. این فاصله حاصل جمع تصاویر فواصل وترهایی است که در سطح شیب‌دار قرار گرفته است و در نمای سطحی، قطر کوچک بیضی را ایجاد می‌کند.

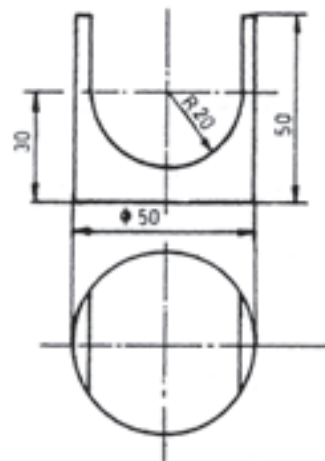
۶- طول واقعی وترها در روی دایره‌ی کمکی را به نمای سطحی انتقال داده نقاط حاصل را دو به دو به یک‌دیگر وصل می‌کنیم.

۷- نقاط موجود در روی بیضی را به بدنه‌ی استوانه در نمای سطحی انتقال می‌دهیم. با اندکی دقت در می‌یابیم که صفحه‌ی افقی P هر یک از خطوط واقع در سطح جانبی استوانه را در نقطه‌ای قطع کرده است. در نهایت با مراعات شماره‌ی خطوط، مرحله‌ی نهایی را اجرا می‌کنیم.

۸- از نقاط واقع در روی سطح قاعده‌ی پایین خطوطی عمود بر نمای سطحی فرود می‌آوریم و محل برخورد آن‌ها را با خطوط مربوط مشخص می‌کنیم. نقاط حاصل را دو به دو به یک‌دیگر وصل می‌کنیم بیضی حاصل از این برش، برعکس بیضی بالایی، به علت انطباق در روی سطح افق دارای اندازه واقعی است (شکل ۸-۴).

مسئله‌ی ۱ (شکل ۹-۴):

قطعه‌ی فرزکاری شده با فصل مشترک صفحات برش در نمای اصلی مفروض است. تصویر فصل مشترک شکاف با استوانه



شکل ۴-۹

را در نمای جانبی ترسیم کنید.

حل:

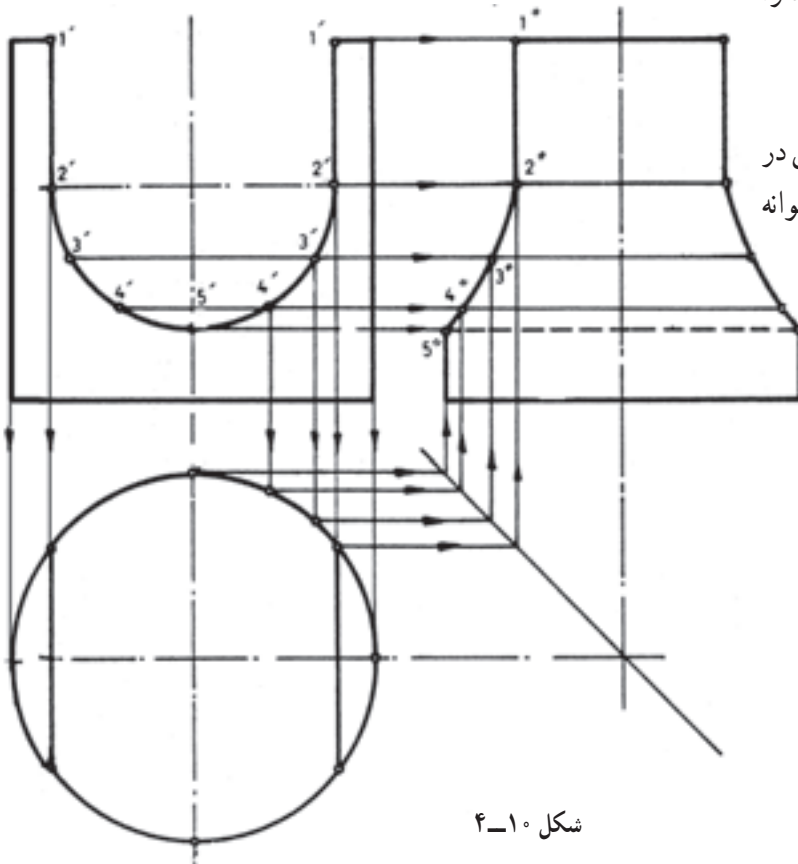
۱- نماهای داده شده را با ابعاد واقعی رسم می‌کنیم.

۲- موقعیت نمای جانبی را با خط نازک با استفاده از خطوط رابط و خط ۴۵ تعیین می‌کنیم.

۳- نقاطی چند در روی فصل مشترک برش، انتخاب و به ترتیب: ۱-۲-۳-۴-۵ شماره‌گذاری می‌کنیم. ابتدا و انتها و نقاط برخورد محورها با فصل مشترک کاملاً ضروری است.

۴- می‌دانیم که تصاویر کلیه‌ی نقاط مفروض در روی محیط دایره در نمای سطحی قرار می‌گیرد؛ بنابراین، از نقاط بالا خطوطی بر نمای سطحی رابط کرده محل برخورد آن‌ها را از طریق خط ۴۵ به نمای جانبی منتقل می‌کنیم.

۵- نقاط موجود در روی فصل مشترک را به ترتیب به سمت نمای جانبی امتداد می‌دهیم تا خطوط مربوط از طرف خط ۴۵ را در نقاطی قطع کنند؛ نقاط ۱''-۲''-۳''-۴''-۵''. نقاط وصل را دو به دو به یک‌دیگر وصل می‌کنیم. کاستی حاصل در دو طرف استوانه‌ی تصویر، فصل مشترک برش در نمای جانبی است (شکل ۱۰-۴).



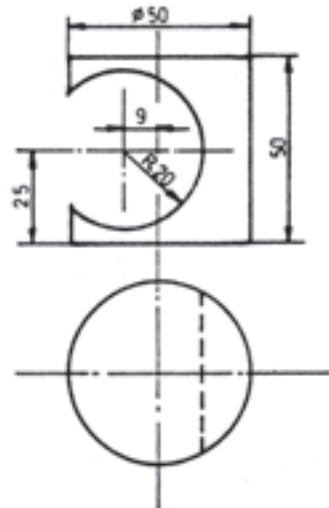
شکل ۴-۱۰

مسئله‌ی ۲ (شکل ۴-۱۱):

استوانه با سوراخ خارج از مرکز مفروض است. تصویر فصل مشترک برش را در نمای جانبی رسم کنید.

حل:

۱- نماهای داده شده را با مقیاس اصلی رسم می‌کنیم.



شکل ۴-۱۱

۲- موقعیت نمای جانبی را با خط نازک با استفاده از

خطوط کمکی و خط ۴۵ تعیین می‌کنیم.

۳- فصل مشترک برش را که دهانه‌ی سوراخ خارج از

محور است به چند قسمت تقسیم کرده شماره گذاری می‌کنیم

(۱۱ الی ۱). ابتدا و انتهای فصل مشترک و محل برخورد آن با

محورها جزء تقسیمات است.

۴- تصویر نقاط مشخص شده را در نمای سطحی پیدا

کرده از طریق خط رابط و ۴۵ به نمای جنبی انتقال می‌دهیم.

۵- از نقاط ۱ الی ۱۱ در نمای اصلی خطوطی به موازات

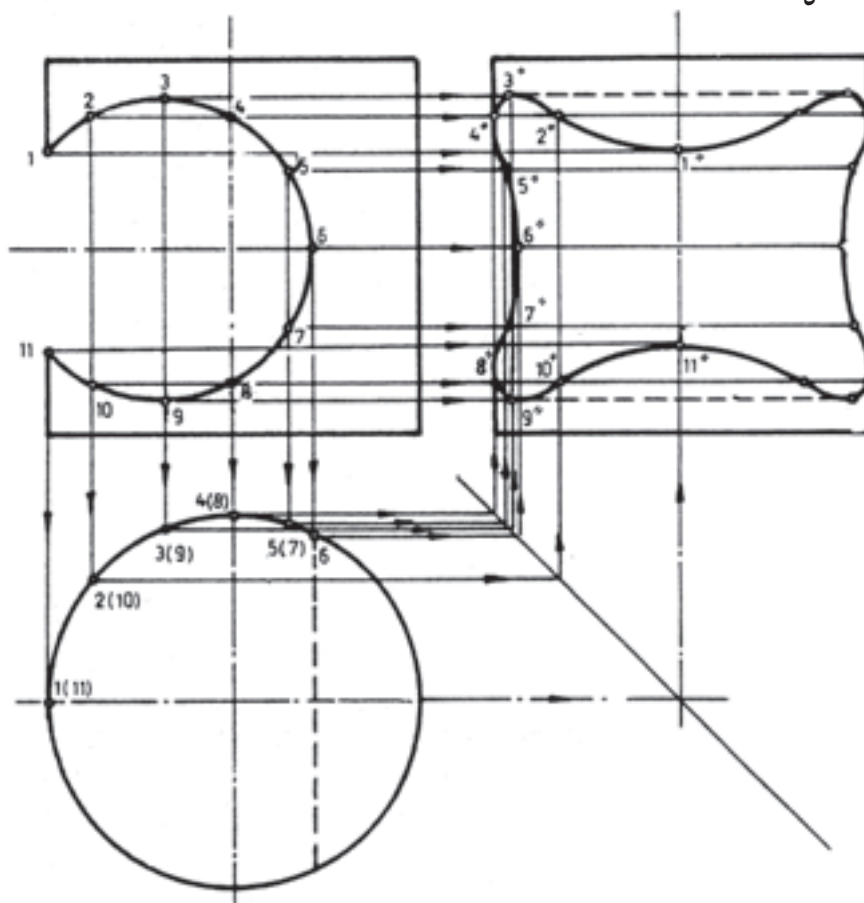
محور X ها به طرف نمای جانبی رسم می‌کنیم. این خطوط در

مسیر خود امتدادهای مربوط برگشتی از خط ۴۵ را قطع

می‌کنند. نقاط وصل را دو به دو به یک‌دیگر وصل می‌کنیم.

شکل حاصل تصویر، فصل مشترک برخورد ابزار برشی با استوانه

است (شکل ۴-۱۲).



شکل ۴-۱۲

۴-۳- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با هرم قائم

۴-۳-۱- روش ترسیم فصل مشترک برخورد

صفحه‌ی افقی با هرم قائم: در شکل ۴-۱۳ هرم شش ضلعی با صفحه‌ی افقی برش داده شده است. فصل مشترک برش خط $a'b'$ جسم را به دو قسمت تقسیم کرده است. قسمت بالا هرم کوچکی است که با هرم بزرگ متشابه است؛ بنابراین، سطح قاعده‌ی آن شش ضلعی منظم خواهد بود.

برای ترسیم تصویر مقطع در نمای سطحی کافی است:

۱- محل برخورد یال‌های هرم با فصل مشترک را

شماره گذاری کنیم.

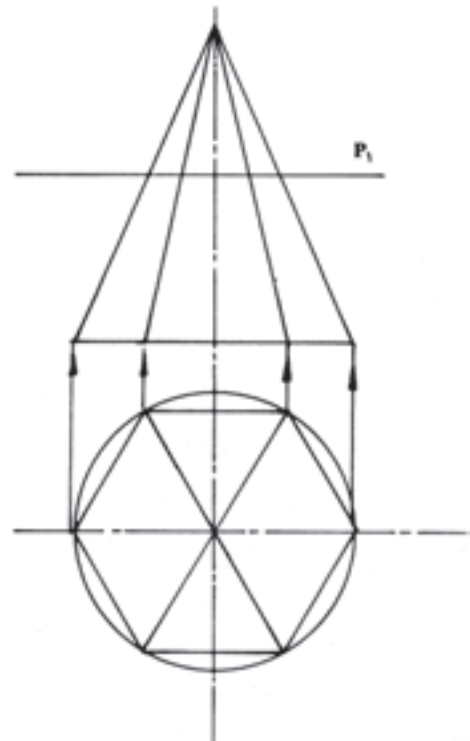
۲- چون شش ضلعی متشابه است، بنابراین محل برخورد

یکی از یال‌ها، مثلاً نقطه‌ی ۴ را بر روی یال خود در نمای سطحی

رابط می‌کنیم و به موازات سایر اضلاع دور می‌زنیم. شکل حاصل

شش ضلعی منظم و سطح حاصل از برش صفحه‌ی افقی با هرم

در نمای سطحی است.

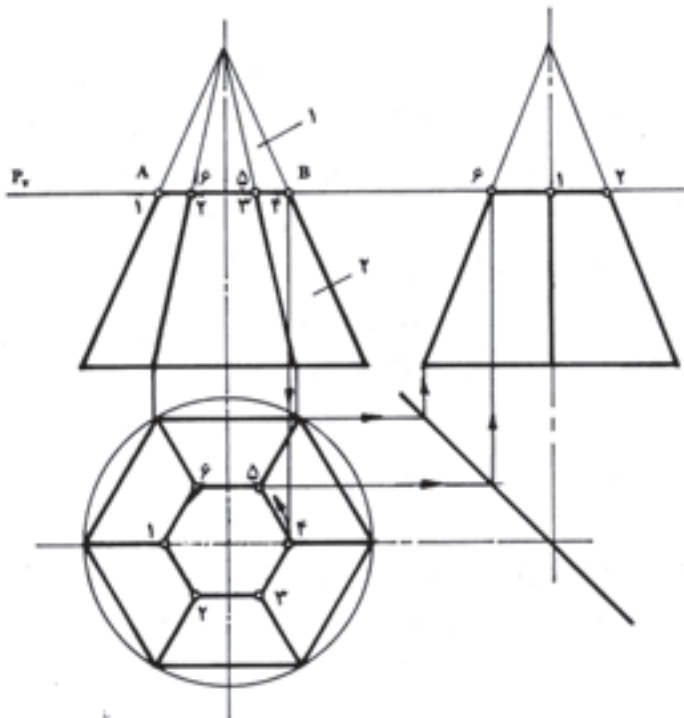


شکل ۴-۱۳- برخورد صفحه‌ی افقی با هرم

نمای جانبی را از طریق خطوط رابط ۴۵ رسم می‌کنیم.

اثر برش صفحه‌ی افقی در نمای جانبی خطی مستقیم در امتداد

صفحه برش است (شکل ۴-۱۴).

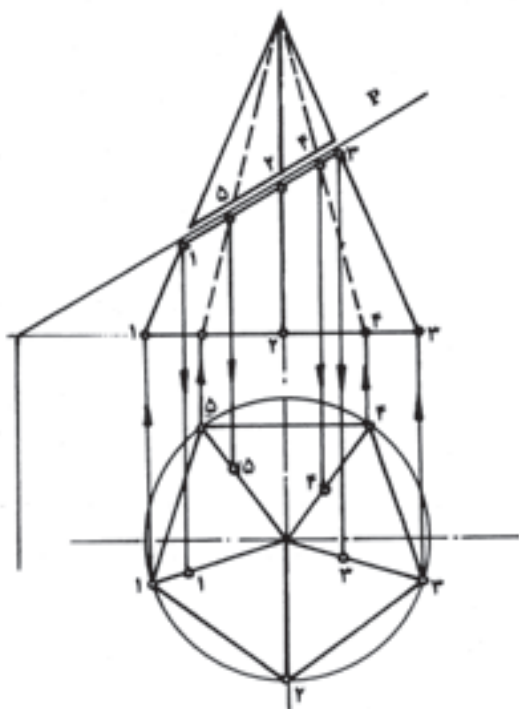


شکل ۴-۱۴- روش ترسیم اثر برش صفحه‌ی افقی در نمای سطحی

۴-۳-۲- روش ترسیم تصاویر برخورد صفحه‌ی

منتصب با هرم: در شکل ۴-۱۵ صفحه‌ی منتصب P تحت

زاویه 30° هرمی با قاعده پنج ضلعی منظم را قطع کرده است.



شکل ۴-۱۵- برخورد صفحه‌ی منتصب با هرم

نقطه‌ی مورد نظر در روی محیط سطح تصویر شده قرار دارد (شکل ۱۶-۴).

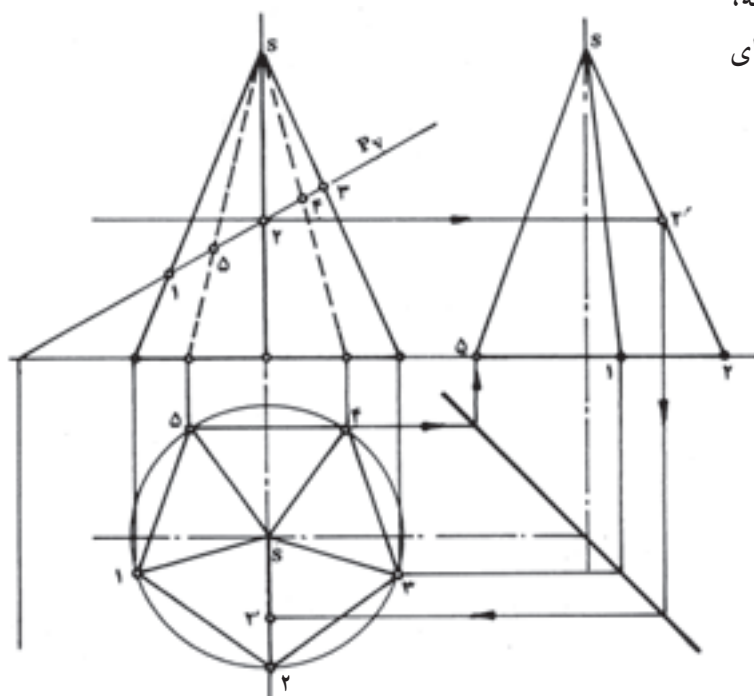
روش دوم: ۱- نمای جانبی را به طور کلی و با خط نازک طرح کرده سپس شماره‌ی یال‌های مربوط را روی آن‌ها مشخص می‌کنیم.

۲- نقطه‌ی مورد نظر (شماره ۲) را به سمت راست امتداد می‌دهیم تا یال مربوط در نمای جانبی را قطع کند.

۳- محل تقاطع را از طریق خطوط رابط و خط کمکی ۴۵ به نمای سطحی منتقل می‌کنیم.

۴- محل برخورد این خط با تصویر یال مربوط در نمای سطحی تصویر نقطه‌ی مورد نظر (شماره ۲) است. حال با توجه به دو روشی که ذکر شد، ترسیم تصاویر برخورد صفحه‌ی منتصب با هرم را بی می‌گیریم.

۵- پس از تعیین موقعیت تصویر نقاط مورد بحث در نقطه‌ی شماره‌ی ۲، نقاط به دست آمده را دو به دو به یک‌دیگر وصل می‌کنیم (شکل ۱۷-۴).



شکل ۱۷-۴- روش دوم تعیین نقطه‌ی شماره ۲

فصل مشترک برخورد صفحه و هرم خط مورب $a'b'$ (مقطع جدید) در نمای اصلی است. جهت تعیین اثر آن در نماهای دیگر به طریق زیر عمل می‌کنیم.

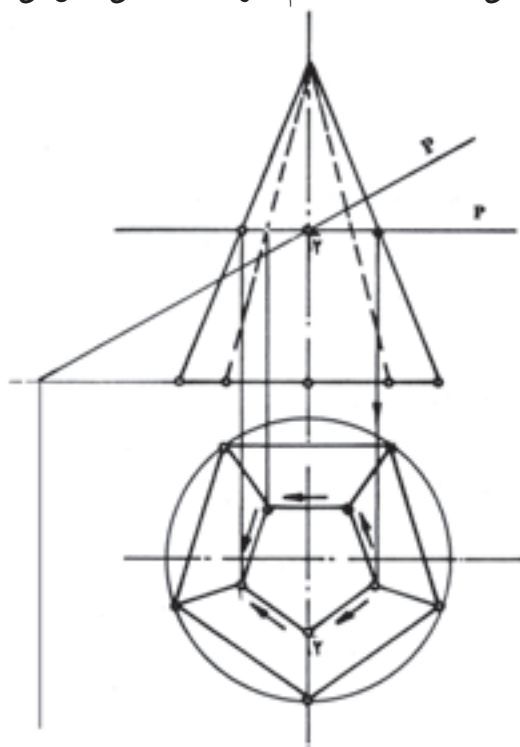
۱- یال‌های هرم را در نمای سطحی و اصلی شماره گذاری می‌کنیم.

۲- شماره‌های مربوط را به محل برخورد یال‌ها با فصل مشترک انتقال می‌دهیم.

۳- نقاط برخورد یال‌ها با فصل مشترک را به ترتیب بر روی تصاویر یال‌هایشان عمود کرده محل برخوردشان را مشخص می‌کنیم.

توجه: در صورتی که یک یا چند یال در امتداد تصاویر خود قرار گرفته باشند، مکان هندسی تصویر نقاط واقع بر آن امکان ندارد؛ مانند نقطه‌ی شماره‌ی ۲ در روی یال شماره‌ی ۲. برای تعیین تصویر این گونه نقاط از دو روش می‌توان استفاده کرد:

روش اول: از نقطه‌ی مورد نظر در نمای اصلی، صفحه‌ی افقی مرور می‌دهیم. می‌دانیم که تصویر یا اثر برش این صفحه، تصویری است مشابه سطح قاعده؛ بنابراین، با انتقال نقاط به نمای سطحی و اتصال آن‌ها به هم دیگر نمای سطحی کامل می‌شود.



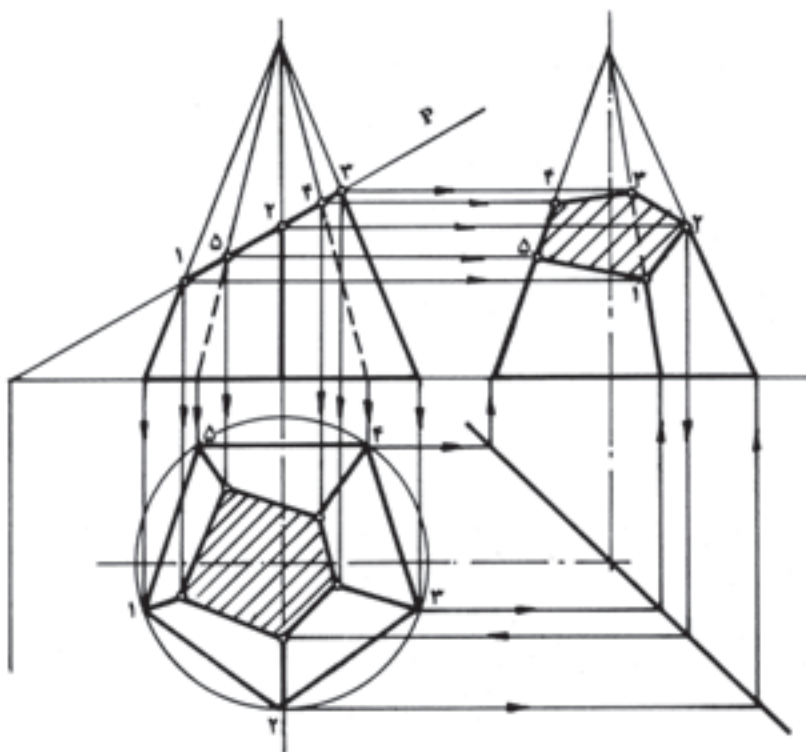
شکل ۱۶-۴- روش اول تصویرگیری از نقطه‌ی شماره ۲

مشترک را به ترتیب به سمت راست امتداد بدهیم. محل برخورد هر یک از خطوط با یال مربوط، تصویر نقطه در نمای جانبی است.

از به هم پیوستن نقاط به دست آمده تصویر سطح پنج ضلعی غیر منتظم (فصل مشترک برش) در نمای جانبی به دست می آید (شکل ۴-۱۸).

برای ترسیم تصویر فصل مشترک در نمای جانبی کافی است که نمای جانبی را به طور کلی و با خط نازک طرح کرده یال‌های مربوط را شماره گذاری کنیم (در شماره گذاری یال‌ها باید بسیار دقت کنیم).

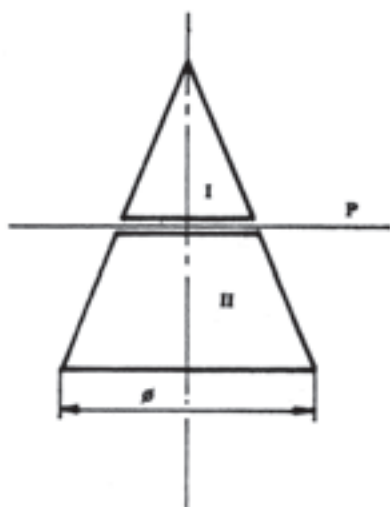
به دلیل مشخص بودن امتداد یال‌ها در نمای جانبی می‌توانیم بدون استفاده از خط کمکی ۴۵، نقاط واقع در روی فصل



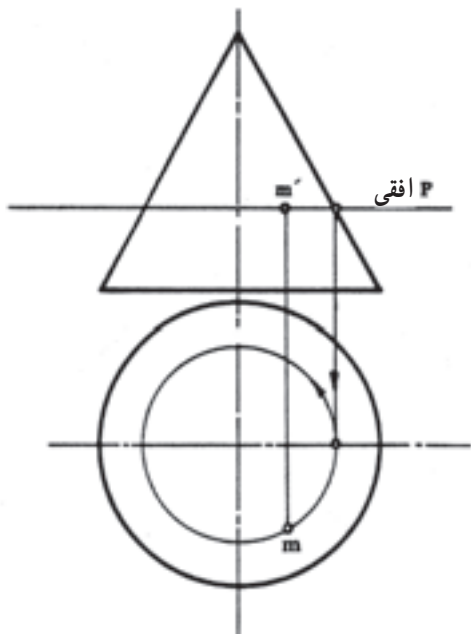
شکل ۴-۱۸ - روشی از به دست آوردن فصل مشترک صفحه‌ی منتصب با هرم

۴-۴- ترسیم فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه‌ی افقی و مخروط قائم

در شکل ۴-۱۹ مخروط قائم به وسیله‌ی صفحه‌ی افقی P برش داده شده است. اثر قائم آن خطی مستقیم و موازی با سطح افقی است که مخروط را به دو قسمت (مخروط قائم کوچک و مخروط ناقص) تقسیم می‌کند. سطح قاعده‌ی مخروط قائم کوچک دایره‌ی کامل است، زیرا صفحه‌ی برش به موازات سطح قاعده‌ی بزرگ مخروط مرور داده شده و سطحی مشابه آن ایجاد کرده است؛ بنابراین، تصویر فصل مشترک برش صفحه‌ی افقی و مخروط قائم در نمای افقی (نمای سطحی) دایره‌ی کاملی است



شکل ۴-۱۹ - مخروط قائم با صفحه‌ی افقی بریده شده است.



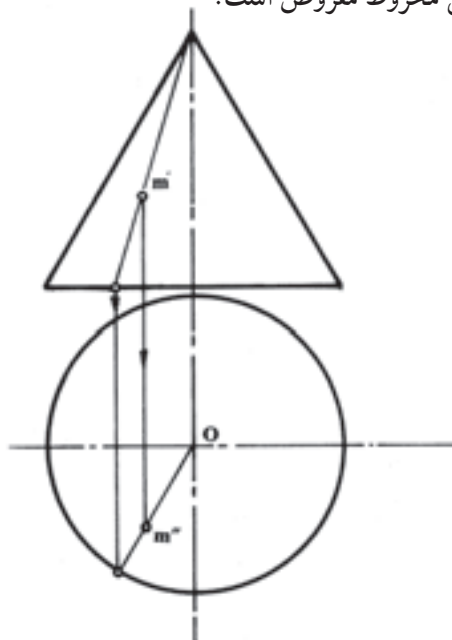
شکل ۴-۲۱

کاملی است به شعاع از خط محور تا محل برخورد صفحه با یال اصلی مخروط، دایره‌ای به مرکز رسم می‌کنیم.

۳- نقطه‌ی m را رابط می‌کنیم تا دایره‌ی مقطع را در نقطه‌ی m' قطع کند. نقطه‌ی جدید تصویر m در نمای سطحی است.

ب- با استفاده از یال‌های کمکی نیز می‌توان تصویر یا تصاویر نقاط واقع بر سطح جانبی مخروط را به دست آورد.

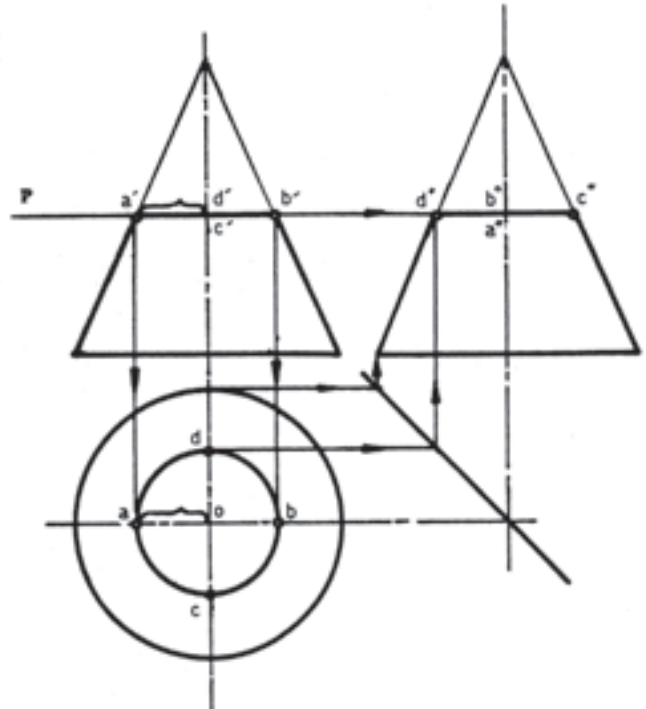
بدین ترتیب، در شکل ۴-۲۲ نقطه‌ی m در روی سطح جانبی مخروط مفروض است.



شکل ۴-۲۲

که با رابط کردن نقطه‌ی a و به شعاع $o'a$ رسم می‌شود. به این ترتیب، کلیه‌ی نقاط واقع بر فصل مشترک در نمای قائم در روی محیط قاعده‌ی کوچک قرار خواهند گرفت.

نمای جانبی مخروط ناقص که با کمک خط ۴۵ ترسیم شده کاملاً شبیه نمای اصلی است و به همان اندازه ترسیم می‌شود (شکل ۴-۲۰).



شکل ۴-۲۰

تغییرات حاصل در این رابطه عبارت‌اند از:

۱- تبدیل مخروط قائم به مخروط ناقص قائم،
۲- ایجاد سطح قاعده‌ی کوچک و به تبع آن ترسیم دایره‌ی کوچکتر در نمای سطحی.

۴-۴-۱- روش تعیین تصویر نقطه‌ی واقع در سطح

جانبی مخروط

الف- با بهره‌گیری از خواص صفحه‌ی افقی می‌توان تصویر یا تصاویر نقاط واقع بر سطح جانبی، مخروط را در نماهای سطحی و جانبی به دست آورد. بدین ترتیب، در شکل ۴-۲۱ نقطه‌ی m مفروض است.

۱- صفحه‌ی افقی را از نقطه‌ی مورد نظر m ، مرور می‌دهیم.

۲- با علم به این که اثر صفحه در نمای سطحی دایره

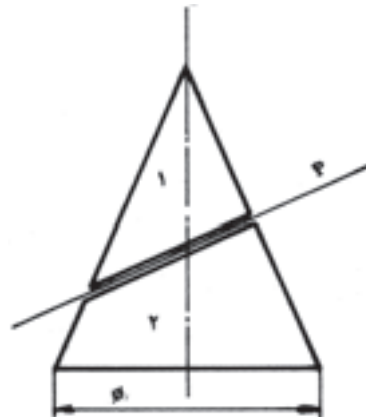
۱- از نقطه ی S' رأس مخروط یال کمکی به قاعده ی مخروط رسم می کنیم ؛ به گونه ای که در مسیر خود از نقطه m' بگذرد.

۲- محل برخورد با سطح قاعده را به سمت پایین امتداد می دهیم تا محیط قاعده را قطع کند.

۳- نقطه ی حاصل را به مرکز دایره وصل می کنیم تا تصویر یال کمکی به دست آید و تصویر نقطه ی m نیز در روی آن قرار گیرد.

۴- از نقطه ی m در نمای اصلی خطی رابط می کنیم تا m تعیین شود.

۲-۴-۴- ترسیم فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه ی منتصب با مخروط قائم: در شکل ۲۳-۴ مخروط قائم به وسیله ی صفحه ی P برش داده شده در نتیجه به دو قسمت تقسیم شده است. همان گونه که مشاهده می شود، ارتفاع نقاط A و B واقع در روی سطح شیب دار (فصل مشترک برش) تا سطح قاعده ی مخروط به یک اندازه نیست ؛ در نتیجه، تصاویرشان نیز در نمای سطحی روی یک دایره قرار نخواهد گرفت. در این مورد ضروری است که تصاویر هر یک از نقاط را به طور جداگانه مشخص کرده دو به دو به یک دیگر وصل کنیم.



شکل ۲۳-۴

روش کار:

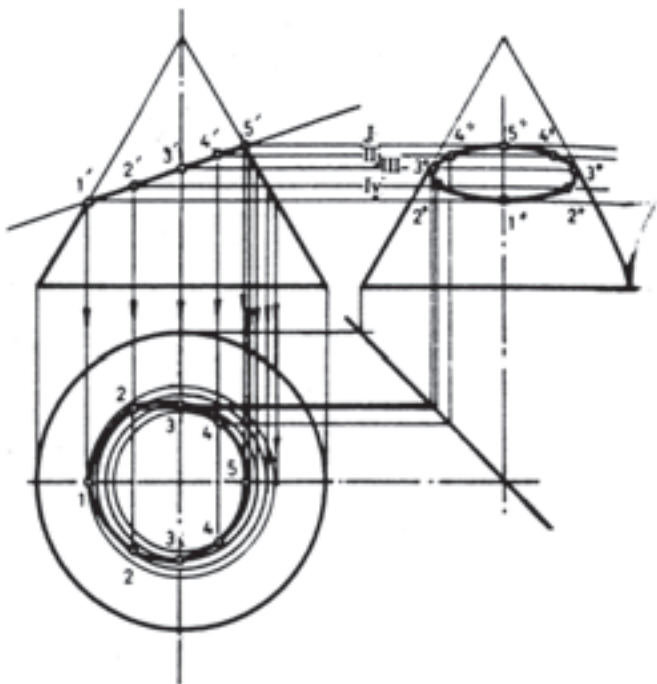
۱- فصل مشترک برش را به چند قسمت تقسیم کرده شماره گذاری می کنیم ؛ به گونه ای که نقاط ابتدا و انتهای فصل مشترک و محل برخورد آن با محور قائم جزء نقاط مفروض باشند.

۲- با استفاده از خواص صفحه افقی، به ترتیب از نقاط مشخص شده صفحات افقی مرور می دهیم.

۳- به شعاع از مرکز تا یال مخروط، دوایری در نمای سطحی رسم می کنیم تا مقاطع حاصل از عبور صفحات در نمای سطحی تعیین شود.

۴- از نقاط واقع در روی صفحات (روی فصل مشترک برش) خطوطی بر دوایر مربوط در پایین عمود می کنیم تا دوایر مربوط را در یک یا دو نقطه قطع کنند. نقاط حاصل را شماره گذاری کرده به یک دیگر وصل می کنیم. به تصاویر نقاط ۳ و ۵ دقت کنید.

۵- با استفاده از خطوط کمکی، تصاویر نقاط موجود در روی فصل مشترک را در نمای جانبی مشخص می کنیم (شکل ۲۴-۴).



شکل ۲۴-۴

۳-۴-۴- ترسیم فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه ی نیم رخ با مخروط: در شکل ۲۵-۴ مخروط قائم به وسیله ی صفحه ی قائم P برش داده شده است. اثر برخورد صفحه در نمای جانبی و سطحی را رسم کنید.

می‌آید. برای این منظور، از فصل مشترک برش صفحه و نمای اصلی (خط \overline{BC}) صفحات افقی مرور داده به شعاع از محور تا محل برخورد صفحات با مواد مخروط، دوایی در نمای سطحی ترسیم می‌کنیم.



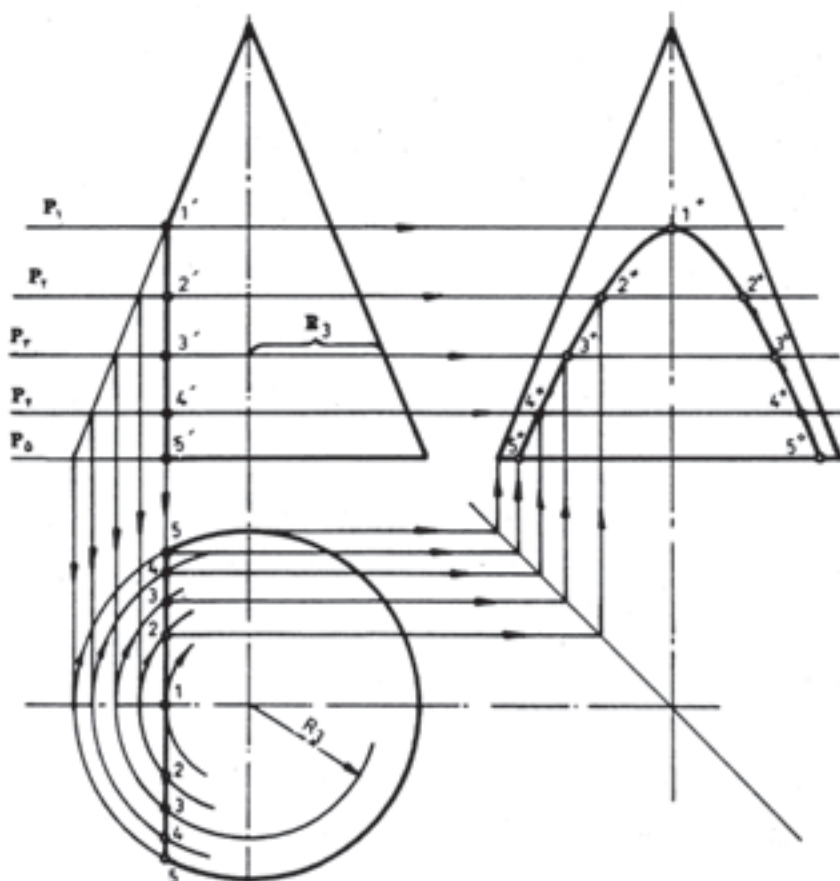
شکل ۲۵-۴

– محل برخورد دوایر با خط مولد ۵ و ۵ (فصل مشترک صفحه و جسم در نمای سطحی) را از طریق خطوط رابط و خط ۴۵ به نمای جانبی انتقال می‌دهیم.

– خطوط انتقالی، امتداد صفحات مربوط را در یک نقطه قطع می‌کنند (۱"، ۲"، ۳"، ۴"، ۵" و قرینه‌های آن‌ها).
– نقاط حاصل را به یک‌دیگر وصل می‌کنیم. شکل حاصل سطحی است که در اثر تقاطع صفحه‌ی نیم‌رخ و مخروط حاصل شده است (شکل ۲۶-۴).

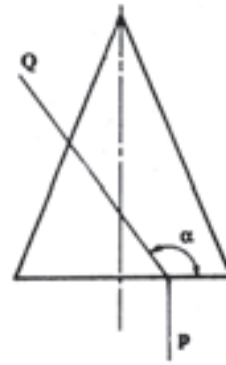
حل:

– ضمن تعریف خواص صفحات خاص دیدیم که اثر صفحه‌ی نیم‌رخ در نمای اصلی و سطحی خط مستقیم و در نمای جانبی سطحی است که از اتصال نقاط حاصل از برخورد امتدادهای تصاویر نقاط موجود در نمای اصلی و سطحی به دست



شکل ۲۶-۴

مسئله: مخروط قائم با فصل مشترک برخورد با صفحه‌ی منتصب مفروض است (شکل ۲۷-۴).



شکل ۲۷-۴

برای ترسیم اثر برخورد صفحه در نماهای دیگر به این ترتیب عمل می‌کنیم:

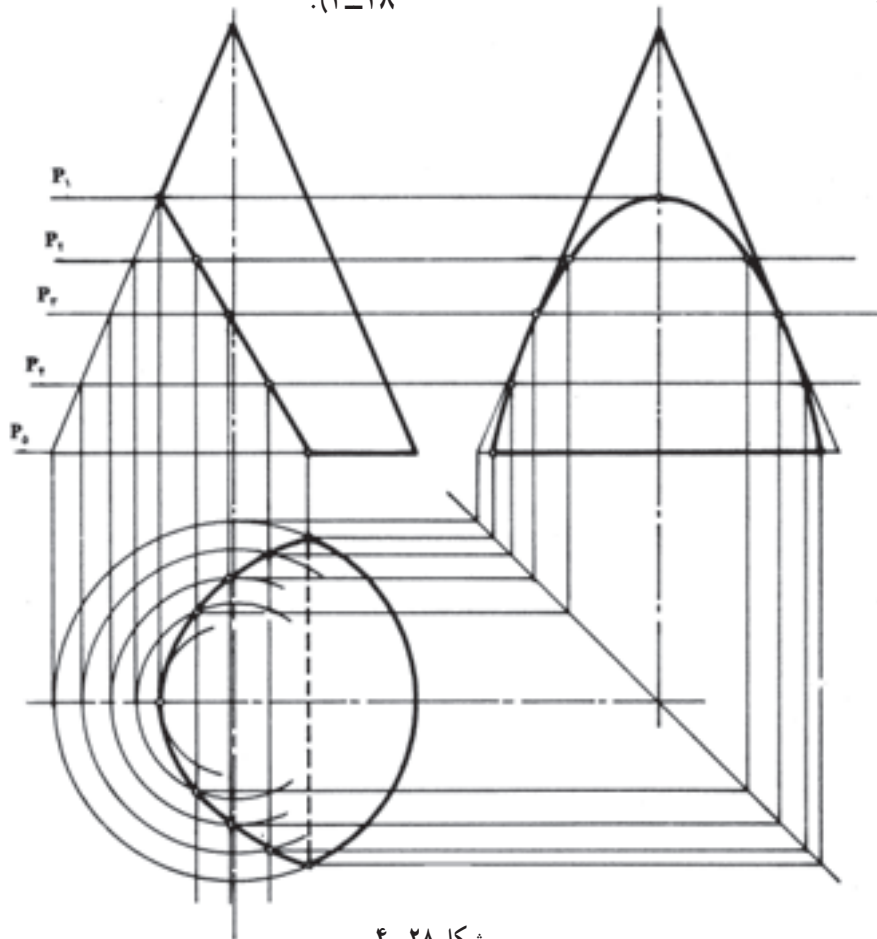
۱- با استفاده از روش مرور صفحه از فصل مشترک برش چندین صفحه‌ی افقی مرور داده، دوائر حاصل از آن‌ها را در نمای سطحی رسم می‌کنیم.

۲- از نقاط واقع در روی صفحات افقی بر دایره مربوط، رابط رسم می‌کنیم.

۳- محل برخورد خطوط رابط با دوائر را به یک‌دیگر وصل می‌کنیم. منحنی حاصل اثر برخورد صفحه در نمای افقی خواهد بود.

۴- با استفاده از خطوط رابط و کمکی ۴۵ منحنی حاصل از برخورد صفحه در نمای جانبی را نیز ترسیم می‌کنیم.

لازم به تذکر است که هیچ کدام از منحنی‌های به دست آمده اندازه واقعی خود را ندارند، بلکه به صورت تصویرند (شکل ۲۸-۴).

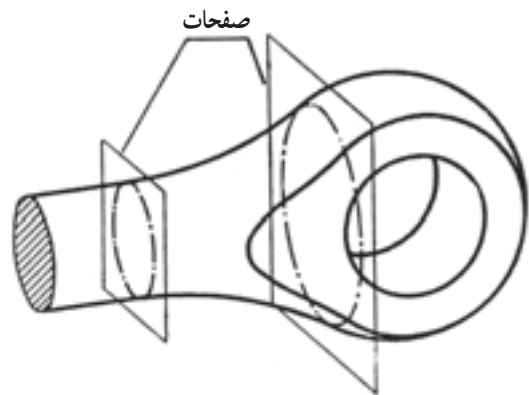


شکل ۲۸-۴

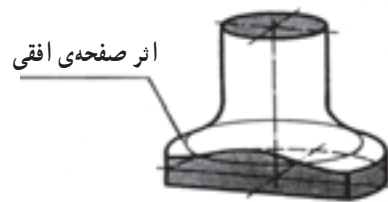
۴-۴-۴- رسم اثر برخورد صفحه با سطوح دو انحنايي^۱: در شکل‌های ۲۹-۴ و ۳۰-۴ سطوحی نشان داده

۱- سطوح دو انحنايي سطوحی هستند که به صورت محدب و مقعر به هم دیگر رسیده باشند؛ مانند سطح خارجی تنگ بلوری یا کوزه (صفحه‌ی ۷۶ شکل سمت راست از شماره شکل ۴-۶).

می شود که معمولاً در شاتون ها یا میله های محور بندی شده ایجاد می شود. براده برداری از این سطوح به مثابه ی مرور صفحات جبهی یا قائم است. اثر مرور صفحات معمولاً منحنی های



شکل ۴-۲۹



شکل ۴-۳۰

نامشخصی هستند که به وسیله ی نقطه یابی به روش مرور صفحه ترسیم می شوند.

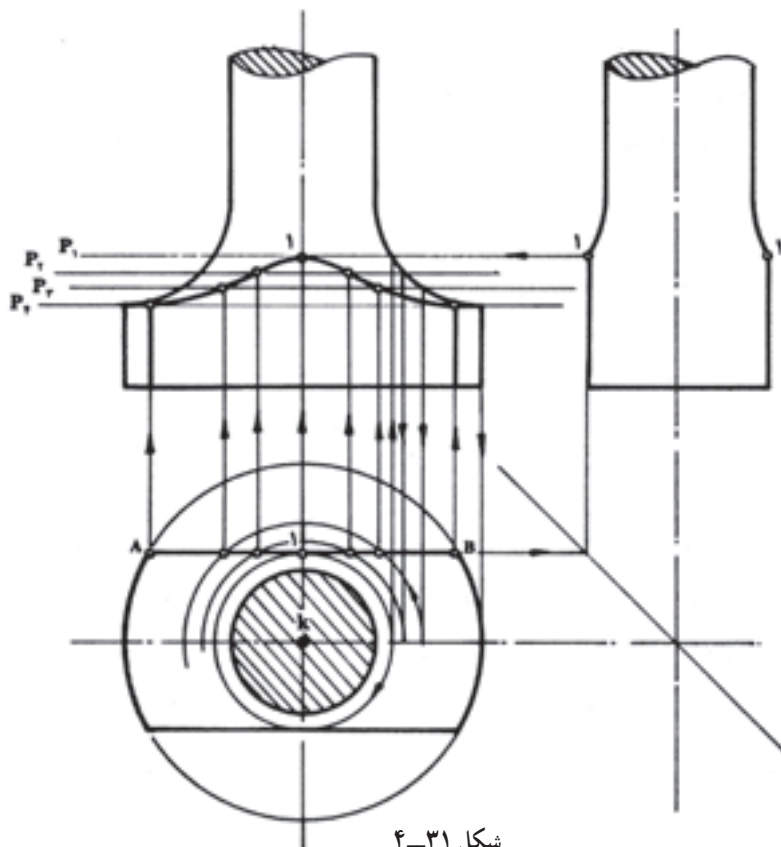
روش ترسیم این نوع منحنی ها را در این مثال بررسی کنیم. در شکل ۴-۳۱ قسمتی از دسته ی پیستون که از سه قسمت: «استوانه ی بالایی ساق دسته ی پیستون»، «قسمت میانی مخروط فرمی» (سطح دو انحنایی) و «قسمت پایین استوانه» (کپه، بالایی شاتون) تشکیل شده و به وسیله ی صفحات جبهی از روبه رو و پشت سر برش داده شده است، نشان داده می شود.

– برای ترسیم فصل مشترک از قسمت دو انحنایی (محل برخورد دو منحنی) جسم صفحات افقی مرور می دهیم. اثر برخورد صفحات در نمای سطحی دایره است، زیرا جسم مخروط فرمی منتظم است.

– به شعاع از مرکز تا برخورد صفحات با قوس های دو طرف در نمای سطحی دایره ای رسم می کنیم.

این دوائر اثر برش صفحه در نمای سطحی را در نقاطی قطع می کند:

محل تقاطع را به صفحات مربوط در نمای اصلی منتقل کرده به یک دیگر وصل می کنیم.



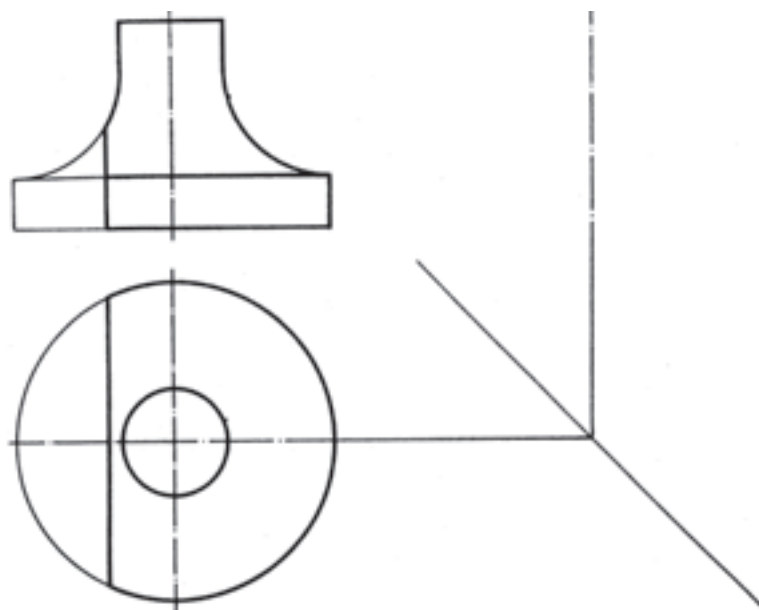
شکل ۴-۳۱

دایره‌ای مماس بر خط برش AB رسم کرده محل برخورد آن با خط محور را به نمای اصلی منتقل می‌کنیم. محل برخورد خط رابط با قوس پایان مخروط محل مرور اولین صفحه خواهد بود.

توجه: در این نوع نقشه‌ها محل مرور اولین صفحه را که نقطه‌ی برگشت منحنی است، بدون کمک از نمای جانبی نیز می‌توان تعیین کرد؛ بدین ترتیب که به مرکز O در نمای سطحی

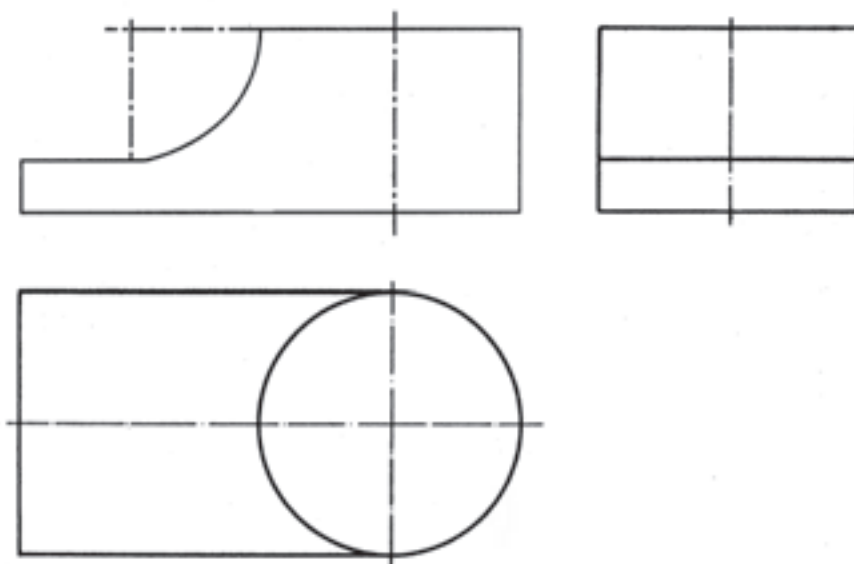
تمرین

۱- در نقشه‌ی داده شده نمای جانبی را ترسیم کنید (شکل ۴-۳۲).



شکل ۴-۳۲

۲- در سه نمای داده شده نمای اصلی را تکمیل نمایید (شکل ۴-۳۳).



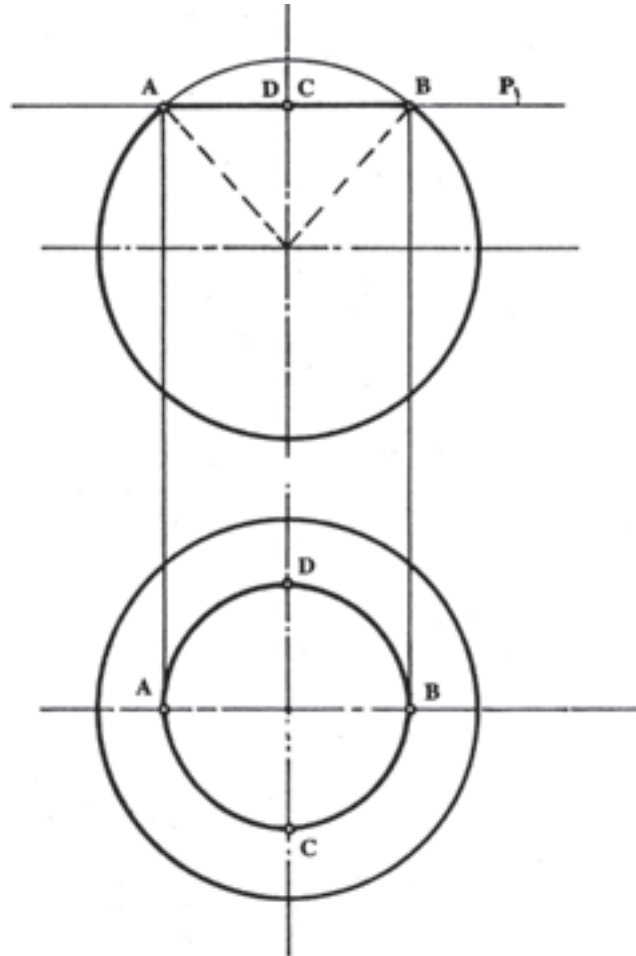
شکل ۴-۳۳

۴-۵- ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با کره

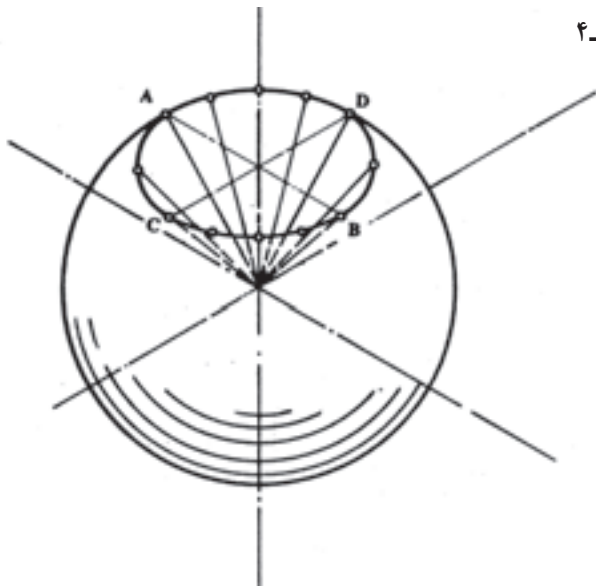
۴-۵-۱- برخورد صفحه‌ی افقی با کره: می‌دانیم

کره جسم دَوّاری است که فاصله‌ی کلیه‌ی نقاط واقع بر سطح

جانبی آن تا مرکز کره به یک اندازه است. در شکل ۴-۳۴ برخورد صفحه‌ی افقی P_1 و کره نشان داده می‌شود. هرگاه نقاطی مانند A, B, C, D واقع بر روی محیط سطح حاصل از برش را به مرکز کره وصل کنیم، مخروطی حاصل خواهد شد که رأس آن در



شکل ۴-۳۴



شکل ۴-۳۵

مرکز کره و سطح قاعده‌ی آن بر سطح جانبی کره واقع شده است (شکل ۴-۳۵).

نتیجه: سطح حاصل از برخورد صفحه‌ی مستوی در حالت‌های مختلف با کره، دایره است.

به این ترتیب، تصاویر حاصل از برخورد صفحات خاص با کره در نماهای مختلف بدین قرار است:

۱- اثر برخورد صفحه‌ی افقی با کره، دایره‌ی کامل در

نمای سطحی است.

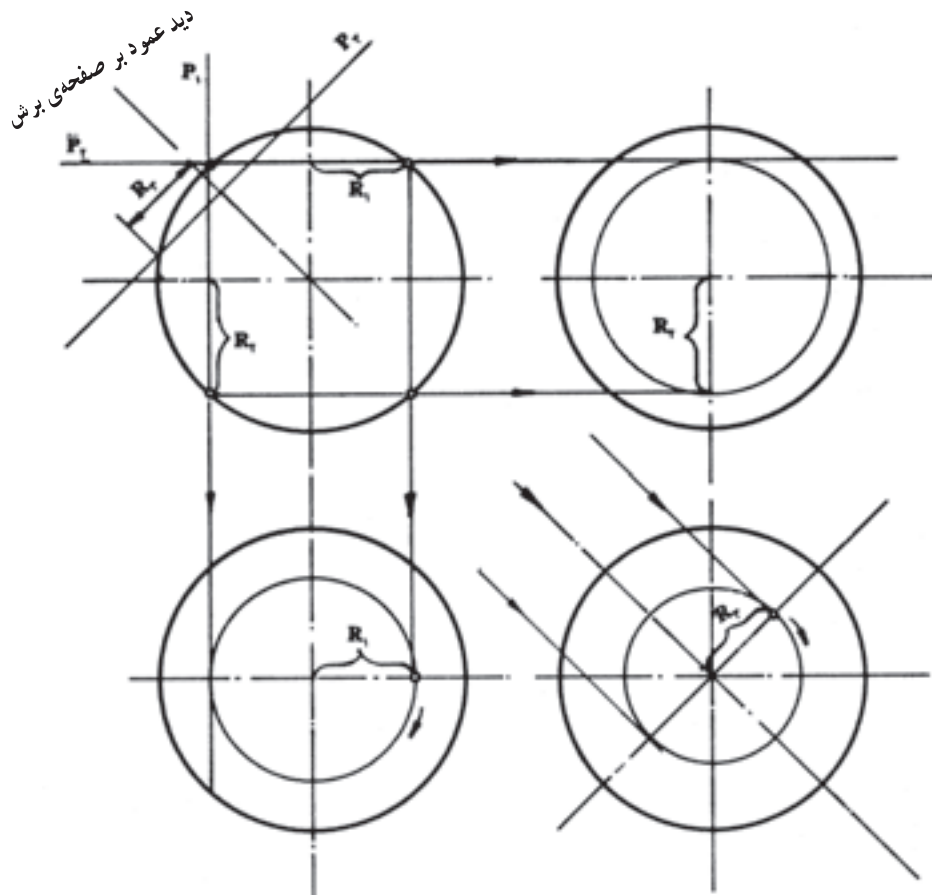
۲- اثر برخورد صفحه‌ی نیم‌رخ با کره، دایره کامل در

نمای جانبی است.

۳- اثر برخورد صفحه‌ی جبهی با کره، دایره کامل در نمای اصلی است.

۴- اثر برخورد صفحه‌ی منتصب با نمای اصلی، «بیضی» در دو نمای دیگر، «دایره» در نمای کمکی در امتداد عمود در

سطح برش است (شکل ۴-۳۶).
در این شکل، P_1 صفحه‌ی نیم رخ، P_2 صفحه‌ی افقی و P_3 صفحه‌ی منتصب است.



شکل ۴-۳۶

۲-۵-۴- تعیین تصویر نقطه‌ی فضایی در روی

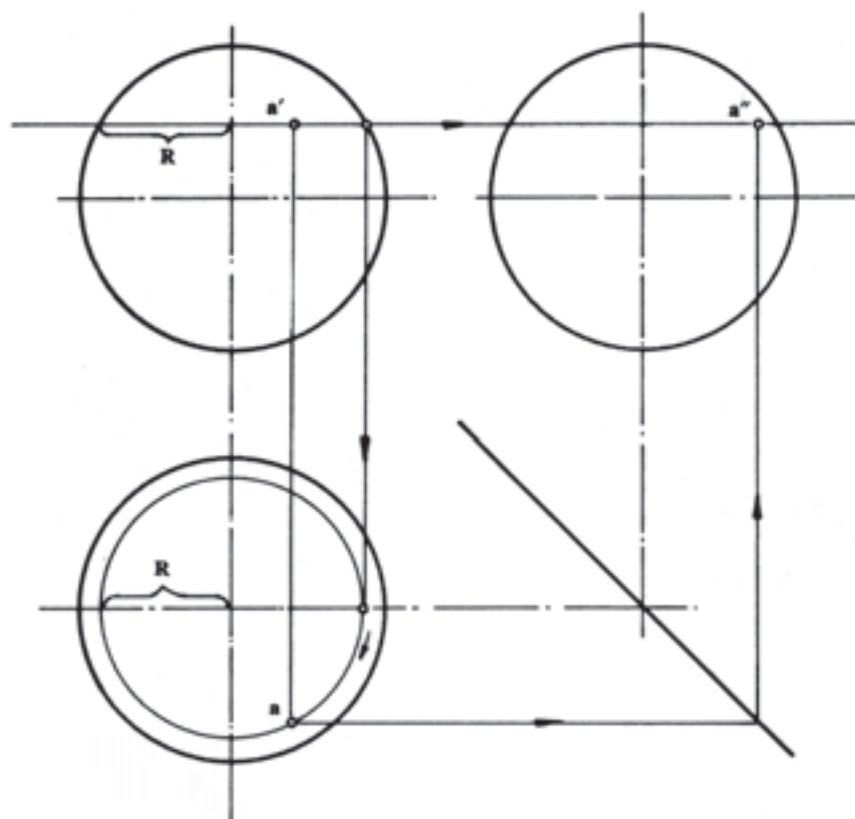
نماهای کره: در شکل ۴-۳۷ نقطه‌ی a' تصویر قائم نقطه‌ی فضایی A در سطح کره است. برای تعیین تصویر آن در دو نمای دیگر کافی است از نقطه‌ی a' صفحه‌ی افقی مرور بدهیم. حال تصویر حاصل از مرور صفحه را که دایره‌ی کامل است در نمای افقی رسم می‌کنیم. نقطه‌ی a' را رابط می‌کنیم؛ در نتیجه، محیط دایره را در نقطه‌ی a قطع می‌کند. نقطه‌ی a در روی دایره‌ای به شعاع R در روی کره قرار گرفته است. با رابط کردن آن به نمای جانبی موقعیت نقطه (تصویر) در نمای جانبی نیز به دست می‌آید. نقطه‌ی a'' (شکل ۴-۳۷).

۳-۵-۴- روش ترسیم فصل مشترک صفحه‌ی

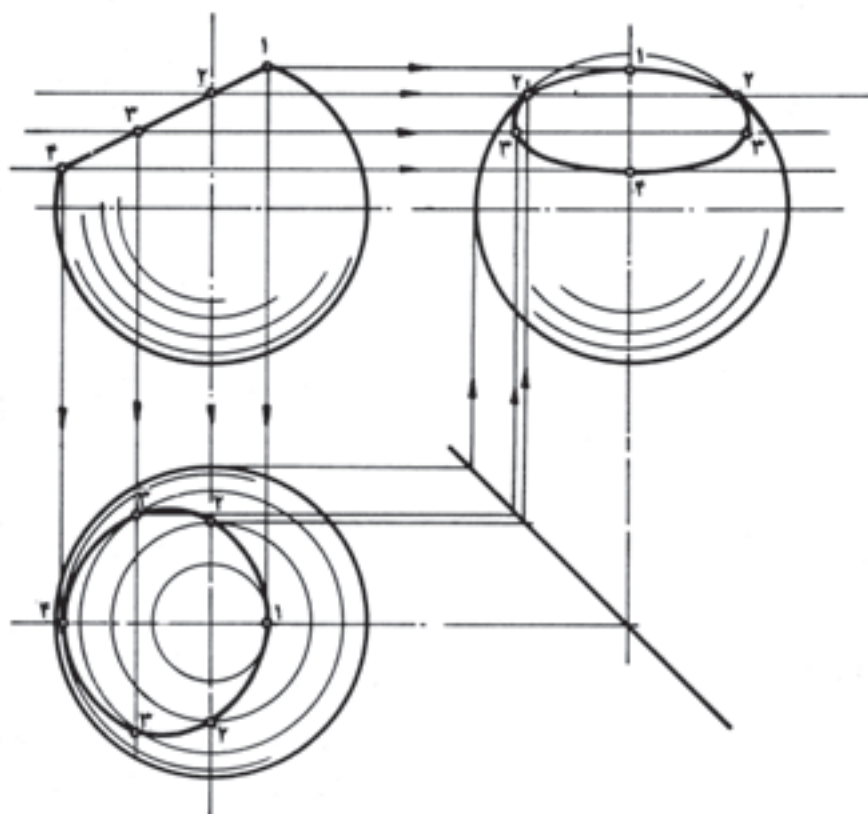
منتصب با کره: در شکل ۴-۳۸ برخورد صفحه‌ی منتصب با کره مفروض است. برای رسم سایر تصاویر به این ترتیب عمل می‌کنیم:

۱- با در نظر گرفتن نقاط ابتدا و انتهای فصل مشترک و محل برخورد آن با محور قائم کره، آن را به چند قسمت تقسیم و شماره گذاری می‌کنیم.

۲- از نقاط معین شده، صفحات افقی مرور داده دواير مربوط را که اثر برخورد صفحه‌ی افقی و کره است، در نمای سطحی رسم می‌کنیم.



شکل ۴-۳۷



شکل ۴-۳۸

جسم کروی با فصل مشترک U شکل حاصل از فرزکاری مفروض است. تصاویر فصل مشترک در نماهای جانبی و سطحی را ترسیم کنید.

روش کار: پس از ترسیم نمای اصلی و تعیین موقعیت نماهای سطحی و جانبی با مقیاس داده شده به این ترتیب عمل می‌کنیم:

۱- فصل مشترک U فرم اثر فرزکاری را به چند قسمت تقسیم و شماره گذاری می‌کنیم (از ۱-۱۰).

۲- از نقاط مفروض ۱ الی ۱۰ به ترتیب صفحات افقی مرور می‌دهیم؛ به نحوی که نمای جانبی را نیز قطع کند.

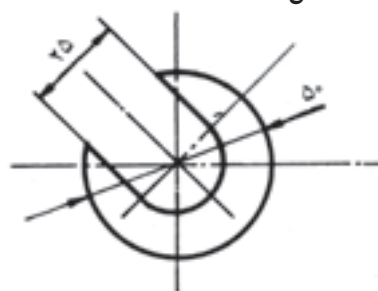
۳- دوائر حاصل از برخورد صفحات با کره را در نمای سطحی رسم می‌کنیم و نقاط واقع در روی هر صفحه را بر دایره مربوط رابط کرده نقاط حاصل را به یک‌دیگر وصل می‌کنیم.

۴- با استفاده از خطوط رابط و خط ۴۵ و تصاویر نقاط نمای جانبی را نیز تکمیل می‌کنیم (شکل ۴-۴۰).

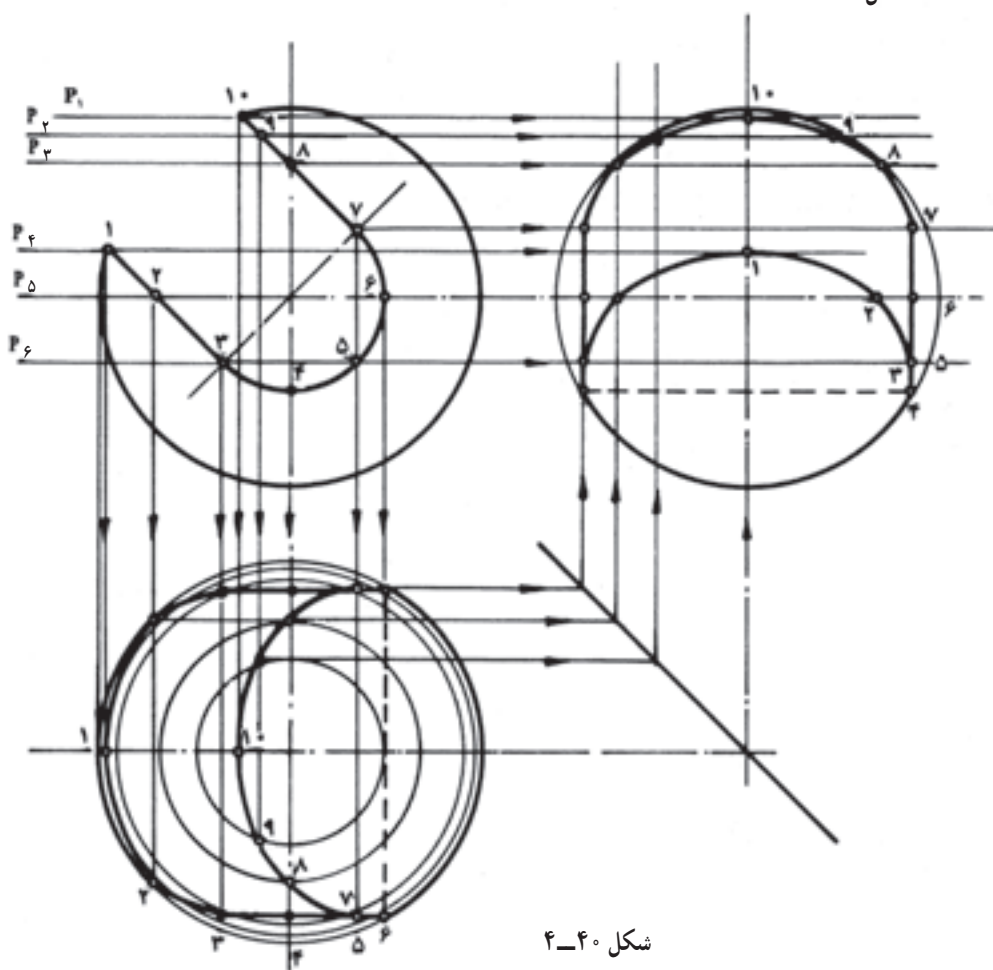
۳- نقاط مربوط به هر یک از صفحات را به نمای سطحی رابط می‌کنیم و محل تلاقی آن‌ها را به یک‌دیگر وصل می‌کنیم. «بیضی» حاصل تصویر فصل مشترک در نمای سطحی است.

۴- با استفاده از خط کمکی ۴۵ و امتداد صفحات مرور داده شده در نمای اصلی به طرف نمای جانبی، تصاویر نقاط مشخص شده را در نمای جانبی به یک‌دیگر وصل می‌کنیم (شکل ۴-۳۸).

از این روش برای ترسیم تصاویر کلیه‌ی فصل مشترک‌های حاصل از برخورد صفحات با کره استفاده می‌کنیم. مسئله (شکل ۴-۳۹):

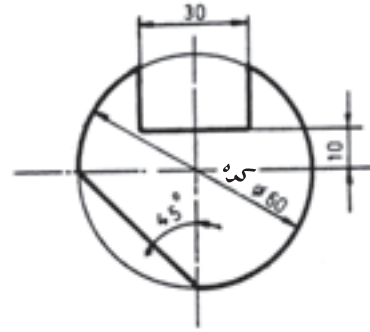


شکل ۴-۳۹



شکل ۴-۴۰

مسئله (شکل ۴۱-۴) :



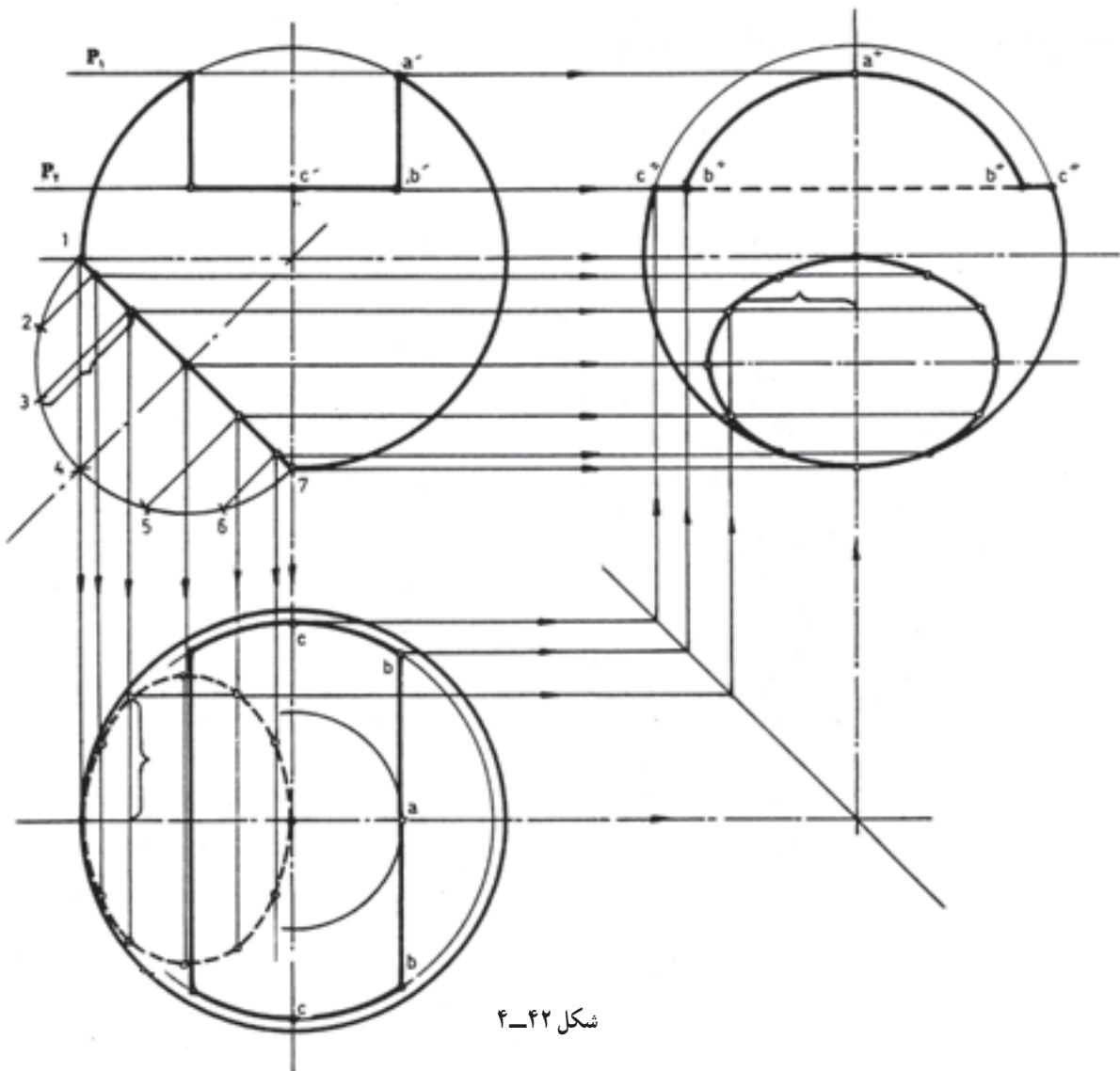
شکل ۴۱-۴

نماهای جانبی و سطحی را با خط نازک تعیین می‌کنیم. با استفاده از روش تقسیم بندی مقطع دایره جهت ترسیم بیضی حاصل از مورب قرار گرفتن آن :

۱- نیم دایره‌ی کمکی اثر صفحه در کره را به ۶ قسمت مساوی تقسیم کرده وترهای آن را رسم می‌کنیم (وتر ۳).
۲- با استفاده از روشی که در مبحث برخورد صفحه با استوانه ذکر شد، بیضی نمای سطحی و نمای جانبی را رسم می‌کنیم.

۳- با استفاده از روش مرور صفحه اثر برخورد شکاف در نمای اصلی را به کمک ترسیم دایره و خطوط رابط و خط ۴۵ نمای جانبی را تکمیل می‌کنیم (صفحات P_1 و P_2) (شکل ۴۲-۴).

جسم کروی با فصل مشترک‌های حاصل از عملیات براده برداری مفروض است. مطلوب است ترسیم تصاویر حاصل از فصل مشترک‌های برش در نماهای سطحی و جانبی.
حل: پس از ترسیم نمای اصلی با مقیاس داده شده، موقعیت



شکل ۴۲-۴

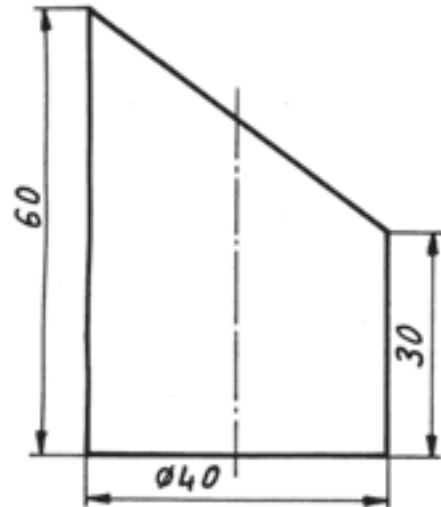
بر اساس تک‌نمای داده شده مطلوب است ترسیم :

۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

۳- نمای جانبی.

با مقیاس ۱:۱



شکل ۴۳-۴

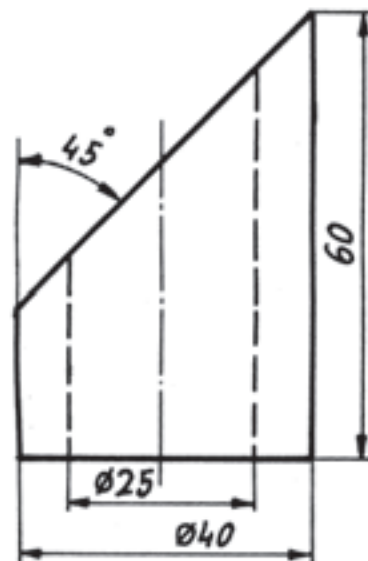
بر اساس تک‌نمای داده شده مطلوب است ترسیم :

۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

۳- نمای جانبی.

با مقیاس ۱:۱



شکل ۴۴-۴

با استفاده از تک‌نمای داده شده این نماها را ترسیم نمایید.

۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

۳- نمای جانبی.

با مقیاس ۱:۱



شکل ۴۵-۴

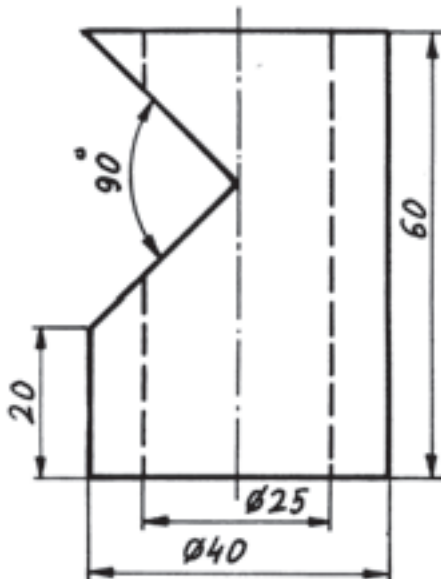
با استفاده از تک‌نمای مورد نظر این نماها را ترسیم کنید :

۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

۳- نمای جانبی.

با مقیاس ۱:۱



شکل ۴۶-۴

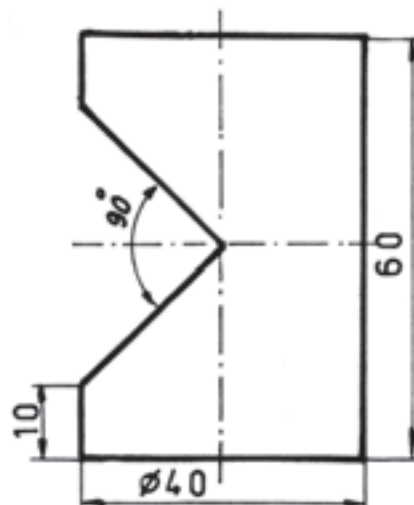
بر اساس تک‌نمای داده شده مطلوب است ترسیم :

۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

۳- نمای جانبی.

با مقیاس ۱:۱



شکل ۴۷-۴

با استفاده از دو نمای داده شده این نماها را رسم کنید :

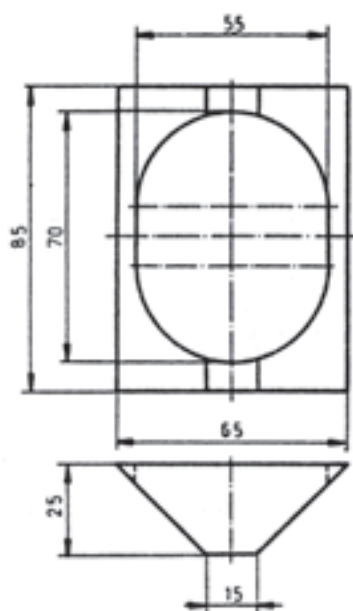
۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

تمرین

از نقشه‌ی روبه‌رو مطلوب است :

- رسم نمای جانبی با مقیاس ۱:۱ (شکل ۴۹-۴).



شکل ۴۹-۴

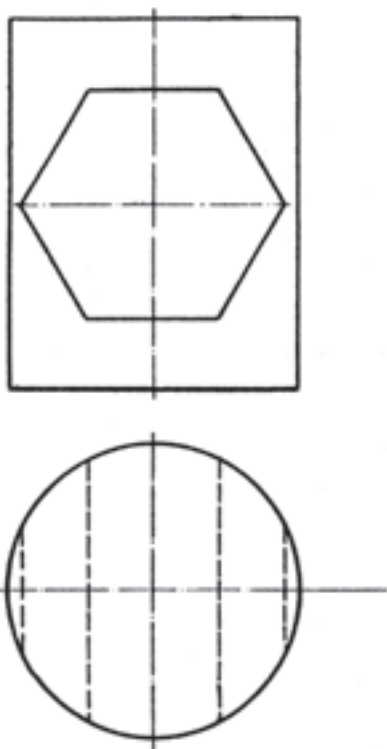
۳- نمای جانبی.

با مقیاس ۱:۱



شکل ۴۸-۴

از دو نمای داده شده مطلوب است :
 - رسم نمای جانبی با مقیاس ۱:۱ (شکل ۴-۵۰).



شکل ۴-۵۰

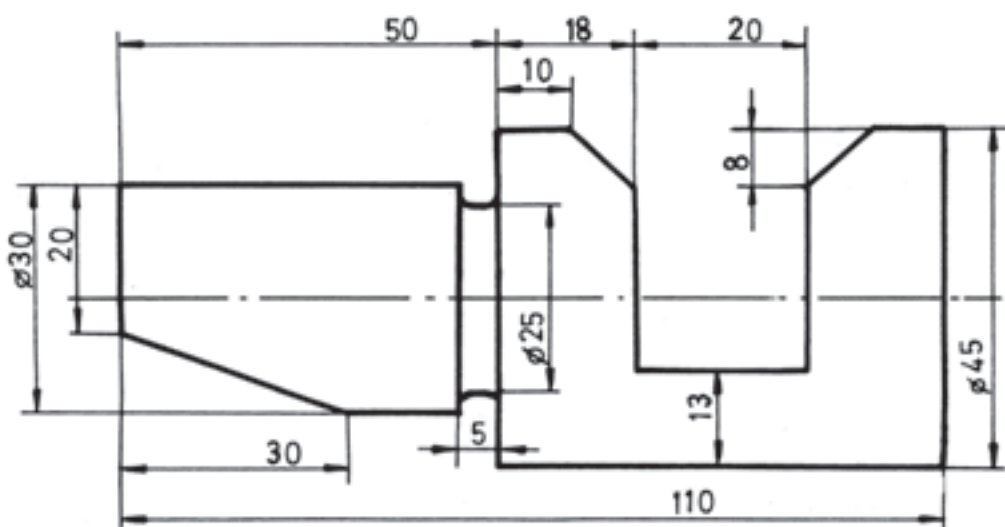
براساس تک‌نمای داده شده این نماها را رسم نمایید :

۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

۳- نمای جانبی.

با مقیاس ۱:۱



شکل ۴-۵۱

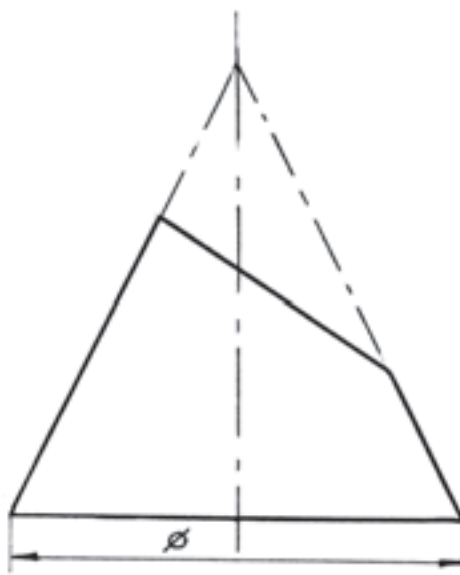
با استفاده از تک‌نمای داده شده این نماها را ترسیم نمایید :

۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

۳- نمای جانبی.

با مقیاس ۱: ۱



شکل ۴-۵۲

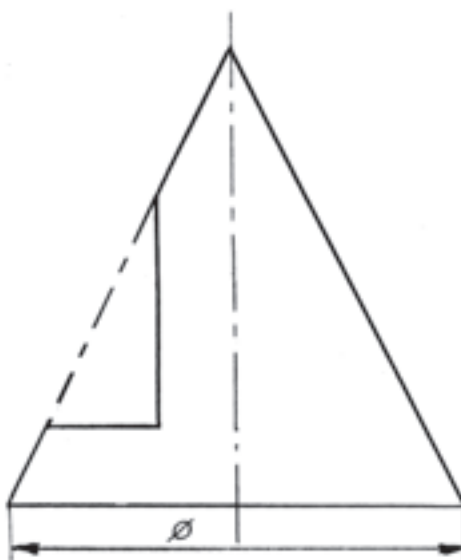
بر اساس تک‌نمای داده شده مطلوب است ترسیم :

۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

۳- نمای جانبی.

با مقیاس ۱: ۱



شکل ۴-۵۳

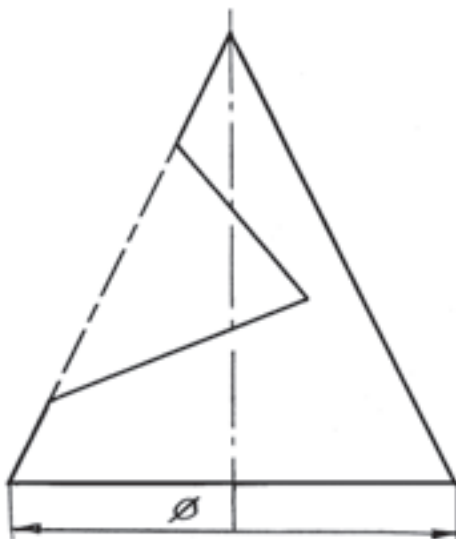
با استفاده از تک‌نمای مورد نظر این نماها را رسم کنید :

۱- نمای اصلی،

۲- نمای سطحی،

۳- نمای جانبی.

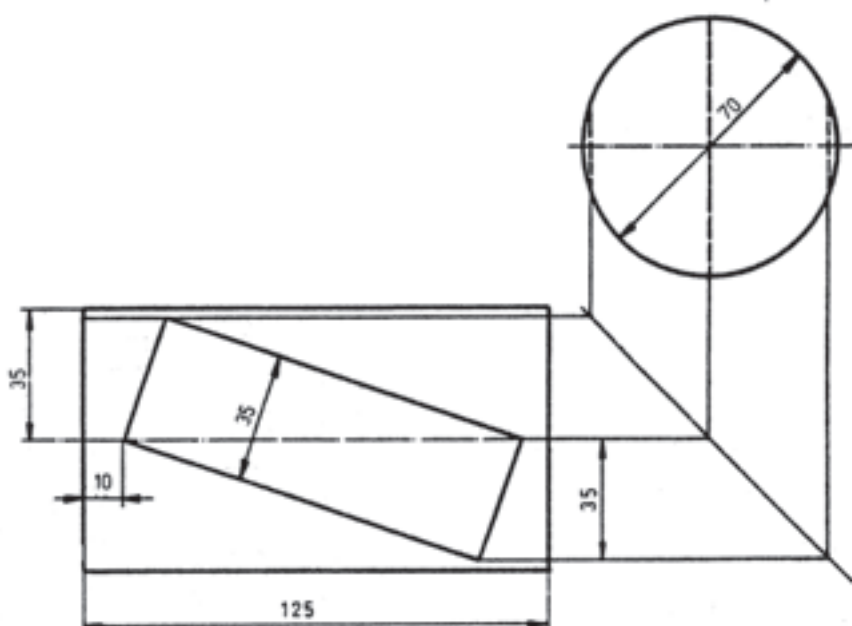
با مقیاس ۱:۱



شکل ۴-۵۴

از دو نمای داده شده در سمت چپ مطلوب است :

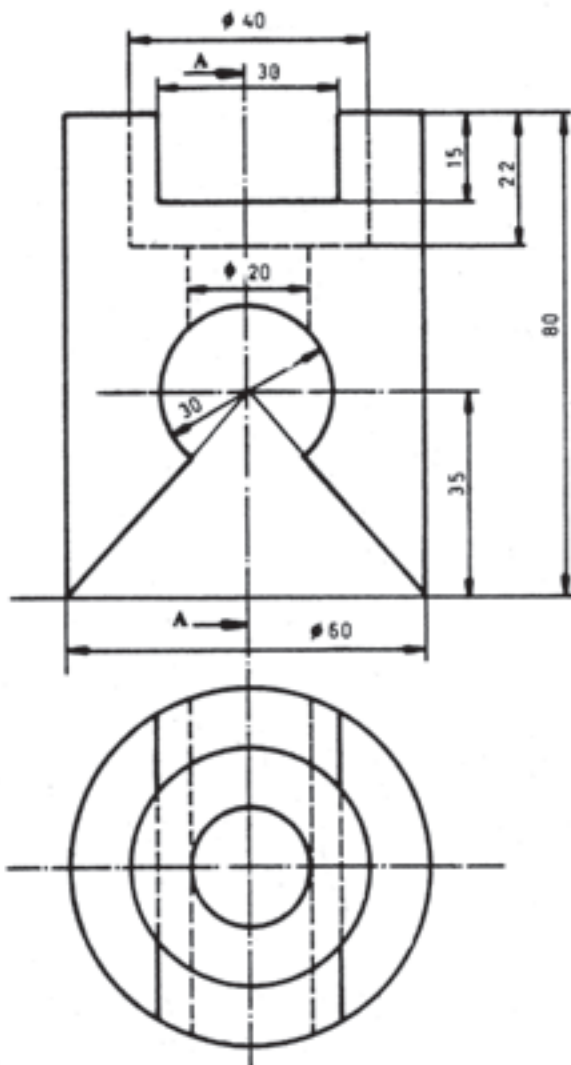
- رسم نمای اصلی (از شکل ۴-۵۵). با مقیاس ۱:۱



شکل ۴-۵۵

مطلوب است :

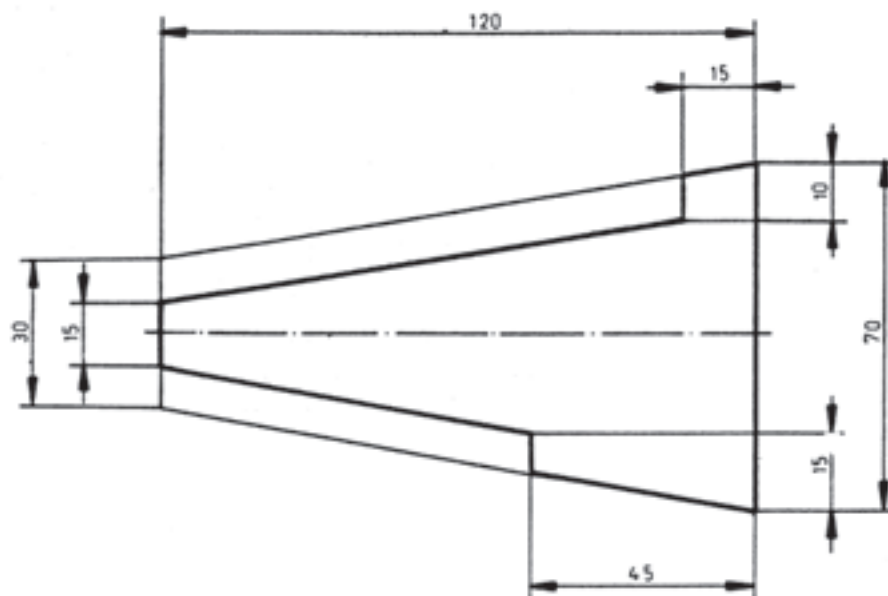
رسم و تکمیل سه تصویر از (شکل ۴-۵۶). با مقیاس ۱:۱



شکل ۴-۵۶

مطلوب است :

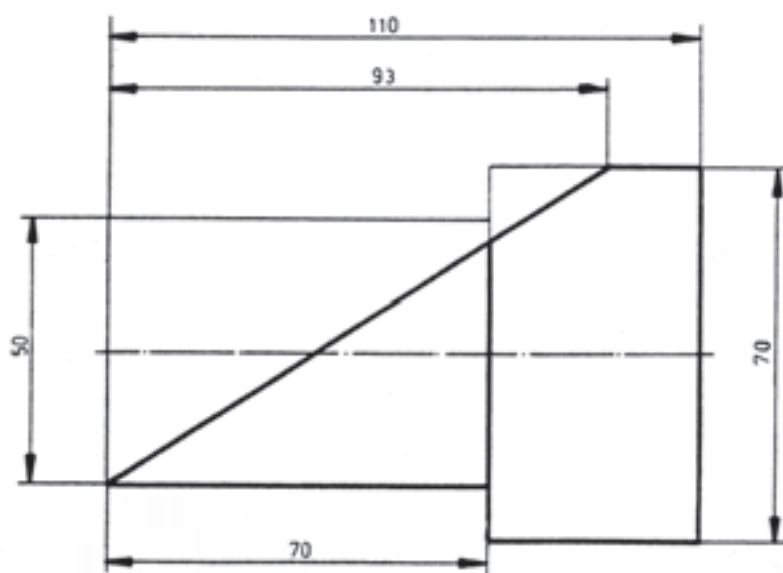
رسم و تکمیل سه تصویر از شکل ۴-۵۷ با مقیاس ۱:۱.



شکل ۴-۵۷

مطلوب است :

رسم و تکمیل سه تصویر از شکل ۴-۵۸ با مقیاس ۱:۱

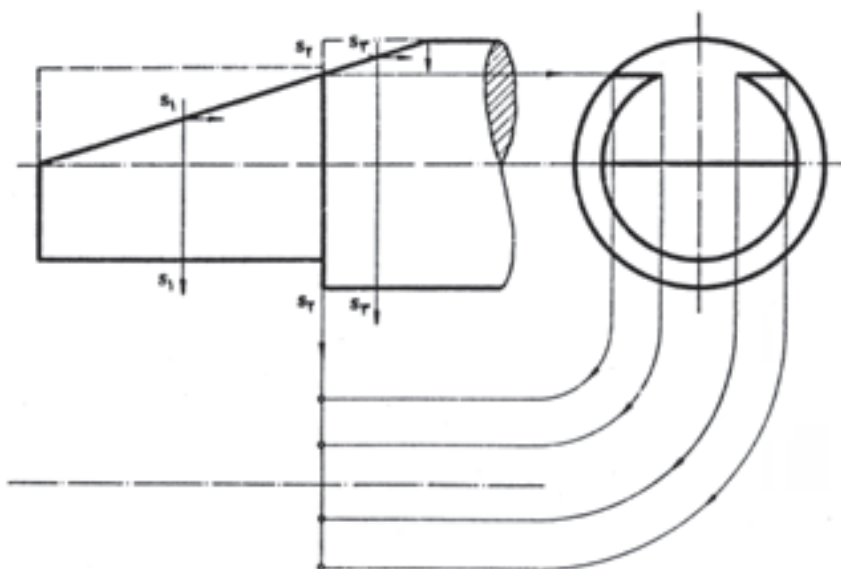


شکل ۴-۵۸

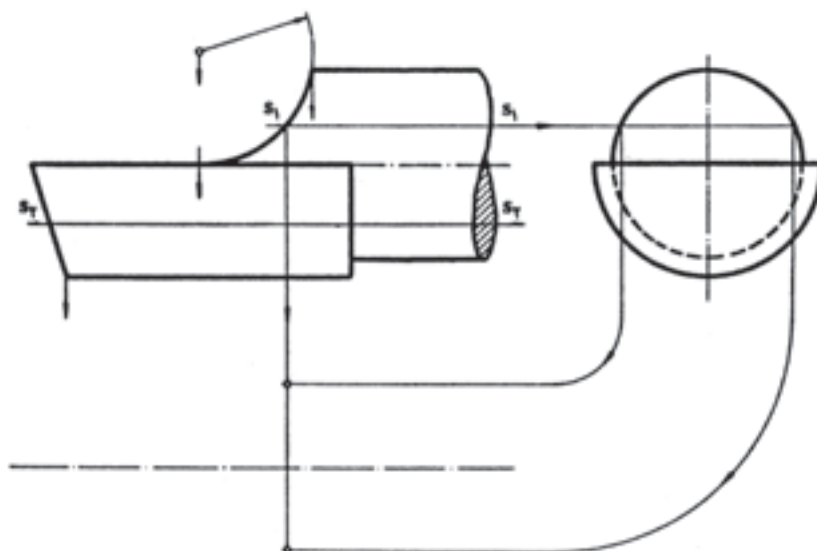
مطلوب است :

رسم و تکمیل سه نما از شکل‌های ۴-۵۹ و ۴-۶۰ با

مقیاس ۱:۲ (اندازه‌گیری از روی نقشه).



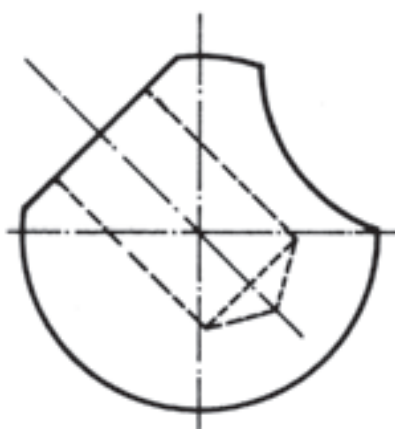
شکل ۴-۵۹



شکل ۴-۶۰

مطلوب است :

رسم و تکمیل سه نما از اجسام کروی (شکل های ۴-۶۱ و ۴-۶۲ و ۴-۶۳) با مقیاس ۱:۲ (اندازه گیری از روی نقشه های داده شده).



شکل ۴-۶۳

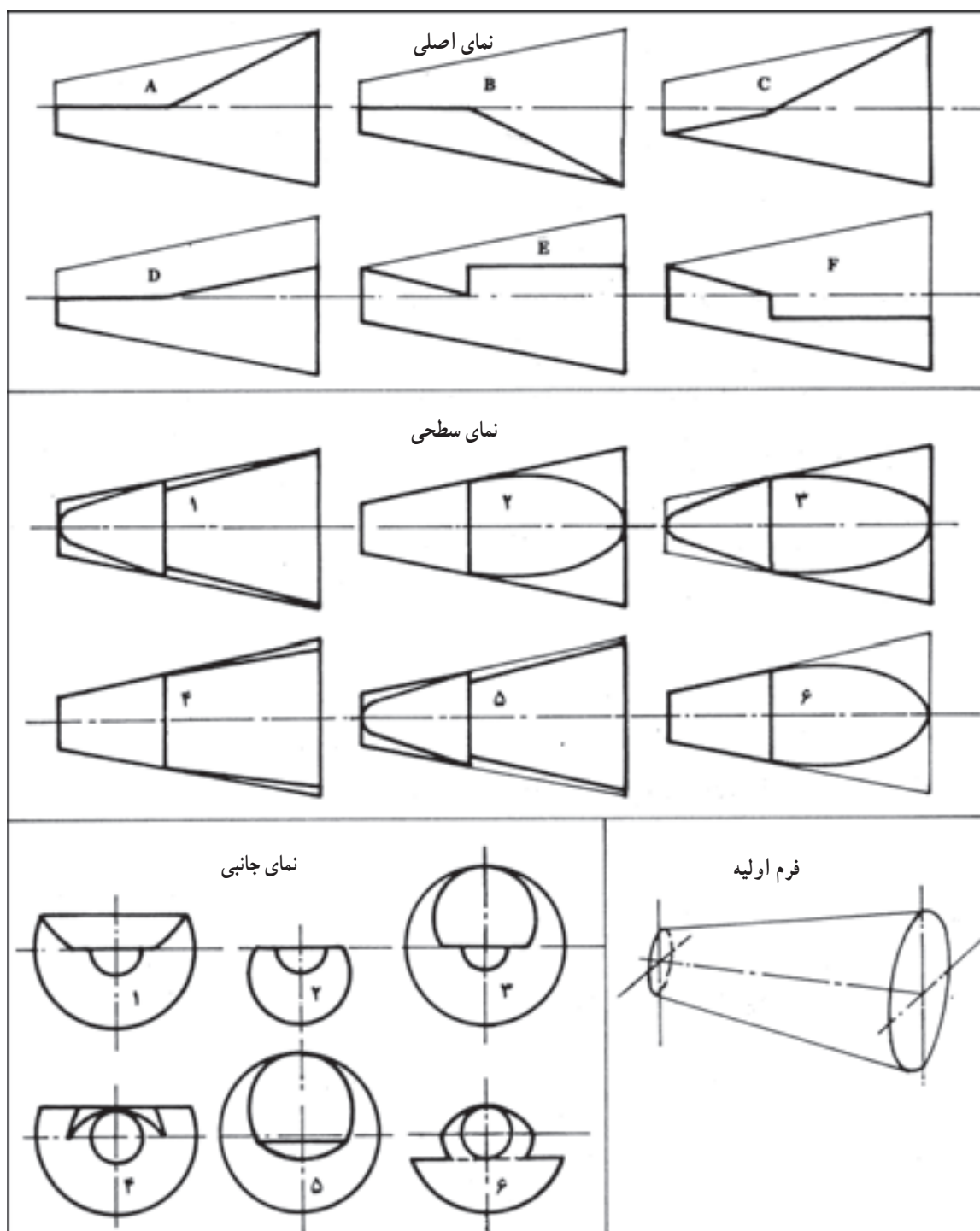


شکل ۴-۶۲



شکل ۴-۶۱

براساس دستورهای مندرج در جدول عمل کنید :



شماره‌های نمای سطحی و نمای جانبی را در زیر نمای اصلی مربوط بنویسید.	نمای اصلی	A	B	C	D	E	F
	نمای سطحی						
	نمای جانبی						

شکل ۴-۶۴

ترسیم فصل مشترک برخورد اجسام (احجام)

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

- فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه در حالت‌های مختلف را به روش مرور صفحه ترسیم کند.
- روش دواير مرکزی را توضیح دهد.
- فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه در حالت خاص را به روش دواير مرکزی رسم کند.
- فصل مشترک برخورد مخروط با مخروط و احجام دیگر در حالت خاص را به روش دواير مرکزی رسم نماید.
- فصل مشترک برخورد کره با کره و احجام دیگر را به روش مرور صفحه رسم کند.

۵- ترسیم فصل مشترک برخورد اجسام

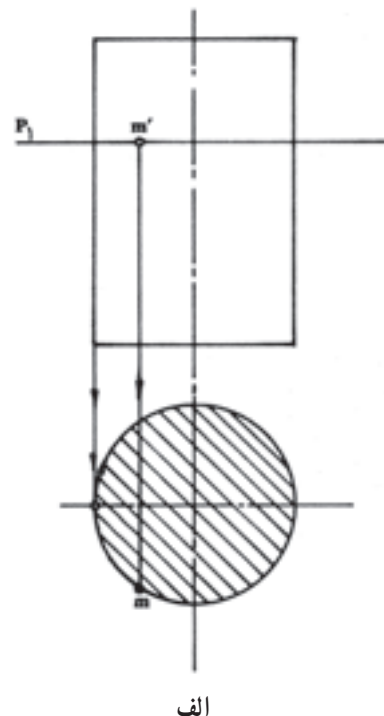
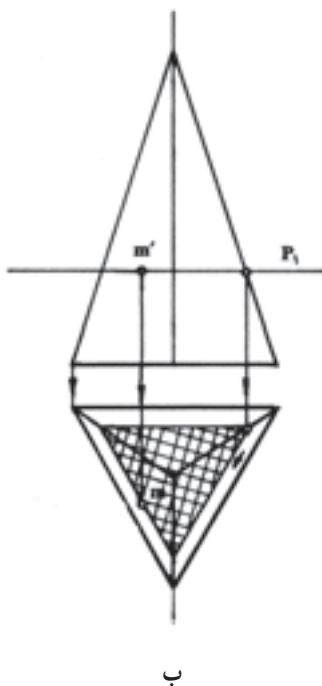
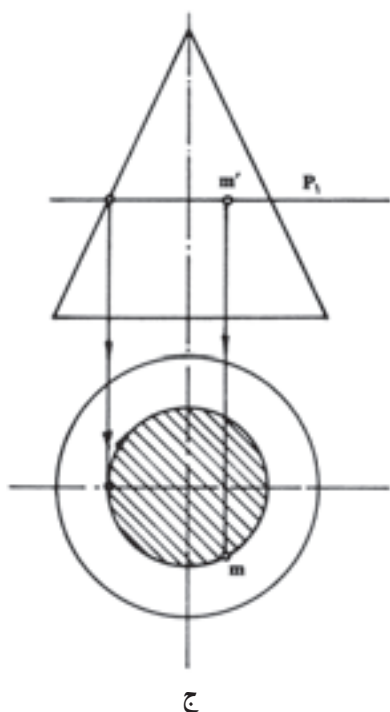
روش مرور صفحه: در این روش با استفاده از مشخصات

صفحات خاص تصویر که در مباحث قبل دیدیم، مکان هندسی نقاطی را که در یک نما یا معلومات مسئله نشان داده می‌شود، می‌توان در سایر نماها مشخص کرد. بند الف، ب، ج (شکل ۱-۵).

در این درس فصل مشترک اجسام را به دو روش بررسی

می‌کنیم :

- روش مرور صفحه (روش عام).
- روش ترسیم دواير مرکزی (روش خاص).



شکل ۱-۵

روش مرور صفحه‌ی ترسیم در فصل مشترک برخورد کلیه‌ی اجسام با سطوح مستوی و دوار (یک انحنایی و دو انحنایی) می‌تواند کاربرد داشته باشد.

۱-۵- ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه (مقارن) با استفاده از روش مرور صفحه

در شکل ۵-۲ قوس AB اثر برخورد دو استوانه‌ی مقارن مشخص شده است. روش ترسیم تصویر فصل مشترک مذکور در نماهای دیگر بدین قرار است :

۱- قوس AB را به چند قسمت تقسیم و نقاط تقسیم را شماره‌گذاری می‌کنیم.

۲- از نقاط منتخب صفحات افقی مرور می‌دهیم.

در مباحث قبل دیدیم که اثر صفحات افقی در استوانه دوایی است که بر روی سطح قاعده منطبق می‌شود.

۳- تصاویر حاصل از مرور صفحات را از طریق خط

۴۵ به نمای جانبی انتقال می‌دهیم تا به ترتیب امتداد صفحات

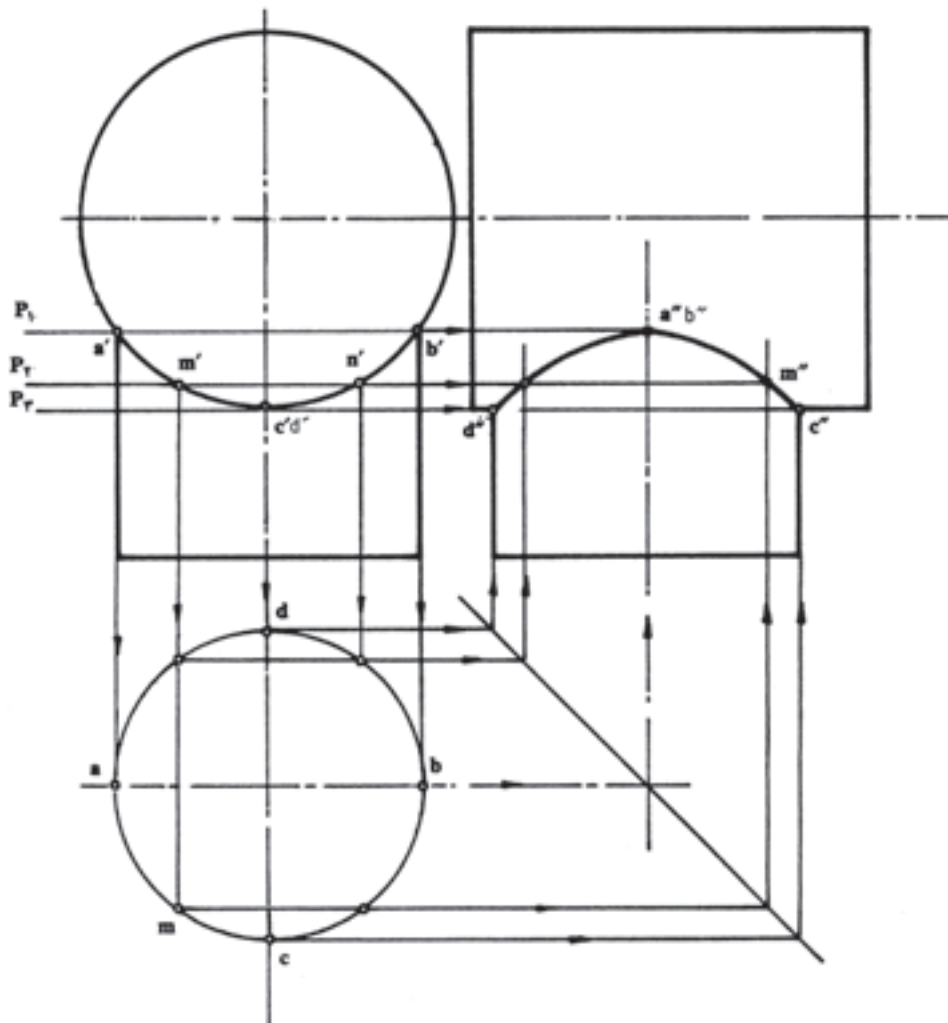
مربوط را قطع کند (d'', c'', m'', a'').

۴- نقاط حاصل را به یک‌دیگر وصل می‌کنیم. «منحنی»

حاصل تصویر فصل مشترک برخورد دو استوانه در نمای جانبی است.

توجه : مرور صفحه از محل برخورد خط محور و فصل

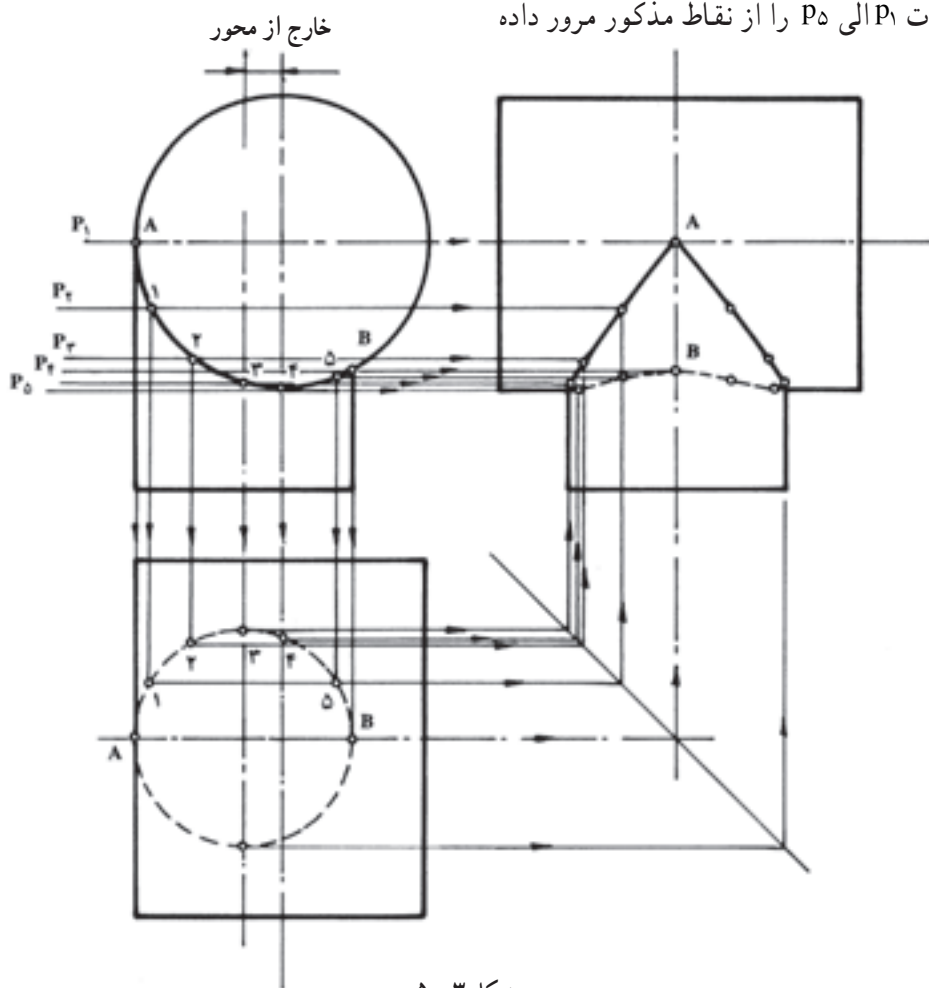
مشترک، هم‌چنین ابتدا و انتهای آن کاملاً ضروری است (شکل ۵-۲).



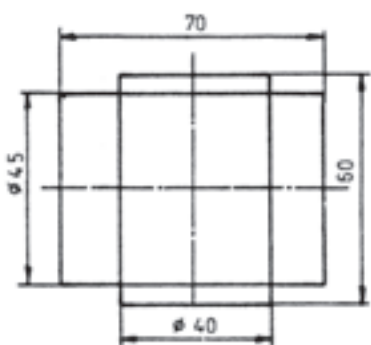
شکل ۵-۲

۱-۱-۵- ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه (خارج از محور) با استفاده از روش مرور صفحه: در شکل ۵-۳ قوس AB اثر برخورد دو استوانه به صورت خارج از محور (غیر متقارن) مشخص شده است. روش ترسیم تصویر فصل مشترک مذکور در نمای جانبی بدین قرار است: ۱- فصل مشترک برش قوس AB را به چند قسمت تقسیم کرده نقاط تقسیم را شماره گذاری می کنیم (۱-۵).

۲- صفحات P_1 الی P_5 را از نقاط مذکور مرور داده



شکل ۵-۳



شکل ۵-۴

ممکن است مسائل برخورد استوانه با استوانه به نحوی مطرح شود که فصل مشترک برش در نمای اصلی مشخص نباشد؛ مانند مسئله زیر.

مسئله: شکل ۵-۴ برخورد دو استوانه به صورت متقارن در نما را نشان می دهد. مطلوب است ترسیم فصل مشترک در نمای اصلی:

امداد می دهیم تا نمای جانبی را قطع کند. ۳- با استفاده از خطوط رابط و خط کمکی ۴۵ مطابق روشی که در حالت قبلی توضیح داده شد، تصاویر نقاط ۱ الی ۵ را در نمای جانبی پیدا کرده به یک دیگر وصل می کنیم. نقاط a' و b' شروع و خاتمه ی فصل مشترک در نمای اصلی، جزء نقاطی هستند که صفحات افقی از آن ها مرور داده شده است (شکل ۵-۳).

حل:

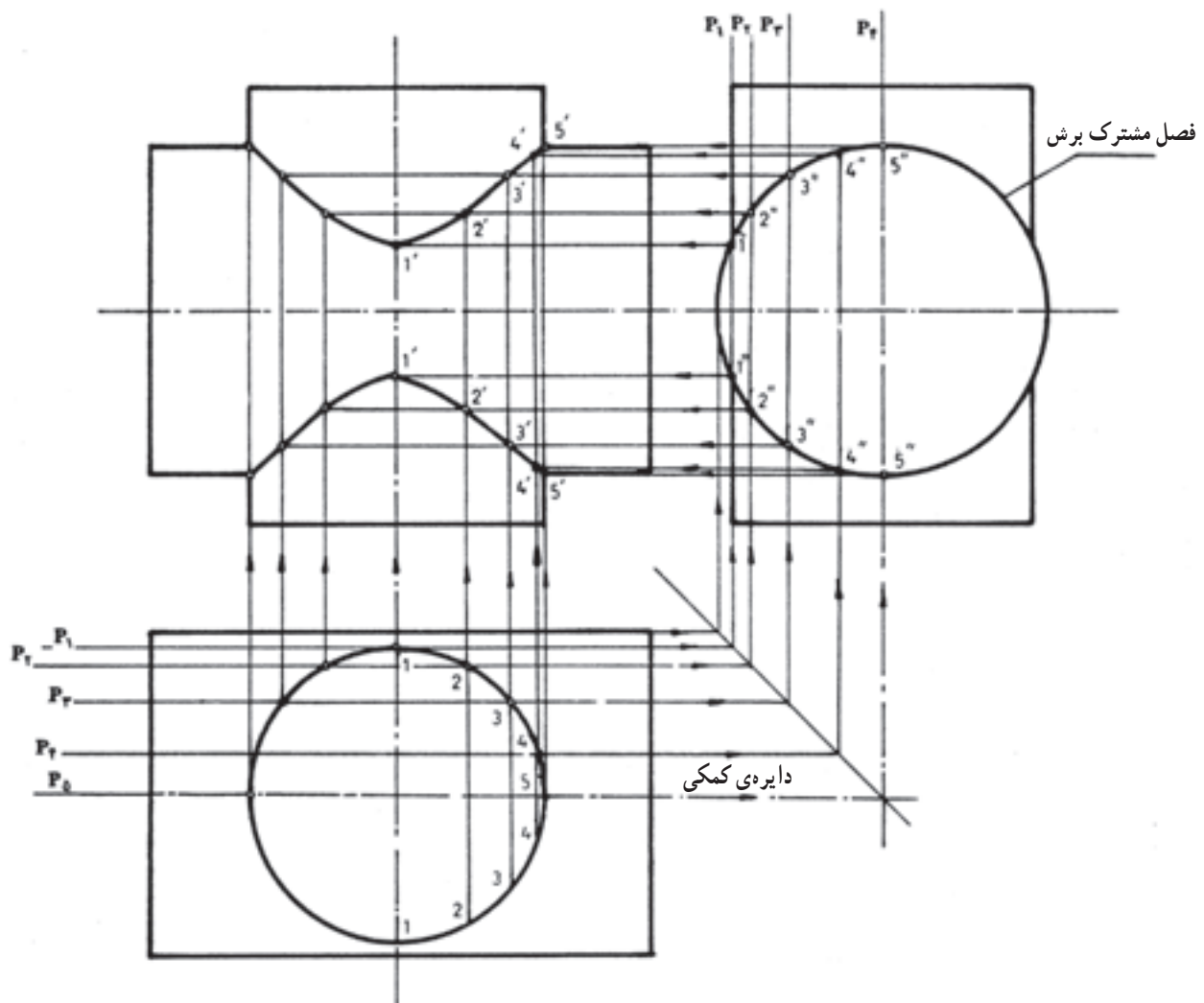
۱- نمای اصلی و سطحی را مطابق مقیاس داده شده ترسیم می‌کنیم. در نمای سطحی مقطع استوانه‌ای قائم اثر برخورد دو استوانه است؛ به مفهوم دیگر، دایره‌ی مقطع فصل مشترک عبور مته‌ای است به قطر ۴۰ میلی‌متر تا پس از سوراخ کاری استوانه‌ی قائم از آن عبور کند.

۲- نقاطی چند (۱-۵) در روی این فصل مشترک انتخاب می‌کنیم. این چند نقطه در روی سطح جانبی استوانه‌ی افقی قرار دارند.

۳- از طریق خطوط رابط و خط ۴۵ تصاویر نقاط

مفروض را در مقطع استوانه‌ی افقی که در سمت راست به شکل دایره کمکی ترسیم شده پیدا می‌کنیم.

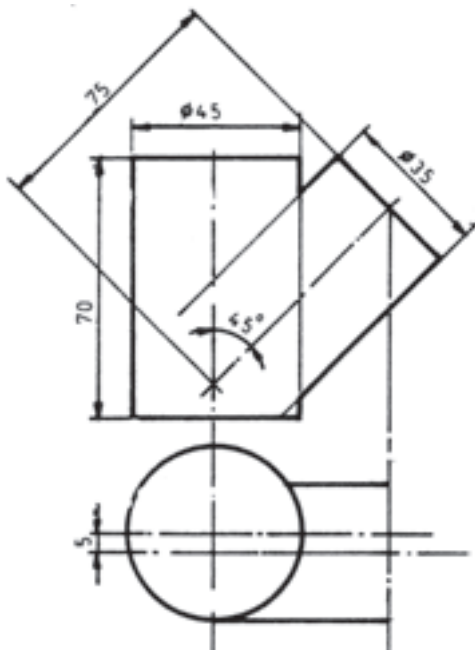
۴- تصاویر نقاط در نمای سطحی و جانبی را به نمای اصلی رابط می‌کنیم. محل برخورد آن‌ها روی فصل مشترک برخورد دو استوانه خواهند بود. نقاط را به یک‌دیگر وصل می‌کنیم. منحنی‌های حاصل اثر برخورد استوانه در استوانه یا عبور ابزار برش از استوانه خواهد بود. توجه کنید که در واقع نقاط انتخابی محل عبور صفحات جبهی از نمای اصلی بوده که آثار آن‌ها در نمای سطحی و جانبی خط مستقیم و در نمای اصلی منحنی‌ها حاصل است (شکل ۵-۵).



شکل ۵-۵ - روش ترسیم تصاویر مقاطع مورب استوانه در نمای مختلف

شکل ۵-۶ برخورد دو استوانه را که به صورت مایل و با پنج میلی‌متر خارج از محور در نمای سطحی مفروض است،

۱-۲-۵- ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه‌ی مایل در استوانه قائم به صورت خارج از محور: در

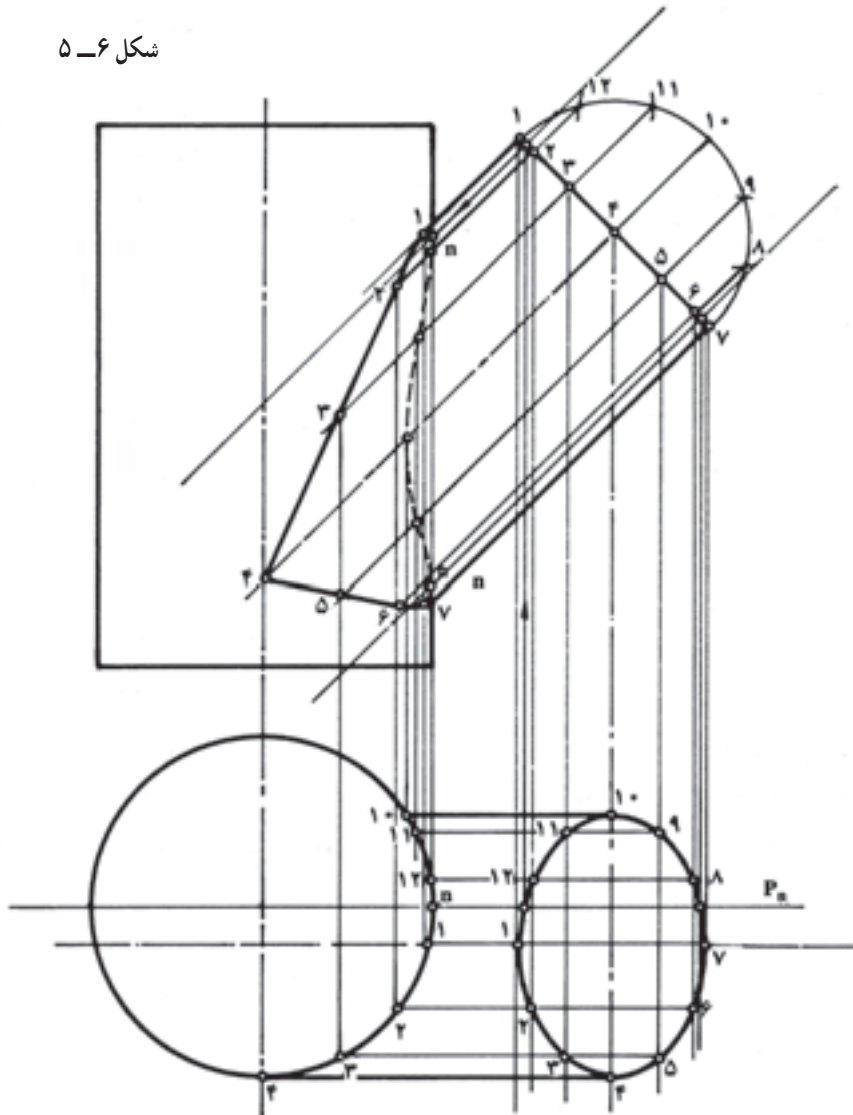


شکل ۵-۶

مشاهده می کنید. برای ترسیم فصل مشترک برخورد دو نمای اصلی به این ترتیب عمل می کنیم :

۱- نمای اصلی و سطحی را با مقیاس داده شده با خط کم رنگ و نازک طرح می کنیم. برای رسم فصل مشترک ترسیم بیضی، مقطع استوانه‌ای مایل در نمای سطحی ضروری است.
۲- بیضی مقطع را به روش خط کشی سطح جانبی استوانه‌ای مایل مطابق با دستورالعمل داده شده در بند ۲-۳ ترسیم می کنیم.

۳- نقاط برخورد خطوط با قوس را به نمای اصلی انتقال داده محل برخورد آن‌ها را با امتدادهای موجود در نمای اصلی مشخص و به یک دیگر وصل می کنیم. «منحنی» حاصل فصل مشترک برخورد در نمای اصلی است (شکل ۵-۷).



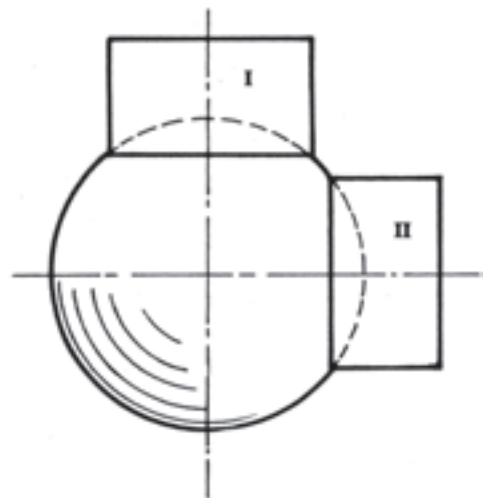
شکل ۵-۷

توجه: در این جا علاوه بر خطوط موجود که اثر صفحات منتصب P_1 تا P_v است، صفحه‌ی کمکی دیگری را (P_n) طوری مرور دادیم که از مرکز استوانه‌ی قائم بگذرد و نقطه‌ی n محل برگشت منحنی در قسمت بالا و پایین را مشخص کند (شکل ۵-۷).

۲- ۵- روش دوایر مرکزی (روش خاص)

از این روش هنگامی استفاده می‌شود که محورهای دو جسم دوار در داخل جسم هم‌دیگر را قطع کنند یا در نمای سطحی تقارن داشته باشند برای درک بیش‌تر، این توضیحات را بی‌می‌گیریم:

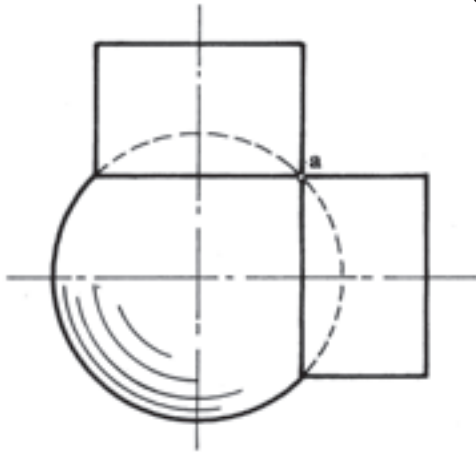
۱- در شکل ۵-۸ دو استوانه‌ی توخالی جدار نازک را (در این جا ضخامت صفر فرض شده است) با 90° اختلاف روی ساچمه کروی قرار داده‌ایم. قسمتی از عدسی کره در داخل استوانه قرار گرفته است و دهانه‌ی لوله بدون تغییر به صورت خط صاف در روی ساچمه دیده می‌شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، استوانه‌های I و II هیچ‌گونه ارتباطی با هم‌دیگر ندارند (شکل ۵-۸).



شکل ۵-۸

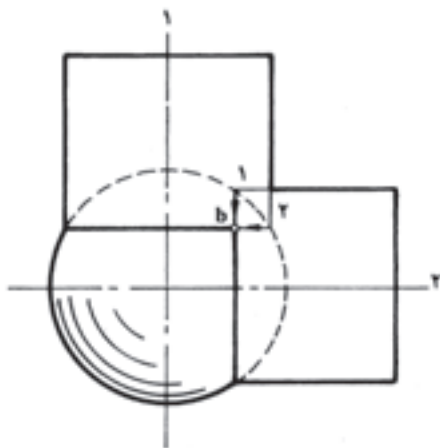
۲- در شکل ۵-۹ ساچمه کمی کوچک‌تر انتخاب شده است (قطر استوانه‌ها ثابت مانده است)؛ به طوری که قسمت بیش‌تری از عدسی کره‌ی داخل استوانه‌ها نفوذ کرده امکان رسیدن دو استوانه را به هم‌دیگر فراهم کرده است. نقطه‌ی a اولین نقطه‌ی ارتباط، مابین دو استوانه است که

در روی دایره‌ی عظیمه‌ی ساچمه‌ی کروی قرار گرفته است. از طرفی نقطه‌ی a محل برخورد مقاطع استوانه‌های I و II است که در آن نقطه نسبت به هم و مراکز یک‌دیگر عمود هستند (شکل ۵-۹).



شکل ۵-۹

۳- در شکل ۵-۱۰ قطر ساچمه کروی را باز هم کوچک‌تر انتخاب می‌کنیم (قطر استوانه‌ها ثابت است). ملاحظه می‌شود که این بار ساچمه به مقدار بیش‌تری در داخل استوانه‌ها نفوذ کرده با ادغام قسمتی از گوشه‌های دو استوانه I و II در هم‌دیگر، نقطه‌ی جدیدی در روی ساچمه به وجود آمده است. نقطه‌ی b محل برخورد مقاطع دو استوانه در روی سطح جانبی ساچمه‌ی کروی است.



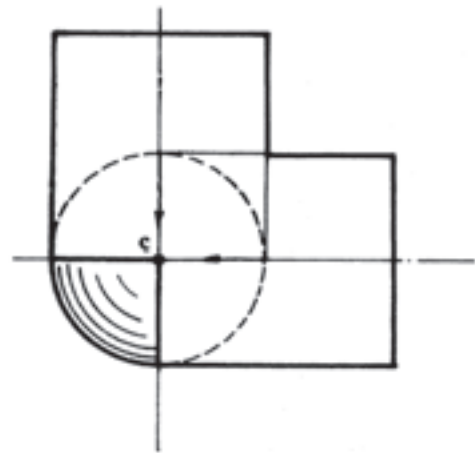
شکل ۵-۱۰

علاوه بر آن، نقطه‌ی b محل برخورد خطوطی است که از نقاط ۱ و ۲ حاصل از برخورد دایره‌ی عظیمه با امتداد استوانه‌هاست. خطوط اخراج شده از نقاط ۱ و ۲ به ترتیب

عمود بر محور استوانه‌های مربوط است.

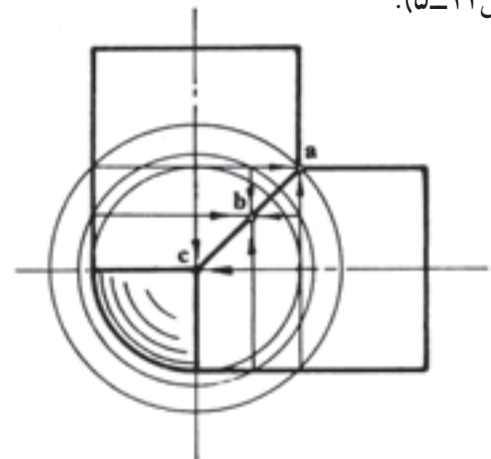
در نهایت، نقطه‌ی b محل برخورد یالهای ۱ و ۲ از دو استوانه بوده در روی سطح جانبی ساچمه‌ی کروی قرار گرفته است (شکل ۵-۱۰).

۴- در شکل ۵-۱۱ قطر ساچمه به اندازه‌ی قطر استوانه انتخاب شده است. ملاحظه می‌شود که در این مرحله ساچمه تا نصف دایره‌ی عظیمه‌ی داخل استوانه‌ها نفوذ کرده است و نقطه‌ی C محل برخورد دو سطح قاعده‌ی استوانه‌های I و II در روی مرکز ساچمه قرار گرفته است. کلیه‌ی مشخصات و توضیحات درباره‌ی مرحله‌ی ۳ در این مرحله نیز صادق است (شکل ۵-۱۱).



شکل ۵-۱۱

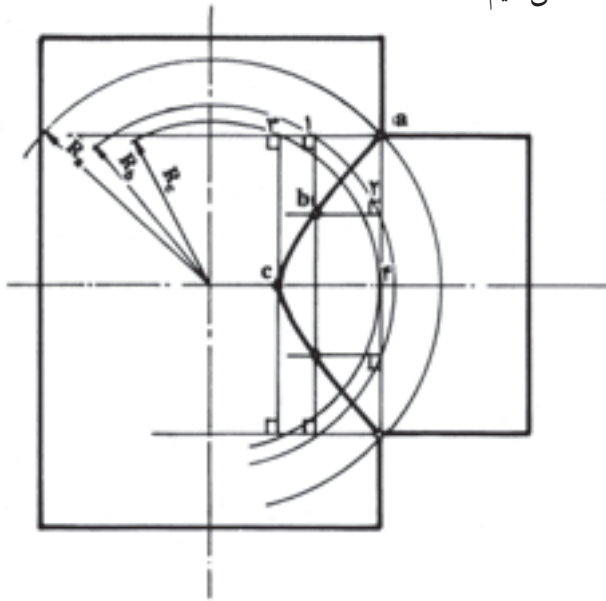
نتیجه: با اندکی دقت درمی‌یابیم که نقاط a, b, c واقع بر روی فصل مشترک برخورد استوانه‌های I و II در مراحل سه‌گانه، محل برخورد خطوطی است که از نقاط تلاقی دواير عظیمه با امتداد استوانه‌ها بر محورهای مربوط عمود اخراج شده‌اند (شکل ۵-۱۲).



شکل ۵-۱۲

۳-۵ ترسیم فصل مشترک محل برخورد استوانه در استوانه (حالت خاص) به روش دواير مرکزی (ساچمه‌ای)

با بهره‌گیری از توضیحات مندرج در مراحل I و II و III، فصل مشترک برخورد دو استوانه‌ی شکل ۵-۱۳ را ترسیم می‌کنیم.



شکل ۵-۱۳

۱- یال‌های هر دو استوانه را با خط نازک امتداد می‌دهیم.
۲- به مرکز O (محل برخورد محورهای هر دو استوانه) و به شعاع R_a دایره‌ای رسم می‌کنیم (بزرگ‌ترین دایره‌ی مفید). این قوس امتداد یال‌های استوانه‌ی I و II را در یک نقطه قطع می‌کند. این نقطه روی صفحه قائم تصویر قرار دارد و اولین نقطه از فصل مشترک برخورد دو استوانه است.

۲- به مرکز O و به شعاع R_b دایره‌ای رسم می‌کنیم. این دایره به مثابه‌ی دایره‌ی عظیمه‌ی ساچمه‌ی کروی بوده امتداد یال‌های هر دو استوانه را در نقاط ۱ و ۲ قطع می‌کند.

۳- از نقاط برخورد دایره با یال‌های استوانه به ترتیب خطوطی عمود بر محورهایشان اخراج می‌کنیم. این دو خط هم‌دیگر را در نقطه‌ی b قطع می‌کنند. نقطه‌ی b در روی فصل مشترک برخورد و روی سطح ساچمه قرار دارد.

۴- به مرکز O و به شعاع R_c دایره‌ای رسم می‌کنیم. این دایره با امتداد یال استوانه قائم مماس بوده امتداد یال‌های استوانه‌ی

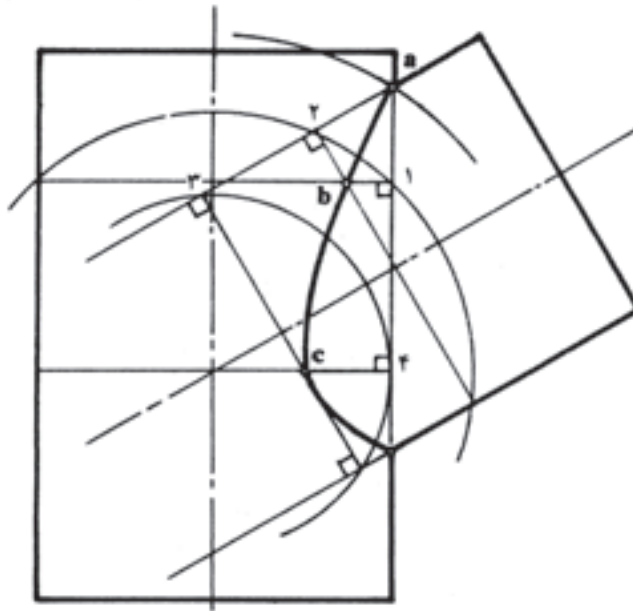
افقی را در نقاط ۳ و ۴ قطع می کند.

۵- از نقاط برخورد دایره ی سومی با یال های استوانه، خطوطی بر محورهایشان اخراج می کنیم. این دو خط هم دیگر را در نقطه ی c قطع می کنند. نقطه ی b در روی فصل مشترک برخورد دو استوانه و روی سطح ساچمه ی کروی به شعاع R_c قرار دارد. نقاط را به یک دیگر وصل می کنیم. منحنی حاصل اثر

برخورد دو استوانه در حالت خاص است (شکل ۱۳-۵).

۱-۳-۵- ترسیم فصل مشترک محل برخورد

استوانه مایل در استوانه قائم (حالت خاص) به روش دواير مرکزی: در شکل ۱۴-۵ برخورد استوانه مایل و قائم را مشاهده می کنید. در این جا هدف ترسیم فصل مشترک است و نماهای دیگر ضرورتی ندارد.



شکل ۱۴-۵

۱- یال های هر دو استوانه را با خط نازک امتداد

می دهیم.

۲- جهت تعیین نقاط a و f به دلیل متقارن بودن برخورد

دو استوانه و در نتیجه قرار گرفتن آن نقاط در روی سطح قائم تصویر، ضرورتی برای ترسیم دواير مرکزی وجود ندارد؛ بنابراین، پس از مشخص کردن این دو نقطه برای ابتدا و انتهای فصل مشترک، دواير مختلفی در فاصله ی مابین این دو نقطه ترسیم می کنیم.

۳- به شعاع R_b و به مرکز O محل برخورد محورهای هر

دو استوانه دایره ای رسم می کنیم که امتداد استوانه ی قائم را در نقطه ی ۱ و امتداد استوانه ی مایل را در نقطه ی ۲ قطع کند.

۴- از نقطه ی شماره ی ۱ (محل برخورد دایره با امتداد

استوانه ی قائم) خطی عمود بر محور استوانه ی قائم و از نقطه ی ۲ (محل برخورد دایره با امتداد استوانه ی مایل) خطی عمود بر

محور استوانه ی مایل اخراج می کنیم.

این دو خط عمود هم دیگر را در نقطه ی b قطع می کنند،

اما بر هم دیگر عمود نیستند، بلکه به محورهای خود عمودند. نقطه ی b روی فصل مشترک برخورد قرار دارد.

۵- عمل را درباره ی نقاط ۳ و ۴ تکرار می کنیم تا نقطه ی

e به دست آید و در نهایت نقاط حاصل را به یک دیگر وصل می کنیم. «قوس» حاصل فصل مشترک برخورد دو استوانه ی بالا است.

توجه: کوچک ترین دایره (کوچک ترین ساچمه) مماس بر

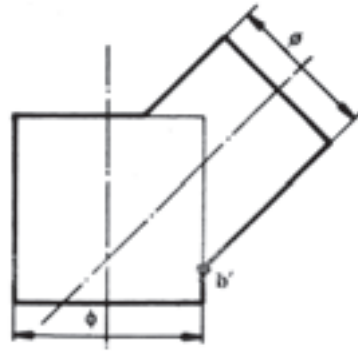
امتداد قائم در نقطه ی ۴ و قاطع با امتداد استوانه ی مایل در نقطه ی ۳ است.

مسئله: مطلوب است:

۱- تکمیل نمای اصلی به روش دواير مرکزی در

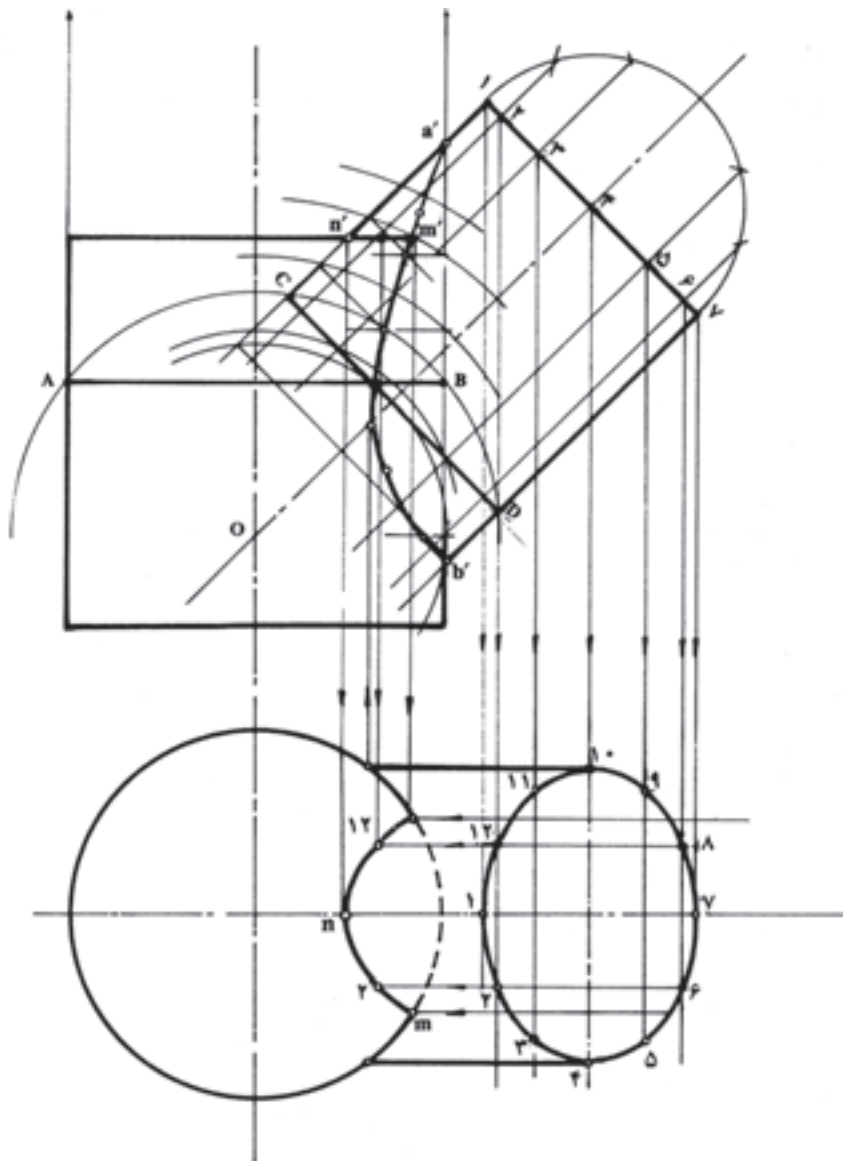
شکل (۱۵-۵).

۲- رسم نمای سطحی با مقیاس ۱:۲



شکل ۵-۱۵

حل: برخورد استوانه با محور مایل و استوانه‌ی قائم به‌نحوی است که استوانه‌ی اولی بر سطح قاعده‌ی دومی مسلط می‌شود و در نتیجه، امتداد دو استوانه در روی صفحه‌ی قائم تصویر با هم دیگر تلاقی نمی‌کند؛ بنابراین، نقطه‌ی شروع منحنی، مانند نقطه‌ی b' که نقطه‌ی انتهایی آن است، مشخص نیست. برای حل این مسئله، I: یال سمت راستی استوانه‌ی قائم را به طرف بالا ادامه می‌دهیم تا جایی که امتدادها با هم دیگر تلاقی کنند. نقطه‌ی a' محل تلاقی دو امتداد (استوانه‌ی مایل و قائم) ابتدای فصل مشترک برخورد است (شکل ۵-۱۶).



شکل ۵-۱۶

۴-۵- ترسیم فصل مشترک مخروط در مخروط در حالت خاص

مسئله :

از برخورد دو مخروط در حالت خاص (شکل ۵-۱۷)؛
مطلوب است :

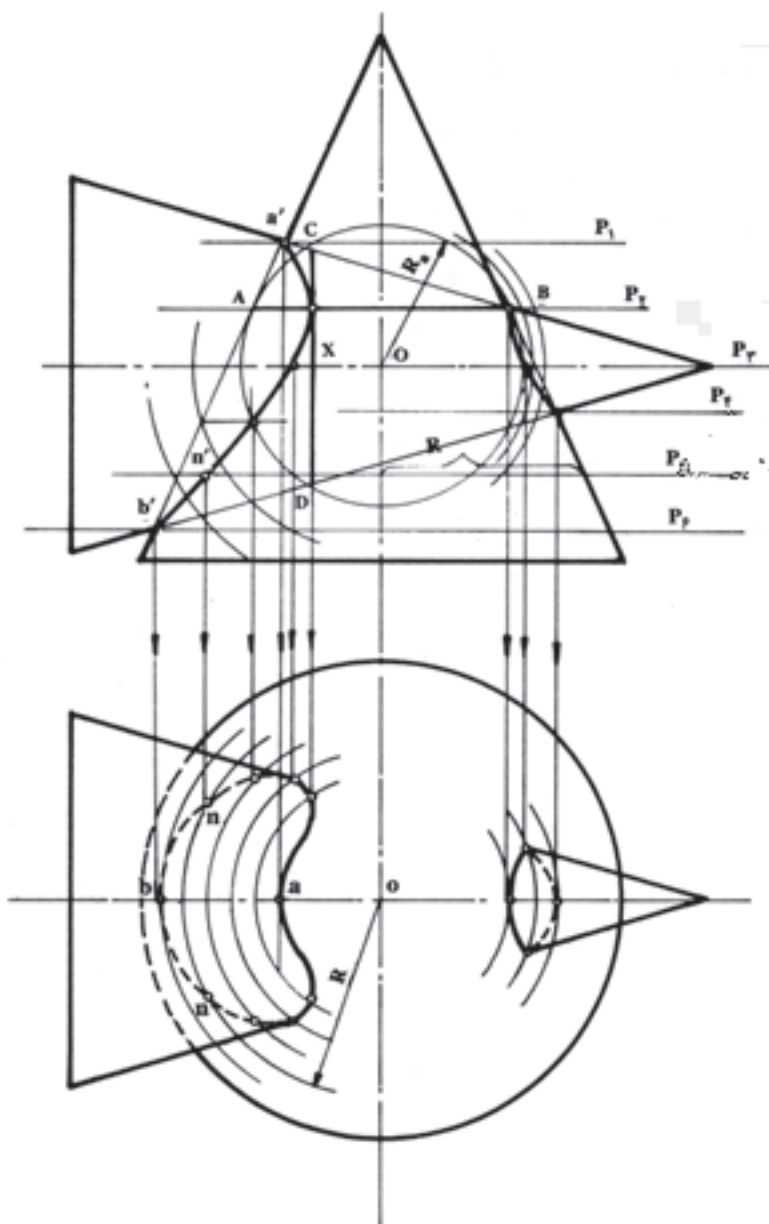
۱- رسم و تکمیل فصل مشترک برخورد در نمای اصلی
به روش دواير مرکزی؛

۲- رسم و تکمیل تصویر فصل مشترک برخورد در نمای
سطحي به روش استفاده از مرور صفحه.

حل : امتدادهای هر دو مخروط را با خط نازک رسم
می کنیم.

II - با این فرض که ارتفاع استوانه‌ی قائم بلندتر است،
طبق قواعد ذکر شده در مورد استفاده از روش دواير مرکزی،
فصل مشترک برخورد را پیدا کرده قبل از پررنگ کردن امتداد
سطح قاعده‌ی اصلی، استوانه‌ی قائم را به منحنی حاصل وصل و
قسمت بالا را پاک می کنیم.

III - بیضی پیشنهادی استوانه‌ی مایل را طبق روش‌های
یاد شده رسم کرده سطح جانبی آن را خط کشی می کنیم.
با استفاده از نقاط برخورد امتدادها با پاره خط
 $\overline{n'm'}$ منحنی حاصل از نفوذ استوانه‌ی اولی بر سطح قاعده
استوانه قائم در نمای سطحی را رسم می کنیم (شکل
۵-۱۶).



شکل ۵-۱۷

به مرکز O، محل برخورد محورها، دوایری رسم می کنیم؛ به نحوی که کوچک ترین دایره یکی از دو حالت را داشته باشد: الف) با امتداد یکی از مخروط ها مماس و با امتداد دیگری قاطع باشد.

ب) با امتدادهای هر دو مخروط مماس باشد.

۱- با علم به این که محل برخورد امتدادها ابتدا و انتهای فصل مشترک را تعیین می کند، نقاط دیگر را با استفاده از دوایر ترسیم شده مشخص می کنیم؛ برای مثال، دایره ای به شعاع R_a را در نظر می گیریم که با امتداد یال های مخروط قائم در نقاط A و B مماس بوده یال های مخروط افقی را در نقاط C و D قطع کرده است.

حال از محل برخورد نقاط ذکر شده بر محور مخروط های مربوط عمود اخراج می کنیم.

به طوری که مشاهده می کنید، خطوط اخراج شده هم دیگر را در نقطه ی X قطع کرده اند. این نقطه در روی فصل مشترک برخورد قرار دارد.

سایر نقاط را نیز به همین ترتیب به دست آمده به یک دیگر وصل می کنیم.

۲- با استفاده از روش مرور صفحه، از نقاط مشخص فصل مشترک های موجود در نمای اصلی صفحات افقی مرور داده به شعاع از مرکز مخروط تا یال مخروط قائم دوایری در نمای سطحی رسم می کنیم. نقاط واقع در روی صفحات را به طرف دوایر رابط می کنیم. نقاط حاصل را دو به دو به یک دیگر وصل می کنیم (شکل ۱۶-۵)؛ برای نمونه، صفحه ی P_5 دایره ای به شعاع R_5 در نمای سطحی ایجاد کرده نقطه ی n تصویر n' در روی صفحه است (شکل ۱۷-۵).

۱-۴-۵- ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با مخروط در حالت خاص:

مسئله: از برخورد استوانه و مخروط ناقص در حالت خاص (شکل ۱۸-۵).

مطلوب است:

۱- رسم و تکمیل فصل مشترک برخورد در نمای اصلی به روش دوایر مرکزی،

۲- رسم و تکمیل تصویر فصل مشترک برخورد در نمای سطحی به روش مرور صفحه.

حل: ابتدا امتداد هر دو جسم را با خط نازک مشخص می کنیم. به مرکز O محل برخورد محور در جسم دوایری رسم می کنیم؛ به نحوی که کوچک ترین آن ها دارای یکی از این شرایط باشد:

الف) با امتداد یکی از دو جسم مماس بوده دیگری را قطع کند.

ب) با امتدادهای هر دو جسم مماس باشد.

I، نقاط ابتدا و انتهای فصل مشترک به دلیل حالت خاص مسئله معلوم است. برای پیدا کردن سایر نقاط از برخورد دوایر ترسیم شده با امتداد استوانه و مخروط به ترتیب بر محورهای مربوط عمود اخراج می کنیم.

محل برخورد دو عمود اخراج شده ی مربوط به یک دایره یکی از نقاط واقع در روی فصل مشترک است. نقاط حاصل را به یک دیگر وصل می کنیم. منحنی حاصل فصل مشترک برخورد دو جسم است (شکل ۱۸-۵).

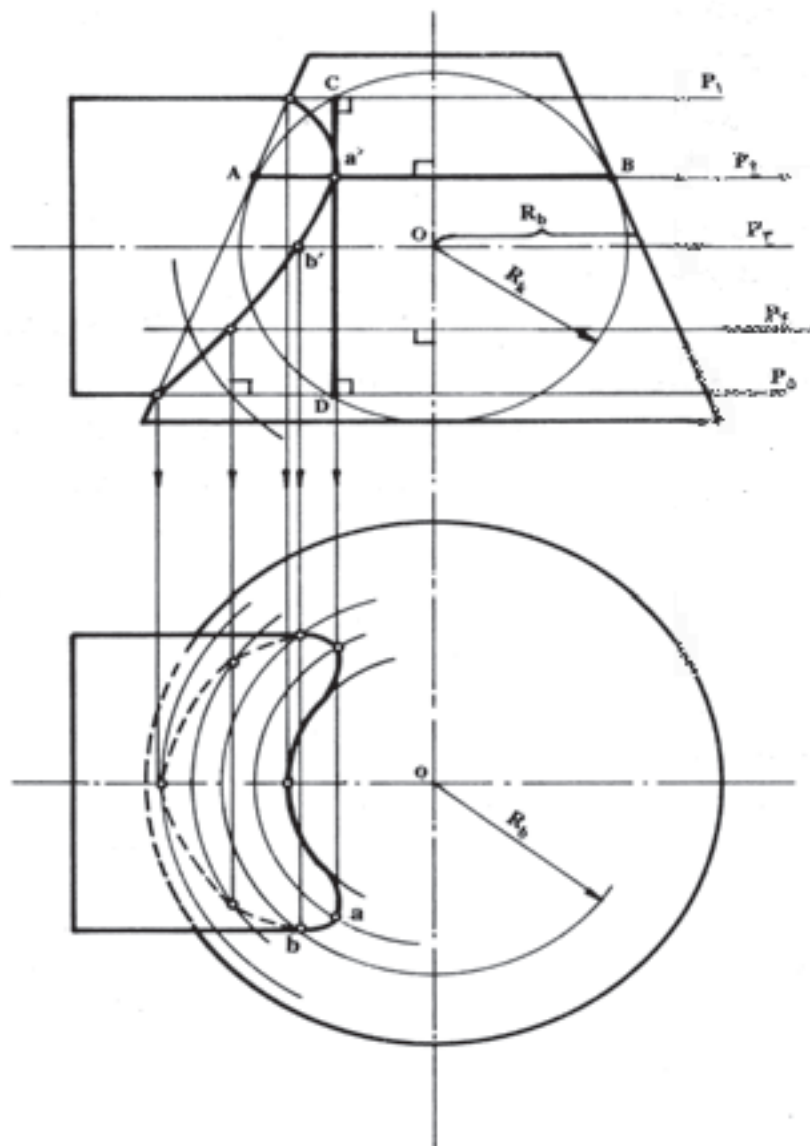
برای مثال، کوچک ترین دایره را به شعاع R_k در نظر می گیریم.

این دایره در نقاط A و B با مخروط ناقص مماس بوده در نقاط C و D استوانه را قطع کرده است.

خطوط عمود اخراج شده از چهار نقطه ی مذکور هم دیگر را در نقطه ی a' قطع کرده اند. نقطه ی a' در روی فصل مشترک برخورد بوده نقطه ی برگشت منحنی نیز است.

II، برای ترسیم تصویر فصل مشترک در نمای سطحی کافی است که از نقاط مشخص در روی فصل مشترک برخورد، در نمای اصلی صفحات افقی مرور داده طبق روشی که یاد گرفته ایم، عمل کنیم.

برای مثال، صفحه ی P_3 را که اثر آن با دایره ای به شعاع R_b در نمای سطحی مشخص شده است، در نظر می گیریم. نقطه ی b تصویر نقطه ی b' در روی صفحه ی P_3 است. سایر نقاط نیز به همین ترتیب ترسیم و دو به دو به یک دیگر وصل می شوند (شکل ۱۸-۵).



شکل ۱۸-۵

۵-۵- ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با کره

برخورد استوانه‌ای قائم با کره در دو حالت بررسی می‌شود:

۱-۵-۵- حالت اول: خط محور استوانه از مرکز

کره می‌گذرد (شکل ۱۹-۵).

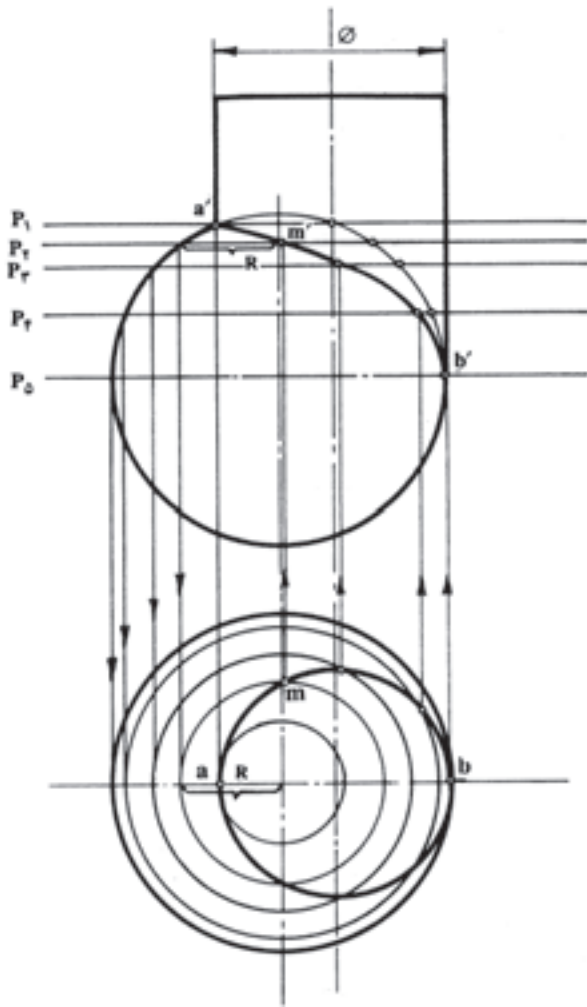
۱- با استفاده از روش مرور صفحه، صفحه‌ی افقی P را

از نقطه‌ی a (محل برخورد سطح جانبی استوانه و کره) واقع در روی صفحه‌ی قائم تصویر مرور می‌دهیم. در فصل‌های قبل دیدیم که اثر برخورد صفحه‌ی افقی با کره در نمای اصلی خط مستقیم

و در نمای سطحی دایره کامل است. از طرفی اثر صفحه‌ی P ضمن عبور از استوانه در نمای اصلی، خط مستقیم و در نمای سطحی، دایره کامل خواهد بود. با توجه به شکل ۱۹-۵، این دو دایره هم قطر بوده در نمای سطحی روی هم دیگر منطبق هستند. در نمای اصلی نیز هر دو اثر برخورد خط مستقیم و روی هم منطبق‌اند (خط ab).

نتیجه: فصل مشترک حاصل از برخورد استوانه و کره در حالتی که محور طولی استوانه از مرکز کره بگذرد، خطی مستقیم است.

این عمل را درباره‌ی صفحات بعدی نیز تکرار کرده نقاط حاصل را به یک‌دیگر وصل می‌کنیم. «منحنی» حاصل فصل مشترک برخورد استوانه با کره خواهد بود (شکل ۵-۲۰).



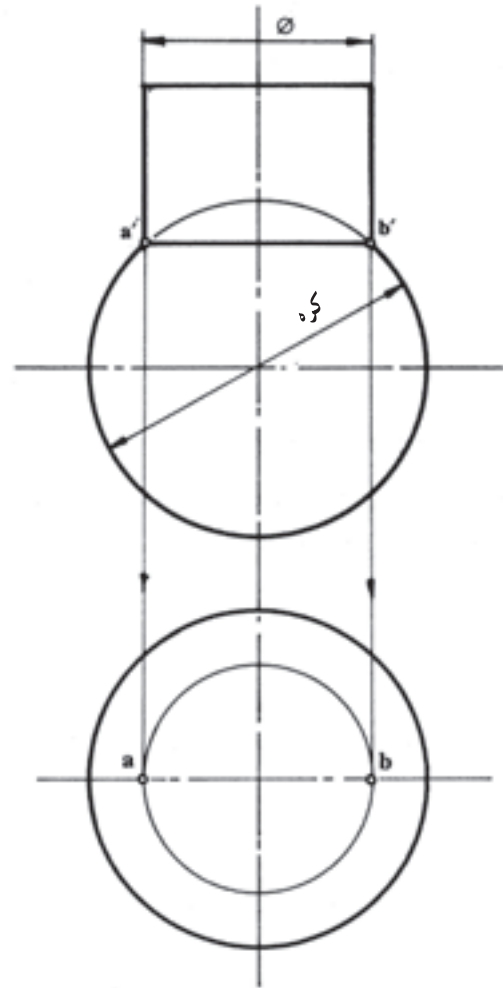
شکل ۵-۲۰

مورد دوم: تصویر افقی استوانه و کره مطابق شکل

۵-۲۱.

در این حالت نقاط ابتدا و انتهای فصل مشترک مشخص نیست و ضروری است که در ابتدا این دو نقطه مشخص بشود. ۱- پاره خط \overline{mn} را از مرکز کره و استوانه در نمای سطحی مرور می‌دهیم. نقطه‌ی a محل برخورد پاره خط با مقطع دایره است.

۲- به شعاع oa و به مرکز کره دایره‌ای رسم می‌کنیم. این دایره با دایره مقطع استوانه مماس داخلی است و در نقطه‌ی a هم‌دیگر را قطع کرده‌اند. از طرفی این دایره اثر صفحه‌ای می‌تواند



شکل ۵-۱۹

۵-۲۲- حالت دوم: خط محور استوانه از مرکز

کره نمی‌گذرد. در این حالت دو مورد را بررسی می‌کنیم:

مورد اول: تصویر افقی استوانه و کره مطابق شکل

۵-۲۰.

۱- محل برخورد پال‌های استوانه و دایره‌ی عظیمه‌ی کره

(نقاط a و b) به علت قرار گرفتن در روی سطح قائم تصویر، می‌توانند ابتدا و انتهای فصل مشترک برخورد استوانه و کره باشند. برای تعیین نقاط بعدی در فاصله مابین این دو نقطه صفحات افقی مرور می‌دهیم. صفحات مذکور به ترتیب دوایی به مرکز استوانه و به مرکز کره در نمای سطحی ایجاد می‌کند؛ برای مثال، صفحه‌ی P_1 از کره، دایره‌ای به شعاع R در نمای سطحی ایجاد می‌کند.

محل برخورد این دو دایره نقاط m را به روی صفحه‌ی

P_1 منعکس می‌کنیم. نقطه‌ی m_1 یکی از نقاط فصل مشترک است.

b' و تکرار روش بالا منحنی دقیق‌تری از اثر برخورد دو جسم بالا به دست می‌آید (شکل ۵-۲۱).

۳-۵-۵- ترسیم فصل مشترک اثر برخورد

منشورها با کُرِه: جهت تعیین فصل مشترک برخورد اجسام بالا از روش مرور صفحات خاص تصویر استفاده می‌کنیم. در شکل ۵-۲۲ به دلیل عدم انطباق یال‌ها روی محور X ها در نمای سطحی، محل شروع مرور صفحات برای تعیین اولین و آخرین نقطه‌ی فصل مشترک در نمای اصلی مشخص نیست؛ بنابراین، ضروری است که اثر اولین و آخرین صفحه را که به صورت دایره در نمای سطحی است، ترسیم کرده با انتقال قطر دواير به نمای اصلی از محل برخورد آن‌ها با دایره‌ی عظیمه‌ی کره، محل عبور صفحات را تعیین کنیم. بدین ترتیب:

۱- به شعاع oa کوچک‌ترین دایره‌ی مماس با اضلاع منشور را رسم می‌کنیم. دایره در سه نقطه بر مثلث مماس است ($a-b-c$). این نقاط تصاویر نقاطی هستند که در روی اولین صفحه (P_1) قرار دارند.

۲- با انتقال قطر دایره‌ی کوچک به نمای اصلی محل برخورد آن را با دایره‌ی عظیمه‌ی کره مشخص کرده صفحه‌ی P_1 را از آن نقطه مرور می‌دهیم.

نقاط a و b و c را بر صفحه‌ی P_1 منتقل می‌کنیم ($a'-b'-c'$). نقاط برگشت سه منحنی به دست می‌آید.

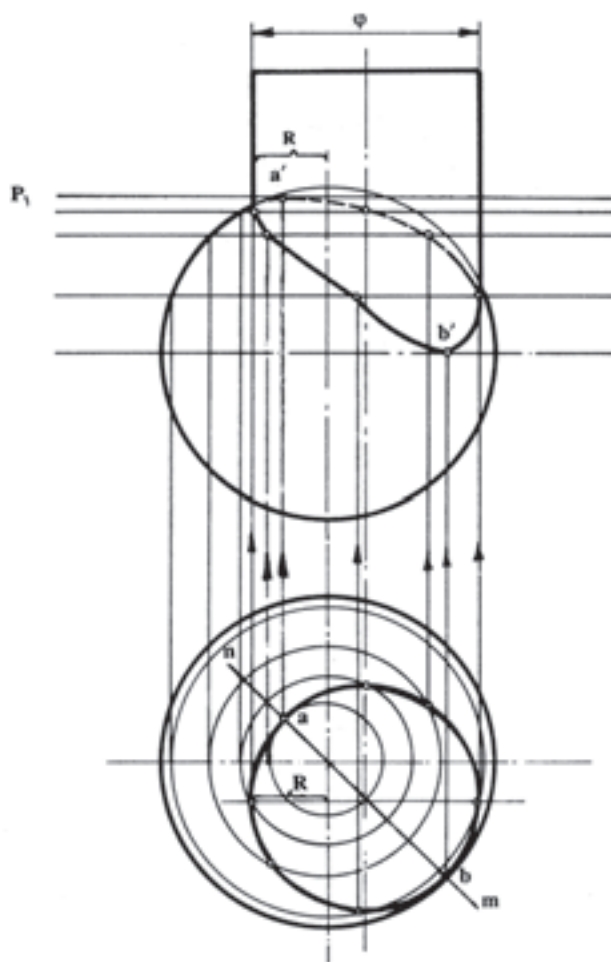
۳- به شعاع Ok در نمای اصلی منتقل کرده از نقطه‌ی برخورد آن با دایره‌ی عظیمه‌ی کره، آخرین صفحه (P_2) را مرور می‌دهیم. محل برخورد صفحه با امتداد یال‌های منشور آخرین نقاط فصل مشترک است.

۴- قطر دایره‌ی مذکور را به نمای سطحی دایره رسم می‌کنیم تا از هر سه گوشه‌ی مثلث بگذرد.

۵- در فاصله‌ی مابین دو صفحه، صفحاتی مرور داده طبق روش‌های پیشین عمل می‌کنیم (شکل ۵-۲۲).

۴-۵-۵- ترسیم فصل مشترک اثر برخورد

مخروط با کُرِه: برای تعیین فصل مشترک برخورد مخروط و کُرِه، از روش مرور صفحات خاص تصویر (معمولاً صفحه‌ی افقیه) استفاده می‌کنیم. در شکل صفحه‌ی بعد، یال‌های مخروط و قطر دایره‌ی عظیمه‌ی کره در امتداد محور X ها در نمای سطحی



شکل ۵-۲۱

باشد که از استوانه و کره مرور داده شده است.

برای تعیین محل عبور اولین صفحه کافی است که از محل برخورد دایره مماس داخلی با محور X ها خطی به نمای اصلی رسم کنیم. محل برخورد این خط با دایره‌ی عظیمه‌ی کره، محل عبور اولین صفحه است.

۳- صفحه‌ی P_1 را از نقطه‌ی مشخص شده مرور داده نقطه‌ی تماس دو دایره در نمای سطحی (a) را بر روی آن انتقال می‌دهیم. نقطه‌ی a' اولین نقطه از منحنی (فصل مشترک برخورد) به دست می‌آید.

۴- نقطه‌ی b محل برخورد پاره خط \overline{nm} در نمای سطحی نقطه‌ی تماس دو دایره (از کره و از استوانه) است که در اثر عبور آخرین صفحه از دو جسم به وجود آمده است. برای مشخص کردن نقطه‌ی b' طبق روش یاد شده عمل می‌کنیم.

با مرور دادن چندین صفحه در فاصله‌ی مابین نقاط a' و

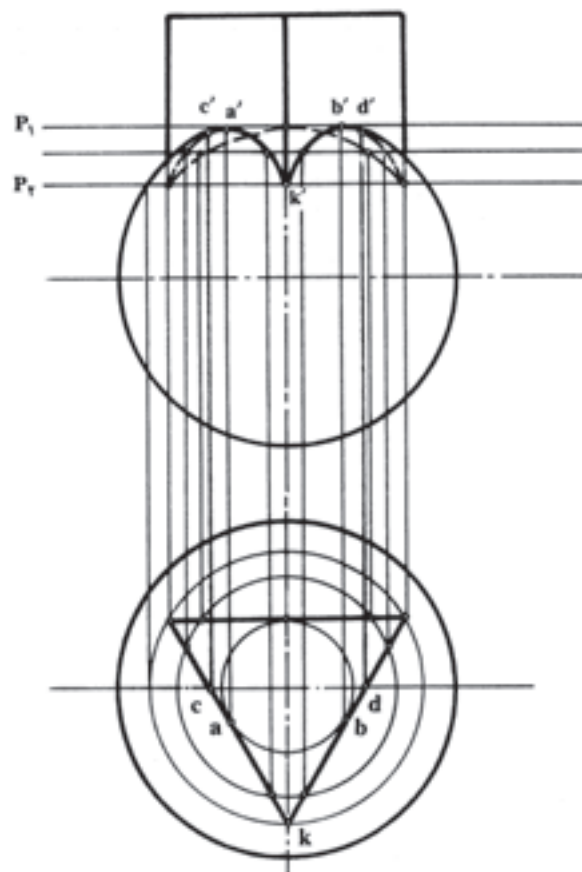
قرار گرفته است؛ به همین دلیل، از همان ابتدا می‌توان گفت که نقاط a' و b' در نمای اصلی ابتدا و انتهای فصل مشترک هستند.

۱- اولین صفحه (P_1) را از نقطه‌ی a' مرور می‌دهیم. اثر این صفحه دو عدد دایره، اولی به شعاع R_1 و به مرکز مخروط و دومی به شعاع R_2 و به مرکز کره است که در نقطه‌ی a با هم دیگر مماس هستند. نقطه‌ی a را به صفحه‌ی P_1 انتقال می‌دهیم؛ نقطه‌ی a' اولین نقطه از منحنی خواهد بود.

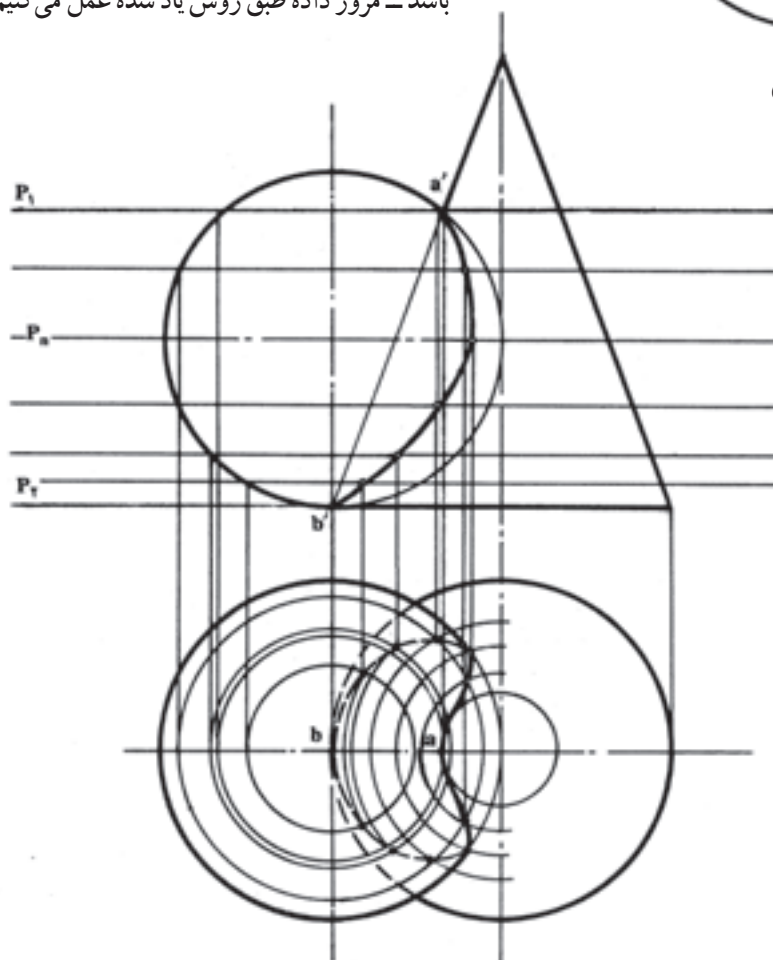
۲- آخرین صفحه (P_2) بر سطح قاعده‌ی مخروط و یک نقطه از کره مماس است که برخورد آن‌ها در نمای سطح نقطه b است.

نقطه‌ی b را بر روی صفحه‌ی P_2 انتقال می‌دهیم. نقطه b' آخرین نقطه‌ی فصل مشترک به دست می‌آید.

۳- در فاصله‌ی مابین اولین و آخرین صفحه، صفحات دل‌خواهی را - به شرطی که خط محور افقی کره یکی از آن‌ها باشد - مرور داده طبق روش یاد شده عمل می‌کنیم (شکل ۲۳-۵).



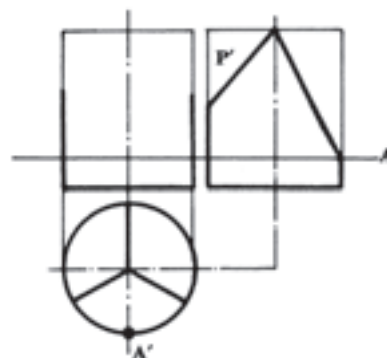
شکل ۲۲-۵



شکل ۲۳-۵

مسئله:

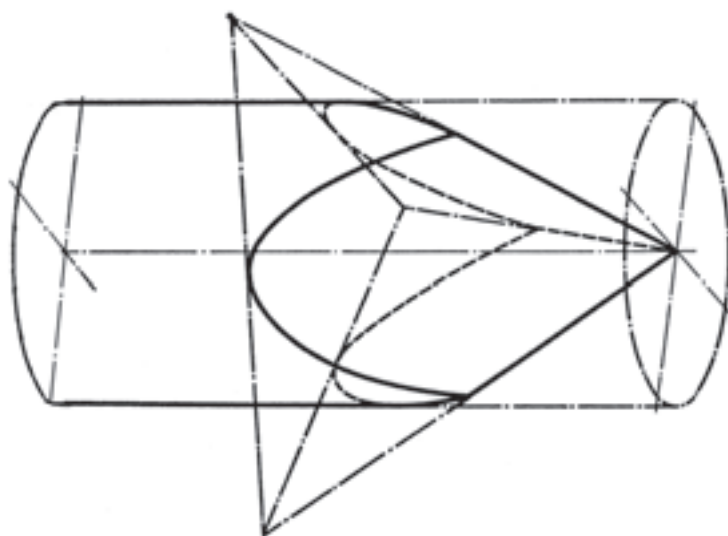
میله‌ی استوانه‌ای، مطابق شکل، براده‌برداری شده و قسمت بالای آن به صورت هرم مثلث القاعده در آمده است (شکل ۵-۲۴). اثر برخورد صفحات در نمای اصلی و جانبی را ترسیم کنید.



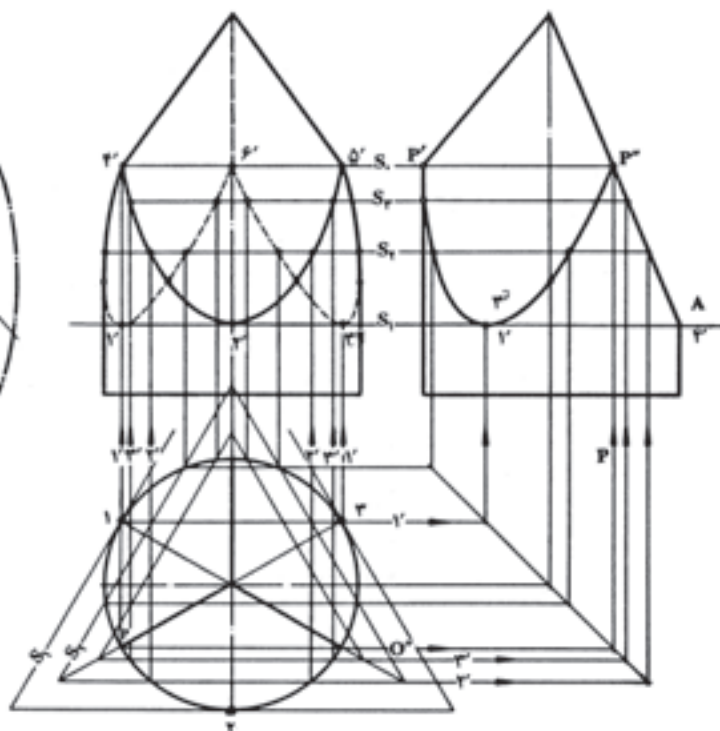
شکل ۵-۲۴

حل: همان گونه که در شکل ۵-۲۵ نشان داده شده، از نقطه‌ی A به پایین استوانه کامل بوده و به طرف بالا در معرض برش صفحات (براده‌برداری) قرار گرفته است؛ بنابراین، پس از

ترسیم نماهای داده شده با مقیاس اصلی، صفحه‌ی S_1 را در نقطه‌ی A مرور می‌دهیم. با فرض به این که از صفحه‌ی S_1 به بالا هرم مثلث القاعده بوده و قسمتی از آن به وسیله‌ی براده‌برداری به شکل استوانه درآمده است، اولین مثلث محیطی (S_1) را در نمای سطحی رسم می‌کنیم. این مثلث در نقاط ۱ و ۲ و ۳ دایره را قطع می‌کند. نقاط حاصل را به نمای اصلی و جانبی رابط می‌کنیم. محل تلاقی خطوط رابط با صفحه‌ی S_1 نقاط برگشت منحنی‌ها در نمای اصلی و جانبی خواهند بود. به ترتیب: صفحات S_2 و S_3 را از نمای اصلی و جانبی مرور می‌دهیم تا مثلث‌های متشابهی حاصل شده دایره را قطع کند. هم‌چنان بر طبق صفحه‌ی قبلی عمل کرده نقاط کمکی برای رسم منحنی‌ها به دست می‌آوریم. آخرین صفحه‌ی S_5 کوچک‌ترین مثلث را ایجاد کرده است که به دایره محاط شده و در سه نقطه‌ی ۴ و ۵ و ۶ آن را لمس کرده و در نتیجه، نقاط انتهایی منحنی‌ها را مشخص کرده است (شکل ۵-۲۶).



شکل ۵-۲۶

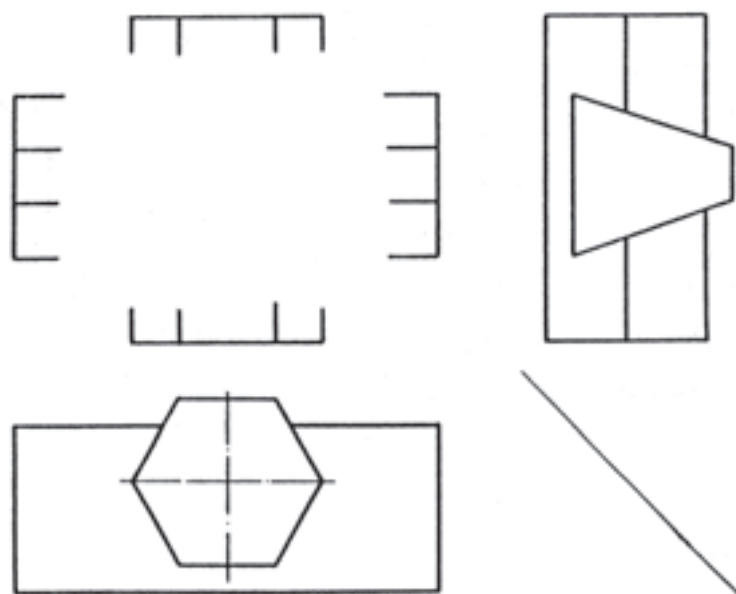


شکل ۵-۲۵

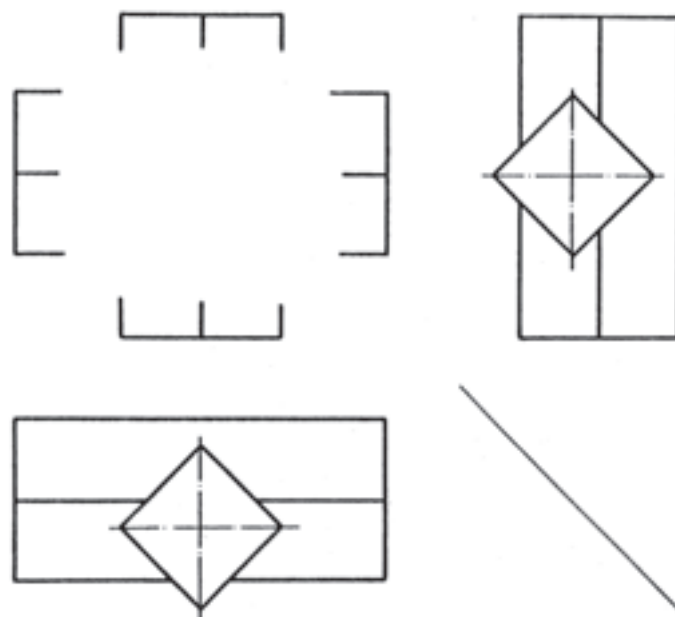
تمرین

مطلوب است :

رسم و تکمیل نمای اصلی برخورد منشورها در شکل های ۵-۲۷ و ۵-۲۸ با مقیاس ۱:۲ (اندازه از روی نقشه ی داده شده منتقل شود).



شکل ۵-۲۷

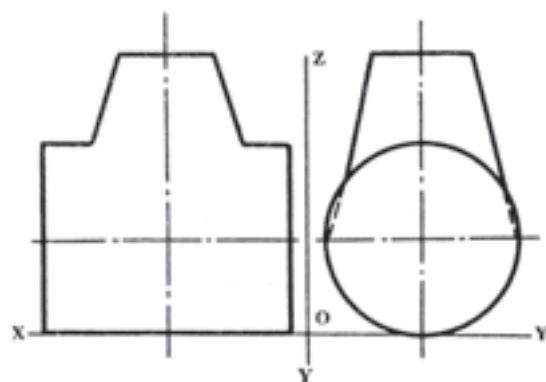


شکل ۵-۲۸

مطلوب است :

رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه و مخروط ناقص به روش دواير مرکزی در شکل ۵-۲۹ با مقیاس

۱:۲.

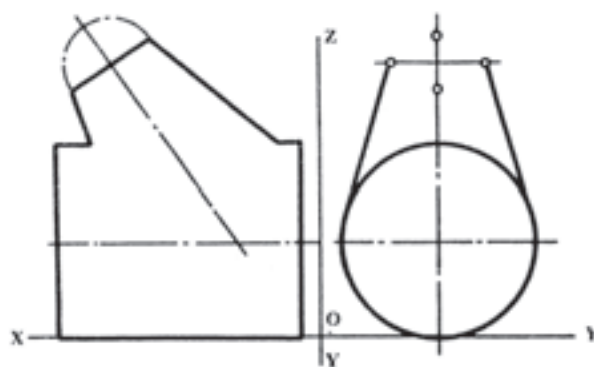


شکل ۵-۲۹

مطلوب است :

رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه و مخروط ناقص به روش دواير مرکزی در شکل ۵-۳۰ با مقیاس

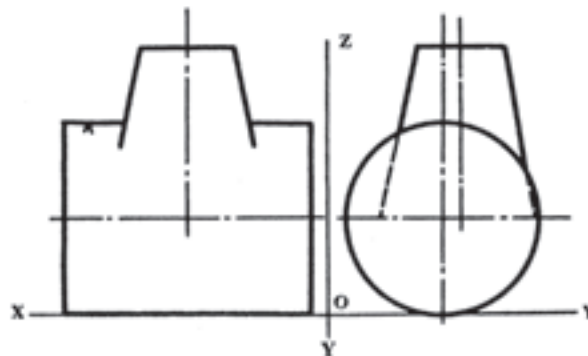
۱:۲.



شکل ۵-۳۰

مطلوب است :

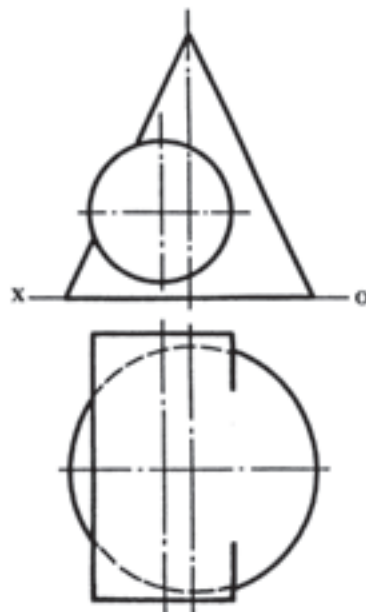
رسم و تکمیل سه نما از برخورد مخروط ناقص و استوانه به صورت خارج از محور در شکل ۵-۳۱ با مقیاس ۱:۲.



شکل ۵-۳۱

مطلوب است :

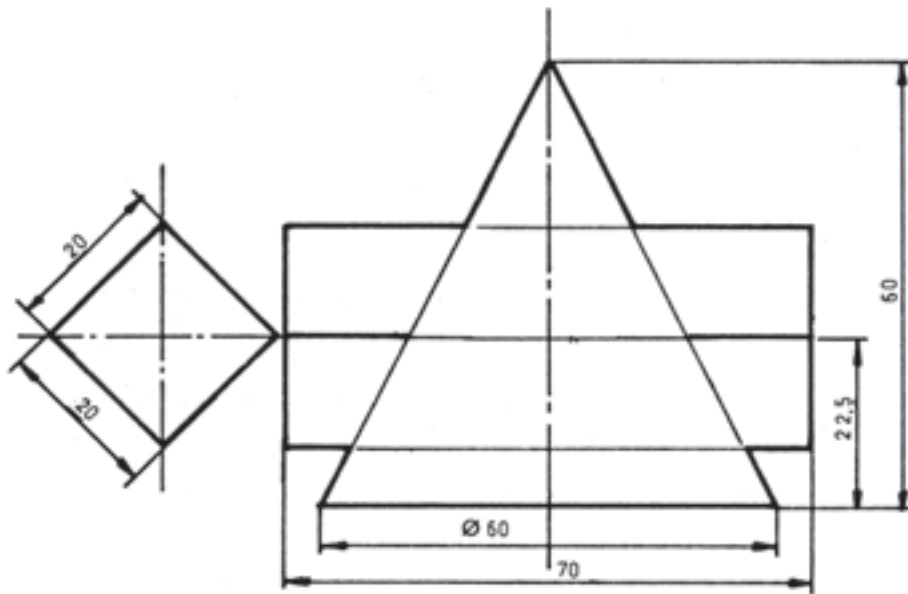
رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه و مخروط به صورت خارج از محور در شکل ۵-۳۲ با مقیاس ۱:۲.



شکل ۵-۳۲

مطلوب است :

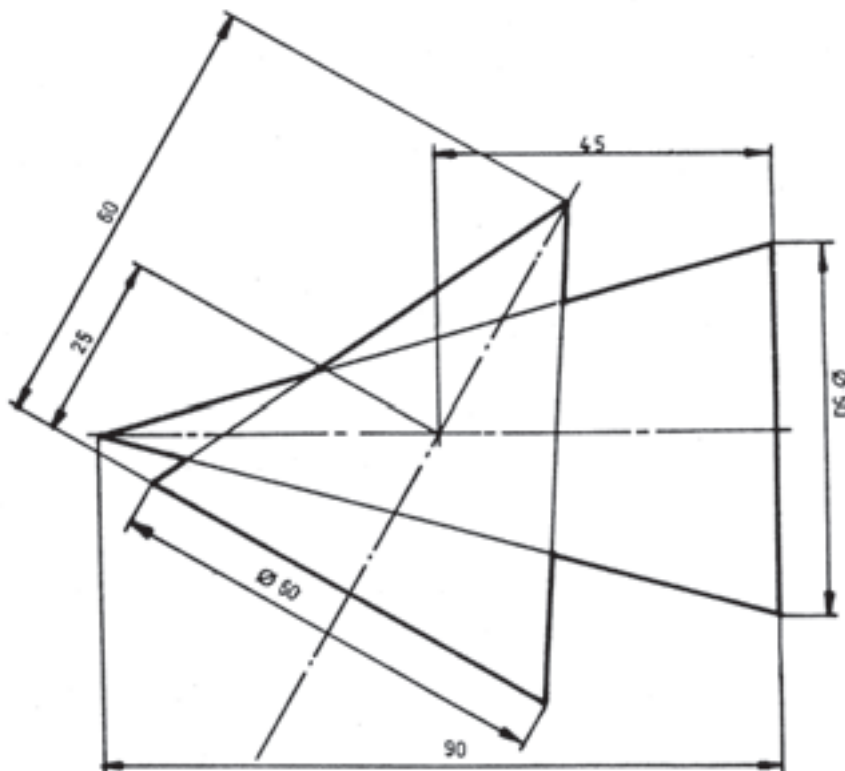
رسم و تکمیل سه نما از برخورد مخروط و منشور در شکل ۵-۳۳ با مقیاس ۱:۱.



شکل ۵-۳۳

مطلوب است :

رسم و تکمیل سه نما از برخورد مخروط در مخروط، در شکل ۵-۳۴ با مقیاس ۱:۱.



شکل ۵-۳۴

گسترش اجسام توخالی مستوی، یک انحنایی و دو انحنایی

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

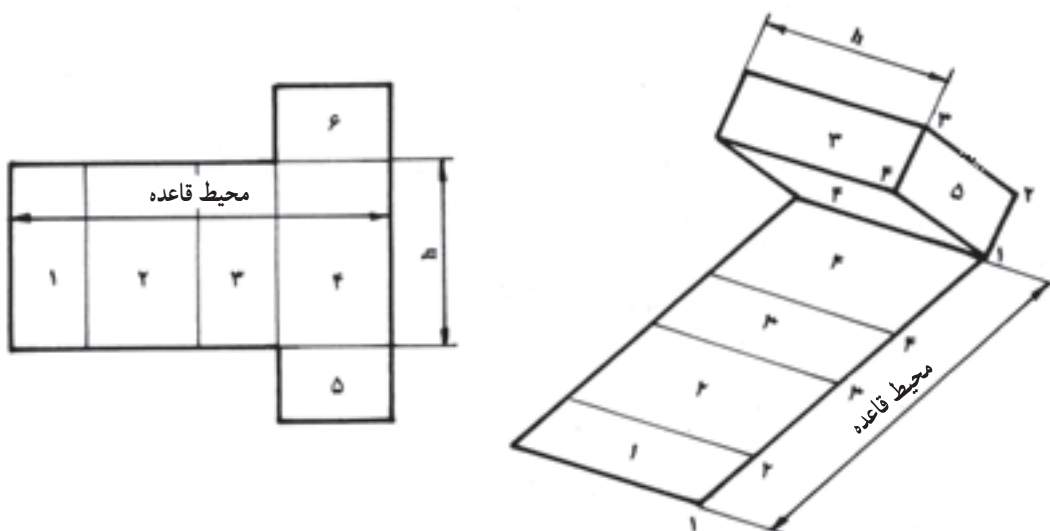
- مفهوم «گسترش» را بیان کند.
- احجام منشوری را گسترش داده ترسیم نماید.
- احجام هرمی را گسترش بدهد.
- احجام استوانه‌ای قائم را گسترش داده ترسیم کند.
- استوانه‌های زانویی چند پارچه را طراحی و گسترش دهد.
- احجام مخروطی را گسترش داده ترسیم نماید.
- احجام کروی را گسترش داده ترسیم کند.

۶- گسترش احجام مستوی و یک انحنایی و دو انحنایی

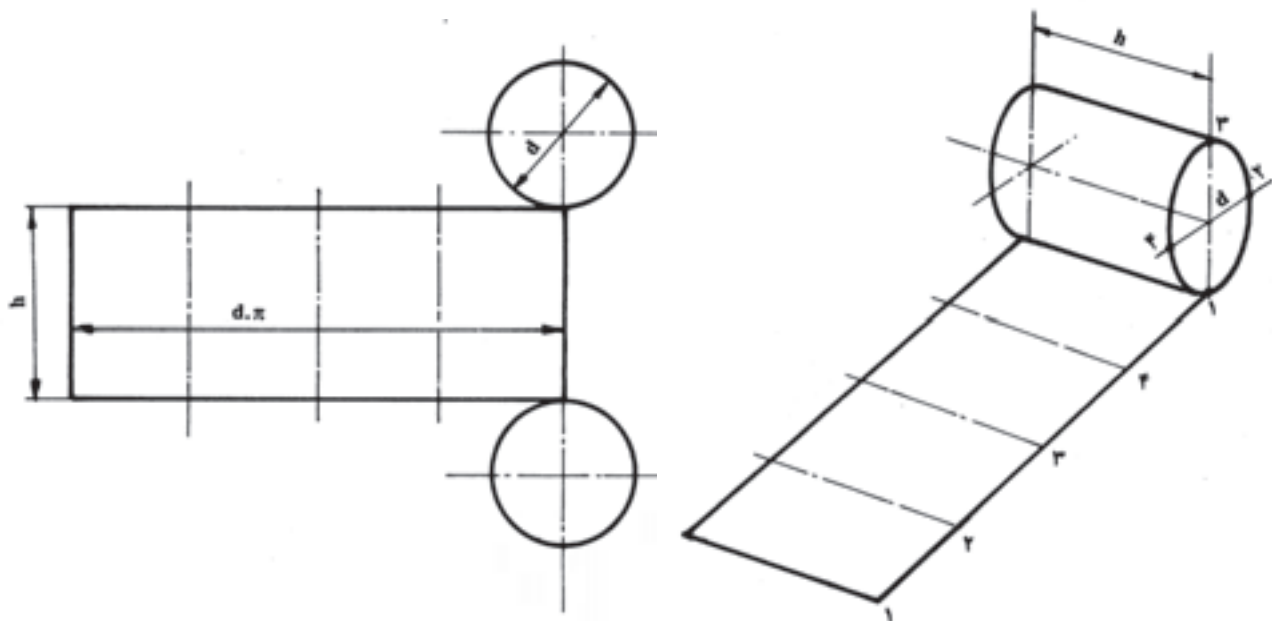
۶-۱- تعریف

آن مساوی با محیط قاعده‌ی جسم و عرض آن مساوی با ارتفاع جسم است. این شکل را «گسترده‌ی سطح جانبی جسم» و عمل انجام یافته را «گسترش» می‌نامند (شکل‌های ۶-۱ و ۶-۲).

هرگاه جسمی به شکل مکعب مستطیل یا استوانه را پس از آغشته کردن با رنگ، روی سطح صافی خوابانیده یک دور بغلتانیم، اثر آن در روی صفحه، شکل مربع مستطیلی خواهد بود که طول



شکل ۶-۱

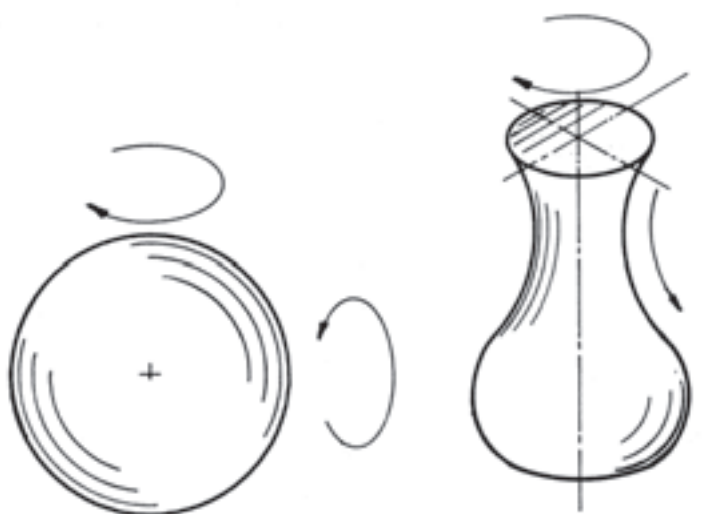


شکل ۶-۲

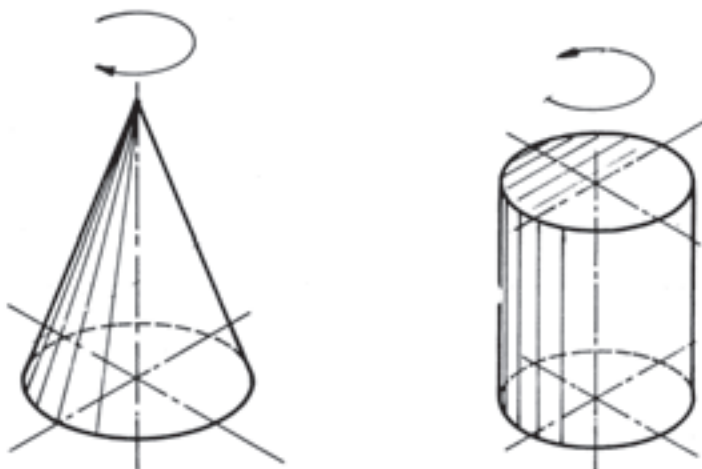
گسترش، یکی از فصل‌های مهم نقشه‌کشی صنعتی بوده کاربرد زیادی در ماکت‌سازی، در ورق‌کاری نازک و ضخیم، کانال‌های انتقال مواد و مخازن فشار ضعیف و قوی دارد. برای انجام عمل گسترش از روی مدل‌ها یا اندازه‌های داده شده به وسیله‌ی نقشه (نماکشی)، روش‌ها و اصول متعددی موجود است که به ترتیب در بحث‌های بعدی خواهد آمد.

به طور کلی عمل گسترش، در مورد اجسامی با سطوح مستوی مانند: مکعب مستطیل، منشورها، هرم‌ها و همچنین اجسام با سطوح یک انحنايي مانند: استوانه‌ها و مخروط‌ها، با روش‌ها و قواعد مربوط به خود به طور کاملاً دقیق انجام می‌گیرد، اما در مورد اجسام با سطوح دو انحنايي مانند کره و شکل‌های گنبدی و کوزه‌ای و نظایر آن با روش‌های خاص و به طور تقریب انجام پذیر است.

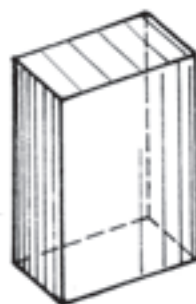
در شکل‌های ۶-۳، ۶-۴ و ۶-۵ گروه‌های مختلف اجسام نشان داده شده است.



شکل ۶-۴



شکل ۶-۵

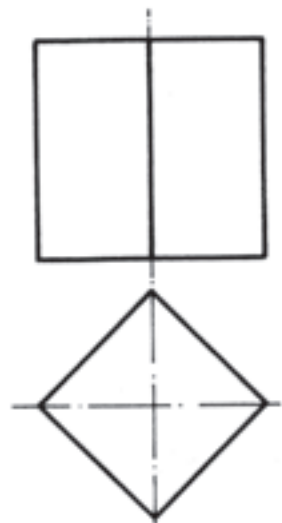


شکل ۶-۳



۲-۶- گسترش منشورها

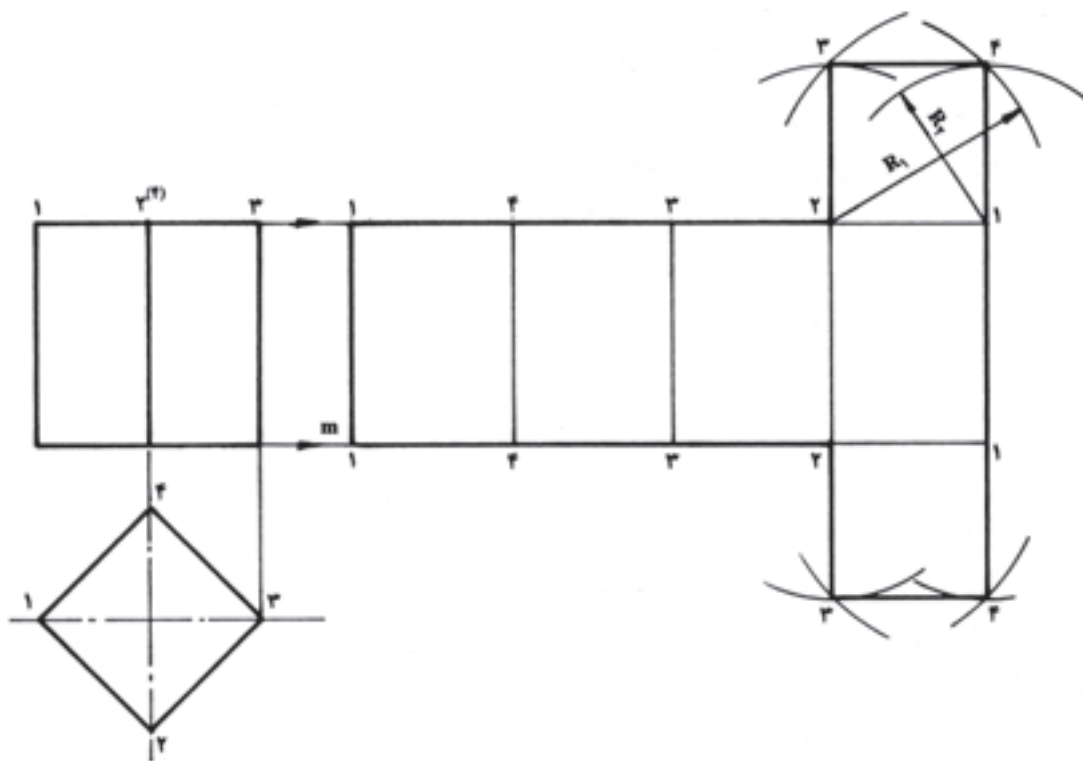
به علت موازی بودن یال‌های اجسام منشوری با یک‌دیگر و داشتن اندازه‌ی واقعی در نمای اصلی، از ساده‌ترین روش برای ترسیم گسترده‌ی آن‌ها استفاده می‌شود. در این جا منشور مربع‌القاعده‌ای برای ترسیم گسترش در نظر گرفته شده است (شکل ۶-۶).



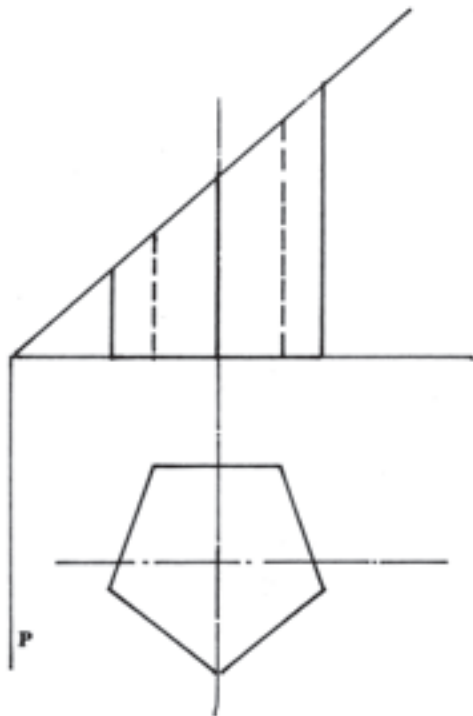
شکل ۶-۶

روش کار :

- ۱- گوشه‌های موجود در نمای سطحی را که نشانگر یال‌های جسم است، شماره‌گذاری می‌کنیم.
- ۲- ارتفاع جسم را به وسیله‌ی دو خط نازک و موازی، به سمت راست امتداد می‌دهیم.
- ۳- نقطه‌ی m آغاز گسترش را مشخص می‌کنیم.
- ۴- پوسته‌ی جسم را در امتداد یال شماره‌ی ۱ برش فرضی داده با ثابت نگاه داشتن گوشه‌ی شماره‌ی ۱ روی نقطه‌ی m ، پوسته را به سمت راست باز می‌کنیم.
- ۵- اندازه‌های اضلاع را به ترتیب: ۴، ۳ و ۴، ۲ از نقطه‌ی m به سمت راست جدا می‌کنیم.
- ۶- از نقاط مشخص شده به ترتیب خطوطی به موازات محور قائم اخراج می‌کنیم تا خط موازی بالا را قطع کند. نتیجه‌ی کار، «مربع مستطیلی» است که عرض آن برابر با ارتفاع جسم و طول آن برابر با محیط قاعده‌ی منشور است (شکل ۶-۷).



شکل ۶-۷



شکل ۸-۶

را به سمت راست باز می‌کنیم.

۴- اندازه‌های اضلاع را به ترتیب از نقطه‌ی m به سمت راست جدا کرده سپس از نقاط مشخص شده، خطوطی به موازات محور قائم ترسیم می‌کنیم تا خط موازی بالا را قطع کند.

۵- به علت عبور صفحه‌ی منتصب P از جسم، ارتفاع مولدهای منشور از یک‌نواختی خارج شده است؛ بنابراین، کافی است که پس از شماره‌گذاری یال‌ها در نمای گسترده، اندازه‌ی واقعی هر یک را از نمای اصلی به نمای گسترده منتقل کنیم؛ سپس نقاط حاصل از برخورد امتدادهای مربوط را دو به دو به یک‌دیگر وصل می‌کنیم (شکل ۹-۶).

شکل حاصل گسترش سطح جانبی منشور است که با اضافه کردن یا انتقال درپوش‌های بالا و پایین به آن، گسترش کامل منشور به دست خواهد آمد.

ب) همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، درپوش پایینی به علت توازی با محور افق، با اندازه‌ای واقعی در نمای سطحی رسم شده است، اما درپوش بالایی به علت استقرار در یک سطح مورب، در نمای سطحی تصویر شده است و ابعاد آن دارای اندازه‌ی حقیقی نیست. به این سبب، ضروری است که ابتدا طبق

برای تکمیل گسترش، درپوش بالا و پایین را نیز روی گسترده سطح جانبی انتقال می‌دهیم.

روش انتقال درپوش به روی گسترده‌ی سطح جانبی:

۱- قطرهای مربع را ترسیم می‌کنیم. هدف این است که درپوش‌ها را روی ضلع ۱-۲ منتقل کنیم.

۲- برای تعیین نقطه‌ی ۴ از مربع کافی است به شعاع R_1 برابر $\overline{2.4}$ در نمای سطحی و از نقطه‌ی شماره‌ی ۲ قوسی در سمت راست ایجاد می‌کنیم.

۳- به شعاع $\overline{1.4}$ و از نقطه‌ی ۱ قوسی (R_2) در قسمت بالا و سمت راست ایجاد می‌کنیم تا قوس قبلی را در نقطه‌ی ۴ قطع کند.

۴- برای تعیین نقطه‌ی ۳ از مربع کافی است به شعاع $\overline{1.3}$ قوسی (R_3) به مرکز نقطه‌ی ۱ در سمت چپ ایجاد نماییم. در ادامه، به شعاع $\overline{2.3}$ (R_4) و به مرکز نقطه‌ی ۲ قوسی رسم می‌کنیم که قوس قبلی را در نقطه‌ی ۳ قطع کند. با به هم پیوستن این چهار نقطه، درپوش بالایی به گسترش انتقال داده شده است.

همین عمل را در درپوش پایینی تکرار می‌کنیم.

ضروری است که پس از ترسیم گسترش، خطوط دور ترسیم را با خط پر ضخیم و خطوط داخل ترسیم را که نشانگر یال‌های موجود در جسم است، با خط پرنازک تکمیل کنیم (شکل ۷-۶).

۱-۲-۶- گسترش منشورهای متقاطع با صفحات

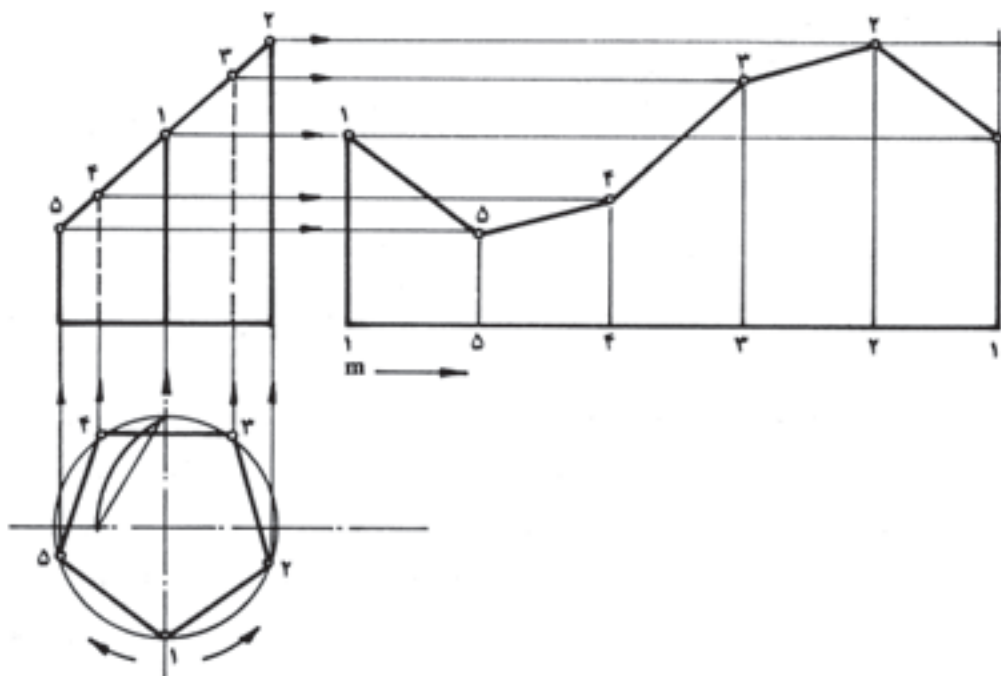
خاص: روش ترسیم گسترش منشور متقاطع با صفحه‌ی P شکل (۸-۶) به این ترتیب است:

الف)

۱- گوشه‌های موجود در نمای سطحی را که نشانگر یال‌های جسم است، شماره‌گذاری می‌کنیم.

۲- ارتفاع جسم را به وسیله‌ی دو خط نازک و موازی با محور X ‌ها به سمت راست امتداد داده نقطه‌ی m را به منظور شروع گسترش در روی خط مشخص می‌کنیم.

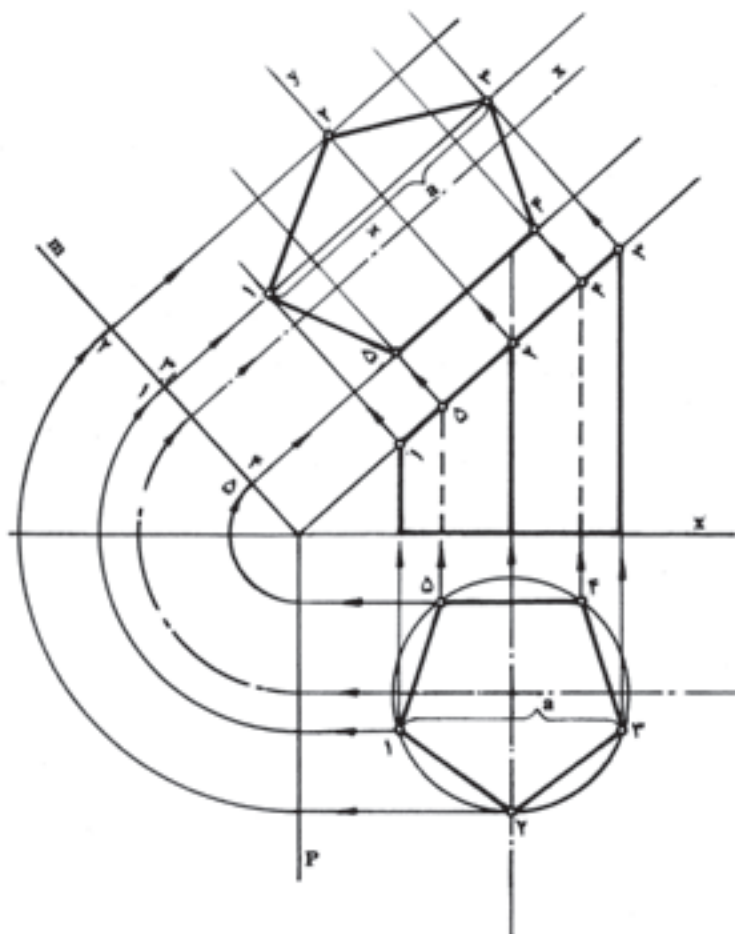
۳- پوسته‌ی جسم را در امتداد یال شماره‌ی ۱ قیچی کرده با ثابت نگاه داشتن یک طرف آن روی نقطه‌ی (m)، پوسته



شکل ۶-۹

۶-۲-۲ - رسم درپوش در اندازه واقعی: جسم
مورد نظر منشور پنج ضلعی در شکل ۶-۱۰ است.

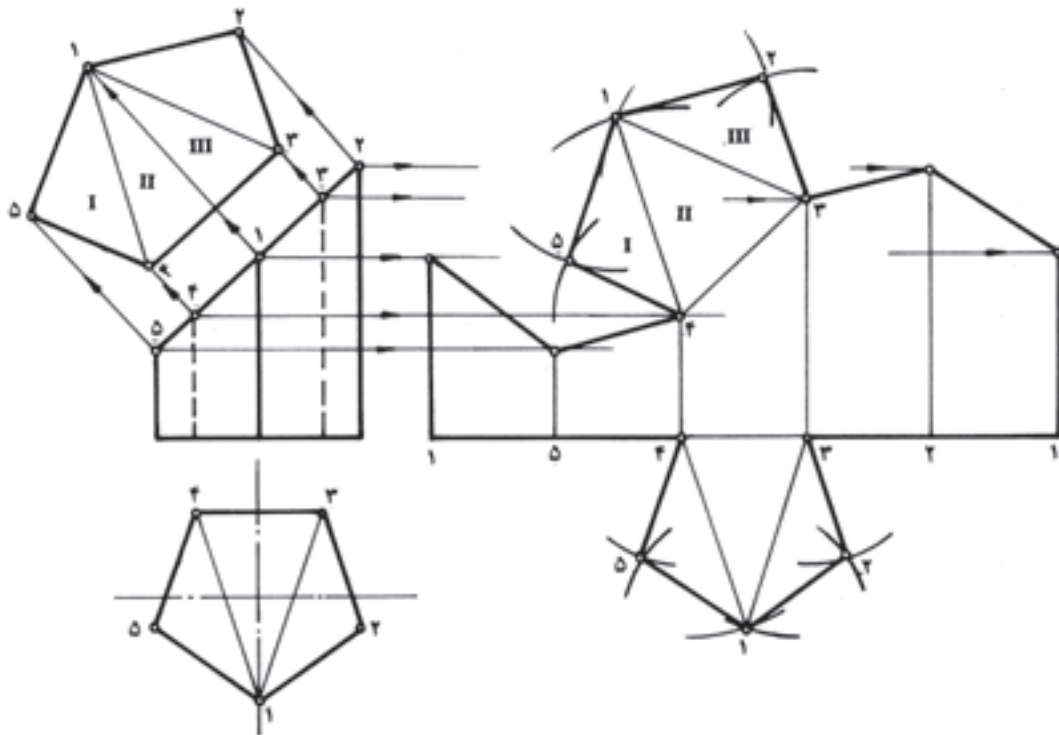
روش پیشین (شکل ۶-۱۰) اندازه‌ی واقعی درپوش را تعیین و
ترسیم کرده سپس به گسترش منتقل کنیم.



شکل ۶-۱۰ - ترسیم درپوش با ابعاد واقعی

۱- ملخص صفحه‌ی منتصب را رسم کرده نقاط برخورد
یال‌ها با اثر قائم صفحه در ملخص را شماره گذاری می‌کنیم.
۲- گوشه‌های ۱ الی ۵ را به موازات محور X ها به خط
oy (اثر افقی صفحه‌ی منتصب در ملخص) انتقال می‌دهیم.
به این ترتیب، فاصله‌ی طولی گوشه‌ها از هم دیگر روی اثر
قائم، و فاصله‌ی عرضی گوشه‌ها از هم دیگر روی اثر افقی صفحه‌ی
منتصب در ملخص به دست می‌آید.
۳- خط y (اثر افقی صفحه در ملخص) را حول نقطه‌ی
دوران داده در امتداد قائم بر سطح شیب‌دار قرار می‌دهیم. به
این ترتیب، صفحه‌ی منتصب روی صفحه‌ی قائم تصویر تسطیح
شده است.

۴- نقاط برخورد گوشه‌ها در روی اثر افقی صفحه‌ی
منتصب در ملخص را به وسیله‌ی قوس‌هایی به مرکز O، روی
خط قائم m منتقل کرده به موازات سطح شیب‌دار امتداد
می‌دهیم.
۵- حال نقاط موجود در روی اثر قائم صفحه‌ی منتصب
در ملخص را عمود بر سطح شیب‌دار طوری امتداد می‌دهیم که
امتدادهای عرضی خود را در یک نقطه قطع کند. به این ترتیب،
مکان هندسی گوشه‌های پنج ضلعی در روی سطح قائم تصویر
مشخص می‌شود.
۶- نقاط حاصل را دو به دو به یک دیگر وصل می‌کنیم.
نتیجه‌ی کار پنج ضلعی با ابعاد واقعی خواهد بود (شکل ۱۱-۶).



شکل ۱۱-۶- گسترش

۳-۲-۶- انتقال درپوش‌ها به گسترش: فرض این
است که درپوش بالایی روی ضلع ۴-۳ مربوط در گسترش
انتقال داده شود.

۱- سطح مقطع واقعی را به چند مثلث تقسیم می‌کنیم
(مثلث‌های I و II و III).

۲- نقاط ۳ و ۴ از مثلث (شماره‌ی II) در روی گسترش
معلوم است. حال به شعاع ۱-۳ از نقطه‌ی شماره‌ی ۳ و به شعاع

۱-۴ از نقطه‌ی شماره‌ی ۴، در روی گسترش قوس‌هایی در
بالای خط ۴-۳ ترسیم می‌کنیم. (با محل تلاقی دو قوس،
موقعیت گوشه‌ی شماره‌ی ۱ از مثلث II معلوم می‌شود). نقاط
حاصل را دو به دو به یک دیگر وصل می‌کنیم.

۳- با داشتن دو گوشه از مثلث‌های I و III، گوشه‌های
۵ و ۲ را نیز به روش یاد شده مشخص کرده نقاط حاصل را دو
به دو به یک دیگر وصل می‌کنیم (شکل ۱۱-۶).



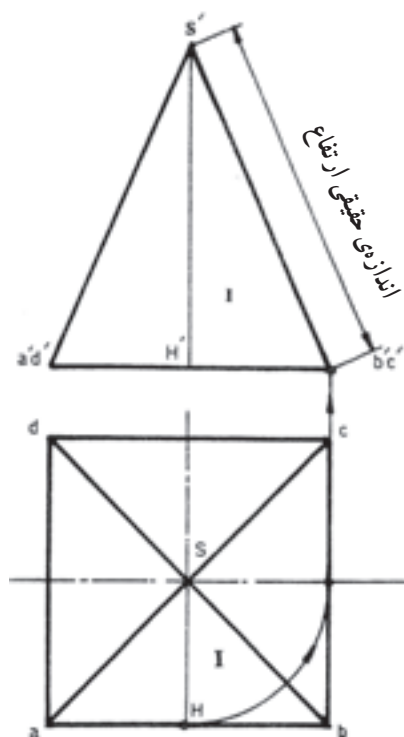
گسترش و نمای سطحی از نظر عرض با هم دیگر مساوی و از نظر طول کاملاً متفاوت هستند (شکل ۱۳-۶).

تذکر: افزون بر ترسیم روش یاد شده در کلاس، گسترش سطح جانبی، ترسیم اندازه‌ی واقعی درپوش و گسترش سطح جانبی کل را در کلاس ترسیم و تکمیل نمایید.

۳- ۶- ترسیم گسترش هرم قائم

در این جا دو روش برای گسترش هرم قائم را بررسی می‌کنیم:

الف) همان گونه که در شکل ۱۴-۶ دیده می‌شود، سطح جانبی هرم از چندین مثلث مساوی یا نامساوی تشکیل شده است. در صورتی که اندازه‌ی واقعی مثلث‌ها را بر روی کاغذ انتقال داده از طریق وتر مثلث‌ها به هم دیگر وصل کنیم، سطح حاصل گسترش سطح جانبی هرم خواهد بود. در این شکل هر چهار مثلث با هم دیگر مساوی هستند.



درپوش بالا را به علت مشابهت زیاد با نمای سطحی می‌توان با فاصله‌ی مناسبی در زیر نمای سطحی رسم کرد.

۱- گوشه‌های موجود در نمای سطحی و گوشه‌های مربوط در نمای اصلی را شماره‌گذاری می‌کنیم.

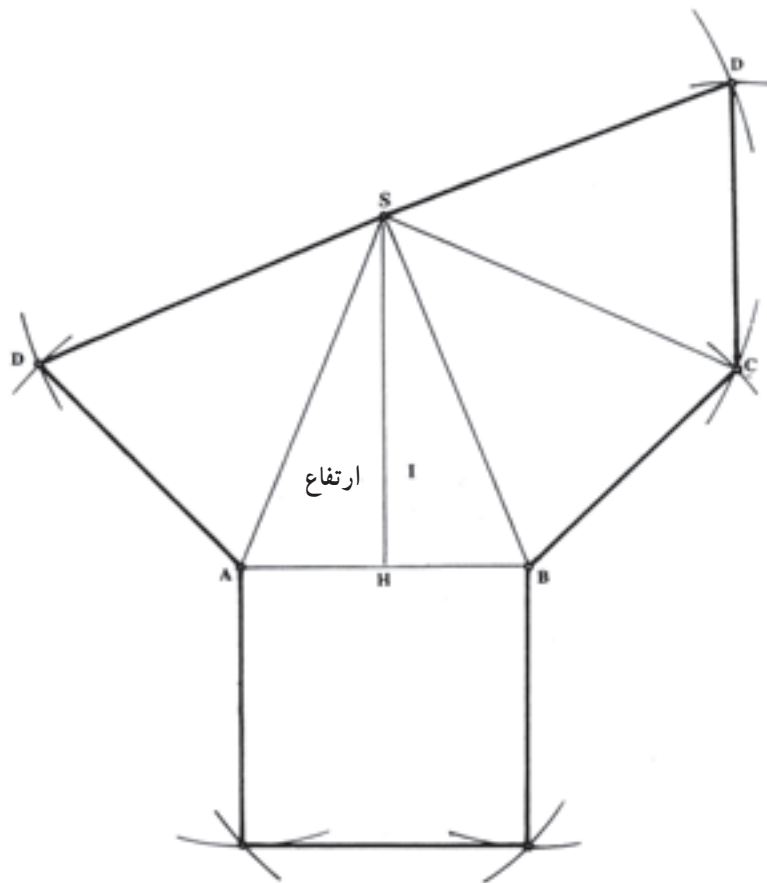
۲- به فاصله‌ی دل‌خواهی از نمای سطحی، دو خط به موازات محور Xها و به فاصله‌ی عرض نمای سطحی که در اثر برخورد صفحات تغییری در آن حاصل نشده است ترسیم می‌کنیم.

۳- گوشه‌های ۱، ۴، ۵ و ۶ را به وسیله پرگار به مراکز نقاط ۲ و ۳ روی صفحه‌ی افقی منتقل می‌کنیم تا طول واقعی جهت انتقال به نمای گسترش به دست آید.

۴- محل برخورد قوس‌ها با محور افقی را به موازات محور yها به نمای گسترش امتداد می‌دهیم تا امتدادهای عرضی خود را قطع کند.

۵- نقاط حاصل را دو به دو به یک دیگر وصل می‌کنیم تا شش ضلعی با ابعاد واقعی به دست آید.

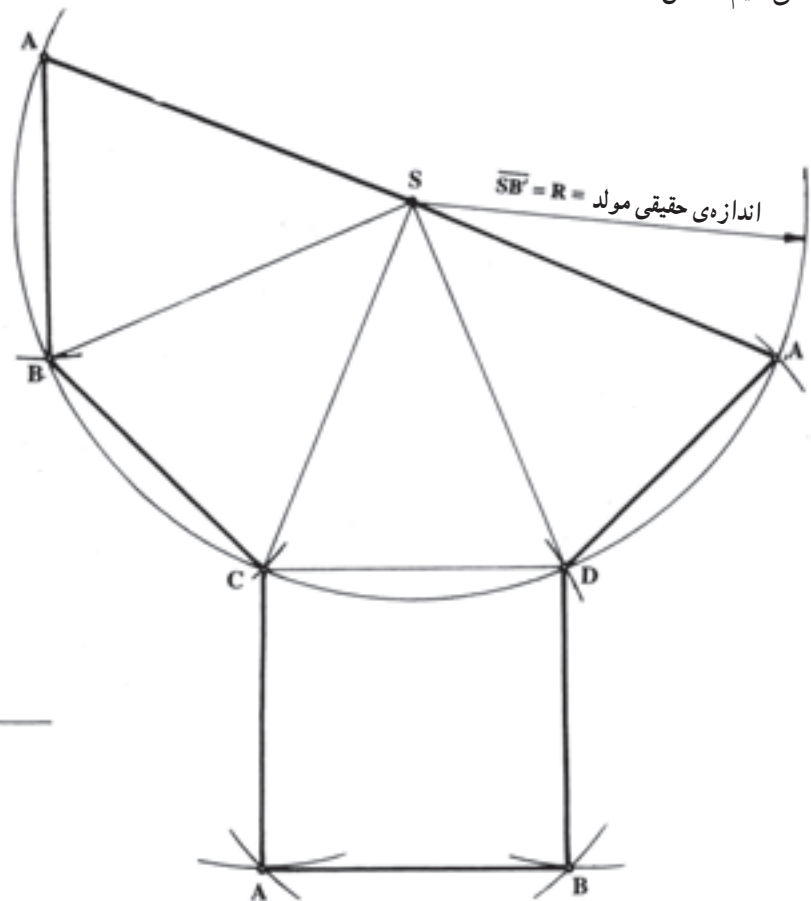
همان گونه که مشاهده می‌شود، سطوح a و b و c در



شکل ۱۴-۶

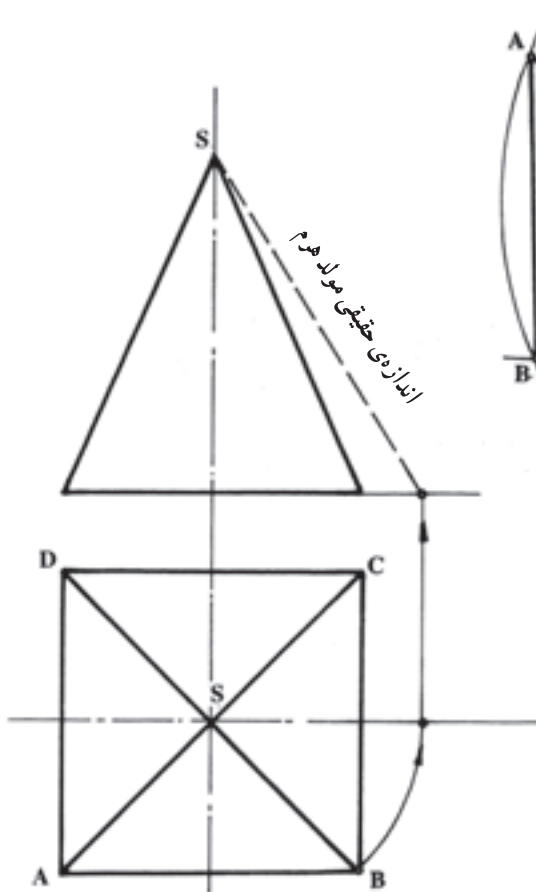
طریقه‌ی ترسیم:

الف) مثلث ASB را در سمت راست ترسیم می‌کنیم. در این مثلث ضلع قاعده \overline{AB} به اندازه‌ی حقیقی و ارتفاع \overline{SH} به صورت تصویر است. برای تعیین اندازه‌ی حقیقی \overline{SH} کافی است که آن را حول محور قائم دوران دهیم و پس از برخورد با محور X ها به نمای سطح قاعده‌ی عمود کرده به رأس S وصل کنیم. خط \overline{SB} اندازه‌ی واقعی ارتفاع است. با انتقال ابعاد واقعی مثلث I در سمت راست و تکرار آن به تعداد چهار بار به وسیله‌ی پرگار و اضافه کردن مربع سطح قاعده، گسترش هرم را تکمیل می‌کنیم (شکل ۶-۱۴).



شکل ۶-۱۵

ب) با کمی دقت درمی‌یابیم که گسترش ترسیم شده در شکل ۶-۱۴ قطاعی از دایره‌ای است که به شعاع مولد هرم و به مرکز O رسم شده و حد فاصله‌ی نقاط A, B, C و D با خط مستقیم به هم دیگر ارتباط داده شده است. در این روش از دایره‌ی محیطی که به شعاع یکی از یال‌ها رسم می‌شود استفاده می‌کنیم. در شکل ۶-۱۵ یال‌های هرم در نمای اصلی و سطحی به صورت تصویر نشان داده شده است؛ بنابراین، اولین کار، تعیین اندازه‌ی واقعی یال‌هاست. یال \overline{SB} وتر مثلث $S\hat{O}B$ است. برای تعیین اندازه‌ی واقعی آن مثلث $S\hat{O}B$ را دوران می‌دهیم.



- ۱- نقطه‌ی B را در نمای سطحی به وسیله‌ی پرگار به مرکز O روی خط محور X ها منتقل کرده با خط کمکی به بالا انتقال می‌دهیم تا امتداد سطح قاعده را در نقطه‌ی B' قطع کند.
- ۲- نقطه‌ی b' را به رأس S وصل می‌کنیم. خط Sb'

- ۳- به شعاع Sb' قوسی رسم کرده طول اضلاع قاعده را که دارای اندازه‌ی حقیقی است، به وسیله‌ی پرگار روی قوس منتقل و نقاط برخورد را به رأس S وصل می‌کنیم.

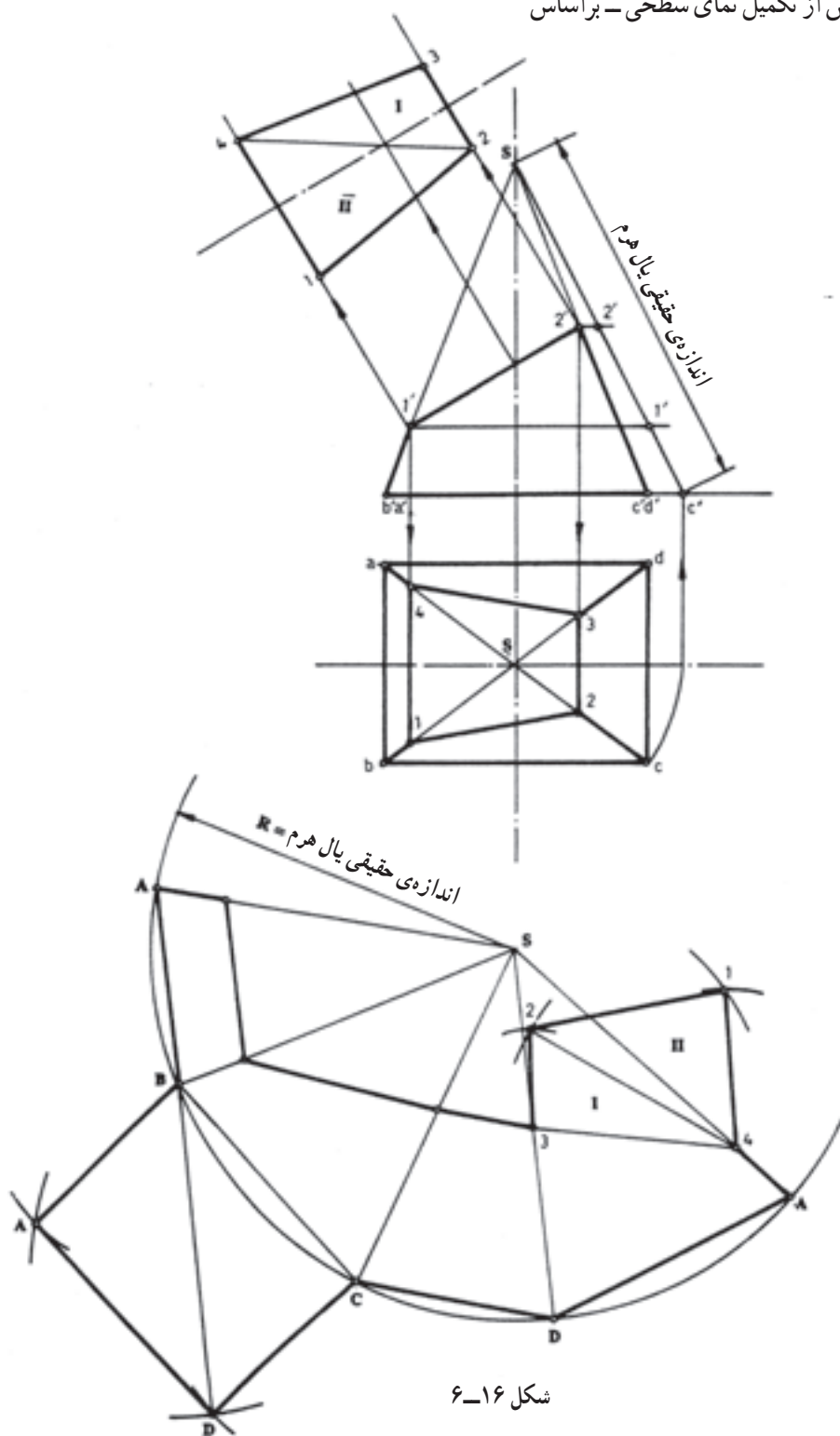
روش موردنظر در مبحث برخورد صفحه و هرم - اندازه‌ی واقعی درپوش بالایی را ترسیم می‌کنیم.

۲- یال SC در نمای سطحی را دوران می‌دهیم و نقطه‌ی C' اثر برخورد آن با امتداد سطح قاعده را به نقطه‌ی S وصل می‌کنیم.

۴- درپوش پایین را با استفاده از روش انتقال مثلث، بر روی یکی از اضلاع منتقل کرده خطوط خارجی گسترش را پررنگ می‌کنیم (شکل ۱۵-۶). خطوط داخلی که محل تا کردن گسترش است، با خط نازک مشخص می‌شود.

۱-۳-۶- ترسیم گسترش هرم با فصل مشترک برش:

۱- در شکل ۱۶-۶ پس از تکمیل نمای سطحی - براساس



شکل ۱۶-۶

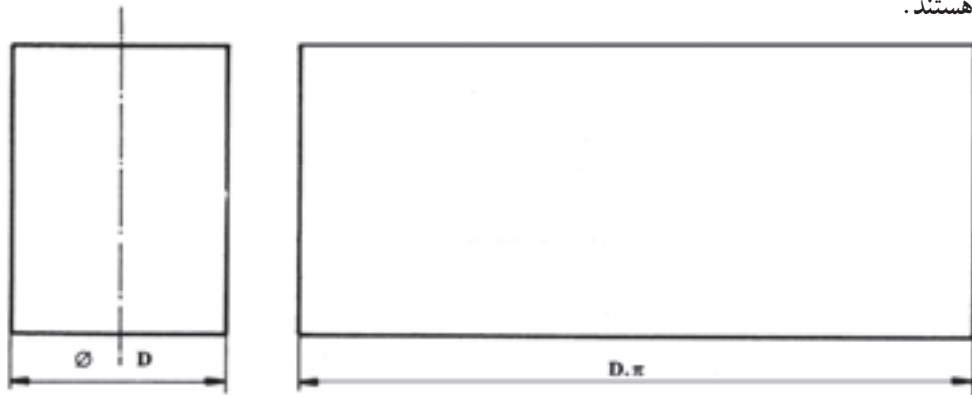
۳- به شعاع SC' اندازه‌ی حقیقی یال هرم، قوسی ایجاد می‌کنیم.

۴- طول اضلاع قاعده را به وسیله‌ی پرگار روی قوس منتقل و به هم دیگر وصل می‌کنیم.

۵- نقاط حاصل در روی قوس $(A . D . C . B . A)$ را به رأس S وصل می‌کنیم.

بدین ترتیب، ملاحظه می‌شود که یال‌های هرم در اثر برش با صفحه‌ی منتصب به طول‌های مختلفی درآمده‌اند که هیچ یک از آن‌ها در اندازه‌ی حقیقی نشان داده نشده‌اند.

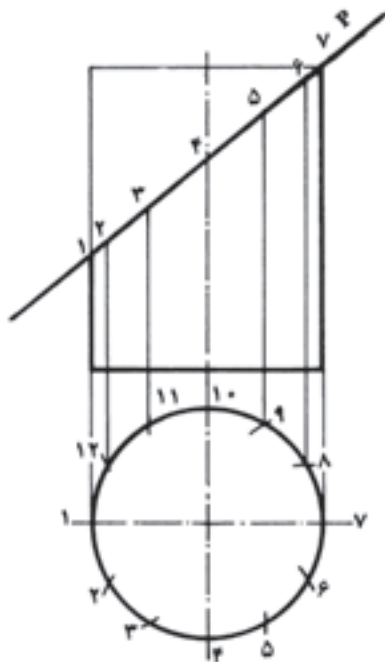
۶- با انتقال نقاط ۱ و ۲ به موازات سطح قاعده بر روی یال حقیقی در اصل عمل دوران را در مورد یال‌های بریده شده انجام می‌دهیم. خطوط $C_1'2'$ و $C_1'2'$ طول‌های واقعی مولدها پس از بُرش هستند.



شکل ۶-۱۷

در صورتی که جسم استوانه‌ای تحت برش صفحات مختلف قرار بگیرد، برای گسترش آن از روش خط‌کشی سطح جانبی استفاده می‌کنیم. در شکل ۶-۱۸ استوانه به وسیله‌ی صفحه‌ی منتصب P برش داده شده است.

همان‌طور که گفته شد، برای سهولت تعیین نقاط در گسترش، بدنه (سطح جانبی) استوانه را خط‌کشی می‌کنیم. در صورتی که ملاک تقسیم‌بندی ما دایره‌ی مقطع باشد، در نهایت، تقسیمات مساوی در روی سطح گسترش پدید می‌آید. بدین منظور، محیط قاعده را به وسیله‌ی پرگار یا گونیای 30° و 60° به چند قسمت مساوی (در این جا ۱۲ قسمت) تقسیم کرده پس از شماره‌گذاری نقاط را به موازات محور قائم به بدنه‌ی استوانه انتقال می‌دهیم. بدین ترتیب، صفحه‌ی منتصب، هر یک از امتدادها را



شکل ۶-۱۸

۷- اندازه‌های واقعی یال‌ها را به وسیله‌ی پرگار روی امتداد یال‌ها در گسترش منتقل کرده نقاط حاصل را دوه‌دو به یک‌دیگر وصل می‌کنیم.

۸- درپوش‌های بالا و پایین را در اندازه‌های حقیقی و به روش انتقال مثلثی به گسترش سطح جانبی اضافه می‌کنیم (شکل ۱۶-۶).

۴-۶- گسترش استوانه

استوانه در شمار اجسام یک انحناپی است و به طور دقیق گسترش داده می‌شود. در صورتی که در سطح صافی بغلند، اثر آن مربع مستطیلی خواهد بود که طولش برابر با محیط قاعده و عرضش برابر با ارتفاع استوانه است (شکل ۱۷-۶).

که قبلاً با یال یا ارتفاع استوانه مساوی بودند، در اندازه‌های مختلفی کوتاه کرده است. انتقال این اندازه‌ها به سطح گسترش منحنی حاصل از برش را مشخص خواهد کرد.

۱-۴-۶- روش ترسیم گسترش استوانه:

۱- براساس توضیحی که داده شد، ابتدا سطح قاعده را به چند قسمت مساوی تقسیم کرده به بدنه‌ی استوانه انتقال می‌دهیم.
۲- گسترش کامل استوانه (مربع مستطیل ابتدایی) را در سمت راست نمای جانبی با خط نازک رسم می‌کنیم.

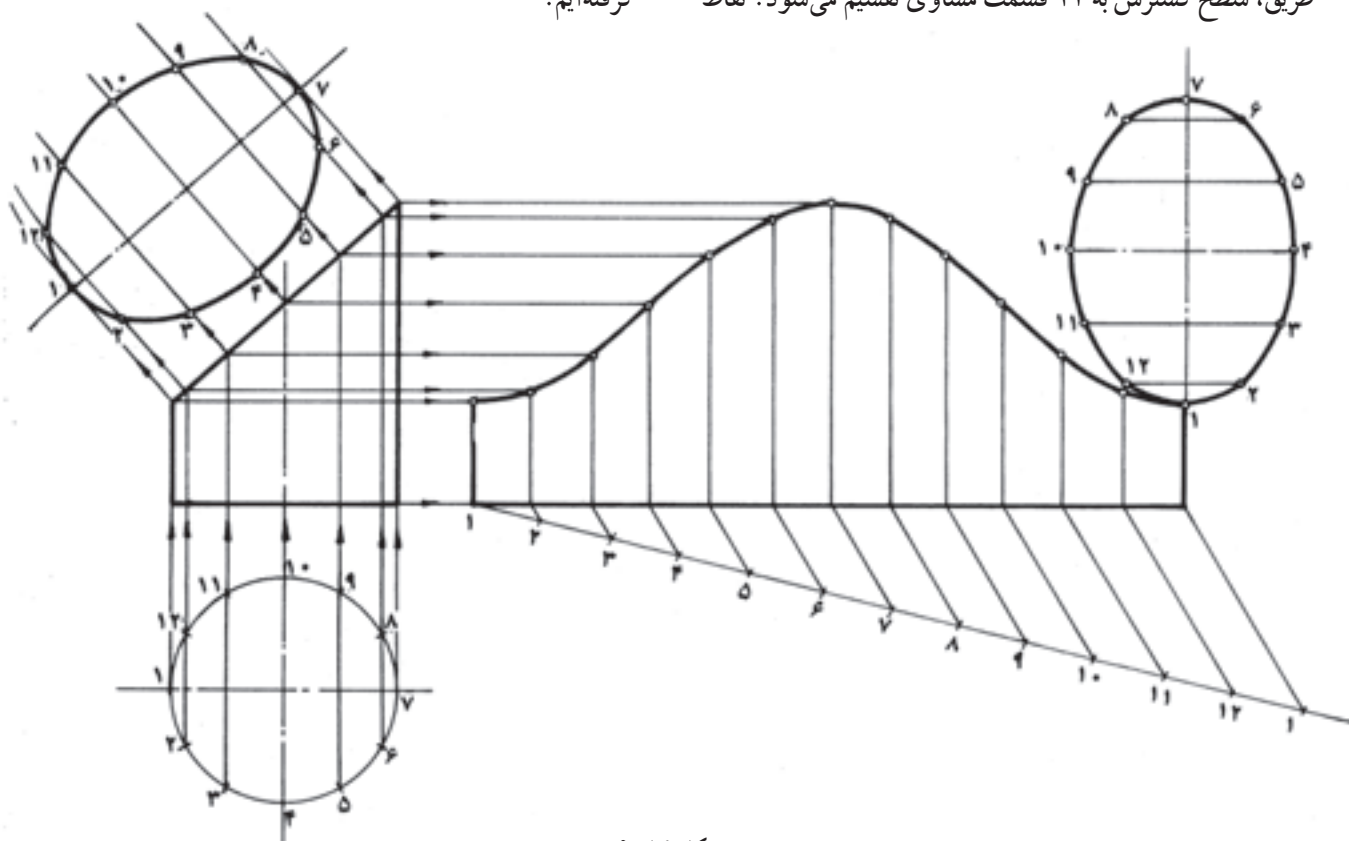
۳- اندازه‌ی محیط قاعده را در ضلع پایینی جدا کرده به روش «قضیه‌ی طالس» طول مستطیل را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم و نقاط برخورد را به بالا امتداد می‌دهیم. بدین طریق، سطح گسترش به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می‌شود. نقاط

تقسیم را شماره‌گذاری می‌کنیم.

۴- همان‌گونه که مشاهده می‌شود، هر یک از تقسیمات، طول مشخصی در نمای اصلی دارند. ارتفاع هر یک از تقسیمات در نمای اصلی را به سمت راست و به طرف گسترش امتداد می‌دهیم. محل برخورد امتدادهای مربوط به هم را با دایره کوچکی مشخص کرده در نهایت، دو به دو به یک‌دیگر وصل می‌کنیم (شکل ۱۹-۶).

۵- برای تکمیل گسترش درپوش بالا و پایین را به مجموعه اضافه می‌کنیم (شکل ۱۹-۶).

توجه: روش ترسیم درپوش را به صورت ترسیم اندازه‌ی واقعی سطوح مورب، در مبحث برخورد صفحه با استوانه، یاد گرفته‌ایم.



شکل ۱۹-۶

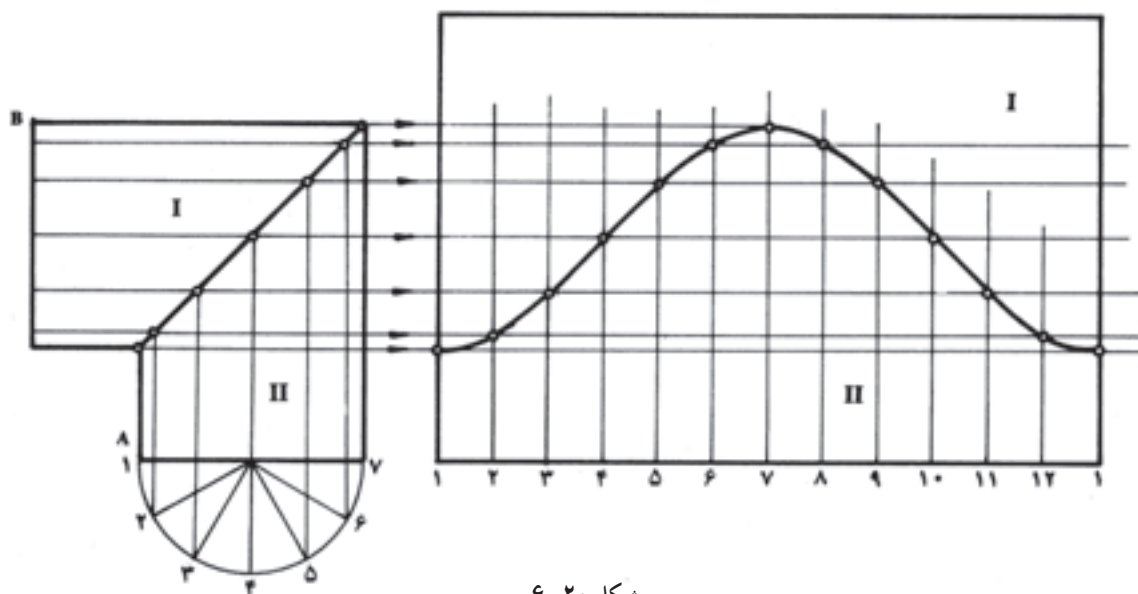
۲-۴-۶- گسترش استوانه زانویی:

زانویی دویارچه: زانویی دو تکه از دو استوانه‌ی هم قطر که هرکدام تحت زاویه ۴۵ بریده شده و فصل مشترک‌های برش آن‌ها بر روی هم جوش کاری، لحیم کاری، پیچ‌فرنگی یا پرچ کاری شده، تشکیل یافته است.

برای گسترش، طبق روش قبلی که برای یک قطعه استوانه اجرا شد، پس از خط‌کشی بدنه‌ی استوانه‌ی قائم، زانویی را یک بار از نقطه‌ی A و بار دوم از نقطه‌ی B برش داده در سمت راست نمای اصلی می‌گسترانیم.
در شکل ۲۰-۶ گسترش زانویی دویارچه براساس توضیح

تغییرات جزئی یا کلی در ترسیم قوس‌ها حاصل می‌شود. به این ترتیب، انطباق مقاطع موقع اتصال، نیازمند دقت کافی است (شکل ۶-۲۰).

پیشین ترسیم شده است. در این جا گسترش پایینی مربوط به استوانه‌ی قائم است که از نقطه‌ی A باز شده، و گسترش بالایی مربوط به استوانه‌ی افقی است که از نقطه‌ی B باز شده است. این روش، باعث صرفه‌جویی در مواد، نیز مانع ایجاد



شکل ۶-۲۰

استوانه مایل به سمت پایین مشخص می‌کنیم.
۶- طول گسترش (D...) را روی دو خط موازی جدا کرده به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم.
۷- نقاط تقسیم را شماره‌گذاری کرده به موازات محور استوانه امتداد می‌دهیم.
۸- از نقاط موجود در روی فصل مشترک برخورد، خطوطی به موازات سطح قاعده به طرف گسترش امتداد می‌دهیم.
۹- محل برخورد خطوط هم شماره را دو به دو به یک دیگر وصل می‌کنیم. شکل حاصل گسترش استوانه‌ی مایل است (شکل ۶-۲۱).

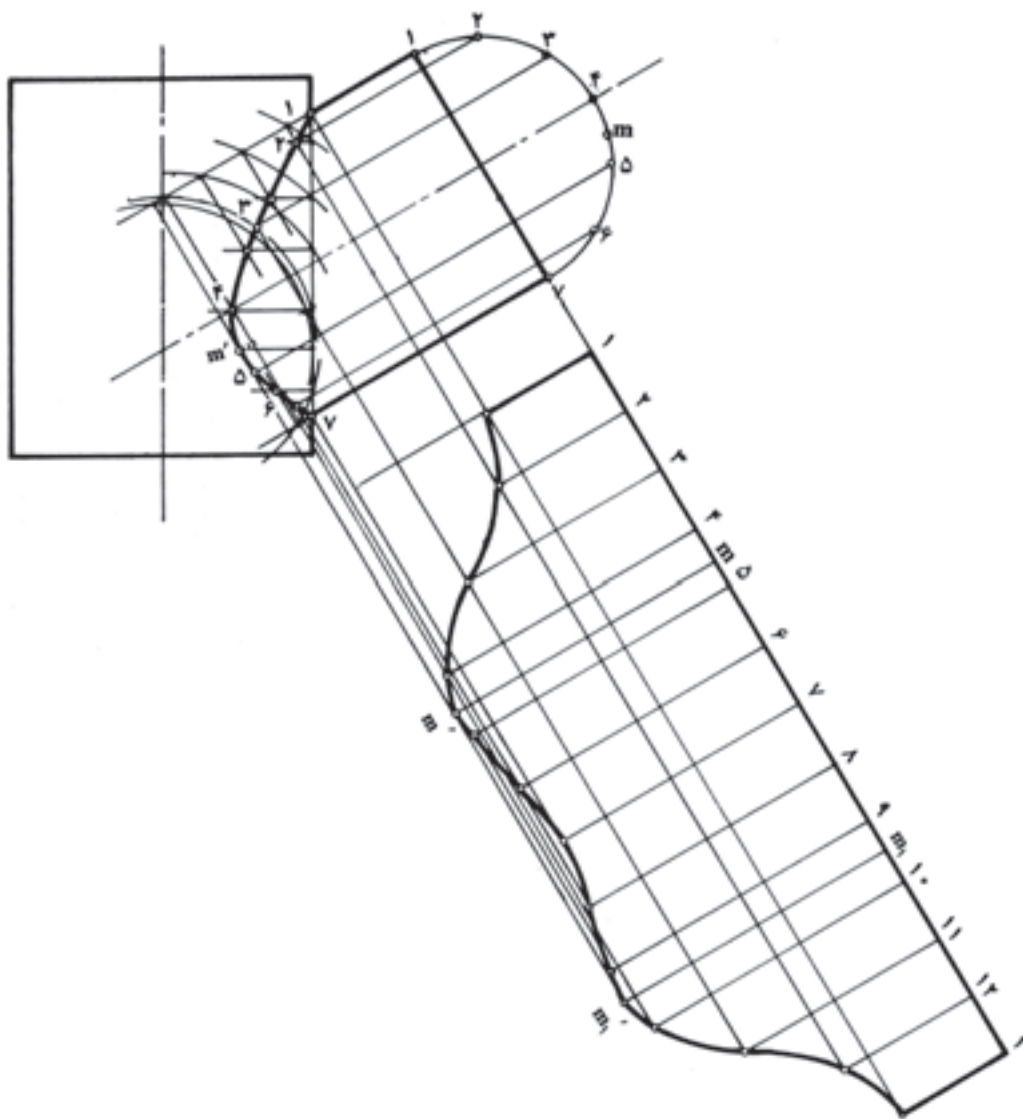
توجه: فاصله‌ی نقطه‌ی m در روی دایره‌ی تقسیم را از نقاط ۵ و ۹ اندازه گرفته به وسیله‌ی پرگار به گسترش انتقال می‌دهیم؛ سپس از نقاط مذکور خطوطی به موازات سایر خطوط اخراج می‌کنیم تا امتداد نقطه‌ی m' از قوس را قطع کند. نقاط m' و m' نقاط برگشت منحنی و شاخص اندازه‌ی عرض گسترش است.

مسئله: از برخورد دو استوانه، مطابق شکل ۶-۲۱ مطلوب است: ترسیم گسترش استوانه‌های مایل و قائم.
* در این جا تنها استوانه‌ی مایل گسترش داده می‌شود. گسترش استوانه قائم، هم چنین ترسیم فصل مشترک برخورد به عهده‌ی دانش‌آموزان است.

۱- ابتدا فصل مشترک برخورد دو استوانه را طبق روشی که در فصل برخورد اجسام دیدیم، ترسیم می‌کنیم.
۲- نیم دایره‌ی مقطع استوانه‌ی مایل را ترسیم کرده به شش قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم.

۳- نقاط تقسیم را به موازات خط محور استوانه‌ی مایل امتداد می‌دهیم تا فصل مشترک برخورد دو استوانه را در نقاط ۱ الی ۷ قطع کند. نقطه‌ی m' از منحنی بلندترین نقطه از ارتفاع استوانه است، اما به هیچ یک از امتدادها برخورد نکرده است.
۴- نقطه‌ی m' را به موازات خط محور استوانه به نیم دایره مقطع رابط می‌کنیم. نقطه‌ی m محل برخورد آن در بین نقاط ۴ و ۵ قرار گرفته است.

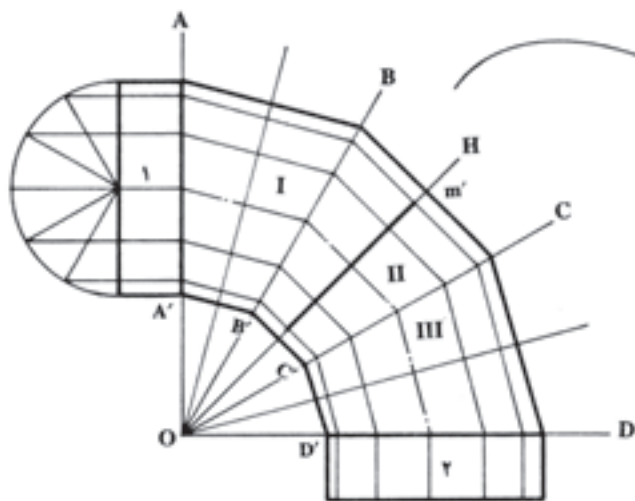
۵- ارتفاع گسترش را با دو خط موازی و عمود بر محور



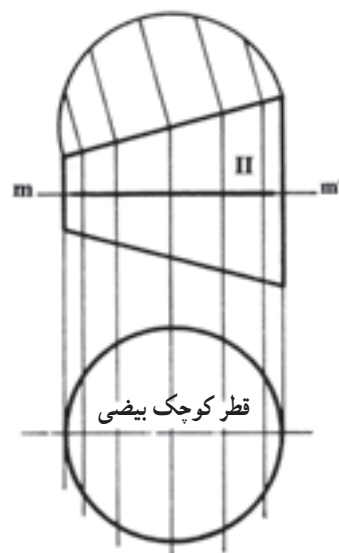
شکل ۶-۲۱

۵-۶- گسترش زانویی چند پارچه

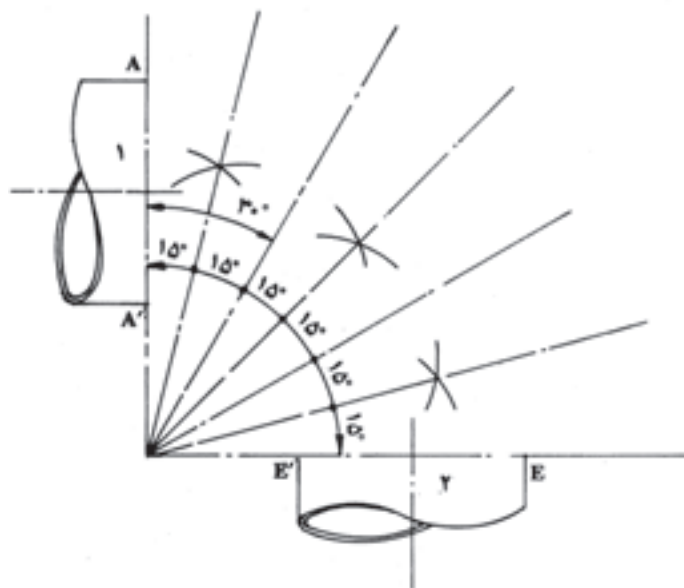
در ترسیم گسترش زانویی چند پارچه، طراحی صحیح نمای اصلی در درجه‌ی اول اهمیت قرار دارد، زیرا انتخاب نادرست مقاطع جهت اتصال (شروع) پارچه‌ها، موجب می‌شود که مقطع اصلی پارچه‌ها به شکل بیضی درآمده در نتیجه طول گسترش آن‌ها کوتاه‌تر از طول گسترش استوانه‌های اصلی شود. به دو طریق طراحی در شکل‌های ۶-۲۲ و ۶-۲۳ توجه کنید. مسئله: استوانه‌های ۱ و ۲ باید در فاصله‌ی معینی با سه پارچه‌ی استوانه‌ی هم قطر و تحت زاویه‌ی 90° به هم دیگر ارتباط داده شوند.



شکل ۶-۲۲



شکل ۲۳-۶



شکل ۲۴-۶

۱-۵-۶- روش غلط طراحی نمای اصلی زانوی

چند پارچه:

۱- فاصله‌ی دو مقطع افقی و عمودی را به سه قسمت 30° تقسیم کرده سپس منصف الزاویه‌ی هر یک را ترسیم می‌کنیم.
۲- به مرکز Q و به شعاع‌های OA و OA' مقاطع دو استوانه را به هم دیگر وصل می‌کنیم. این قوس‌ها امتداد شاخه‌های زوایای 30° را در نقاط B و B' و C و C' و D و D' قطع می‌کند.

۳- از نقاط A و A' به ترتیب به نقاط تقاطع وصل می‌کنیم. با این ترتیب حدفاصل مابین دو مقطع اصلی با سه پارچه تأمین می‌شود و به نظر می‌رسد اشکالی ندارد. با کمی دقت به یکی از پارچه‌ها (II) متوجه می‌شویم که طول خط mm' عمود بر محور استوانه (II) کوچک‌تر از خط BB' است که مساوی با قطر استوانه‌ی اصلی است؛ بنابراین پارچه‌های I و II و III دارای مقاطع بیضی بوده طولشان در موقع گسترش از طول گسترش استوانه‌های مبدأ کوتاه‌تر خواهد شد.

به شکل ۲۳-۶ با مقطع واقعی توجه کنید.

نتیجه: در این روش انتخاب سطح مبنا غلط است.

۲-۵-۶- روش صحیح طراحی نمای اصلی

زانوی چند پارچه:

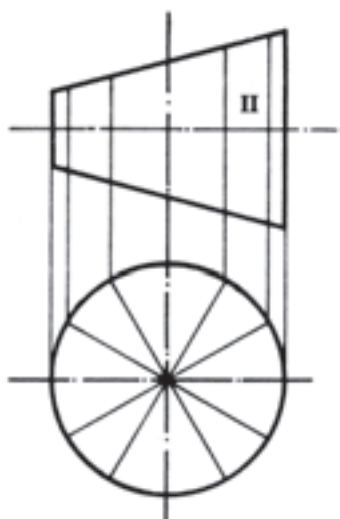
۱- زاویه‌ی 90° مابین استوانه‌های ۱ و ۲ را به شش قسمت

مساوی (هر یک 15° درجه) تقسیم می‌کنیم (شکل ۲۴-۶).

۲- نقاط A و A' و E و E' را به موازات یال‌های هر دو استوانه‌ی ۱ و ۲ امتداد می‌دهیم تا اولین شاخه‌ی 15° را در بالا و پایین قطع کند.

۳- از نقاط برخورد (B و B' و D و D') به خطوط 30° در بالا و پایین عمود اخراج می‌کنیم. این چهار خط عمود هم‌دیگر را در روی خط 45° تلاقی می‌کنند (نقاط C و C').

۴- نقاط حاصل را به هم دیگر وصل می‌کنیم. قطعات I و II و III و IV استوانه‌های موربی هستند که حدفاصل دو لوله را تأمین کرده مقاطع آن‌ها دایره‌ی کامل و مساوی با قطر استوانه‌های ۱ و ۲ است به شکل‌های ۲۵-۶ و ۲۶-۶ توجه کنید.



شکل ۲۵-۶

۳- ۵- ۶- روش گسترش زانویی چند پارچه:

۱- نمای اصلی را بر مبنای اطلاعات و روش پیشین طراحی

می‌کنیم.

۲- نیم‌دایره‌ی مقطع یکی از پارچه‌ها را رسم کرده به شش

قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم (شکل ۶-۲۷).

۳- نقاط تقسیم را به سطح قاعده انتقال داده به موازات

محور استوانه‌های موّرب امتداد می‌دهیم تا سطوح مورب را در

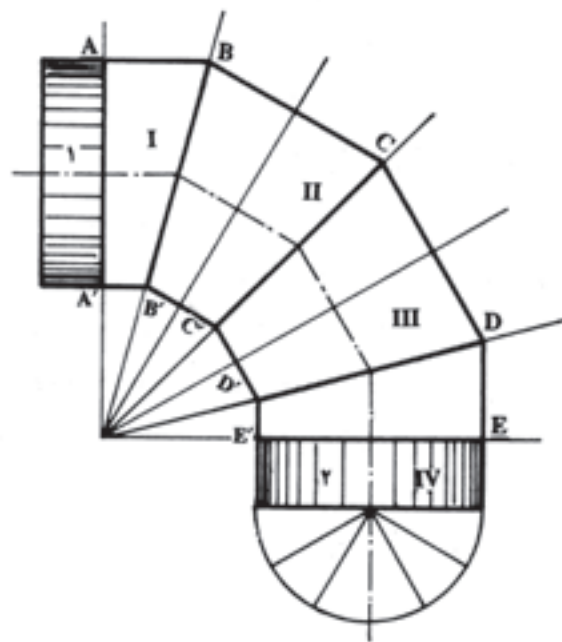
نقاط ۱ الی ۷ قطع کند.

۴- خط ۲ محور پارچه‌ی شماره‌ی III و سطح قاعده‌ی

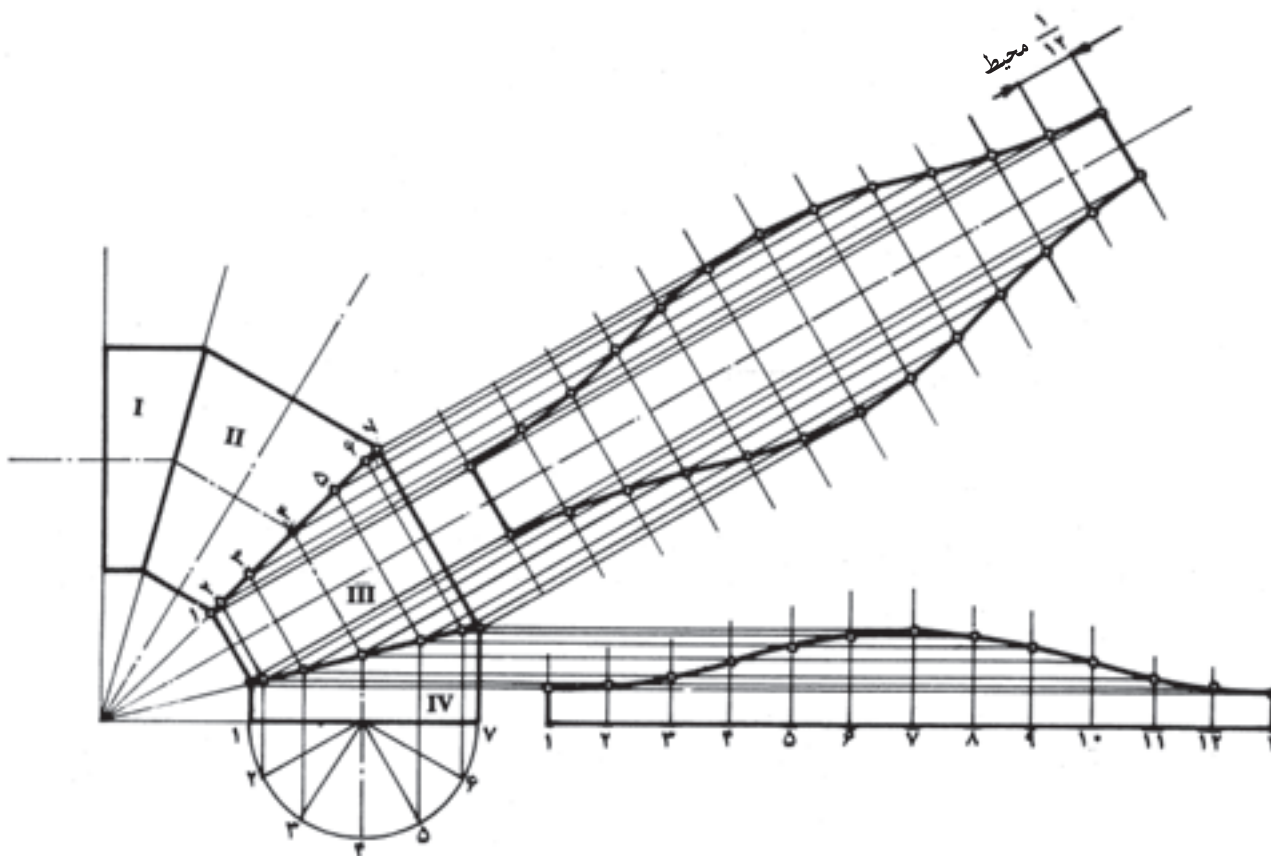
پارچه‌ی شماره‌ی IV را امتداد داده طول محیط قاعده‌ی استوانه

را روی آن‌ها منتقل، سپس به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم.

(می‌توانیم اندازه‌ی $\frac{1}{12}$ محیط را که در روی نمای سطحی



شکل ۶-۲۶



شکل ۶-۲۷

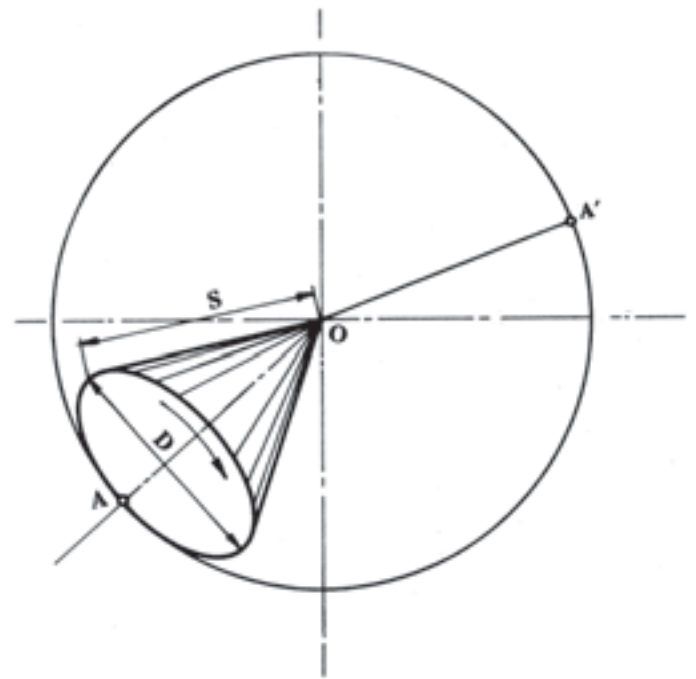
مشخص شده، دوازده بار به وسیله ی پرگار نوک تیز روی محور ترسیم شده منتقل کنیم.)

۵- از نقاط برخورد تقسیمات نمای سطحی با سطوح مورب به موازات خط محور پارچه ی شماره ی III و سطح قاعده ی پارچه ی شماره ی IV خطوطی رسم می کنیم. این خطوط امتدادهای قائم (تقسیمات $\frac{1}{12}$) هم شماره را در نقاطی قطع می کنند.

۶- نقاط حاصل را دو به دو به یک دیگر وصل می کنیم. شکل حاصل گسترش پارچه های زانویی چند پارچه است (شکل ۶-۲۶).

۶-۶- گسترش مخروط

هرگاه جسم مخروطی را در حالت خوابیده روی سطح صافی بغلتانیم، اثر آن، سطح گردی خواهد بود که مرکزش رأس مخروط و شعاعش برابر با مولد آن است (شکل ۶-۲۸).



شکل ۶-۲۸

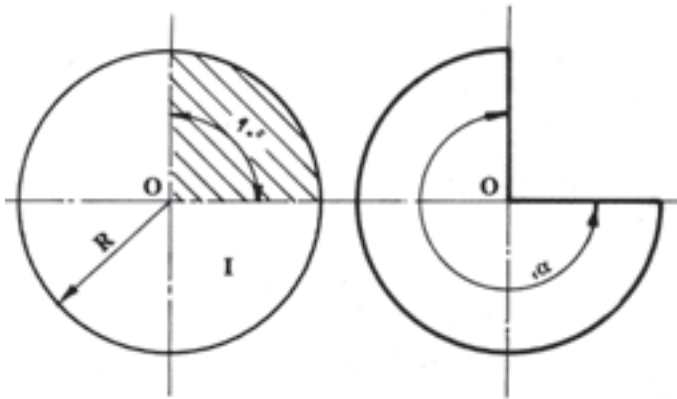
مقدار قطاعی که پس از یک دور کامل مخروط ایجاد می شود، گسترش سطح جانبی مخروط است که طول هر یک از اضلاع آن مساوی با مولد مخروط و طول قوس آن برابر با

محیط قاعده ی مخروط است.

(محیط قاعده) $\widehat{AA'} = D \dots$ (مولد مخروط) $OA = S$

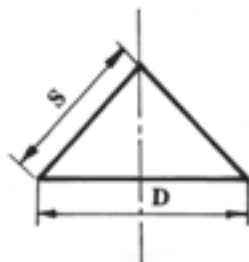
گسترش سطح جانبی مخروط $AOA' =$ قطاع از طرفی، گسترش سطح جانبی کلیه ی اجسام مخروطی قائم با مولدهای مساوی و قطرهای قاعده با ارتفاع های مختلف، از جمله قطاع های دایره ای هستند که به شعاع برابر با مولد مذکور ترسیم شده باشند. برای اثبات این موضوع به این نکات توجه کنید.

- ۱- مقوای نازکی را انتخاب کرده سه عدد دایره به شعاع های مساوی روی آن ترسیم می کنیم و برش می دهیم.
- ۲- روی یکی از صفحات مدور حاصل قطاعی به زاویه ی 90° جدا می کنیم (شکل ۶-۲۹).



شکل ۶-۲۹

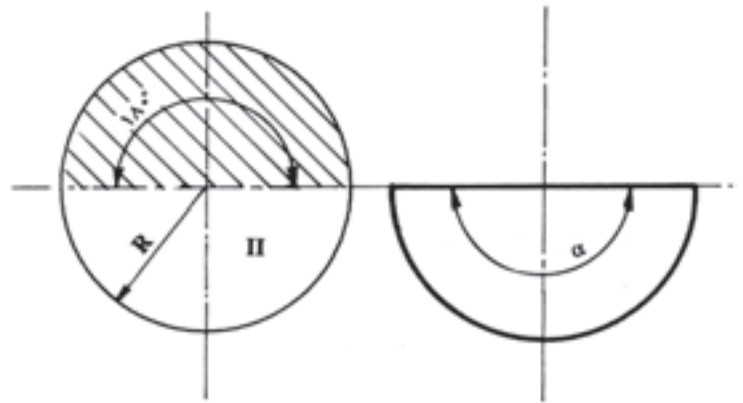
- باقی مانده را طوری خم می کنیم که لبه های بریده شده روبه روی هم قرار بگیرد. موقعیت را با یک قطعه چسب تثبیت می کنیم (شکل ۶-۳۰).
- حجم حاصل مخروطی است که مولد آن برابر است با شعاع صفحه مدور و محیط آن برابر است با طول قوس باقی مانده از صفحه ی مدور (شکل ۶-۳۰).



شکل ۶-۳۰

۳- روی صفحه‌ی مدور دومی قطاعی به زاویه‌ی 180° جدا می‌کنیم (شکل ۶-۳۱).
 $S = R$

$$D = \cdot \widehat{A.B}$$



شکل ۶-۳۱

باقی‌مانده را طوری خم می‌کنیم که لبه‌های بریده شده روبه‌روی هم قرار بگیرد. موقعیت را با یک قطعه چسب تثبیت می‌کنیم.

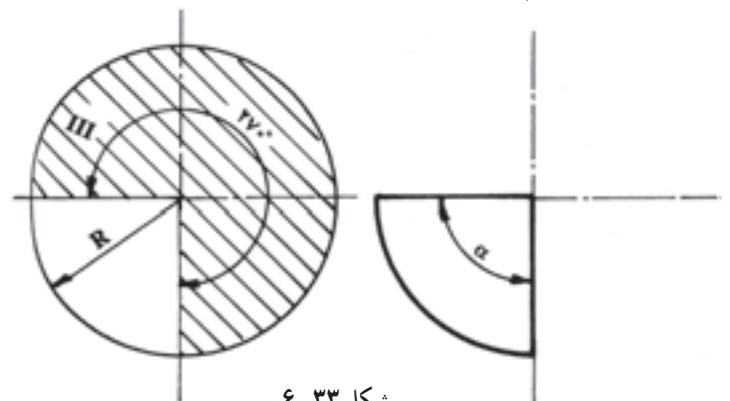
حجم حاصل مخروطی است که مولد آن برابر است با شعاع صفحه‌ی مدور و محیط آن برابر است با طول قوس باقی‌مانده از صفحه‌ی مدور (شکل ۶-۳۲).
 $S = R$

$$D = \cdot \widehat{A.B}$$



شکل ۶-۳۲

۴- روی صفحه‌ی مدور سومی قطاعی به زاویه‌ی 270° جدا می‌کنیم (شکل ۶-۳۳).
 $S = R$



شکل ۶-۳۳

باقی‌مانده را طوری خم می‌کنیم که لبه‌های بریده شده روبه‌روی هم قرار بگیرند. موقعیت را با یک قطعه چسب تثبیت می‌کنیم.

حجم حاصل مخروطی است که مولد آن برابر است با شعاع صفحه‌ی مدور، و محیط آن برابر است با طول قوس باقی‌مانده از صفحه‌ی مدور (شکل ۶-۳۴).
 $S = R$

$$D = \cdot \widehat{A.B}$$



شکل ۶-۳۴

نتیجه:

۱- گسترده‌ی هر سه مخروط قطاع‌هایی هستند از یک دایره که شعاع آن برابر است با مولدهای هر سه مخروط.

۲- کلیه‌ی مخروط‌هایی که گسترده‌ی آن‌ها قطاعی از یک دایره‌ی مشخصی باشند، دارای مولدهای مساوی هستند.

۳- زاویه‌ی قطاع را بعد از این، «زاویه‌ی گسترش» خواهیم نامید.

۴- گسترش مخروط، قسمتی از دایره‌ای است که شعاع آن برابر است با مولد مخروط و طول قوس آن برابر است با محیط قاعده‌ی همان مخروط.

برای ترسیم گسترش مخروط معمولاً قطر قاعده و یکی دیگر از ابعاد آن، مولد یا ارتفاع داده می‌شود.

از طرفی، برای ترسیم دایره‌ی گسترش نیاز به اندازه‌ی مولد داریم.

برای پیدا کردن اندازه‌ی مولد، نمای اصلی را با در دست داشتن قطر قاعده و ارتفاع به طور دقیق ترسیم کرده با پرگار نوک‌تیز اندازه‌ی مولد را از روی شکل برمی‌داریم و به همان شعاع، دایره‌ی گسترش را ترسیم می‌کنیم.

این روش از دقت کافی برخوردار نیست، اما معمولاً برای

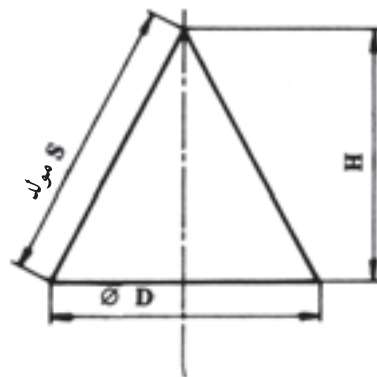
سرعت عمل در انجام تمرین‌ها استفاده می‌شود.

۶-۶-۲- برای تعیین اندازه‌ی واقعی و دقیق مولد

از روابط مثلث قائم الزاویه استفاده می‌کنیم: در روابط مثلثاتی داریم: «در مثلث قائم الزاویه مربع وتر مساوی است با مجموع مربع‌های دو ضلع دیگر» با توجه به شکل (۶-۳۵) برای محاسبه‌ی مولد خواهیم داشت:

$$S^2 = H^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

مقدار مولد را از روی فرمول بالا حساب کرده دایره‌ی گسترش را رسم می‌کنیم. گسترش شکل ۶-۳۵ قطاعی است از این دایره که برای تعیین اندازه‌ی دقیق قوس این قطاع باید مقدار زاویه‌ی α (زاویه‌ی گسترش) نیز تعیین شود. لازم است به منظور ترسیم گسترش‌های دقیق‌تر، تعیین تعداد قوس گسترش از طریق زاویه‌ی α انجام پذیرد.



شکل ۶-۳۵

۶-۶-۳- محاسبه‌ی زاویه‌ی α (زاویه‌ی گسترش):

با استفاده از تناسب موجود مابین زوایای مرکزی و قوس‌های مقابلشان، مقدار زاویه‌ی α را از این رابطه به دست می‌آوریم:

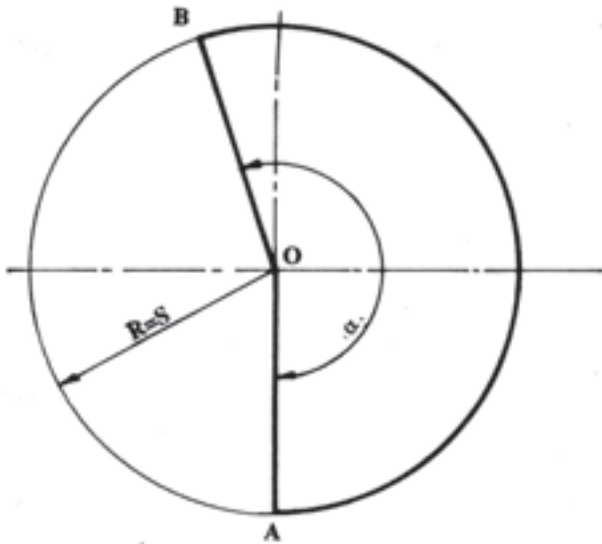
$$360^\circ = 2S$$

$$\alpha = D$$

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot D}{2S}$$

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot D}{2S}$$

— به اندازه‌ی زاویه α در داخل دایره‌ای که به شعاع مولد (شکل ۶-۳۶) ترسیم شده جدا کرده شاخه‌های آن را پررنگ می‌کنیم (\overline{OA} , \overline{OB}). قطاع با زاویه‌ی α گسترش مخروط مفروض در شکل (۶-۳۶) است.



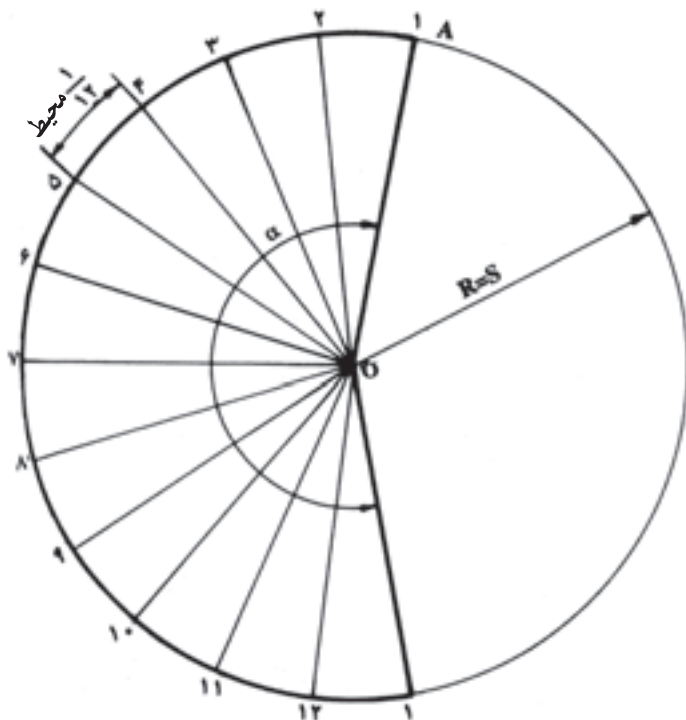
شکل ۶-۳۶

— «تعیین قوس قطاع (گسترش) به وسیله‌ی انتقال محیط قاعده‌ی مخروط».

به منظور سرعت عمل در انجام دادن تمرین‌های گسترش از روش انتقال محیط قاعده‌ی مخروط بر روی قوس دایره گسترش استفاده می‌شود.

این روش با یک تقریب نقصانی بوده همان‌طور که گفته شد، در مورد کارهایی که دقت کافی لازم ندارند به کار می‌رود.
۶-۶-۴- روش ترسیم گسترش به وسیله‌ی انتقال محیط قاعده بر روی قوس گسترش:

- ۱- محیط دایره در نمای سطحی را به وسیله‌ی پرگار یا گونیای 60° و 30° به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم. (تقسیمات هرچه کوچک‌تر باشد، دقت عمل بیش‌تر خواهد بود.)
- ۲- نقاط تقسیم را عمود بر سطح افق (سطح قاعده) به سمت بالا امتداد می‌دهیم و محل برخورد آن‌ها را با سطح قاعده با خطوط نازک به رأس مخروط وصل می‌کنیم (شکل ۶-۳۷).



شکل ۶-۳۸ - طریقه‌ی ترسیم گسترش به وسیله‌ی انتقال

مثال: مطلوب است رسم گسترش مخروط قائم شکل

۶-۳۹، با دو روش:

۱- تعیین مقدار قوس گسترش به وسیله‌ی انتقال محیط

قاعده؛

۲- تعیین مقدار قوس گسترش به وسیله‌ی زاویه‌ی α

و مقایسه‌ی آن‌ها با هم دیگر. مفروضات مسئله:

قطر قاعده‌ی مخروط = ۵۰ میلی‌متر

طول مولد مخروط = ۴۵ میلی‌متر

روش اول - تعیین قوس گسترش به وسیله‌ی اتصال

اندازه‌ی محیط قاعده:

۱- نمای اصلی و سطحی مخروط قائم را با مشخصات

داده شده به طور دقیق رسم می‌کنیم.

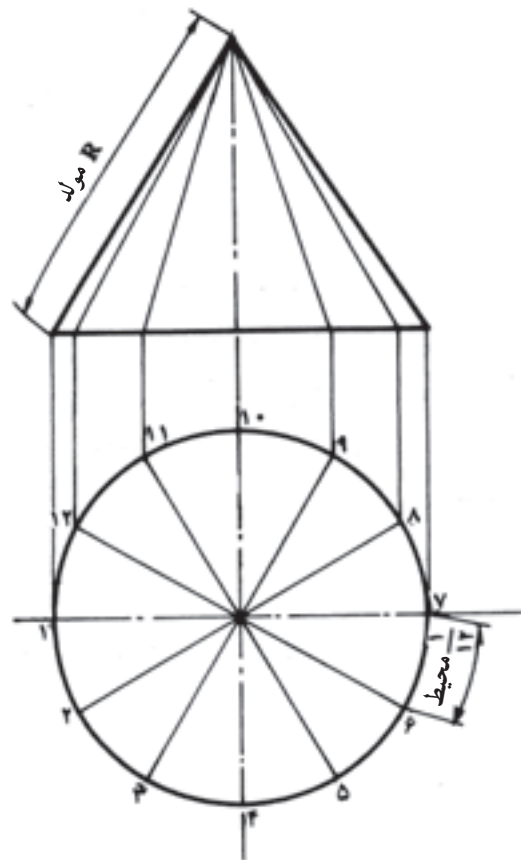
۲- نمای سطحی را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم و پس از

شماره‌گذاری با خطوط نازک به مرکز O وصل می‌کنیم.

۳- دایره‌ی گسترش را به شعاع ۴۵ میلی‌متر (اندازه‌ی

مولد) ترسیم می‌کنیم.

۴- مقدار $\frac{1}{12}$ محیط را به وسیله‌ی پرگار نوک تیز به روی



شکل ۶-۳۷

۳- نقاط تقسیم در نمای سطحی را شماره‌گذاری

می‌کنیم.

۴- به شعاع طول مولد مخروط، دایره‌ای در زیر ترسیم

می‌کنیم و از یک نقطه‌ی مشخص مانند A، تقسیمات نمای سطحی

را به وسیله‌ی پرگار نوک تیز بر روی قوس دایره گسترش منتقل

می‌کنیم. در خاتمه، وقتی گسترش از شماره‌ی ۱ شروع شود، به

همان شماره منتهی می‌شود و در نتیجه، ۱۲ قسمت که هر یک

برابر $\frac{1}{12}$ محیط قاعده مخروط است، به روی قوس گسترش

منتقل می‌شود. انتقال، در قطعات کوچک و قوس بر روی قوس

است، اما به علت زیاد بودن تقعر در قوس‌های مبنا نسبت به قوس

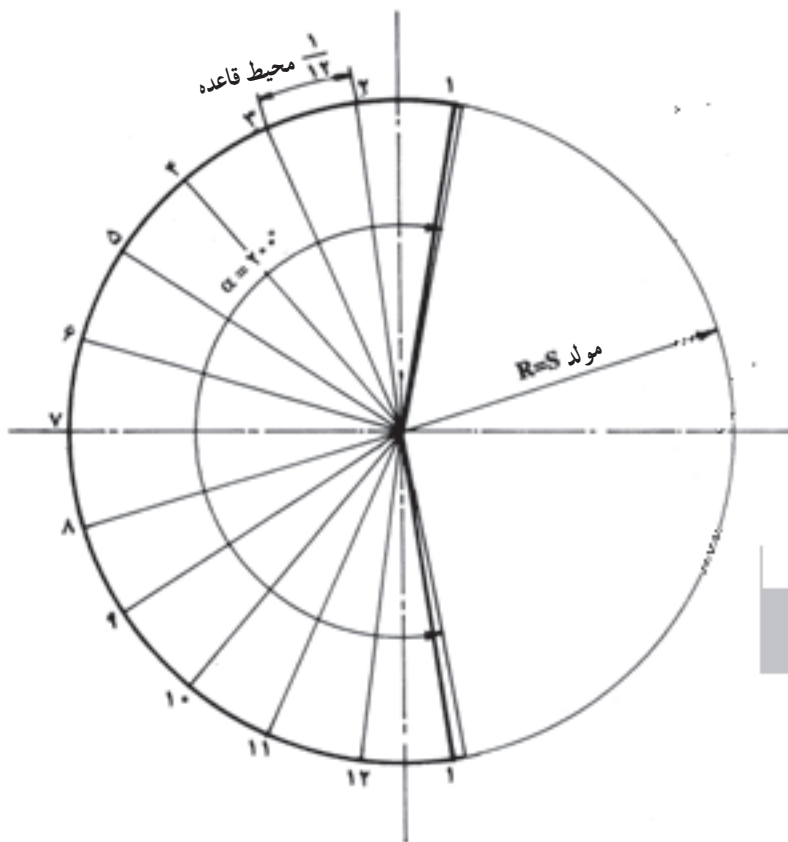
دایره‌ی گسترش، نتیجه‌ی عمل با درصد نقصانی کم به دست

خواهد آمد.

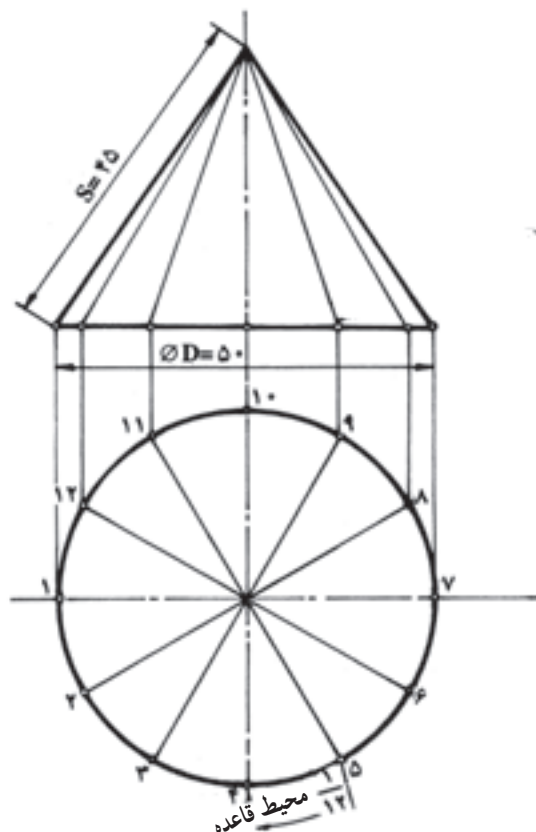
۵- نقاط تقسیم را به مرکز O وصل کرده خطوط دو طرف

و قوس مشخص شده را پررنگ می‌کنیم. شکل حاصل، گسترش

سطح جانبی مخروط است (شکل ۶-۳۸).



شکل ۴۰-۶ - گسترش مخروط با استفاده از دو روش و نمایش اختلاف آن‌ها با هم دیگر



شکل ۳۹-۶ - قسمت بندی نمای سطحی

روش بسیار کم است و در صورت دقت در انتقال اندازه قوس، این اختلاف کم تر و به حد ناچیز می‌رسد.

توجه: نظر به این که در انتقال تغییرات موجود در سطح جانبی مخروط ناچار به خط کشی سطح جانبی هستیم، پس برای ترسیم گسترش هر نوع مخروطی از روش تقسیم بندی سطح جانبی و انتقال قوس گسترش از نمای سطحی به دایره ی گسترش استفاده خواهیم کرد.

۵-۶-۶ - گسترش مخروط قائم برش خورده در اثر برخورد با اجسام یا صفحات: در ترسیم گسترش سطح جانبی مخروط قائم با استفاده از روش خط کشی سطح جانبی نیازی به تکمیل نمای سطحی نیست، اما در گسترش سطح جانبی کل، علاوه بر گسترش سطح جانبی، ترسیم درپوش‌ها نیز ضروری است. بنابراین، قبل از ترسیم گسترش، ترسیم درپوش در شکل ۴۱-۶ را پی می‌گیریم.

الف) تقسیم بندی سطح جانبی مخروط:

۱- نمای اصلی و سطحی را با دقت کامل ترسیم می‌کنیم.

دایره ی گسترش به تعداد ۱۲ قسمت منتقل کرده شماره گذاری می‌کنیم.

۵- نقاط ابتدا و انتها را با خط ضخیم و بقیه ی نقاط را با خط نازک و به مرکز Q وصل کرده قوس انتخابی محصور مابین دو خط ابتدا و انتها را پررنگ می‌کنیم. قطاع حاصل خط کشی شده، گسترش سطح جانبی مخروط است.

روش دوم - تعیین تعداد قوس گسترش با استفاده از زاویه ی α (زاویه ی گسترش):

۱- با استفاده از رابطه ی $\alpha = \frac{360^\circ D}{2S}$ مقدار

$$\alpha = \frac{360^\circ}{2} \frac{50}{45} = 200^\circ$$

زاویه ی α را پیدا می‌کنیم:

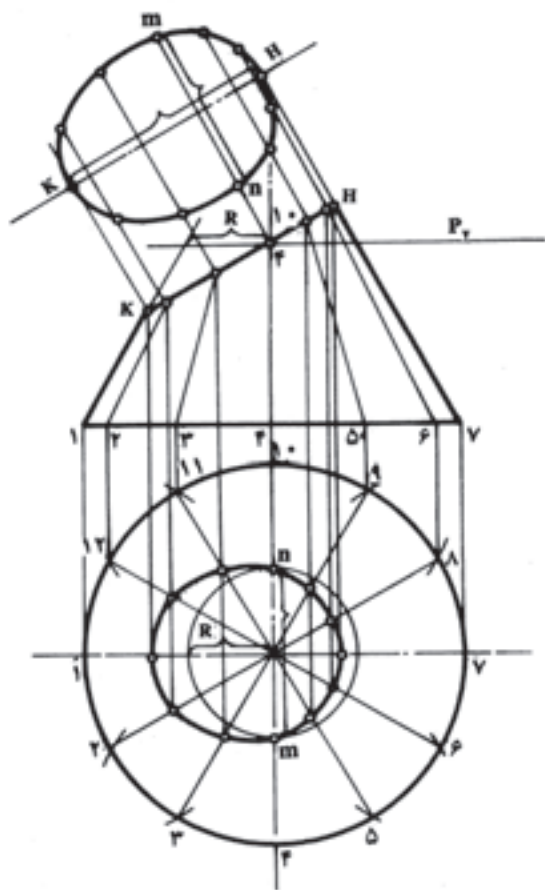
۲- برای مقایسه ی مقدار قوس با دو روش، از گسترش به طریق اول استفاده کرده نسبت به مرکز Q در دایره گسترش ۲۰۰ جدا کرده شاخه های آن را با رنگ آبی مشخص می‌کنیم (شکل ۴۰-۶).

به طوری که مشاهده می‌کنید، اختلاف قوس در این دو

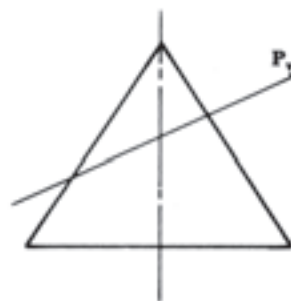
ب) ترسیم اثر برخورد صفحه‌ی منتصب در نمای سطحی:

۱- از نقاط برخورد مولدها با اثر صفحه‌ی منتصب در نمای اصلی خطوطی به موازات محور قائم بر نمای سطحی فرود می‌آوریم.

۲- محل برخورد این خطوط با تصاویرشان در نمای سطحی را مشخص می‌کنیم. به طوری که مشاهده می‌کنید، امتداد مولد شماره‌ی ۴ و 10° با تصاویرشان قاطع نبوده بلکه به موازات آن‌ها است. در این مورد، کافی است که از نقطه‌ی شماره‌ی ۴ در روی سطح مورب نمای اصلی صفحه‌ی افقی مرور داده شود. اثر صفحه در نمای سطحی دایره کامل است. امتداد مولدهای ۴ و 10° در دو نقطه‌ی n و m دایره را قطع می‌کنند (شکل ۶-۴۳).



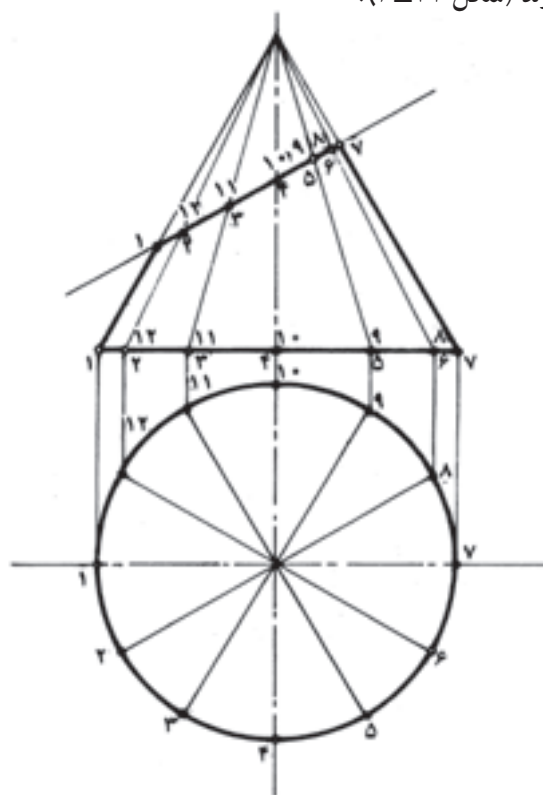
شکل ۶-۴۳- روش ترسیم اثر برخورد صفحه‌ی منتصب با نمای سطحی و درپوش واقعی



شکل ۶-۴۱

۲- نمای سطحی را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم.
 ۳- تقسیمات را به سطح قاعده در نمای اصلی انتقال داده با خطوط نازک به رأس مخروط وصل می‌کنیم.
 ۴- نقاط تقسیم در نمای سطحی را شماره‌گذاری کرده با خطوط نازک به رأس مخروط وصل می‌کنیم. خطوط کمکی، سطح جانبی مخروط را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می‌کند که طول هر کدام از آن‌ها برابر با مولد مخروط است. خطوط نازک در نمای سطحی نیز به ترتیب تصاویر مولدهای بالاست.

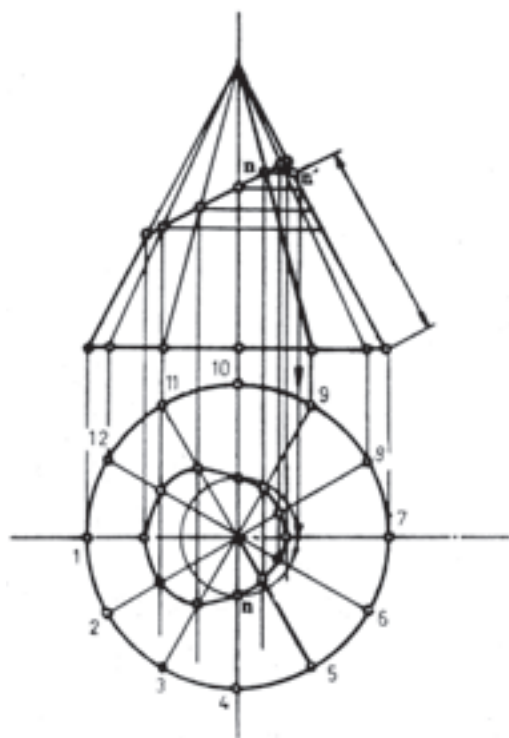
باید توجه داشته باشیم که تنها مولدهای واقع در روی صفحه جیبی، مانند مولد شماره‌ی ۱ و ۷ اندازه‌ی واقعی خود را دارند (شکل ۶-۴۲).



شکل ۶-۴۲

تذکر: برای تعیین اندازه‌ی واقعی مولدها کافی است که هر یک از آن‌ها را حول محور قائم مخروط دوران داده بر روی صفحه‌ی قائم تصویر تسطیح کنیم تا اندازه‌ی واقعی مشخص شود. گفتنی است که مابین مولدهای ۱۲ گانه در شکل ۶-۴۴ تنها دو مولد به شماره‌های ۱ و ۷ دارای اندازه واقعی هستند، زیرا تصاویرشان در نمای سطحی بر روی محور Xها منطبق است. برای سهولت عمل کافی است که از نقاط برخورد مولدهای کمکی با اثر برش در بالا، خطوطی به موازات محور Xها به طرف مولد اصلی شماره‌ی ۷ رسم کنیم.

فاصله از نقطه‌ی برخورد تا پای مولد شماره‌ی ۷ طول واقعی مولد فرضی خواهد بود (شکل ۶-۴۵).



شکل ۶-۴۵

۴ - نقاط حاصل را به یک‌دیگر وصل می‌کنیم. شکل حاصل، گسترش جانبی مخروط است.

۵ - درپوش بالایی را به اندازه‌ی واقعی از نقطه‌ی ۷ و در امتداد یال ۷ در گسترش ترسیم می‌کنیم.

توصیه می‌شود که در انتقال اندازه‌های درپوش به مواضعی که در امتداد محورهای X و Y قرار نگرفته باشند، از دو عدد

۳- نقاط حاصل از تلاقی خطوط را به هم دیگر وصل می‌کنیم. در شکل حاصل ابعاد به موازات محور Xها به صورت تصویر و ابعاد به موازات محور Yها به اندازه‌ی واقعی است.

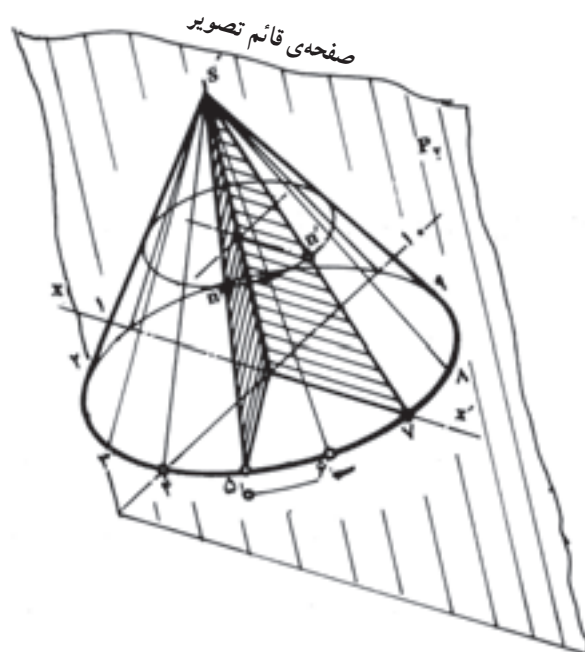
ج) ترسیم درپوش مخروط با اندازه‌ی واقعی: با استفاده از روش ترسیم درپوش واقعی منشور در بند ۲-۲-۶، درپوش واقعی را در بالای نمای اصلی نسبت به خط D رسم می‌کنیم. در این تصویر طول نقاط از طریق اثر صفحه در نمای اصلی و عرض آن‌ها از طریق اثر صفحه در نمای سطحی به درپوش منتقل می‌شود (شکل ۶-۴۳).

د) ترسیم گسترش سطح جانبی کل مخروط: با استفاده از شکل ۶-۴۳ که قسمتی از مقدمات ترسیم گسترش ذکر شده، کار را ادامه می‌دهیم (شکل ۶-۴۶).

۱- دایره‌ی گسترش را رسم کرده تقسیمات ۱۲ گانه‌ی نمای سطحی را بر روی آن منتقل و شماره‌گذاری می‌کنیم.

۲- نقاط حاصل را با خط نازک به مرکز دایره وصل کرده خطوط دو طرف را کمی پررنگ می‌کنیم.

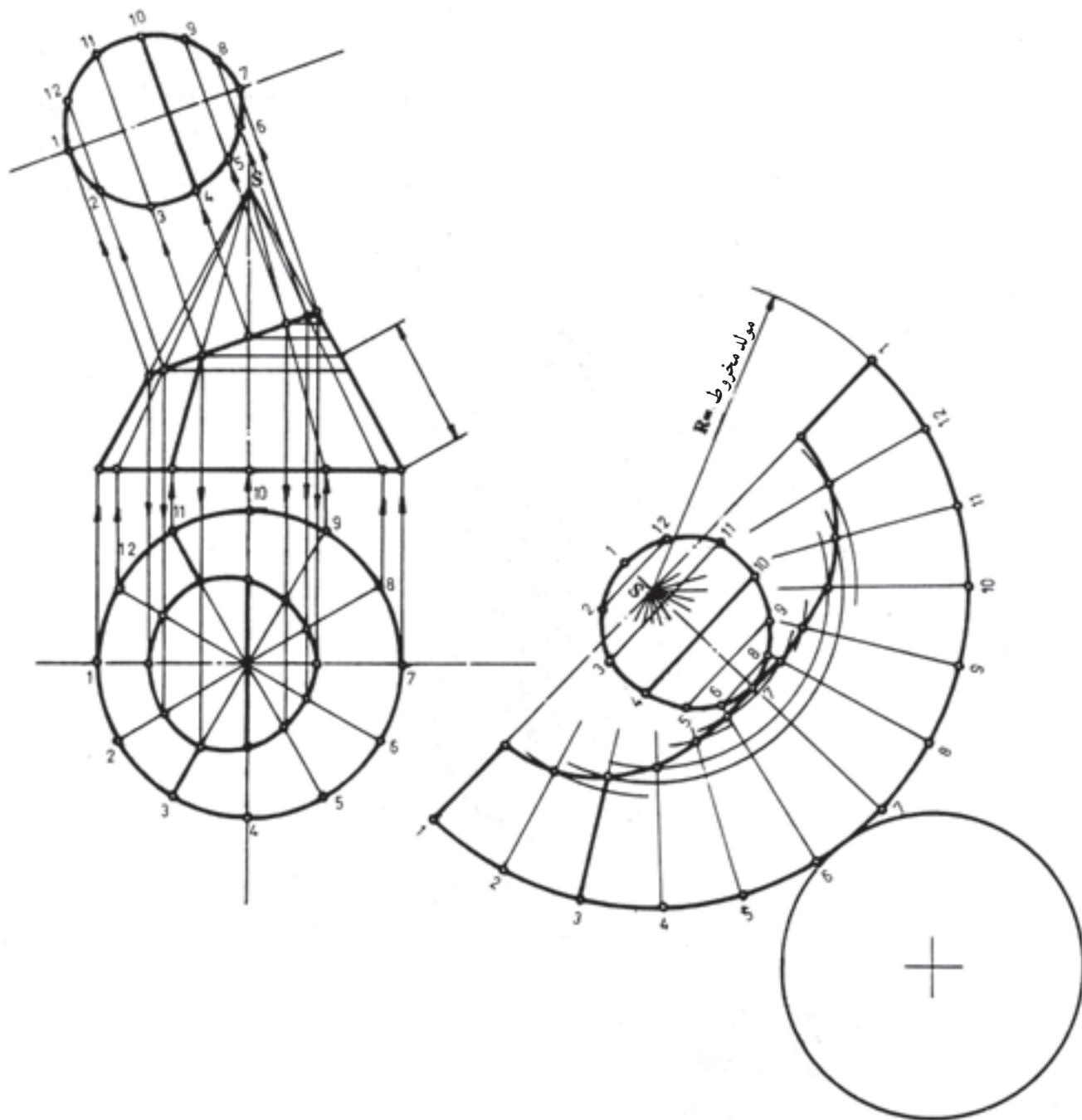
۳- اندازه‌ی واقعی مولدهای فرضی را که در اثر مرور صفحه از یک نواختی خارج شده‌اند، روی امتدادهای مربوط در گسترش انتقال می‌دهیم.



شکل ۶-۴۴

مراحل ترسیم گسترش از مخروط قائم با آثار برش صفحات خاص
تصویر به پایان می‌رسد (شکل ۴۶-۶).

گونیا استفاده کنید.
با ترسیم درپوش پایینی که یک دایره‌ی کامل است، کلیه



شکل ۴۶-۶ - مخروط قائم برش خورده‌ی با گسترش سطح جانبی کل

۷-۶- گسترش کره

کره جزء اجسام دو انحنایی است بنابراین گسترش آن به‌طور دقیق ممکن نیست. در طراحی تولیدات صنایع فلزی یا مصارف دیگر، با تبدیل به چند وجهی‌های منتظم یا مقاطع

مخروطی، گسترش داده می‌شود.

در برخی موارد، به‌ویژه در ساخت مخازن در پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها، عملیات فرم‌کاری نیز در روی قطعات آن انجام می‌گیرد. به این ترتیب، برای گسترش کره با تقریب نقصانی از دو

روش استفاده می شود.

۱-۶-۷- روش مداری (تقسیم کره به قاج های

مساوی):

نحوه ی ترسیم:

۱- نمای اصلی و سطحی کره را رسم می کنیم.

۲- محیط دایره ی عظیمه در نمای سطحی را به ۱۲ قسمت

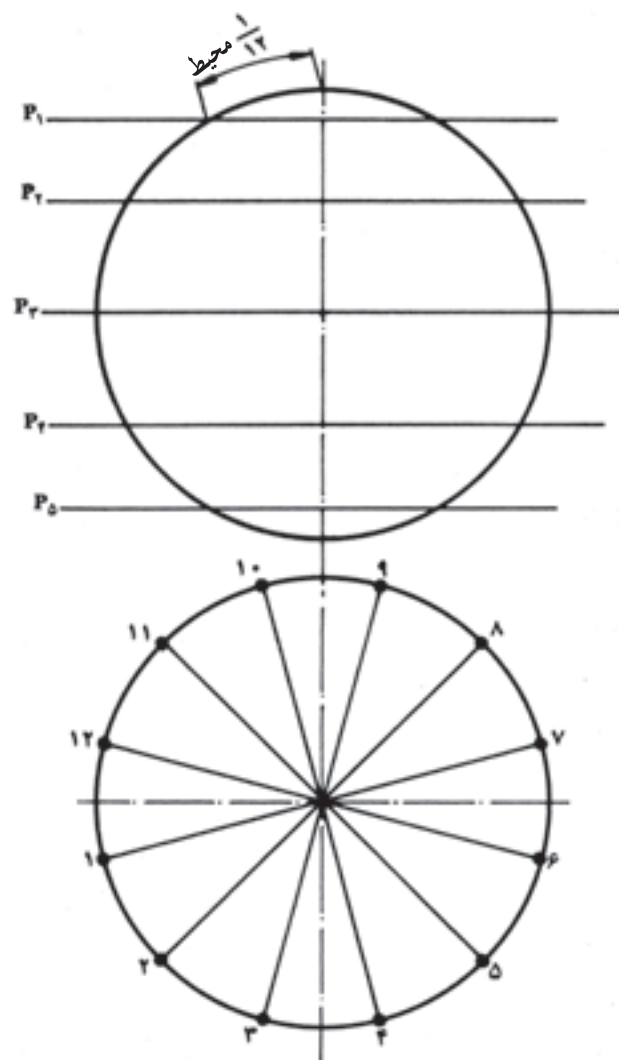
مساوی تقسیم کرده نقاط تقسیم را به مرکز دایره وصل می کنیم.

به این ترتیب، کره به ۱۲ قاج مساوی تقسیم می شود.

۳- محیط دایره ی عظیمه در نمای اصلی را نیز به ۱۲ قسمت

مساوی تقسیم کرده از نقاط تقسیم به ترتیب صفحات

افقی P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 را مرور می دهیم (شکل ۶-۴۷).



شکل ۶-۴۷

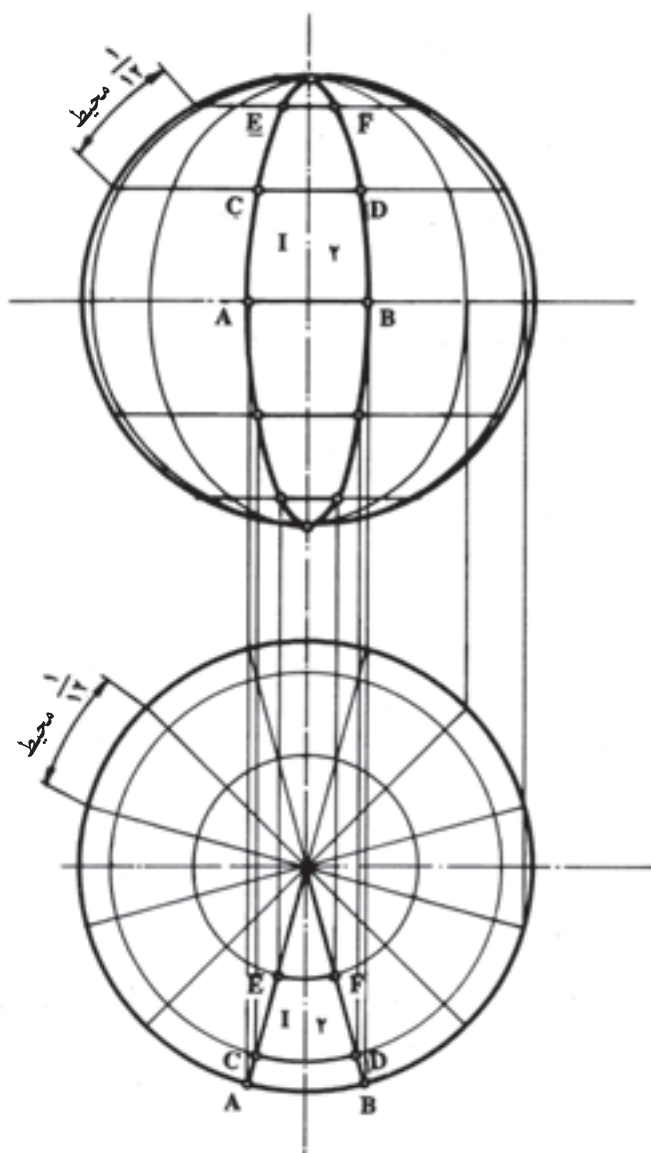
۴- دوائر حاصل در اثر مرور صفحه از نمای اصلی را در

نمای سطحی رسم می کنیم.

۵- نقاط برخورد دوائر با قاج ها را بر روی صفحات

مربوط در نمای اصلی انتقال می دهیم. برای نمونه نقاط A, B,

C, D, E و F از قاج شماره I (شکل ۶-۴۸).



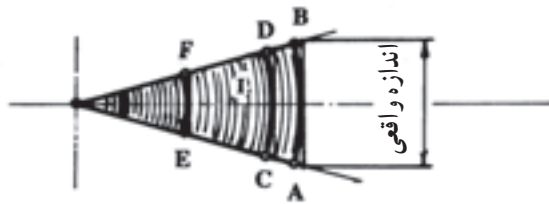
شکل ۶-۴۸

۶- نقاط حاصل را دو به دو به یک دیگر وصل می کنیم تا

شکل قاج I مشخص شود. قاج های بعدی را نیز به همان ترتیب

ترسیم می کنیم. حال با توجه به نمای قائم (اصلی) در شکل

درمی یابیم که ارتفاع هر یک از قاج ها پس از گسترده شدن برابر



شکل ۶-۵۰

۲-۶-۷- روش مخروط‌های مماس:

- ۱- نمای اصلی و سطحی کره را رسم می‌کنیم (شکل ۶-۵۱) (در این جا به دلیل قرینه بودن از نصف کره در نمای اصلی ترسیم شده است).
- ۲- محیط دایره‌ی عظیمه در نمای سطحی و اصلی را به چند قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم.
- ۳- نقاط تقسیم در نمای سطحی را به مرکز دایره وصل می‌کنیم.

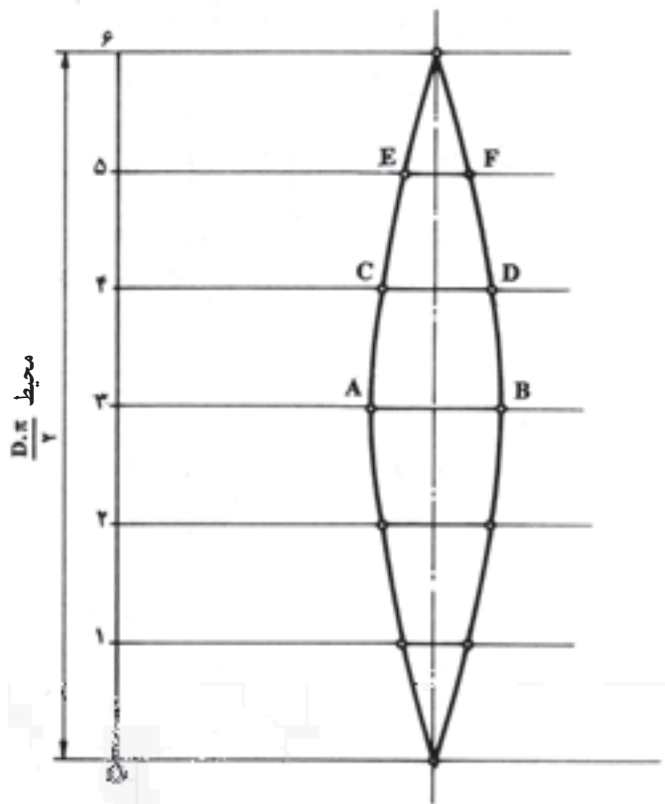
۴- از نقاط تقسیم در نمای اصلی صفحات افقی مرور داد؛ سپس نقاط برخورد (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷) را دو به دو یک‌دیگر وصل می‌کنیم. به این ترتیب، نیم کره به سه قطعه‌ی مخروط مماس با کره تقسیم می‌شود که مخروط شماره I کامل و مخروط‌های شماره II و III ناقص هستند.

- ۵- با امتداد دادن یال‌های هر یک از مخروط‌ها به نقاط S_1 ، S_2 و S_3 رؤس هر سه مخروط به دست می‌آید.
- ۶- نقاط تقسیم در نمای سطحی را در مورد هر سه مقطع به سطح قاعده مخروط‌های مربوط منتقل کرده محل برخورد را به نقاط S_1 ، S_2 و S_3 وصل می‌کنیم. به این ترتیب، سطح جانبی هر سه مخروط خط‌کشی شده آماده‌ی گسترش است (شکل ۶-۵۱).

- در شکل ۶-۳۷ نحوه‌ی گسترش نشان داده شده است.
- ۷- با استفاده از روش گسترش مخروط که در مبحث گسترش مخروط دیدیم، به ترتیب هر سه مخروط را گسترش می‌دهیم و آن را به گونه‌ای تنظیم می‌کنیم که هر سه قطعه در ارتباط با هم بوده تقریباً در نقطه‌ی شماره ۷، به هم دیگر چسبیده باشند. در این جا اندازه‌ی عرض برگ‌ها در هر سه گسترش مساوی بوده

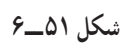
است با نصف محیط دایره‌ی عظیمه در نمای سطحی. در قاج شماره‌ی I عرض قاج در مراحل مختلف برش با صفحات $\frac{D}{p} = \widehat{xyz} = \widehat{xy}$ ارتفاع قاج نشان داده شده است؛ مانند قوس‌های \widehat{AB} و \widehat{CD} و \widehat{EF} .

- ۷- با توجه به معلومات مورد نیاز جهت ترسیم قاج‌ها، مطابق شکل، قاج شماره‌ی I را ترسیم می‌کنیم (شکل ۶-۴۹).

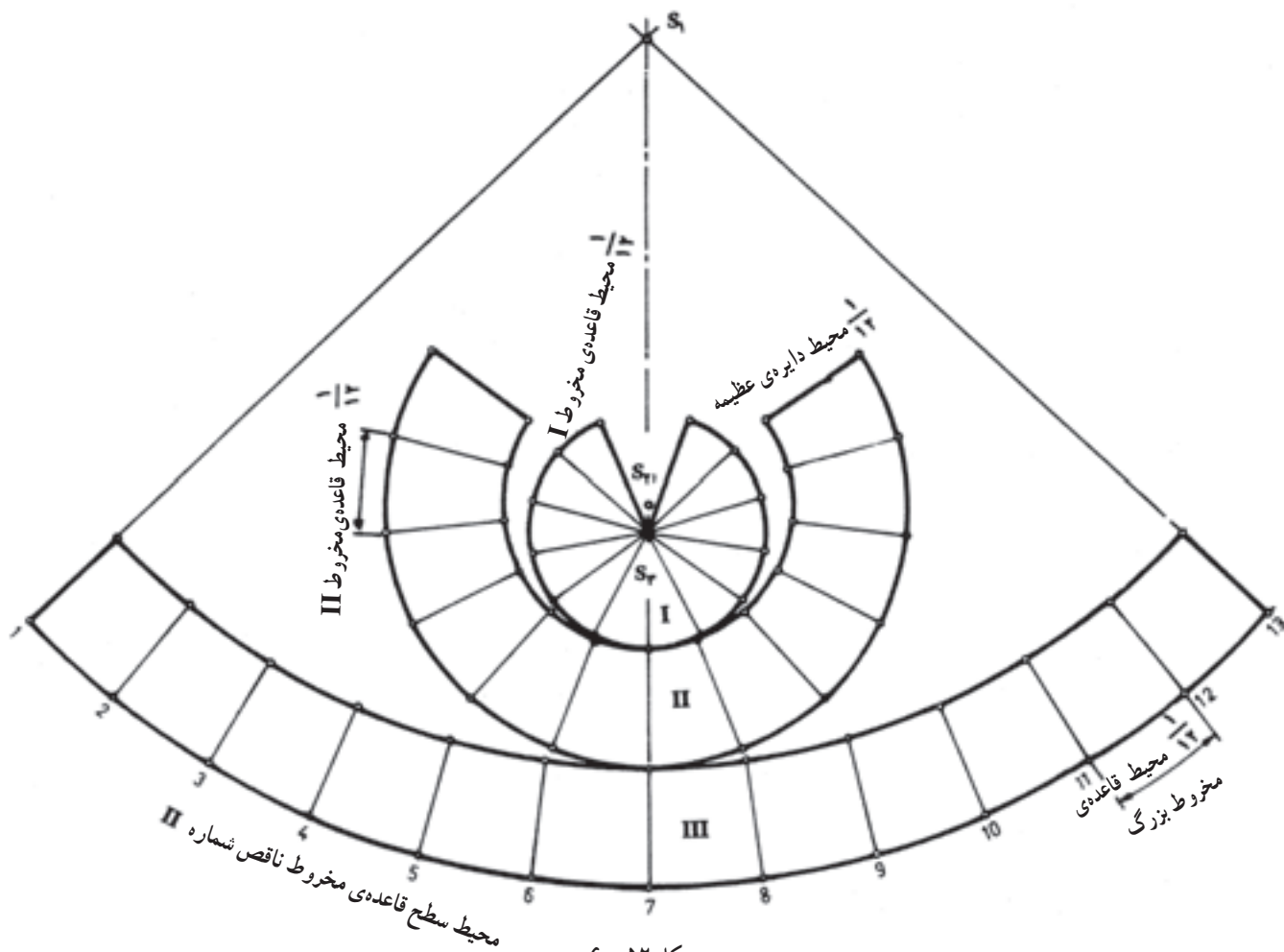


شکل ۶-۴۹

در این جا طول قاج برابر است با نصف محیط دایره‌ی عظیمه که به شش قسمت مساوی تقسیم شده و عرض قاج نیز در هر مرحله از برش از روی اندازه‌های موجود در نمای سطحی منتقل شده است. خطوط \widehat{AB} ، \widehat{CD} و \widehat{EF} مماس‌های خارجی قوس‌های \widehat{AB} ، \widehat{CD} و \widehat{EF} است (شکل ۶-۵۰).



برابر با $\frac{1}{12}$ محیط دایره‌ی عظیمه‌ی کره است. تقسیمات دوازده‌گانه برگ‌ها در هر گسترش اندازه خاص خود را دارند. برای مثال، اندازه‌ی هر تقسیم در گسترش شماره‌ی I برابر



شکل ۵۲-۶

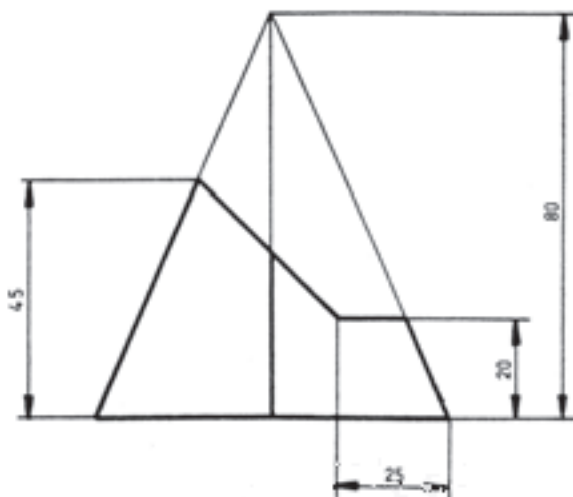
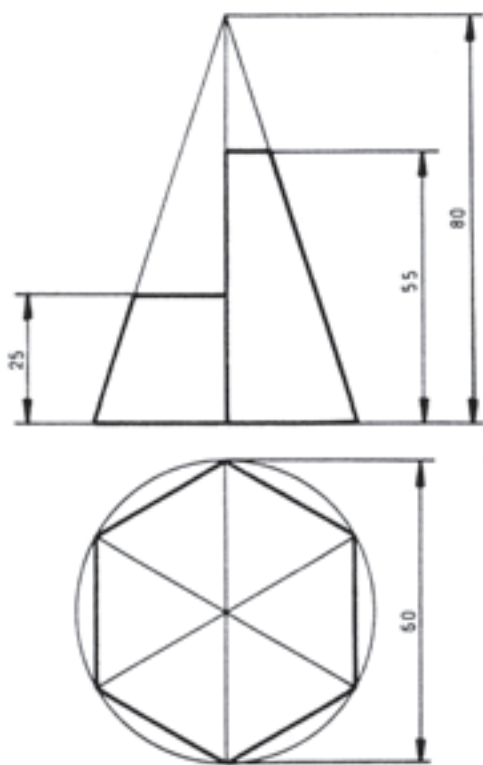
تمرین

مطلوب است :

۱- رسم و تکمیل نمای سطحی و جانبی از شکل ۵۳-۶ :

۲- رسم گسترش سطح جانبی کل

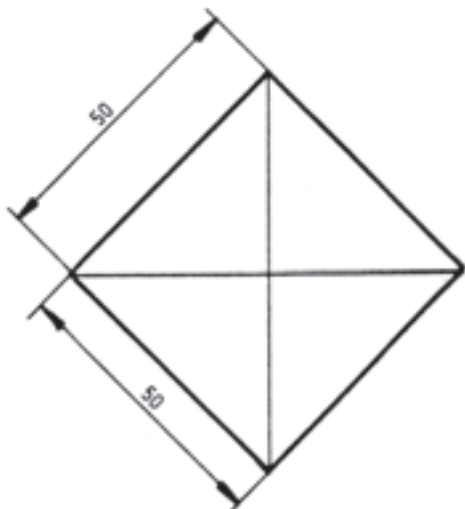
(با مقیاس ۱:۱).



شکل ۵۳-۶

مطلوب است :

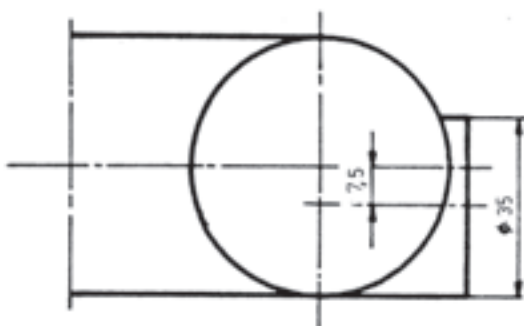
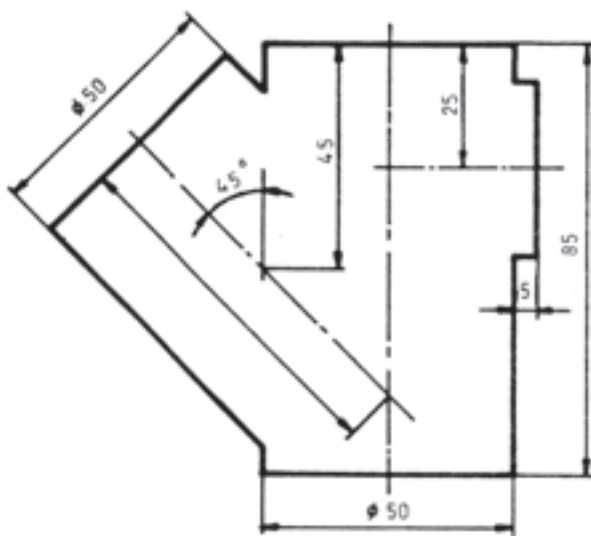
- ۱- رسم و تکمیل نمای اصلی و سطحی ؛
- ۲- رسم و گسترش سطح جانبی کل شکل (۶-۵۴) ؛
(با مقیاس ۱:۱).



شکل ۶-۵۴

مطلوب است :

- ۱- رسم و تکمیل سه نما از شکل ۶-۵۵ ؛
- ۲- رسم گسترش قطعات پس از برخورد.
(با مقیاس ۱:۲ در ورق A۳).



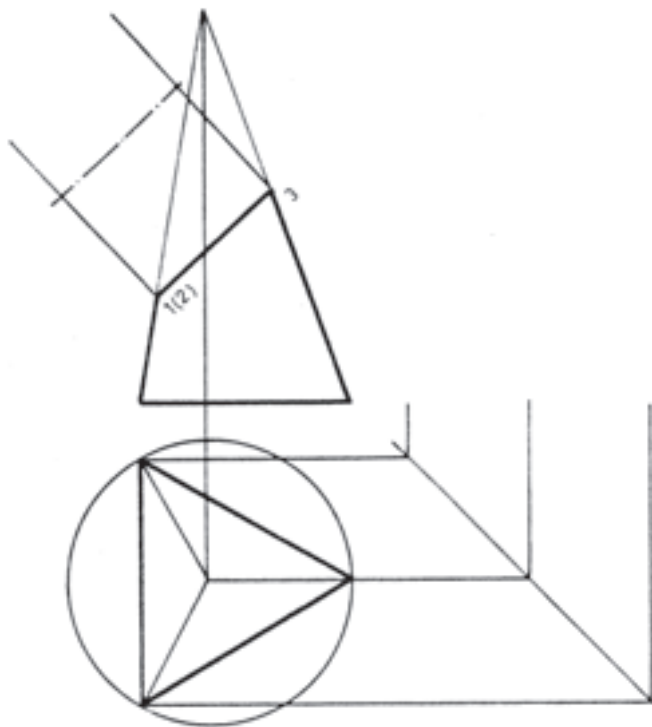
شکل ۶-۵۵

مطلوب است :

۱- رسم و تکمیل سه نما از شکل ۶-۵۶ :

۲- رسم گسترش سطح جانبی کل.

(با مقیاس ۱:۲ اندازه‌ها از روی نقشه)



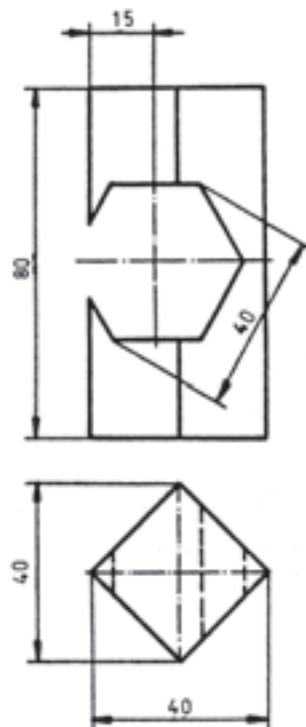
شکل ۶-۵۶

مطلوب است :

۱- رسم و تکمیل سه نما از شکل ۶-۵۷ :

۲- رسم و گسترش سطح جانبی.

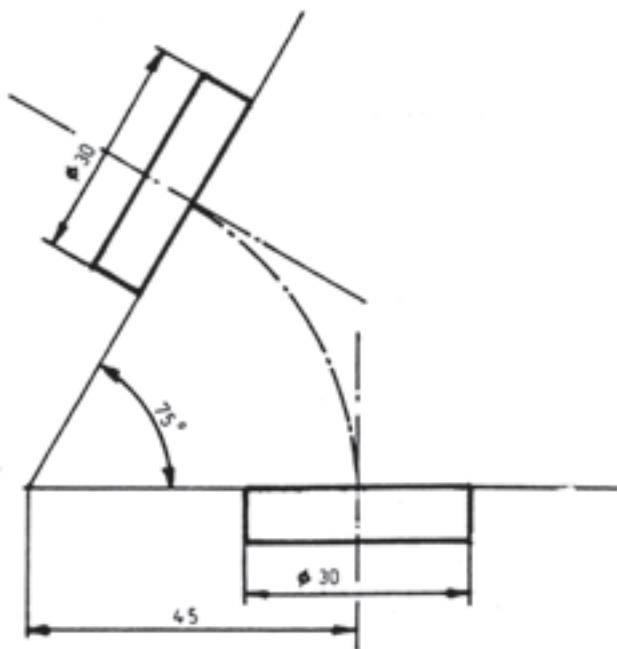
(با مقیاس ۱:۱).



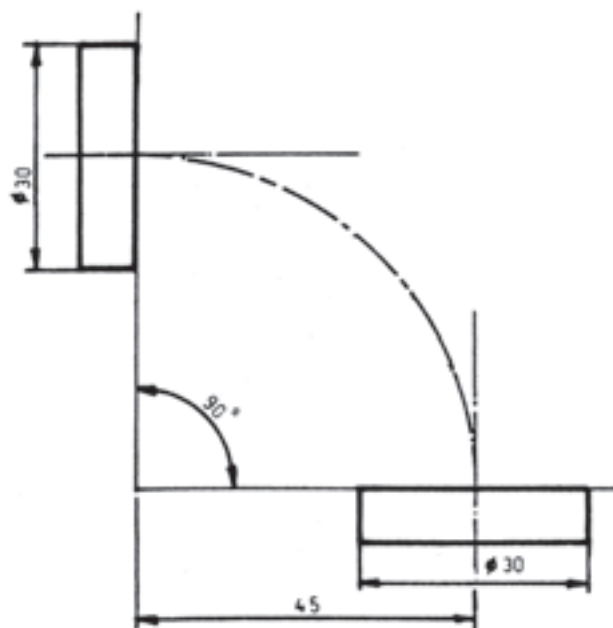
شکل ۶-۵۷

مطلوب است :

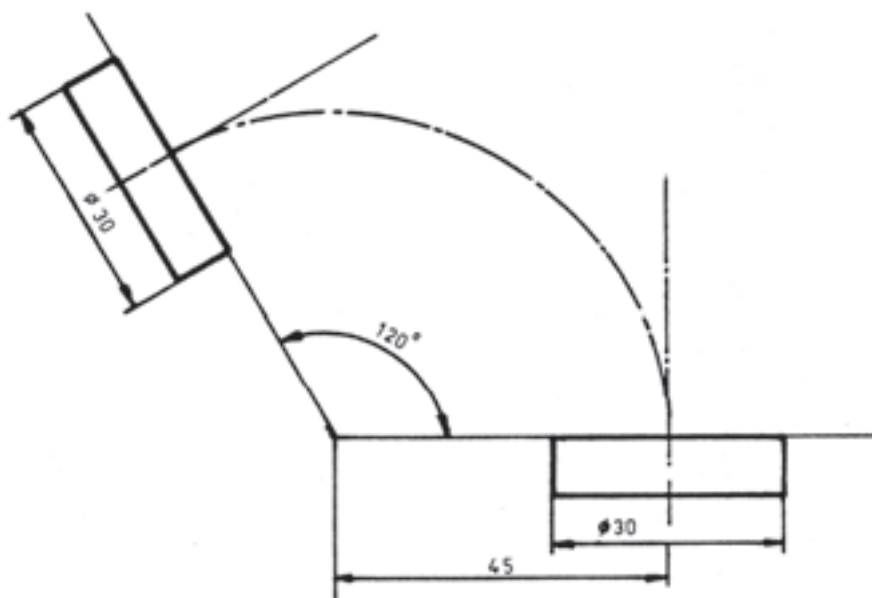
- ۱- رسم و تکمیل نماهای داده شده در شکل‌های ۶-۵۸ و ۶-۵۹ و ۶-۶۰ :
- ۲- رسم و گسترش حداقل دو تکه از هر یک از طرح‌های داده شده در شکل‌های زیر (با مقیاس ۱:۱).



شکل ۶-۵۹



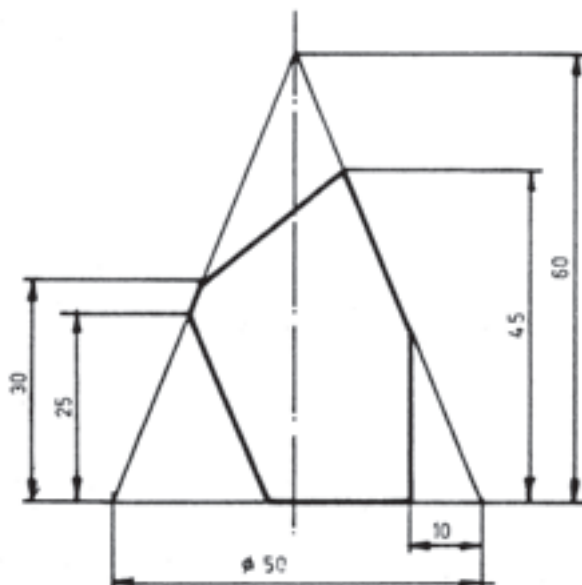
شکل ۶-۵۸



شکل ۶-۶۰

مطلوب است :

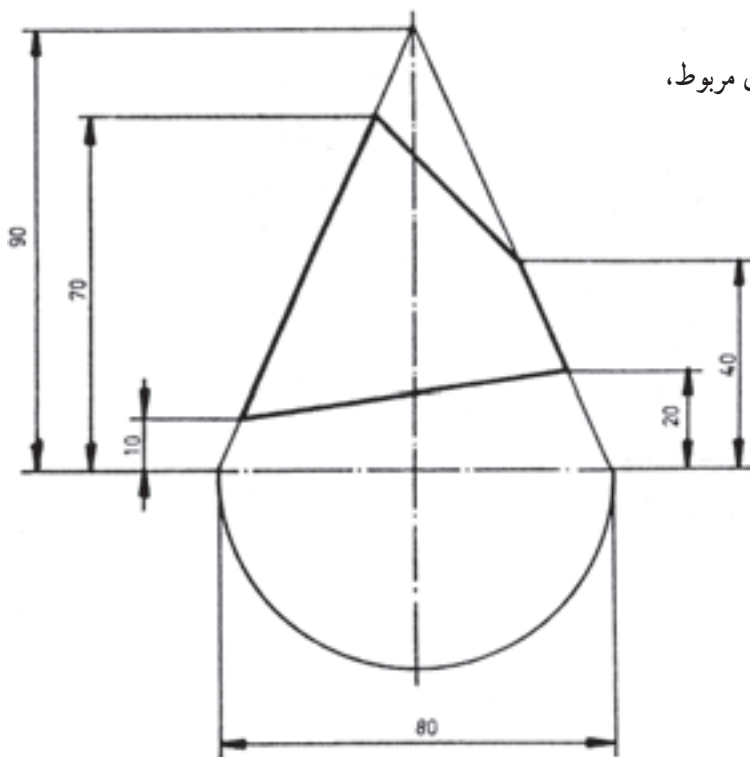
- ۱- رسم و تکمیل سه نما از شکل ۶-۶۱ :
- ۲- رسم گسترش سطح جانبی با درپوش‌های مربوط،
(با مقیاس ۱:۱).



شکل ۶-۶۱

مطلوب است :

- ۱- رسم و تکمیل سه نما از شکل ۶-۶۲ :
- ۲- رسم گسترش سطح جانبی با درپوش‌های مربوط،
(با مقیاس ۱:۱).



شکل ۶-۶۲

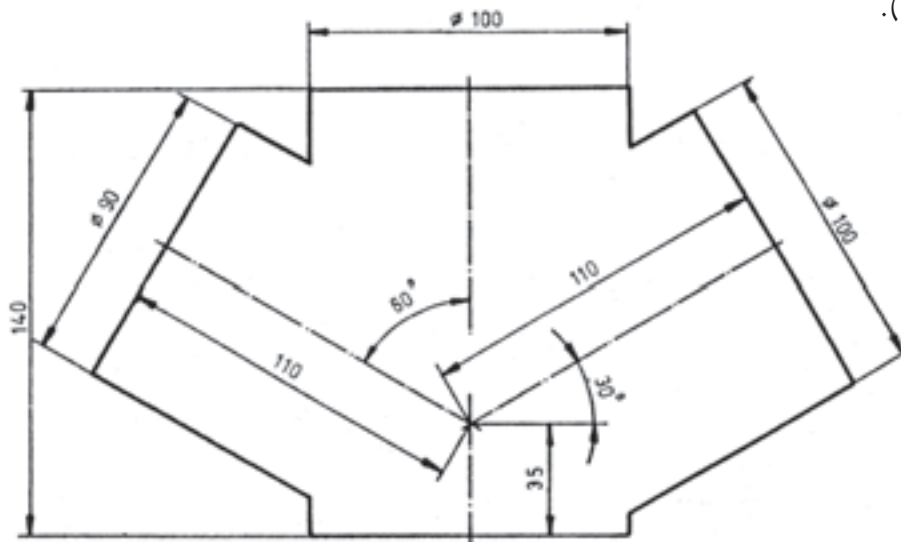
مطلوب است :

۱- رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه‌ها از شکل ۶۳-۶ :

۲- رسم گسترش استوانه‌ی قائم،

۳- رسم گسترش استوانه با محور مایل،

(با مقیاس ۱:۱).



شکل ۶۳-۶

مطلوب است :

۱- رسم و تکمیل سه نما از شکل ۶۴-۶ :

۲- رسم گسترش استوانه‌ی افقی،

۳- رسم گسترش مخروط ناقص بالا و پایین،

(با مقیاس ۱:۱).



شکل ۶۴-۶

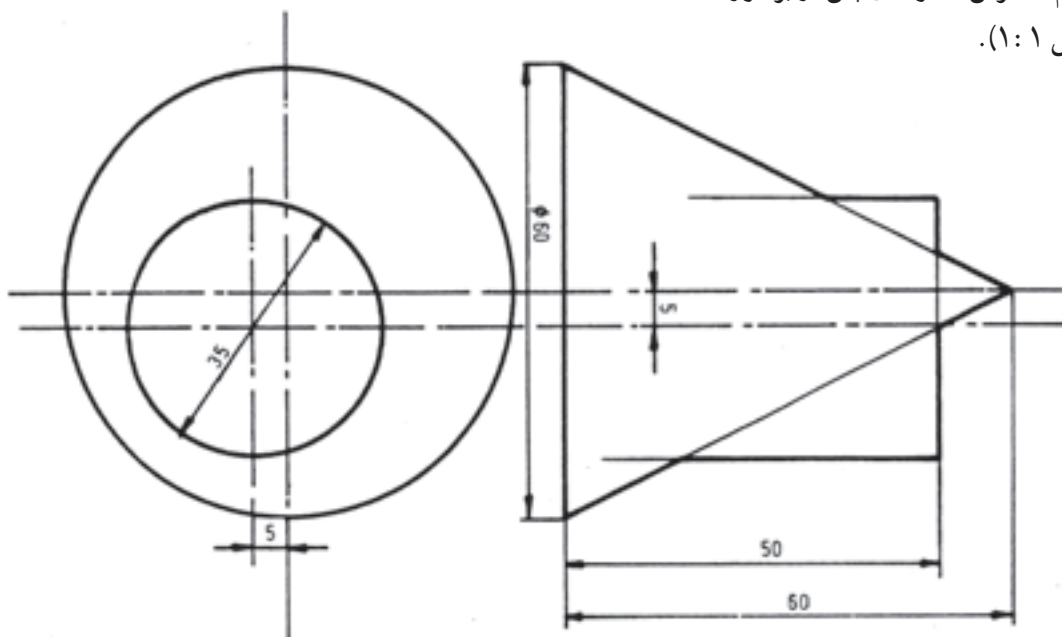
مطلوب است :

۱- رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه‌ی قائم و مخروط قائم از شکل ۶۵-۶ :

۲- رسم گسترش مخروط پس از برخورد،

۳- رسم گسترش استوانه‌ی پس از برخورد،

(با مقیاس ۱:۱).



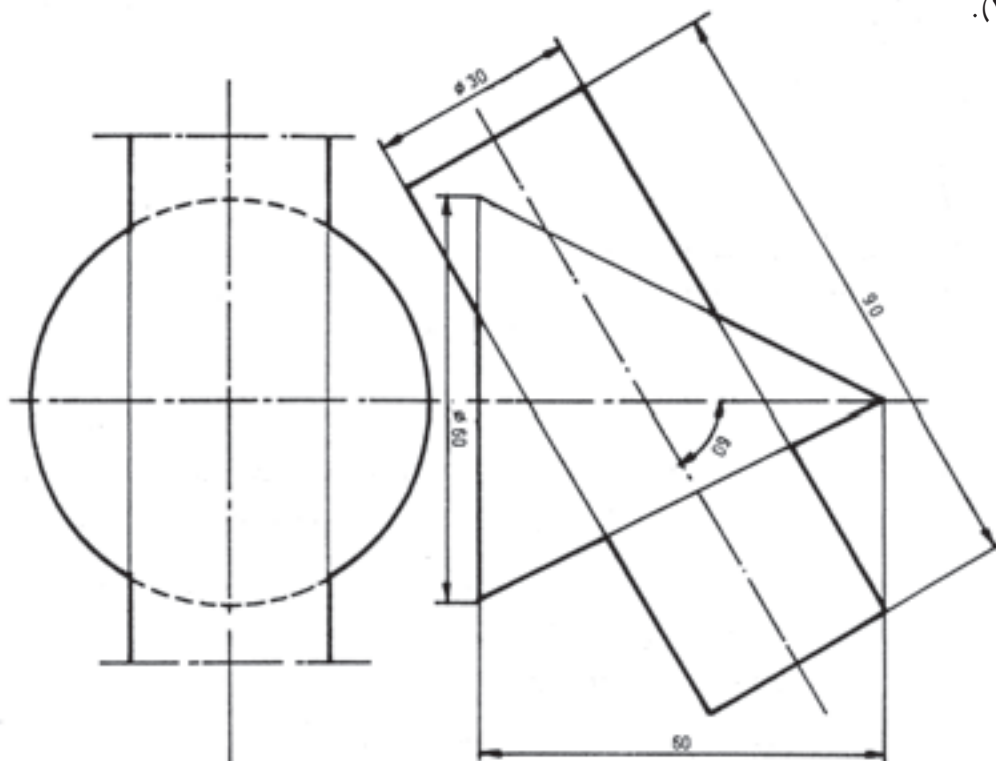
شکل ۶۵-۶

مطلوب است :

۱- رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه با محور Xها و مخروط :

۲- رسم گسترش استوانه و مخروط پس از برخورد از شکل ۶۶-۶.

(با مقیاس ۱:۱).



شکل ۶۶-۶

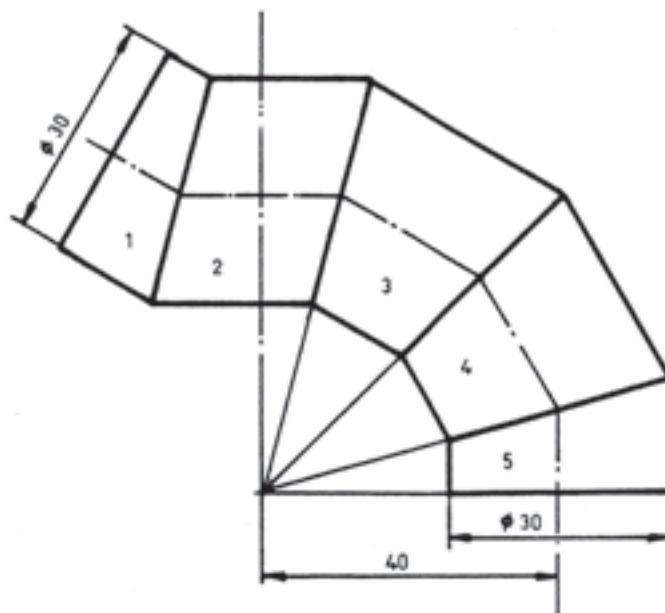
مطلوب است :

۱- رسم زانویی چند پارچه از شکل ۶۷-۶ :

با مقیاس ۱:۲ (در ورق A۳)،

۲- رسم گسترش پارچه‌های ۱ و ۲ و ۳،

(با مقیاس ۱:۲).



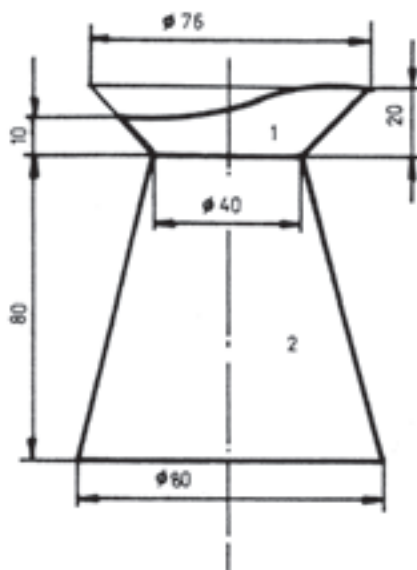
شکل ۶۷-۶

مطلوب است :

۱- رسم نمای اصلی و سطحی از شکل ۶۸-۶ :

۲- رسم گسترش قطعه‌ی شماره‌ی ۱ و ۲ :

(با مقیاس ۱:۱).



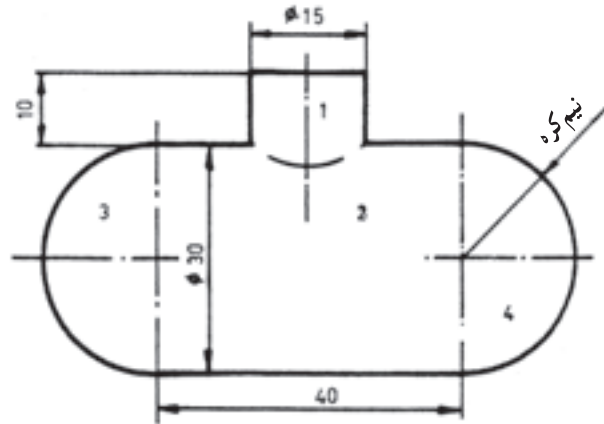
شکل ۶۸-۶

مطلوب است :

۱- رسم و تکمیل نمای اصلی از شکل ۶۹-۶؛ با مقیاس ۱:۲ (در ورق A۳).

۲- رسم گسترش قطعات ۱ و ۲ و ۴،

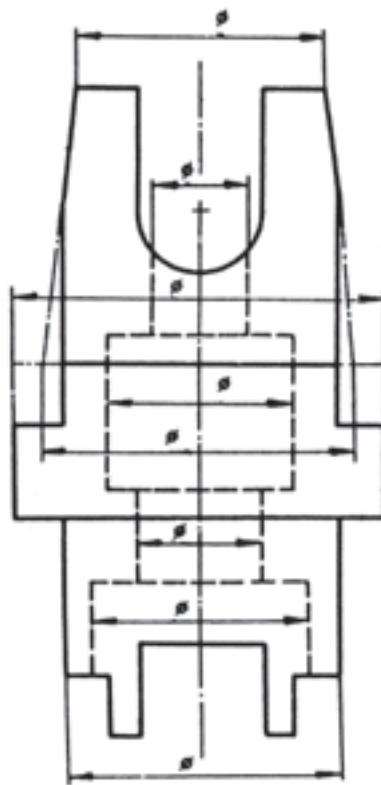
(با مقیاس ۱: ۲).



شکل ۶۹-۶

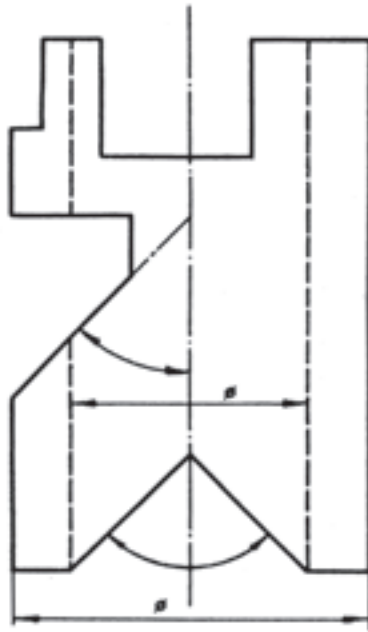
مطلوب است :

رسم و تکمیل سه تصویر از شکل ۷-۶؛ با مقیاس ۱:۱ (اندازه‌ها از روی نقشه).



شکل ۷۰-۶

رسم و تکمیل سه تصویر از شکل ۷۱-۶؛ بمقیاس ۱:۱ (اندازه‌ها بر طبق اصل نقشه).

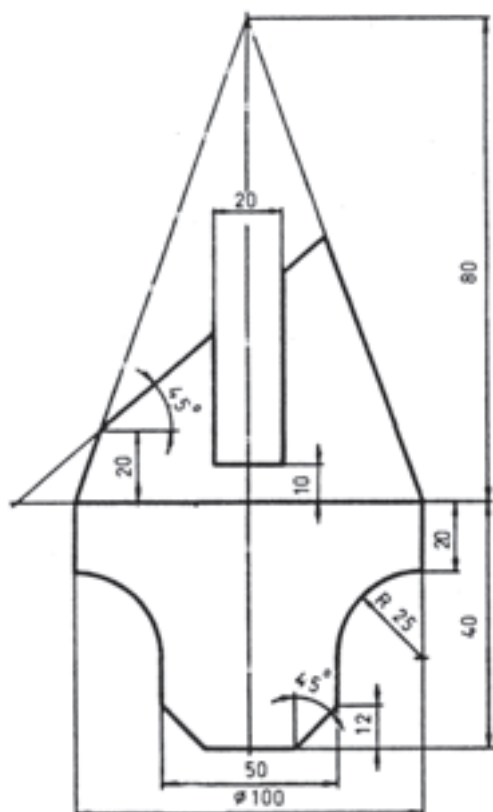


مطلوب است :

'''

مطلوب است :

رسم و تکمیل سه نما از شکل ۶-۷۳ با مقیاس ۱:۱.

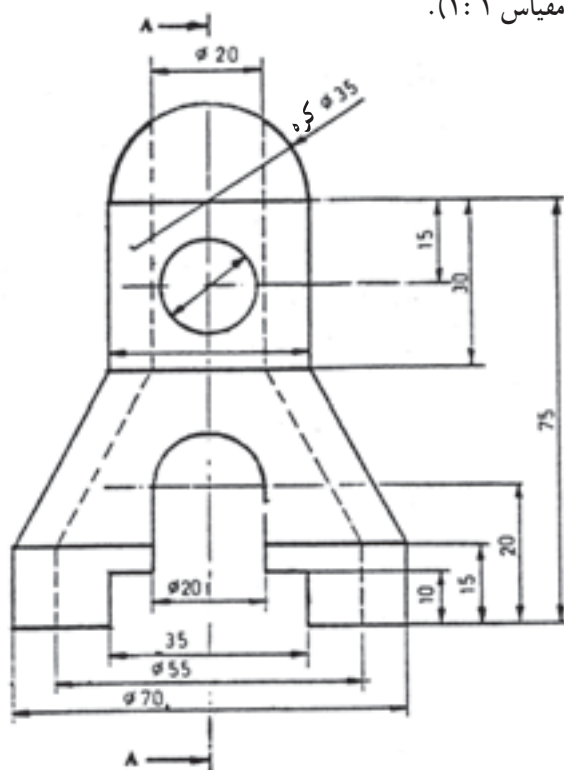


شکل ۶-۷۳

مطلوب است :

۱- رسم و تکمیل نمای اصلی و سطحی از شکل ۶-۷۴،

۲- رسم نمای جانبی در برش A = A (با مقیاس ۱:۱).



شکل ۶-۷۴

کیفیت سطح

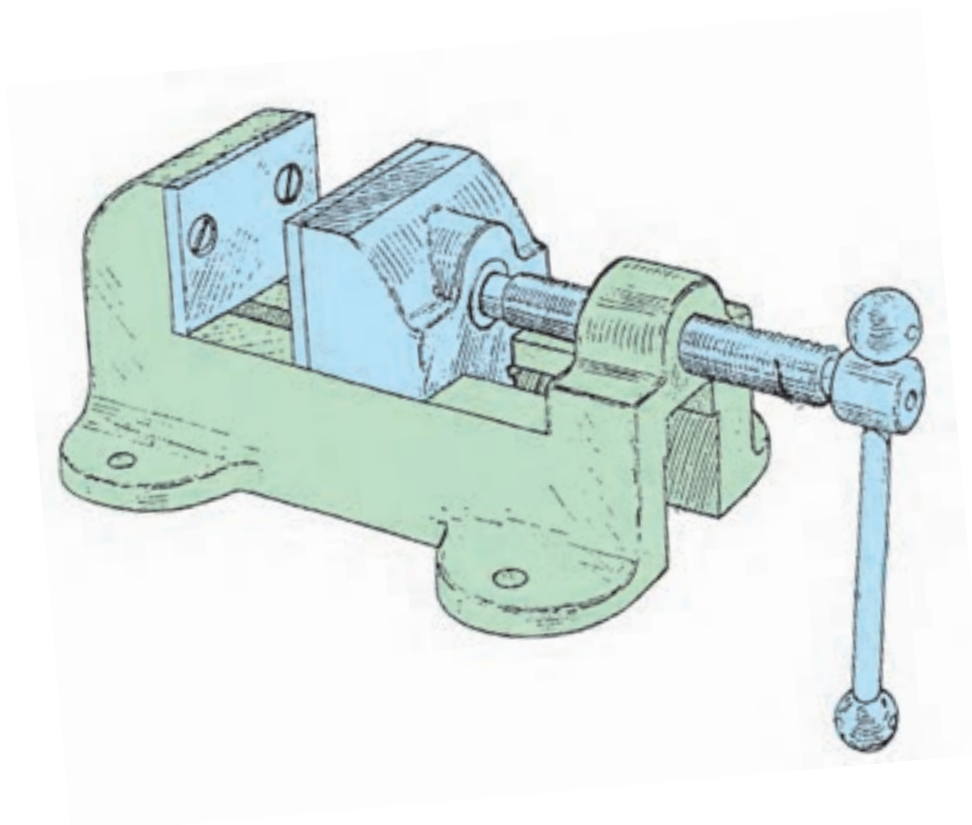
هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل :

- روش تعیین زبری Ra را معرفی کند.
- روش تعیین زبری Rz را شرح دهد.
- مقدار Rz یا Ra را برای روش‌های مختلف تولید از جدول استخراج کند.

۷- کیفیت سطح

۷-۱- مقدمه

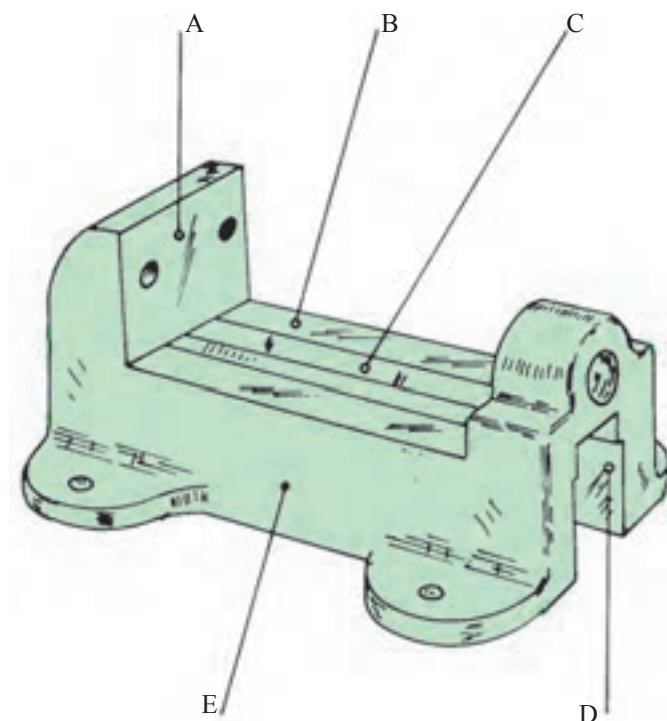
به شکل ۷-۱ نگاه کنید. در این شکل یک گیره رومیزی که شامل قطعات گوناگونی از قبیل پیچ، اهرم، فک متحرک، بدنه و ... است، ملاحظه می‌شود. هریک از این قطعات به روش مخصوص تولید می‌شود و



شکل ۷-۱

در این شکل بدنه‌ی گیره را به تنهایی می‌بینید. برای ساخت این قطعه ابتدا از عملیات ریخته‌گری استفاده شده سپس با انجام عملیات ماشین‌کاری بر روی آن، تکمیل و برای استفاده آماده شده است.

از نظر پرداخت، سطوح مختلفی دارد.
سؤال مهم: آیا لازم است تمام سطوح موجود در یک قطعه به یک اندازه پرداخت شوند؟ برای یافتن پاسخ شکل ۷-۲ را نگاه کنید.



شکل ۷-۲

می‌ماند؛ «البته ممکن است طراح، دستوری مبنی بر این که سطح حتی‌الامکان تمیزتر ریخته‌گری شود، داده باشد».

همان‌طور که ملاحظه شد، سطوح یادشده با دقت‌های مختلفی از نظر پرداخت ساخته می‌شوند. پس یک نکته‌ی مهم صنعتی آن است که سطوح را با دقتی در حد لزوم پرداخت نمایند، زیرا پرداخت زیادتر از حد نیاز، باعث صرف وقت و هزینه‌ی بیش‌تر است که این در نهایت باعث بالا رفتن قیمت تولید می‌شود؛ ضمن آن که فایده‌ای هم ندارد. به عبارت دیگر، در صنعت هر سطح تا آن اندازه پرداخت می‌شود که بتواند کار مورد نظر را با دقت لازم انجام دهد.

با توجه به آنچه گذشت، با مشاهده‌ی یک سطح خواهید دید که از پرداخت معینی برخوردار است و به‌عکس، می‌توان گفت که آن سطح دارای زبری معینی است.

با اندکی دقت ملاحظه می‌کنید که روی این قطعه سطوح مختلفی را می‌توان تشخیص داد:

– سطح A نیاز به ماشین‌کاری دارد، زیرا باید نسبت به سطح B گونیا شود؛ البته پرداخت زیادی را لازم ندارد، چون قسمت آج خورده‌ی فک روی آن نصب می‌شود.

– سطح B باید با دقت پرداخت شود تا فک متحرک به راحتی بلغزد.

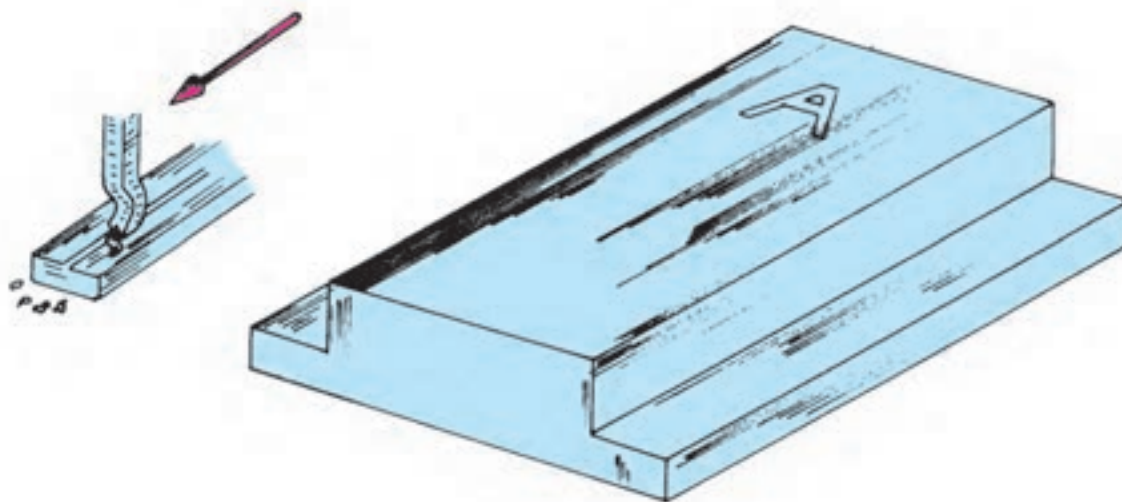
– سطح C به علت آن که یک سطح راهنما است، نیاز به ماشین‌کاری و پرداخت خوب دارد.

– سطح D نیز به صورت اولیه «حاصل از ریخته‌گری» باقی خواهد ماند؛ البته ممکن است در صورت لزوم اندکی خشن‌تراشی شود.

– سطح E به همان صورت حاصل از ریخته‌گری باقی

در شکل ۷-۳ قطعه‌ای را ملاحظه می‌کنید که در آن سطح A به روش صفحه‌تراشی تولید شده است.

در صنعت معمول است که برای سطوح مختلف درجات معینی از زبری را قائل می‌شوند تا بتوان آن‌ها را از نظر صافی و پرداختی با یک‌دیگر مقایسه نمود.

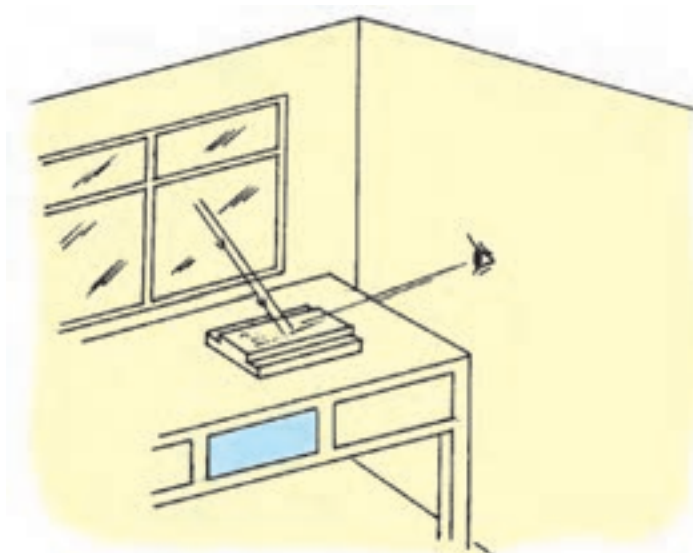


شکل ۷-۳

در این جا خاطر نشان می‌شود که چون براده‌برداری از سطح باید به وسیله‌ی ابزار صورت گیرد و عمل این ابزار در نهایت کندن ذرات با اندازه‌های متفاوت از سطح مورد نظر است، ایجاد پستی و بلندی اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. البته این پستی و بلندی با کوچک شدن اندازه‌ی ذرات کم خواهد شد؛ با این همه، حتی اگر براده‌ها آن قدر ریز باشند که با چشم دیده نشوند، باز هم پستی و بلندی به وجود می‌آید؛ به دیگر سخن، امکان ندارد که سطحی مطلقاً صاف به دست آورد.

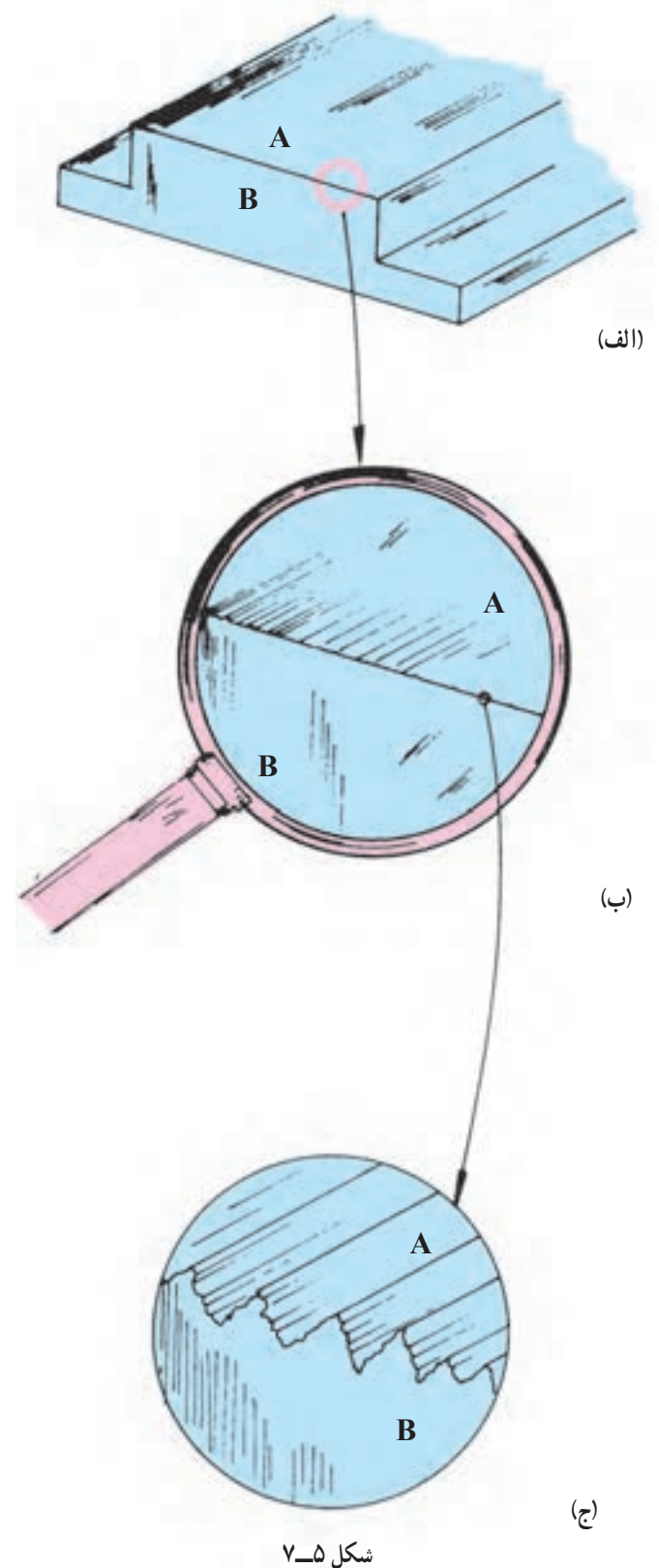
در این شکل با رسم فلش، جهت براده‌برداری مشخص شده است. شیارهای بسیار ظریف حاصل از عمل رنده را در اصطلاح «جهت خواب ابزار» می‌نامند که در حقیقت همان جهت تولید است.

اگر برای تولید این سطح بهترین وضعیت را در نظر بگیریم، باز هم جهت براده‌برداری یا خواب ابزار را می‌توان با چشم دید؛ به علاوه اگر ناخن انگشت را به ملایمت روی سطح بکشید، خواب ابزار احساس خواهد شد (شکل ۷-۴).



شکل ۷-۴

اگر به وسیله ذره بین پستی و بلندی موجود بر سطح را حدود 20° برابر بزرگ کنیم، تصویری مانند شکل ۷-۵-ب مشاهده خواهد شد.

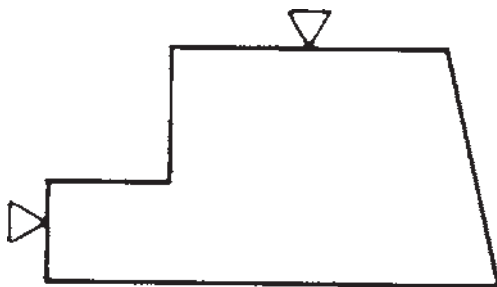


حال اگر به وسیله میکروسکوپ این کار را انجام دهیم، شکل ۷-۵-ج حاصل خواهد شد. این شکل با حدود بزرگ‌نمایی 500° برابر حاصل شده است. به این ترتیب، می‌بینید که سطح به ظاهر صاف و پرداخت شده ممکن است تا چه اندازه دارای ناهمواری باشد. در این جا به یک نکته‌ی مهم توجه کنید که «انتخاب مقطع برای بزرگ‌نمایی، عمود بر جهت تولید صورت گرفته است». در شکل ۷-۶ تصویر بزرگ شده‌ی مقطع از جلو نشان داده می‌شود.



شکل ۷-۶

اکنون باید دید که چگونه میزان پرداخت سطح را مشخص می‌کنیم؛ یعنی «در نقشه نمایش می‌دهیم». در استانداردهای قدیمی استفاده از علائم مثلثی رایج بوده است؛ مثلاً، با تقسیم میزان پرداخت به چهار مرحله، این کار صورت می‌گرفت. برای مثال، اگر خطوط حاصل از تولید سطحی با چشم مشاهده و با دست حس می‌گردید، گفته می‌شد که سطح خشن است و اگر چنین سطحی با براده‌برداری به دست می‌آمد، از یک مثلث برای مشخص کردن آن استفاده می‌شد. (در ادامه در این باره توضیح بیش‌تر داده می‌شود). در شکل ۷-۷ نمونه‌ای از آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۷-۷

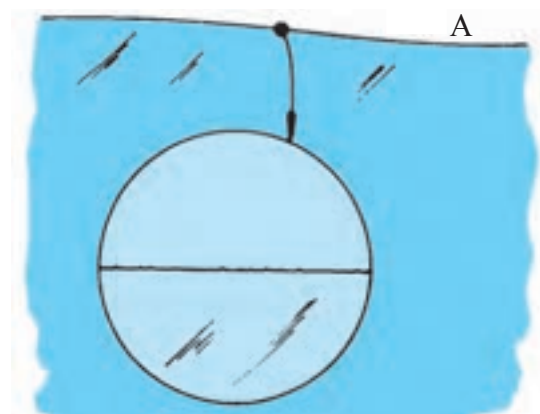
سطح A در عین آن که مطابق نمونه دارای پرداخت مناسب است، در اندازه‌ی بزرگ موج و ناهمواری دارد. به این ترتیب، درمی‌یابید که باید وضعیت کلی سطح از نظر هندسی را با یک علامت، و پرداخت قسمت‌های جزئی را با علامتی دیگر معین کرد.

در بخش تولرانس‌های هندسی، وضعیت کلی سطح از نظر ناهمواری بررسی خواهد شد، اما در این جا که موضوع پرداخت سطح مطرح است باید نمونه‌های کوچک را بررسی کرد.

براساس پیشنهاد ISO برای اندازه‌گیری میزان زبری، نمونه‌هایی از سطح را عمود بر جهت خواب ابزار یا تولید، انتخاب می‌کنیم و سنجش را براساس آن انجام می‌دهیم. اندازه‌ی این نمونه‌ها در جدول ۷-۱ مشخص شده است. بدیهی است هرچه پرداخت‌ها ظریف‌تر باشند باید از نمونه‌های کوچک‌تر استفاده کرد.

با اندکی توجه به این تقسیم‌بندی فوراً درمی‌یابیم که تقسیم‌بندی پرداخت سطح به چهار مرحله، برای کارهای مختلف صنعت، مطلقاً گویا و کافی نیست؛ به همین منظور در استاندارد ISO، ۱۲ مرحله برای پرداخت پیشنهاد شده است.

اینک به نکته‌ی دیگری توجه کنید: هر سطح بزرگ، در عین پرداخت، ممکن است دارای ناهمواری یا موج باشد. به شکل ۷-۸ دقت کنید.



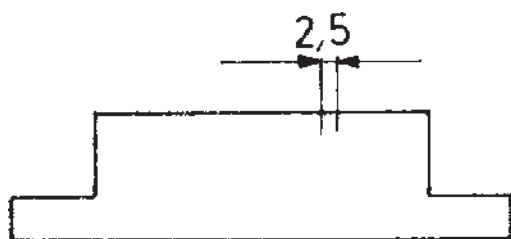
شکل ۷-۸

جدول ۷-۱- مربوط به طول نمونه‌های مورد آزمایش

L طول نمونه‌ی آزمایش بر حسب میلی‌متر	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۸	۲/۵	۸
--------------------------------------	------	------	-----	-----	---

۷-۲-۱- تعریف زبری سطح Ra: Ra عبارت است

از متوسط ارتفاع خشنی سطح. برای روشن شدن مطلب به شکل ۷-۹ نگاه کنید.



شکل ۷-۹

۷-۲-۲- معیارهای تعیین زبری سطح

مهم‌ترین معیارهای تعیین زبری سطح عبارت‌اند از:
الف) میانگین زبری: که با علامت Ra مشخص می‌شود.
ب) میانگین بلندترین ارتفاع‌های زبری: که در پنج نمونه و با R_Z مشخص می‌شود.

بدین ترتیب، زبری سطح را می‌توان با روش‌های مختلف نشان داد. دو روش یاد شده، روش‌هایی است که در کشورها مختلف به کار می‌رود؛ به طوری که برخی از نقشه‌ها با روش Ra و برخی با R_Z علامت‌گذاری می‌شود. اینک به اختصار هریک را شرح می‌دهیم.

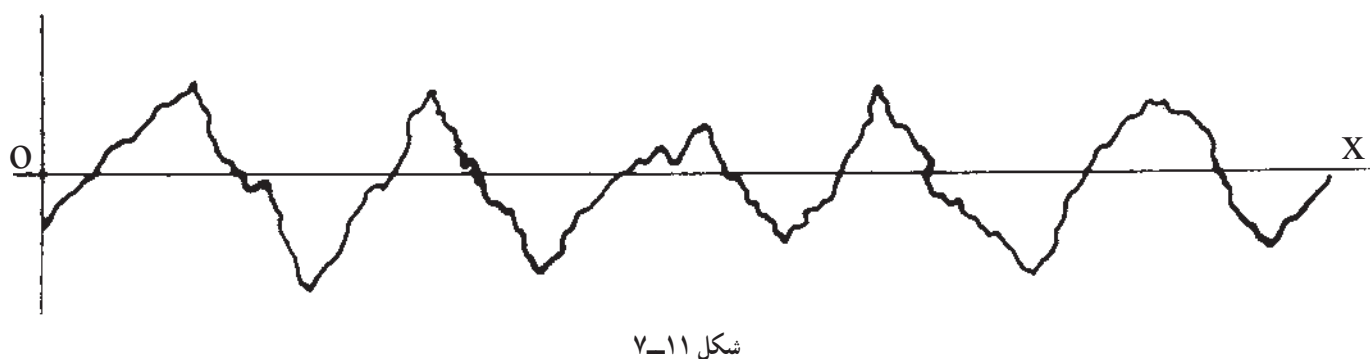
میکروسکوپ طول نمونه را بزرگ می‌کنیم که در این صورت، شکلی مانند ۷-۱۰ ملاحظه می‌شود.

در این شکل نمونه‌ای دیده می‌شود که طول آن $2/5$ انتخاب شده است. بدیهی است در این نمونه پستی و بلندی‌ها با چشم غیر مسلح مشخص نیست؛ پس با وسیله‌ای مانند ذره‌بین قوی یا



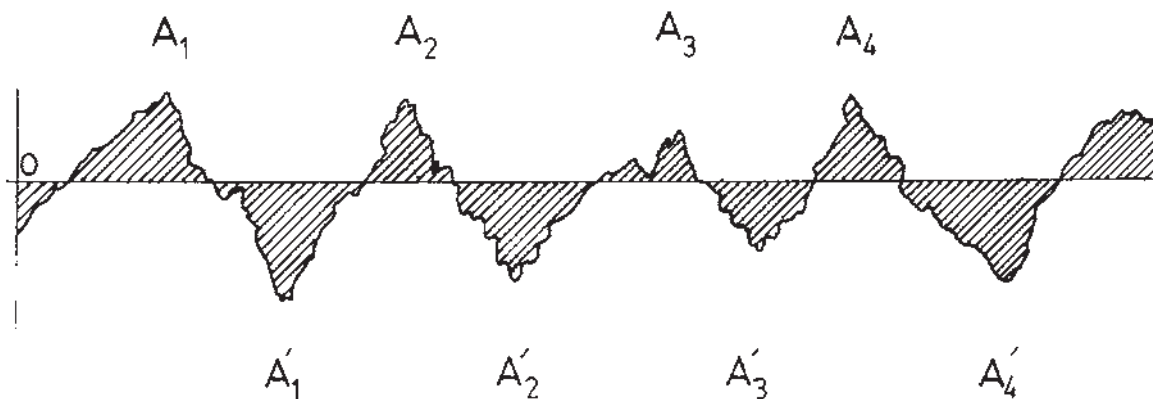
اختیار می‌شود که در حد متوسط پستی و بلندی‌ها قرار گیرد. در شکل ۷-۱۱ خط را با نام OX ترسیم کردیم.

در این شکل می‌توان خطی را به طور تقریب موازی با جهت عمومی سطح در نظر گرفت. به طور دقیق‌تر این خط چنان



پایین خط مساوی باشند (شکل ۷-۱۲).

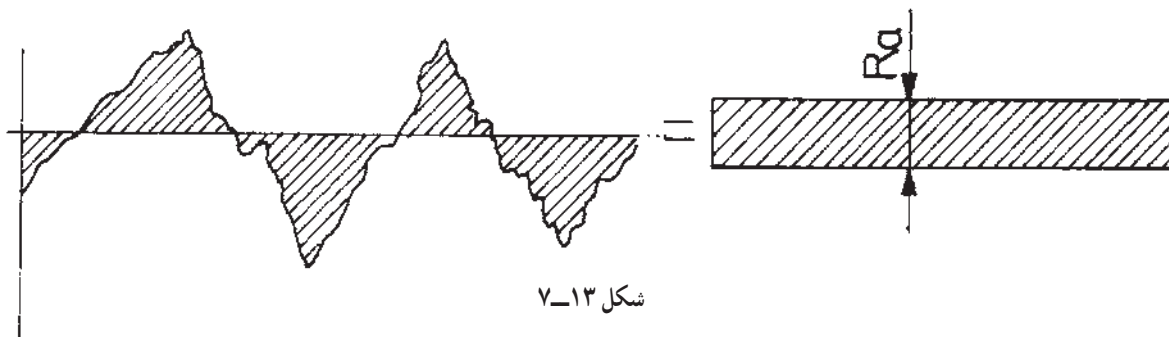
اضافه می‌شود که خط OX چنان رسم شده که جمع کل سطوح هاشور خورده‌ی بالای خط با سطوح هاشور خورده‌ی



مجموعه‌ی سطوح یاد شده را می‌توان به صورت نواری با عرض یک‌نواخت و طول OX درآورد (شکل ۷-۱۳).

به این ترتیب، می‌توان نوشت :

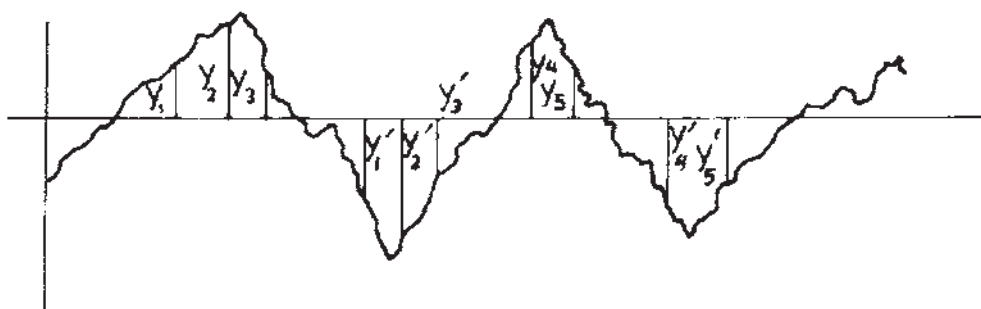
$$A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \dots = A'_1 \cdot A'_2 \cdot A'_3 \cdot A'_4 \dots$$



شکل ۷-۱۳

نوار می‌تواند دقیقاً معرف میزان پرداخت سطح باشد، زیرا هرچه عرض آن کم‌تر شود سطح، پرداخت‌تر خواهد بود. این مطلب را به زبان ریاضی هم می‌توان بیان کرد (به شکل ۷-۱۴ نگاه کنید).

با اندکی دقت درمی‌یابیم که عرض این مستطیل باید برابر R_a یا متوسط ارتفاع خشنی (زبری) باشد. روشن است که به سبب بسیار کوچک بودن این عرض باید آن را با واحدی مناسب اندازه‌گیری کرد. در این جا از واحد میکرون متر (یک میلیونیم متر) استفاده می‌کنیم. هم‌چنین مشاهده می‌شود که عرض این



شکل ۷-۱۴

مانند سطوح موجود در شکل ۷-۱۲ (سطوح موجود در بالا و زیر خط محور) برابر 27200 m^2 در طول 2 mm است؛ بنابراین، مطلوب است محاسبه‌ی R_a ^۱ :

به تعداد ارتفاعات مثبت یعنی y_1, y_2, y_3, \dots و ارتفاعات منفی یعنی y'_1, y'_2, y'_3, \dots اندازه‌گیری می‌شود؛ آن‌گاه معدل حسابی آنها بدون در نظر گرفتن علامت منفی برای y'_1, y'_2, \dots به دست می‌آید. این معدل حسابی، همان R_a است :

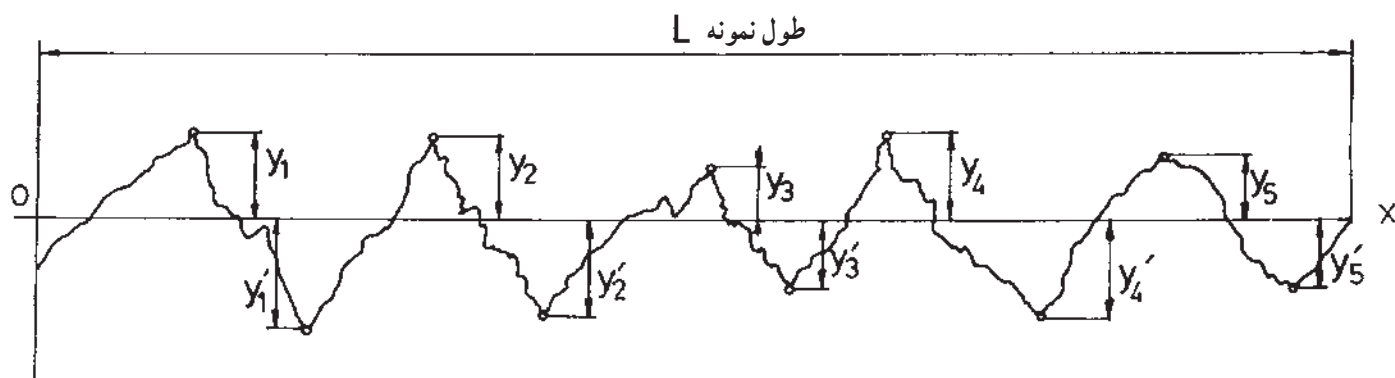
$$R_a = \frac{\text{مجموعه‌ی سطوح}}{L_m} = \frac{27200}{2000} = 27/2 \text{ m}$$

$$R_a = \frac{y_1 \cdot y_2 \cdot y_3 \dots y_n \cdot y'_1 \cdot y'_2 \cdot y'_3 \dots y'_n}{2n}$$

۷-۲-۲- تعریف زبری سطح R_z : عبارت است از معدل بلندترین ارتفاع‌های زبری که آن را به وسیله‌ی دیاگرام و به صورت‌های گوناگون می‌توان معین کرد. به شکل ۷-۱۵ دقت کنید.

برای محاسبه‌ی دقیق‌تر می‌توان کل مساحت‌ها را در یک طول معین (L_m) اندازه‌گیری و بر طول L_m تقسیم کرد تا متوسط عرض نوار به دست آید. مثال: مجموعه‌ی سطوح اندازه‌گیری شده در یک آزمایش،

۱- دستگاه‌های اندازه‌گیری، مقدار R_a یا R_z یا پارامترهای دیگر را به‌طور اتوماتیک اندازه‌گیری می‌کنند.

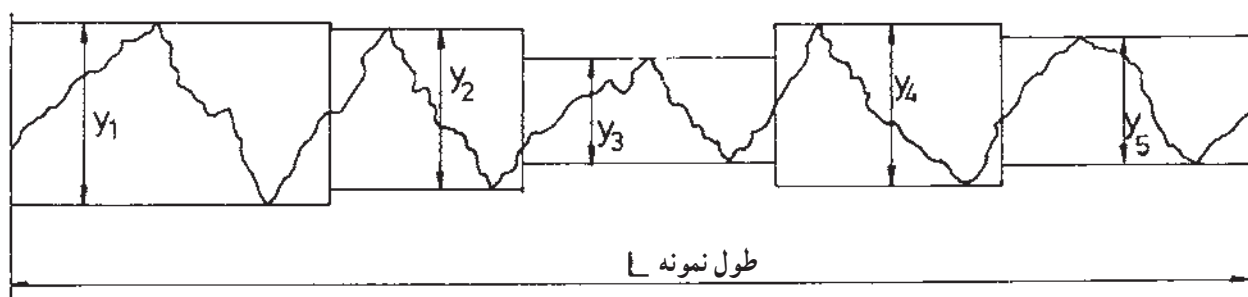


شکل ۷-۱۵

«در این جا توجه کنید که لازم نیست خط OX حتماً در وسط باشد؛ بلکه کافی است آن را موازی با جهت عمومی سطح انتخاب کنیم». بدیهی است که از پستی و بلندی‌های موجود در یک نمونه، بلندترین آن‌ها به تعداد ۱۰ عدد (پنج بلندی و پنج گودی) انتخاب می‌شود. این مطلب را می‌توان با تعبیر شکل ۷-۱۶ هم بیان کرد.

با در نظر گرفتن خط OX در طول نمونه می‌توان ۵ ارتفاع y_1, y_2, \dots یا بلندی نسبت به OX و پنج عمق ناصافی y'_1, y'_2, \dots را اندازه‌گیری کرد و معدل آن‌ها را به این ترتیب به دست آورد (بدون در نظر گرفتن علامت منفی):

$$Rz = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y'_1 + y'_2 + y'_3 + y'_4 + y'_5}{5}$$

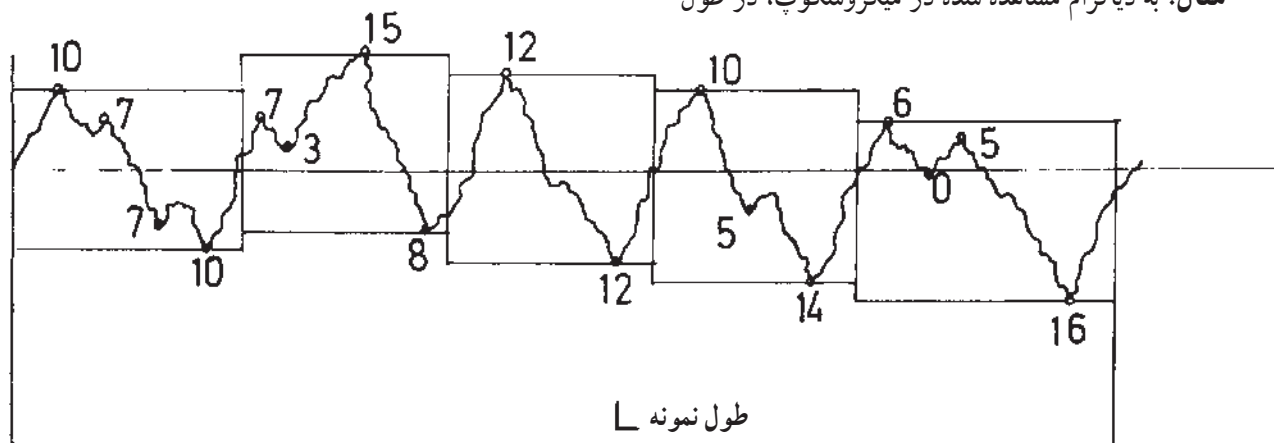


شکل ۷-۱۶

نمونه توجه کنید و به وسیله‌ی آن Rz را به دست آورید (شکل ۷-۱۷).

پس: $Rz = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5}$

مثال: به دیاگرام مشاهده شده در میکروسکوپ، در طول



شکل ۷-۱۷

البته اعداد داده شده در این دیاگرام برحسب میکرون و از سطح مبنای OX است، «بدون در نظر گرفتن علامت». اکنون در این دیاگرام که در طول نمونه‌ی L ترسیم شده است، با پنج تقسیم‌بندی که برطبق شکل ۱۶-۷ صورت گرفته بلندترین ارتفاعات خشنی در نظر گرفته می‌شود:

$$Rz = \frac{19.21.23.25.14}{5} = 20/4$$

دقت کنید که برخی از اعداد موجود روی دیاگرام استفاده نشده‌اند. به‌طور معمول این عدد همراه علامت $\sqrt{\quad}$ به صورت $\sqrt{Rz} = 20/4$ نوشته می‌شود.^۱

تمرین

- ۱- آیا لازم است تمام سطوح یک مجموعه به یک میزان پرداخت شوند؟ (مجموعه مانند گیره، جک و...).
- ۲- هر سطح را تا چه میزان باید پرداخت کرد؟
- ۳- چرا در سطح، پستی و بلندی به‌وجود می‌آید؟
- ۴- آیا می‌توان یک سطح را به‌طور مطلق پرداخت کرد؟
- ۵- با ترسیم یک شکل دستی مفهوم پستی و بلندی را توضیح دهید.
- ۶- در استانداردهای قدیمی پرداخت سطح در نقشه چگونه مشخص می‌شد؟
- ۷- آیا موج‌دار بودن یک سطح همان مفهوم پرداخت سطح را دارد؟
- ۸- در اندازه‌گیری پرداخت سطح از نمونه‌های کوچک استفاده می‌شود یا بزرگ؟ چرا؟
- ۹- طول نمونه‌ها چه قدر است؟
- ۱۰- برای پرداخت‌های ظریف‌تر، طول نمونه را چگونه انتخاب می‌کنند؟
- ۱۱- معیارهای تعیین زبری چیست؟
- ۱۲- Ra را تعریف کنید (با ترسیم شکل دستی).
- ۱۳- ترسیم خط متوسط برای پستی و بلندی‌ها چگونه انجام می‌شود؟
- ۱۴- رابطه‌ی بین سطوح جزئی چیست؟
- ۱۵- واحد اندازه‌گیری Ra چیست؟
- ۱۶- با ترسیم شکل دستی روش محاسبه‌ی Ra را با فرمول بیان کنید.
- ۱۷- آیا برای اندازه‌گیری Ra باید همیشه طول معینی را در نظر گرفت؟
- ۱۸- برای محاسبه‌ی دقیق Ra چه باید کرد؟
- ۱۹- Rz را تعریف کنید (با ترسیم شکل دستی).
- ۲۰- رابطه‌ی ریاضی برای تعیین Rz چیست؟ آن را به چند صورت می‌توان نوشت؟ با ترسیم شکل دستی توضیح دهید.

۱- Rz را با تعابیر دیاگرامی دیگر هم می‌توان بیان کرد. آنچه در آینده بررسی می‌کنیم روش Ra در نمایش پرداخت سطح است.

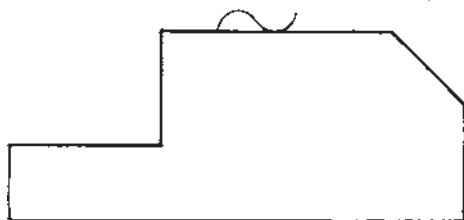
علائم قدیمی مشخص نمودن کیفیت سطح

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

- علائم کیفیت سطح را به روش مثلث‌ها معرفی کند.
- با استفاده از جدول علائم مثلثی را با Ra و Rz مطابقت دهد.

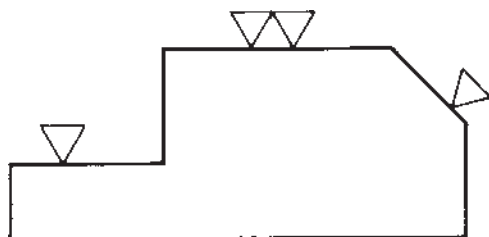
۸- علائم قدیمی مشخص نمودن کیفیت سطوح

روی سطح مورد نظر مطابق شکل گذاشته می‌شود، (تقریباً دو نیم‌دایره که جمعاً شبیه به علامت مذکور مربوط به حرف آ است که با خط نازک رسم می‌شود).



شکل ۸-۲

دو مورد یاد شده مربوط به ساخت بدون براده‌برداری مکانیکی است، اما همیشه این گونه نیست و اغلب نیاز به براده‌برداری پیش می‌آید. در این جا می‌توان از علائم مثلثی استفاده کرد. مثلث‌ها را از نوع متساوی‌الاضلاع و با ارتفاع تقریبی ۳ تا ۵ میلی‌متر «متناسب با اندازه‌ی اعداد مورد استفاده» و با خط نازک ترسیم می‌کنند. رأس این مثلث‌ها روی سطح مورد نظر قرار خواهد گرفت (شکل ۸-۳).

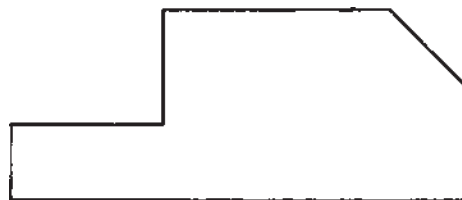


شکل ۸-۳

۸-۱- تعریف زبری سطح به روش مثلث

نظر به این که هنوز هم موارد بسیاری از نقشه‌ها موجود هستند که در آن‌ها برای مشخص نمودن پرداخت سطح به روش قدیمی، یعنی مثلث‌ها استفاده شده است، ناگزیریم اطلاعات مختصری راجع به آن‌ها داشته باشیم. «البته برای تغییر علامت نقشه‌های قدیمی به روش جدید، به این اطلاعات نیاز خواهیم داشت».

نمایش پرداخت سطح در این روش بسیار مختصر و ساده است. به شکل ۸-۱ دقت کنید. در این حالت هیچ علامتی روی سطح گذاشته نشده است.



شکل ۸-۱

این بدان معناست که روی سطح هیچ گونه عملی صورت نمی‌گیرد؛ به عبارت دیگر سطح به همان صورتی که تولید می‌شود باقی خواهد ماند (بدون توجه به روش تولید). در شکل ۸-۲ باز هم منظور آن است که سطح به همان صورت تولیدی باقی خواهد ماند، اما دستور این است که در ساخت آن دقت کامل شود تا هرچه بهتر تولید گردد. البته برای رساندن این مفهوم علامتی

به این ترتیب، نمایش پرداخت سطح خیلی ساده است و شاید همین سادگی باعث دوام آن شده است.

۸-۲- جدول تعیین زبری به روش مثلث

می‌دانید که در هنگام براده‌برداری (به هر صورت)، خواه‌ناخواه خطوطی با عمق‌های مختلف روی کار باقی می‌ماند که درجات مختلفی از عمق را شامل می‌شود. در جدول ۸-۱، تنها با توجه به عمق ناصافی، اعدادی داده شده است. برای مثال، در ستون دوم سمت راست کیفیت سطحی با

یک مثلث - با این مشخصات - نشان داده شده است :
- در این حالت سطح را خشن گویند و بیش‌ترین عمق‌های ناصافی آن حدود ۱۶۰ و کم‌ترین آن‌ها به ۲۵ می‌رسد که معادل اینچی آن‌ها " ۴۰۰۰ و " ۶۰۰ خواهد بود.
- سطح را خشن می‌گوییم، زیرا چنین پرداختی از نظر فنی در حد بالای زبری قرار دارد.
- خطوط حاصل از تولید در این درجه با دست، حس و با چشم دیده می‌شود.
از روش‌های تولیدی که چنین سطحی، در اختیار قرار

جدول ۸-۱- مربوط به پرداخت سطح به روش مثلث

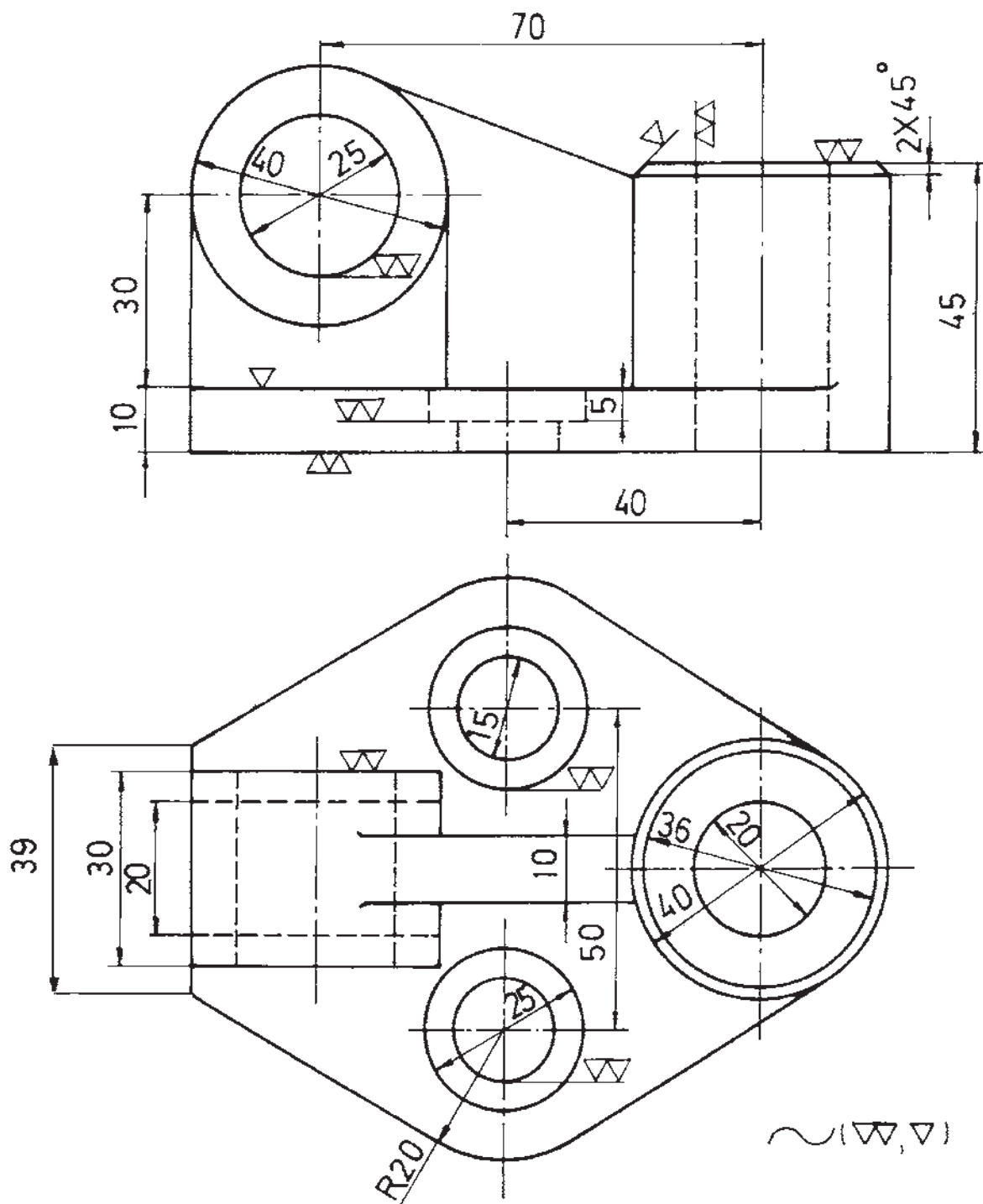
علامت پرداخت سطح				
عمق خطوط به جا مانده در اثر براده‌برداری	۲۵. ۱۶۰. ۶۰۰. ۴۰۰۰. "	۱۰. ۴۰. ۲۵۰. ۱۰۰۰. "	۲/۵. ۱۶. ۶۰. ۴۰۰. "	۰/۴. ۱. ۱۰. ۲۵. "
نام‌گذاری سطح	سطح خشن	سطح صاف	سطح خیلی صاف	کاملاً پرداخت
وضعیت از نظر تشخیص	خطوط با دست حس و با چشم دیده می‌شود.	با دست حس نمی‌شود. با چشم دیده می‌شود.	با چشم دیده نمی‌شود.	با چشم دیده نمی‌شود.
برخی روش‌های تولید	نورد ریخته‌گری در قالب فلزی	تراش کاری دقیق فرزکاری دقیق	سنگ زدن	سنگ زدن دقیق سایش با پارچه

می‌گیرد می‌توان از صفحه‌ی تراشکاری، سوهان کاری، خشن و اره کاری نام برد. در این جا یک بار دیگر اشاره می‌شود که این مراحل چهارگانه چندان دقیق نیست و به همین علت «مراحل به ۱۲، افزایش یافته است».

طبق این جدول هرچه پرداخت دقیق‌تر باشد تعداد مثلث‌ها

افزایش می‌یابد. در ماشین‌سازی معمولی تا سه مثلث استفاده می‌شود و چهار مثلث در قسمت‌های با پرداخت عالی به کار خواهد رفت.

شکل ۸-۴ نمونه‌ای از نقشه با علائم پرداخت مثلی است.



شکل ۴-۸

در مورد این نقشه اضافه می شود :

– برخی از سطوح فاقد علامت بوده در صورت دقت متوجه می شوید که آن ها از نظر تعداد در اکثریت هستند. دستور پرداخت این سطوح در پای نقشه داده شده است. در پای این نقشه علامت ~ دارای این مفهوم است که کلیه ی سطوح علامت گذاری نشده،

دارای این علامت هستند.

– در پای نقشه علایمی را داخل پرانتز مشاهده می کنید. این ها علایمی هستند که روی نقشه به کار رفته اند و به ترتیب آن ها را داخل پرانتز قرار داده ایم.

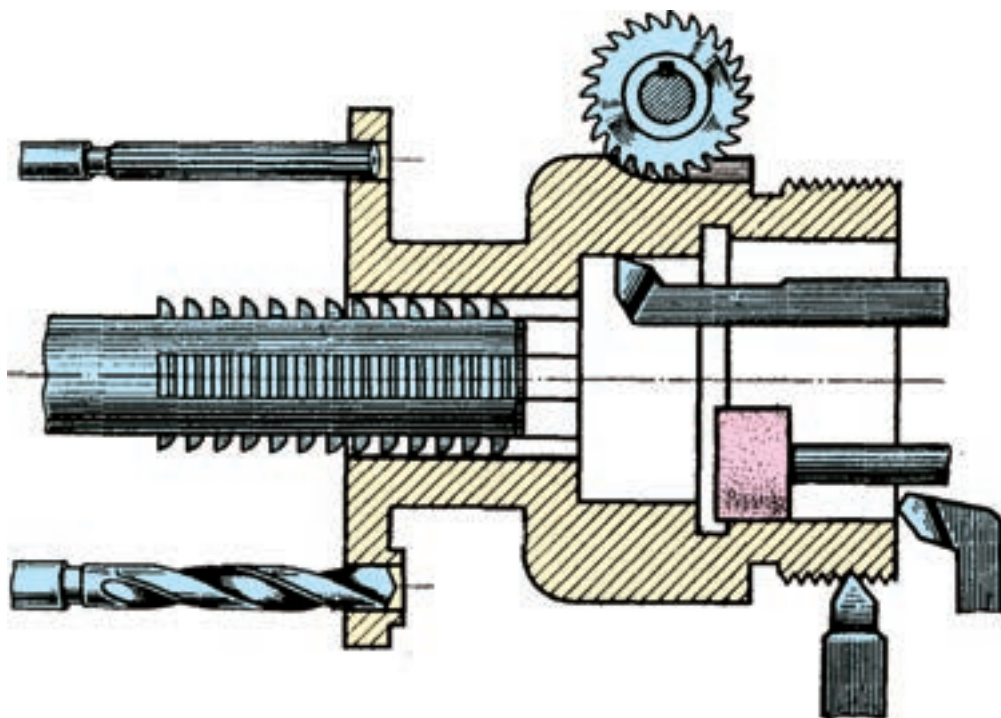
- از دو نمای نشان داده شده در شکل ۴-۸ مطلوب است :
- ۱- رسم نمای اصلی در برش،
- ۲- رسم نمای سطحی،
- ۳- رسم نمای جانبی،
- ۴- تعیین علایم پرداخت سطوح به روش مثلث.

تمرین

- ۱- اگر روی سطحی علامتی نباشد، چه مفهومی دارد؟
- ۲- دستور برای دقت کامل در ساخت سطح چه علامتی است؟
- ۳- در دستور براده برداری از چه علامتی استفاده می شود؟
- ۴- حدود پرداخت در علامت یک مثلث چه قدر است؟
- ۵- علامت دو مثلث، چه پرداختی را نشان می دهد؟
- ۶- آیا مشخص کردن پرداخت سطح با روش مثلث ها کافی است؟

کاربرد علایم کیفیت سطح در نقشه

هدف‌های رفتاری: از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل :
– علایم مربوط به کیفیت سطح Ra را روی نقشه به کار برد.

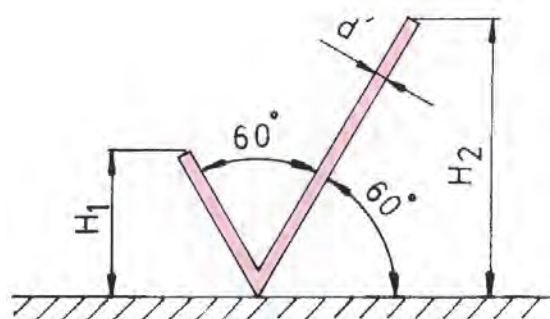


۹- کاربرد علائم کیفیت سطح در نقشه^۱

۹-۱- معرفی علایم و مشخصات

هدف از این فصل معرفی علایم و مشخصات فنی اضافی مربوط به پرداخت سطح است^۲.

برای نشانه‌ی مینا در پرداخت سطح از علامتی طبق شکل ۹-۱ استفاده می‌شود.



شکل ۹-۱

- این علامت از دو بازوی مورب تشکیل می‌شود.

- زاویه‌ی این بازوها با هم و نیز با سطح مورد نظر ۶۰

است.

- طول آن‌ها نامساوی و مشابه قسمت V در رادیکال است.

- طول بازوی سمت راست دوبرابر بازوی سمت چپ

است.

- بلندی علامت یعنی H_1 با توجه به شماره‌های به کار برده

شده برای اندازه‌گذاری تعیین می‌شود.

- برای دانستن مشخصات دقیق‌تر می‌توان به جدول ۹-۱

مراجعه کرد.

توجه: به کار بردن اندازه‌های داده شده در جدول به‌طور

عملی، بسیار ساده است؛ مشروط به آن که برای ترسیم‌های خود

از قلم‌های رایید طبق استاندارد ISO استفاده کنید. برای مثال،

گروه خط ۰/۵ در استاندارد ISO را در نظر بگیرید. در این گروه

ضخامت خط اصلی ۰/۵، خط چین ۰/۳۵ و خط نازک ۰/۲۵

است؛ پس بلندی حروف و اعداد ۳/۵، ضخامت d' و نیز حروف

و اعداد ۰/۳۵ و بلندی H_1 و H_2 به ترتیب ۵ و ۱۰ است. در

ضمن علایم پرداخت سطح نیز با اندازه‌های دقیق روی شابلون‌ها

موجود است.

معمولاً علامت نشان داده شده در شکل ۹-۱ به‌تنهایی

جدول ۹-۱- برای مشخصات علامت مینا «اندازه‌ها mm»

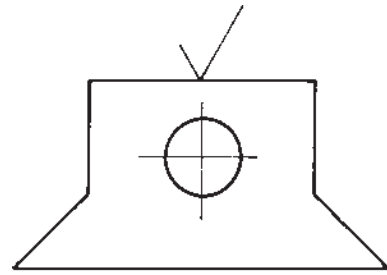
بلندی اعداد و حروف بزرگ h	۳/۵	۵	۷	۱۰	۱۴	۲۰
ضخامت خط برای علایم d'	۰/۳۵	۰/۵	۰/۷	۱	۱/۴	۲
ارتفاع H_1	۵	۷	۱۰	۱۴	۲۰	۲۸
ارتفاع H_2	۱۰	۱۴	۲۰	۲۸	۴۰	۵۶

۱- مطالب این فصل براساس استاندارد شماره‌ی ISO/۱۳۰۲ که خود از استانداردهای دیگر ISO به شماره‌های ۴۶۸ و ۱۲۹ استفاده کرده است، ذکر

می‌شود.

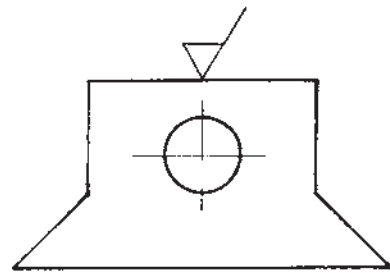
۲- این علایم در نقشه‌های اروپایی و آمریکایی به‌طور یکسان استفاده می‌شود.

معنایی ندارد. استفاده از این علامت را بر روی سطحی از یک جسم مشاهده می‌کنید (شکل ۹-۲).



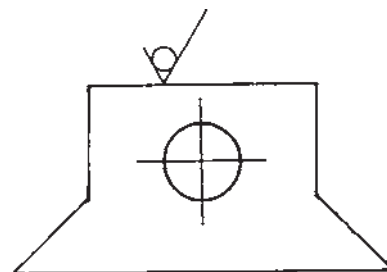
شکل ۹-۲

اگر براده‌برداری ماشینی مورد نظر باشد به این علامت یک پاره خط اضافه می‌شود (شکل ۹-۳).



شکل ۹-۳

اگر براده‌برداری مجاز نباشد به علامت مبنای یک دایره اضافه خواهد شد (شکل ۹-۴).



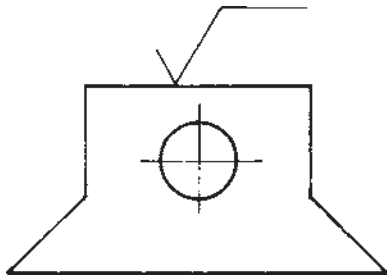
شکل ۹-۴

در این جا اضافه می‌شود که این علامت را می‌توان به طور دقیق با علامت ~ در روش مثلث‌ها معادل دانست.

علامت ذکر شده، در نقشه‌های ساخت به مفهوم نمایش سطح کار موجود است؛ به این معنا که سطح باید به همان گونه‌ای که از مراحل ساخت حاصل می‌شود باقی بماند. البته ممکن است

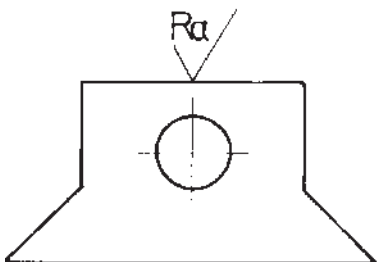
این سطح به هر روشی تولید شده باشد (با براده‌برداری و یا بدون براده‌برداری).

اکنون اگر بخواهیم که مشخصات خاصی از سطح را ذکر کنیم، می‌توان به نشانه‌ی مبنا پاره‌خطی بلند و متصل به بازوی بلندتر کشید (شکل ۹-۵).



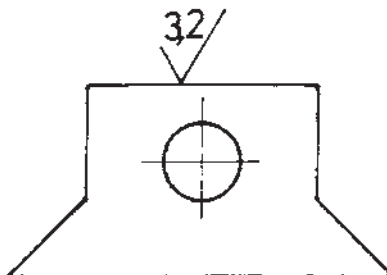
شکل ۹-۵

علایم اضافی و کامل کننده: همان‌طور که ذکر شد، پرداخت یک سطح را با کمیت Ra معین می‌کنیم. این مقدار می‌تواند به هریک از علایم اضافه شود. به شکل ۹-۶ توجه کنید:



شکل ۹-۶

به این مفهوم که این سطح ممکن است به هر طریقی تولید شود، منتها با پرداخت Ra «که یکی از مقادیر جدول خواهد بود»؛ برای مثال، اگر Ra برابر ۳/۲ باشد، شکل ۹-۷ به دست خواهد آمد.

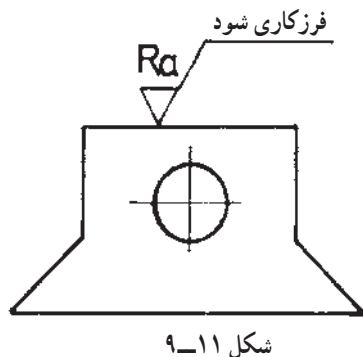


شکل ۹-۷

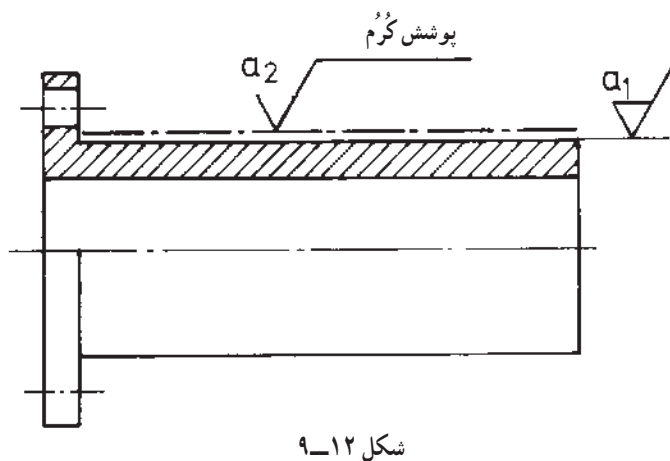
در مواردی که تنها یک مقدار برای پرداخت سطح مشخص می‌شود، آن مقدار باید بیش‌ترین حد مجاز را نشان دهد.

۹-۲- مشخصات ویژه‌ی کیفیت سطح

در بسیاری اوقات روی سطح، عملیات اضافی مثل آب‌کاری فلزی، سخت‌کاری، رنگ‌کاری و نظایر آن انجام می‌شود یا آن‌که باید با عملیات مخصوصی تولید شود. در این صورت لازم است که بالای خطی افقی به زبانی ساده نوشته شود. این پاره‌خط افقی به بازوی بلند علامت مبنا اضافه می‌شود و در نتیجه شکلی شبیه رادیکال به‌دست می‌آید (شکل ۹-۱۱).
در این شکل دستور براده‌برداری به‌وسیله‌ی فرز داده شده است.



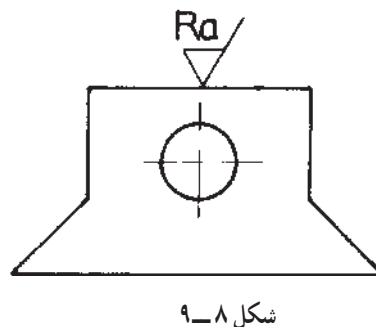
به همین ترتیب، اگر مشخص کردن کیفیت سطح قبل و بعد از عملیات ضروری باشد، می‌توان آن‌را با یادداشت مناسب نوشت یا مطابق شکل ۹-۱۲ نشان داد.



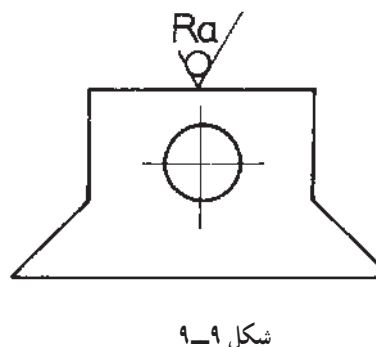
توجه دارید که در این جا تنها عدد $3/2$ را نوشتیم و دیگر نیازی به علامت Ra نخواهد بود.

اگر سطح باید به‌وسیله‌ی براده‌برداری ماشینی تولید شود، به علامت مبنا یک پاره‌خط اضافه می‌شود که در نتیجه شکل ۹-۸ به‌دست می‌آید.

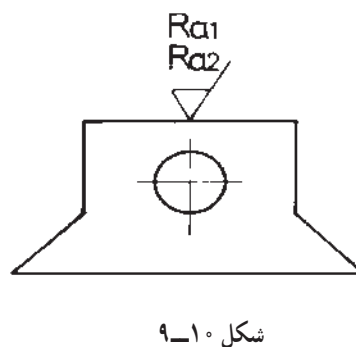
در این جا دستور براده‌برداری ماشینی داده شده است.



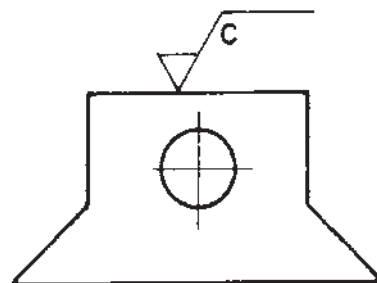
اگر بخواهیم پرداختی را بدون براده‌برداری ماشینی به‌دست آوریم مطابق شکل ۹-۹ عمل می‌کنیم.



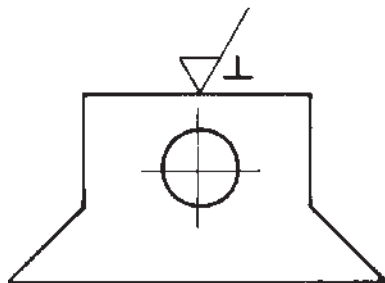
اگر لازم باشد که حدود ماکزیمم و مینیمم زبری مشخص شود، می‌توان حد ماکزیمم را بالا و حد مینیمم را در پایین و روی یک علامت نوشت. در شکل ۹-۱۰ حد ماکزیمم است.



اگر ذکر طول نمونه ضروری باشد، آنرا در زیر رادیکال و در جای نشان داده شده در شکل ۹-۱۳ ذکر می کنند.
اگر به کنترل جهت تولید^۱ نیاز باشد، این امر به وسیله علامتی که به علامت کیفیت سطح اضافه می شود، مطابق شکل



شکل ۹-۱۳



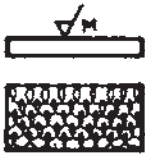


شکل ۹-۱۴

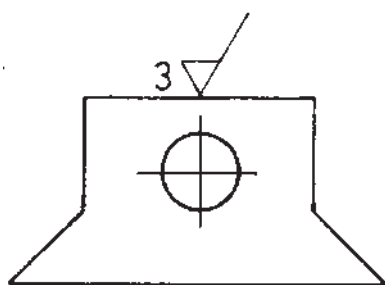
جدول ۹-۲

نمایش تصویری	علامت	شرح
	=	علامت جهت تولید برای حالتی که جهت تولید موازی با سطحی است که علامت برای آن به کار رفته است.
	⊥	برای حالتی که جهت تولید عمود بر سطحی است که علامت برای آن گذاشته شده است.
	X	برای حالتی که جهت تولید نسبت به سطحی که علامت برای آن به کار رفته است حالت ضربدری دارد.

۱- جهت تولید با اصطلاح «جهت کنترل»، «خواب ابزار» و «جهت شیار» نیز در کتب دیگر به کار برده شده است.

ادامه جدول ۹-۲

جهت چندتایی است؛ یعنی سطح در جهات مختلف تولید می‌شود و به عبارت دیگر، وسیله‌ی براده‌برداری حرکتی مرکب دارد.	M	
جهت تولید نسبت به مرکز صفحه حالتی تقریباً دایره‌ای دارد.	C	
جهت تولید نسبت به مرکز صفحه حالتی تقریباً شعاعی دارد.	R	



شکل ۹-۱۵

چپ علامت قرار می‌گیرد. در شکل مذکور مقدار مجاز
ماشین‌کاری ۳ میلی‌متر است.

در موردی که وسیله‌ی براده‌برداری حرکتی مرکب دارد،
علائم و توضیحات مربوط در جدول ۹-۳ آمده است.

توجه: جهت تولید سطح همان جهت موجود بر سطح
است که این امر به‌طور معمول به روش تولید به کار رفته وابسته
است و منظور، نقوش و طرح‌های باقی‌مانده بر سطح در اثر عمل
براده‌برداری است که البته ممکن است با چشم نیز دیده شود.

– ممکن است برخی از جهت‌های تولید، به وسیله‌ی علائم
داده شده در جدول‌ها به‌خوبی بیان نشوند؛ از این‌رو با
یادداشت‌های مناسب موضوع را کامل می‌کنیم.

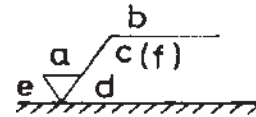
زمانی که لازم باشد مقدار مجاز ماشین‌کاری مشخص شود،
آن را مطابق شکل ۹-۱۵ نشان می‌دهند.

این مقدار براساس روش کلی اندازه‌گذاری نقشه در سمت

۹-۳- موقعیت علایم شاخص کیفیت سطح

مشخصات کیفیت سطح باید در رابطه با علامت مبنا مطابق

شکل ۹-۱۶ قرار گیرد.



شکل ۹-۱۶

a. منظور از a همان Ra است.

b. روش تولید، نوع پوشش، عملیات دیگر

c. طول نمونه

d. جهت تولید

e. اجازه‌ی ماشین‌کاری (مقدار براده‌برداری لازم)

f. مقادیر دیگر زیری سطح که داخل پرانتز نوشته می‌شود

(مانند Rz که قبلاً ذکر شد).

اکنون با توجه به آنچه ذکر شده است می‌توان در مورد

کاربرد این علایم در نقشه صحبت کرد. این نشانه‌ها مطابق اصول

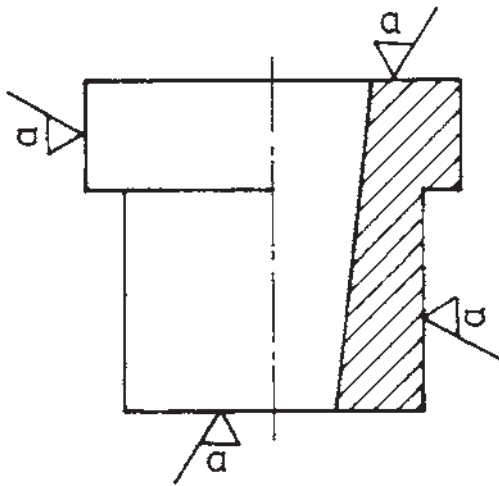
اندازه‌گذاری، علاوه بر مشخص شدن، باید به گونه‌ای قرار گیرند

که از پایین یا سمت راست نقشه بتوان آن‌ها را خواند (مانند اعداد

اندازه‌گذاری).

در شکل ۹-۱۷ حالت ترسیم علامت پرداخت روی چهار

سطح عمود بر هم نشان داده می‌شود؛ البته این تنها روش نیست.

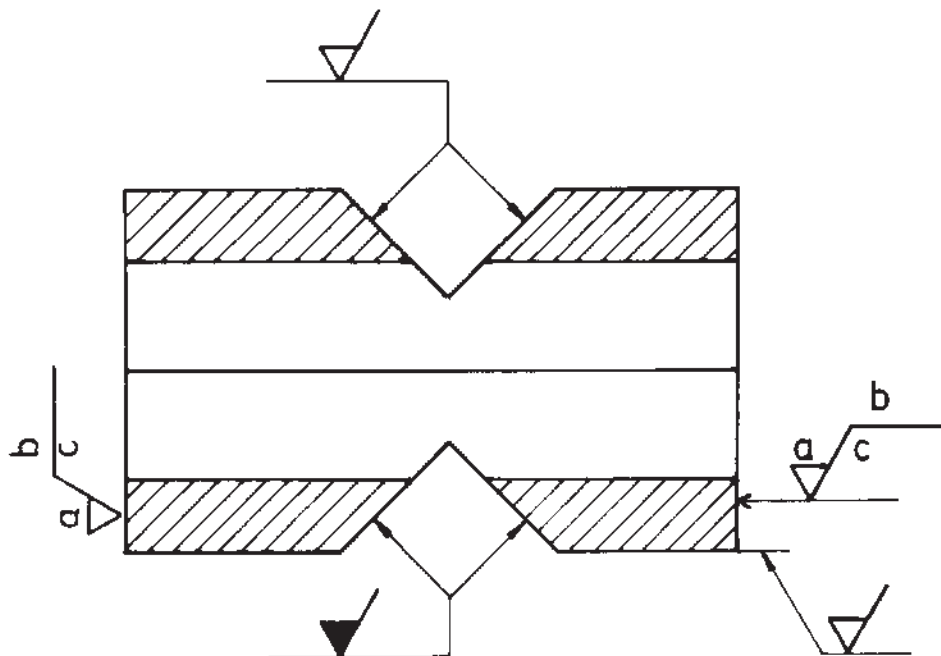


شکل ۹-۱۷

— در شکل ۹-۱۸ نحوه‌ی استفاده از علایم به‌طور مفصل‌تر

بیان می‌گردد؛ ضمن آن که ملاحظه می‌شود علایم را به شکل‌های

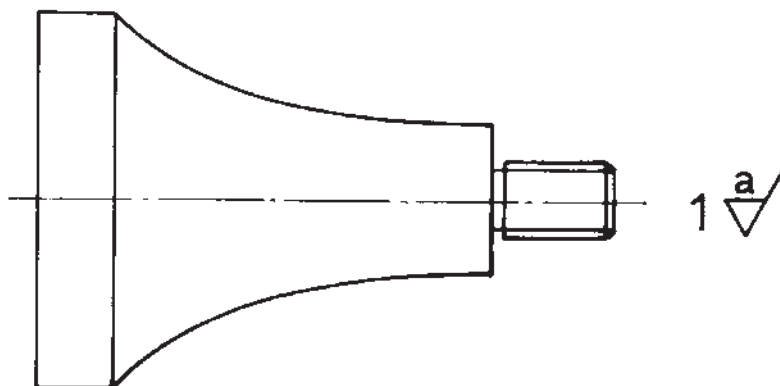
دیگر هم می‌توان به کار برد.



شکل ۹-۱۸

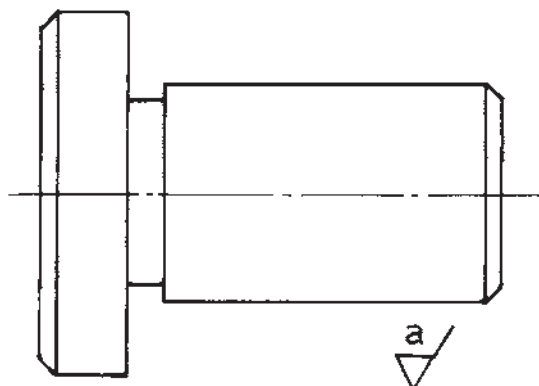
در این شکل، در کنار شماره‌ی قطعه و در جای مناسب علامت مورد نظر داده شده است.

اگر پرداخت و کیفیت سطح برای تمام سطوح یکسان باشد، این امر به صورت شکل ۹-۱۹ بیان می‌شود.



شکل ۹-۱۹

این مطلب را مطابق شکل ۹-۲۰ هم می‌توان نشان داد. در این جا به جای دادن شماره، از توضیح استفاده شده است.



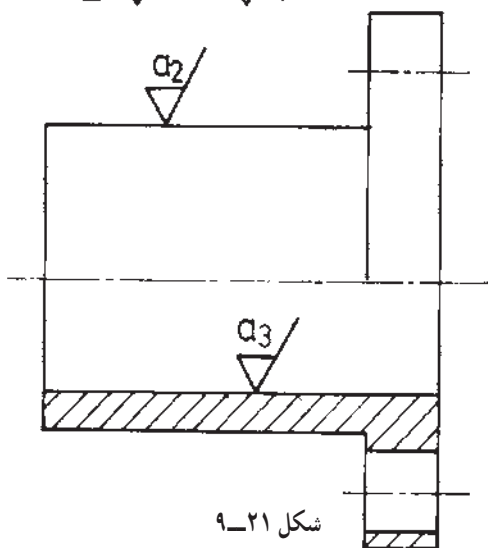
شکل ۹-۲۰

اگر بیش‌تر سطوح قطعه دارای کیفیت پرداختی یکسان باشند، این امر مطابق دستورالعمل مربوط به شکل‌های ۹-۱۹ یا ۹-۲۰ و با مطالبی اضافی بیان می‌شود (شکل ۹-۲۱).

در شکل ۹-۲۱ با قراردادن علامت پایه (مبنا) در داخل پراتنز و بدون هیچ‌گونه علامتی عمل می‌کنیم؛ برای مثال عدد ۲ شماره‌ی قطعه است؛ علامت خارج پراتنز، یعنی تمام سطوح علامت‌گذاری نشده و علامت داخل پراتنز به معنی کلیه سطوح دیگر است (آن‌ها که علامت‌گذاری شده‌اند).

می‌توان بدون گذاشتن شماره‌ی قطعه و پراتنز، با توضیح، موضوع را بیان کرد (شکل ۹-۲۲).

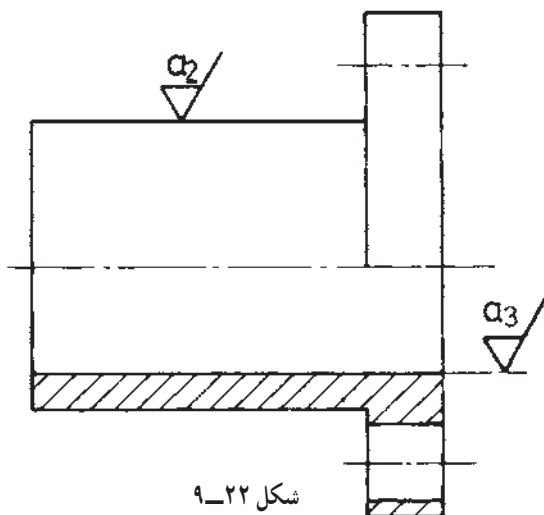
۲ $\frac{a_1}{\nabla}$ (∇)



شکل ۹-۲۱

$\frac{a_1}{\nabla}$

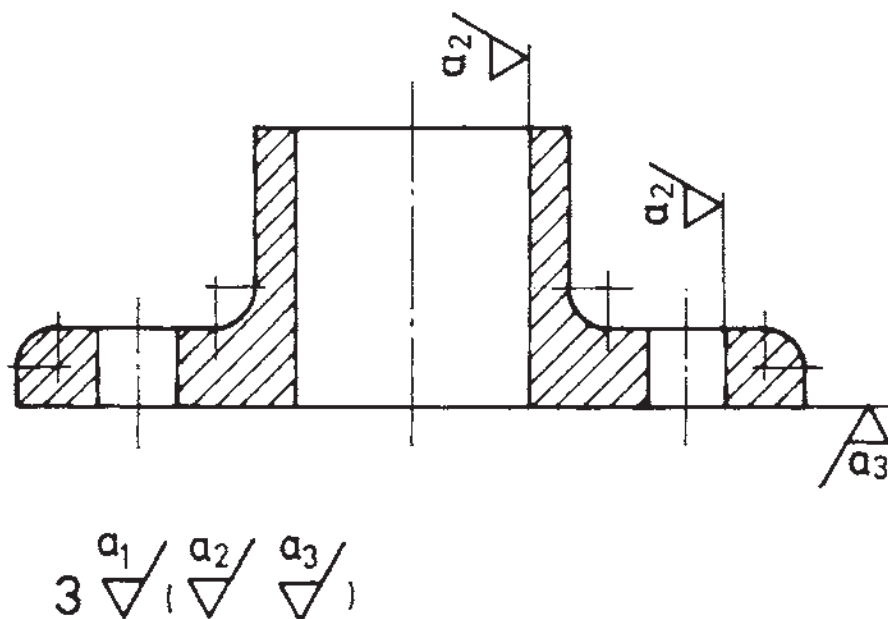
تمام سطوح غیر از سطوحی که روی نقشه مشخص شده‌اند.



شکل ۹-۲۲

به این ترتیب علامت‌های پرداخت برخی از سطوح، علاوه بر داخل نقشه در پرانتز هم ذکر شده است (شکل ۹-۲۳).

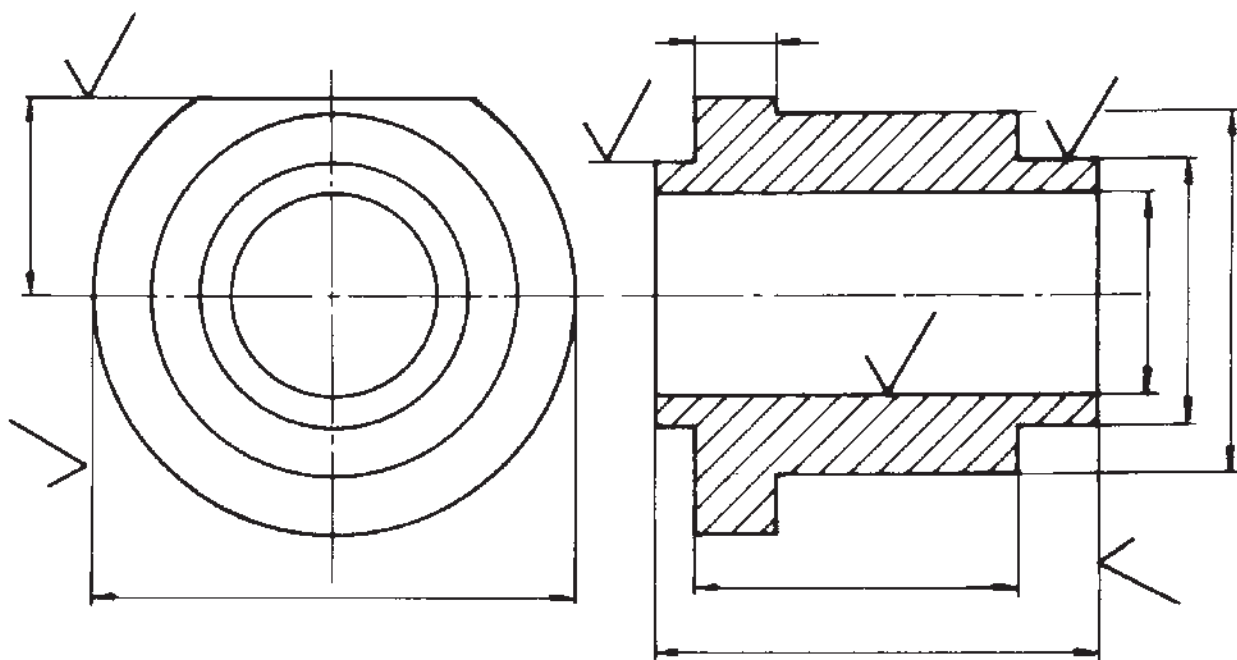
برای این عمل روش سومی هم موجود است که حتی «بیش‌تر از دو مورد قبل به کار برده می‌شود». در این روش علامت یا علائم مربوط به سطوح دیگر نیز در داخل پرانتز داده می‌شود.



شکل ۹-۲۳

بهتر است در نمایی ذکر شود که اندازه‌ها و موقعیت سطح را بیان می‌کند (شکل ۹-۲۴).

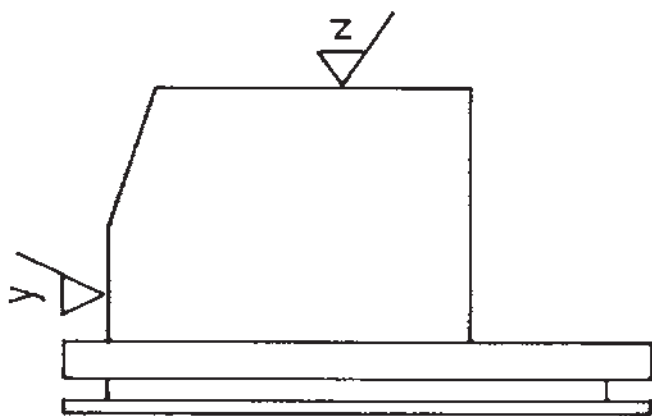
– بر طبق اصول کلی اندازه‌گذاری، علامت داده شده برای سطوح تنها یک بار داده می‌شود. هم‌چنین اگر امکان داشته باشد



شکل ۹-۲۴

ساده‌تری استفاده کرد که دربردارنده‌ی همان معنا باشد؛ برای نمونه، شکل ۹-۲۵ را ملاحظه کنید.

– به جای به‌کاربردن علائم پیچیده و جلوگیری از تکرار آن، هم‌چنین در مواردی که جای کافی بر روی شکل در مورد این‌گونه علائم پرحجم وجود نداشته باشد، می‌توان از علائم



$$\frac{z}{\triangle} = e \frac{a}{\triangle} \frac{b}{c} \frac{d}{d}$$

$$\frac{y}{\triangle} = \frac{3,2}{5} \frac{\triangle}{\triangle}$$

شکل ۹-۲۵

اینک به دو نکته‌ی مهم توجه کنید:

- ۱- اطلاعات مربوط به علائم زبری سطح، روش تولید، اجازه‌ی ماشین‌کاری و غیره تا آنجا داده می‌شود که لازم باشد؛ «یعنی قطعه بتواند کار خود را به‌خوبی انجام دهد».
- ۲- در مواقعی که سطح تمام شده‌ی قطعه در مراحل ساخت عادی مورد قبول باشد، احتیاجی به مشخص کردن و درج مشخصات کیفیت نیست.

در شکل a، علائم ساده‌ی انتخابی مانند z و y را در نظر گرفتیم؛ سپس در جای مناسب (شکل b) مقصود از آن‌ها را بیان کردیم.

– اگر کیفیت پرداختی تعداد زیادی از سطوح در یک قطعه متشابه باشند، می‌توان از علامت ساده استفاده کرد و بعد معنی آن‌ها را در جای مناسب نوشت؛ مانند مثال‌های داده شده در شکل ۹-۲۶.

۹-۴- جدول تعیین زبری Ra

گفته شد که Ra یا متوسط زبری می‌تواند معرف نوع پرداخت سطح باشد. در وهله‌ی اول واضح است که Ra هر عددی را می‌تواند داشته باشد «این مطلب در عمل اتفاق می‌افتد»، اما استاندارد ISO برای شکل دادن و دسته‌بندی سطوح از نظر پرداخت، ۱۲ مرحله یا طبقه را در نظر گرفته است به جدول ۹-۳ توجه کنید.

$$\frac{\triangle}{\triangle} = \frac{3,2}{\triangle} \quad \frac{\triangle}{\triangle} = \frac{3,2}{\triangle}$$

$$\frac{\triangle}{\triangle} = \frac{3,2}{\triangle}$$

شکل ۹-۲۶

جدول ۳-۹- مقادیر پیشنهادی Ra

مقدار زبری Ra		عدد درجه‌ی زبری
میکرون اینچ"	میکرون متر m	
۲۰۰۰	۵۰	N۱۲
۱۰۰۰	۲۵	N۱۱
۵۰۰	۱۲/۵	N۱۰
۲۵۰	۶/۳	N۹
۱۲۵	۳/۲	N۸
۶۳	۱/۶	N۷
۳۲	۰/۸	N۶
۱۶	۰/۴	N۵
۸	۰/۲	N۴
۴	۰/۱	N۳
۲	۰/۰۵	N۲
۱	۰/۰۲۵	N۱

است. این جدول پایه در پیشنهاد ISO است^۱.

۵-۹- مقایسه‌ی علائم
















در جدول ۵-۹ مقایسه‌ای میان علائم Ra و Rz و مثلث‌ها انجام شده است.

این جدول برای تبدیل علائم نقشه‌ها به یک‌دیگر بسیار مفید است.

ستون سمت راست معرف درجه‌ی زبری برحسب یک عدد است که برای مثال N۷ یعنی درجه‌ی زبری شماره‌ی ۷. برطبق این جدول پرداخت شماره‌ی ۷ می‌تواند بین بهترین حد ۱/۶ و بالاترین حد ۳/۲ قرارگیرد؛ پس N۷ معرف سطحی است با ۳/۲ Ra. ۱/۶ با بهترین حالت $Ra = 1/6$. در این جدول در مقابل هر شماره‌ی N، حد نهایی آن نوشته شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، اعداد جدول به‌طور مرتب دو برابر می‌شود؛ مثلاً درجه‌ی ۸ دو برابر درجه‌ی ۷

۱- توصیه‌نامه‌ی شماره‌ی ۱۳۰۲، ISO/R1302/19T8. ضمناً برخی از کشورها از تعداد مراحل بیش‌تری هم استفاده کرده‌اند؛ مثلاً استاندارد روسی ۱۴ مرحله را به‌کاربرده است.

جدول ۹-۴ — مقایسه‌ی میان علایم Ra, Rz و مثلثها.

روش مثلث‌ها					
Ra روش	صاف معمولی 	$12/5$ 	$3/2$ 	$0/8$ 	$0/1$ 
Rz روش	صاف معمولی 	$Rz\ 100$ 	$Rz\ 25$ 	$Rz\ 6/3$ 	$Rz\ 1$ 

در جدول ۹-۵ اطلاعاتی درباره‌ی توانایی ماشین‌های مختلف افزار در تولید سطح — با پرداخت‌های مختلف — به دست داده می‌شود.


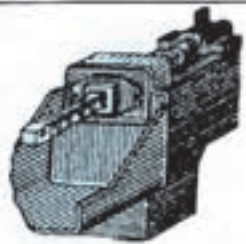

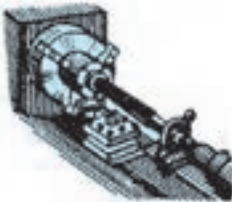






در جدول ۹-۶ با در نظر گرفتن سایر روش‌های براده‌برداری از قبیل روش‌های دستی، ماشین‌ی و نظایر آن میزان Ra برحسب آحاد متریک و اینچی مشخص شده است. با توجه به روش ساخت، می‌توان درجه‌ی Ra را براساس این جدول مشخص کرد.

با توجه به آن‌چه تاکنون راجع به Ra, Rz و مثلث‌ها گفته شده است، ملاحظه می‌شود که هیچ‌گونه ارتباط ریاضی میان این سه تعریف وجود ندارد، اما از نظر مقایسه می‌توان آن‌ها را به هم تبدیل کرد؛ برای نمونه، با توجه به جدول ۹-۴ می‌توان به جای علایم مثلثی موجود در یک نقشه‌ی قدیمی، علایم پرداخت Ra یا Rz را جای‌گزین کرد^۱.

شکل ۹-۲۷ مثالی از یک نقشه‌ی صنعتی است که علایم مربوط به پرداخت سطح در آن به کار برده شده است.

۱- علایم Ra و Rz داده شده در جدول برای براده‌برداری ماشین‌ی است که می‌توان در صورت براده‌برداری غیرماشینی، آن علایم را در نظر گرفت.

جدول ۵-۹

روش های تولید	Ra										روش های تولید	Ra									
	۰.۲۵	۰.۵	۱	۲	۴	۸	۱۶	۳۲	۶۳	۱۲۵		۰.۲۵	۰.۵	۱	۲	۴	۸	۱۶	۳۲	۶۳	۱۲۵
 نوردکاری											 خان کشی										
 صفحه تراشی											 برقوکاری										
 مته کاری											<div>با الماس</div>  ظریف خشن تراش کاری										
 فرز کاری											 سنگ زنی پرداخت خوب										
 داخل تراشی برای پرداخت											 هونینگ ... پرداخت عالی										

جدول ۹-۶- مربوط به پرداخت سطوح

Ra													روش های تولید		
. in															
. m															
۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۲۵	۶۳	۳۲	۱۶	۸	۴	۲	۱			پرداخت با ابزار نرم	
۵۰	۲۵	۱۲/۵	۶/۳	۳/۲	۱/۶	۰/۸	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۲۵			پرداخت عالی	
														صیقل دادن	جلا دادن با پارچه
														جلا دادن الکترولیتیک	
														سنگ زنی دقیق	
														صاف کردن با ابزار غلطان تحت فشار	
														سنگ	سنگ زنی خارج از مرکز
														سنگ زنی قائم	
														سنگ زنی افقی	
														تراش کاری داخلی برای پرداخت	
														خان کشی	
														برق کاری	
														ساییدن با جرقه	
														شباب کاری	
														تراش کاری	با الماس
														ظریف	با فولاد کاربید
														خشن	
														فرز کاری	
														فرز کاری شیمیایی	
														صفحه تراشی	ظریف
														کشیدن از داخل یک قید	خشن
														سرد	
														گرم	نورد
														پلاستیک	ریخته گری
														فلزات	
														منه کاری	
														تمیزکاری با ذرات شن	
														سوهان کاری	
														در قالب پخته	
														در بوته	ریخته گری
														در ماسه	
														اره کاری	
														آهن گری	
														برش با شعله	

تمرین

- ۱- علامت پایه در علایم کیفیت سطح چیست؟
- ۲- ویژگی‌های علامت پایه را ذکر کنید.
- ۳- اگر بلندی اعداد ۵ باشد، مقادیر H_1 ، d' و H_2 چه قدر است؟
- ۴- اگر براده‌برداری ماشینی مورد نظر باشد، علامت چگونه خواهد بود؟
- ۵- اگر براده‌برداری مجاز نباشد، چه علامتی به کار خواهیم برد؟
- ۶- برای ذکر مشخصات خاص از یک سطح چه می‌کنید؟
- ۷- روش تولید یک سطح مهم نیست، اما پرداخت ۶/۳ مورد نظر است؛ آن را نشان دهید.
- ۸- برای نمایش حدود مینیمم و ماکزیمم چه می‌کنید؟
- ۹- پرداخت مشخص شده معمولاً بیش‌ترین حد یا کم‌ترین حد را نشان می‌دهد؟
- ۱۰- برای حالتی که جهت تولید عمود بر سطح باشد، از چه علامتی استفاده می‌شود؟
- ۱۱- برای حالتی که جهت تولید چند تایی باشد، از چه علامتی استفاده می‌شود؟
- ۱۲- اگر علایمی مفصل باشند و در نقشه جای کافی نباشد، چه می‌کنند؟
- ۱۳- پرداخت کلیه‌ی سطوح یک قطعه یکسان است، آن را چگونه بیان می‌کنید؟
- ۱۴- در مورد جدول تعیین زبری Ra چه می‌دانید؟ توضیح دهید.
- ۱۵- N_8 معرف چگونه سطحی است؟
- ۱۶- به جای علامت دو مثلث، با توجه به جدول ۴-۹، چه مقداری از Ra را می‌توان جانشین کرد؟
- ۱۷- به جای علامت یک مثلث، Ra معادل چه قدر است؟
- ۱۸- به جای علامت سه مثلث مقدار Ra چه قدر است؟
- ۱۹- به جای \sqrt{Rz} چه علامتی برحسب Ra به کار برده می‌شود؟

ارزشیابی عملی

آزمون ۱

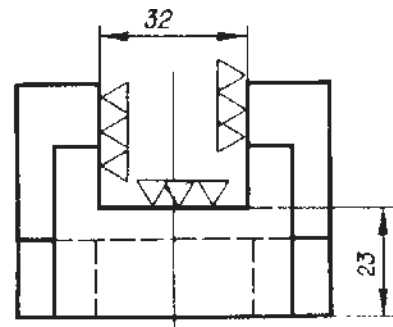
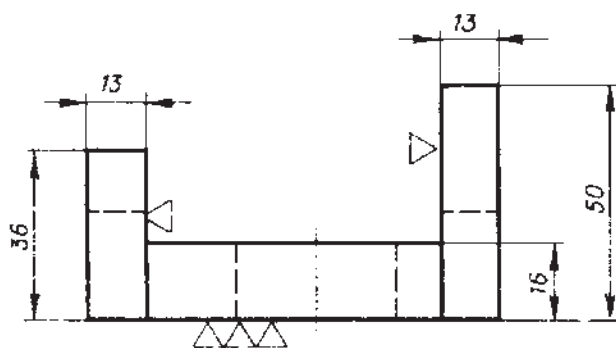
نقشه‌ای از یک پایه‌ی فولادی داده شده است. در این نقشه‌ی قدیمی با استفاده از علائم مثلی، پرداخت سطوح آن مشخص گردیده است. می‌خواهیم علائم پرداخت سطح موجود را با استفاده از جدول با RZ جانشین کنیم.

نخست، تصاویر فوق را با مقیاس ۱:۱ و به این ترتیب رسم کنید:

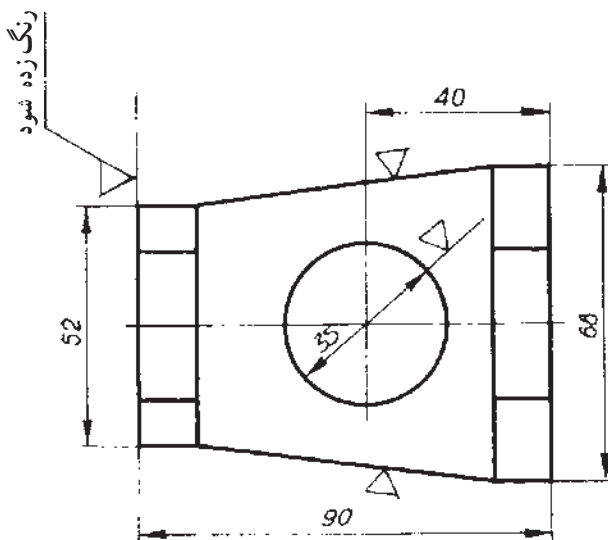
– تصویر قائم در برش، تصویر جانبی نیم برش و از بالا.

سپس، علائم RZ در نقشه رسم شود (با اندازه‌گذاری کامل) و علائم پای نقشه نیز نوشته شود. «آیا می‌توانید

بگویید مقیاس نقشه‌ی یاد شده چه قدر است؟»



(∇ , ∇ , ∇)



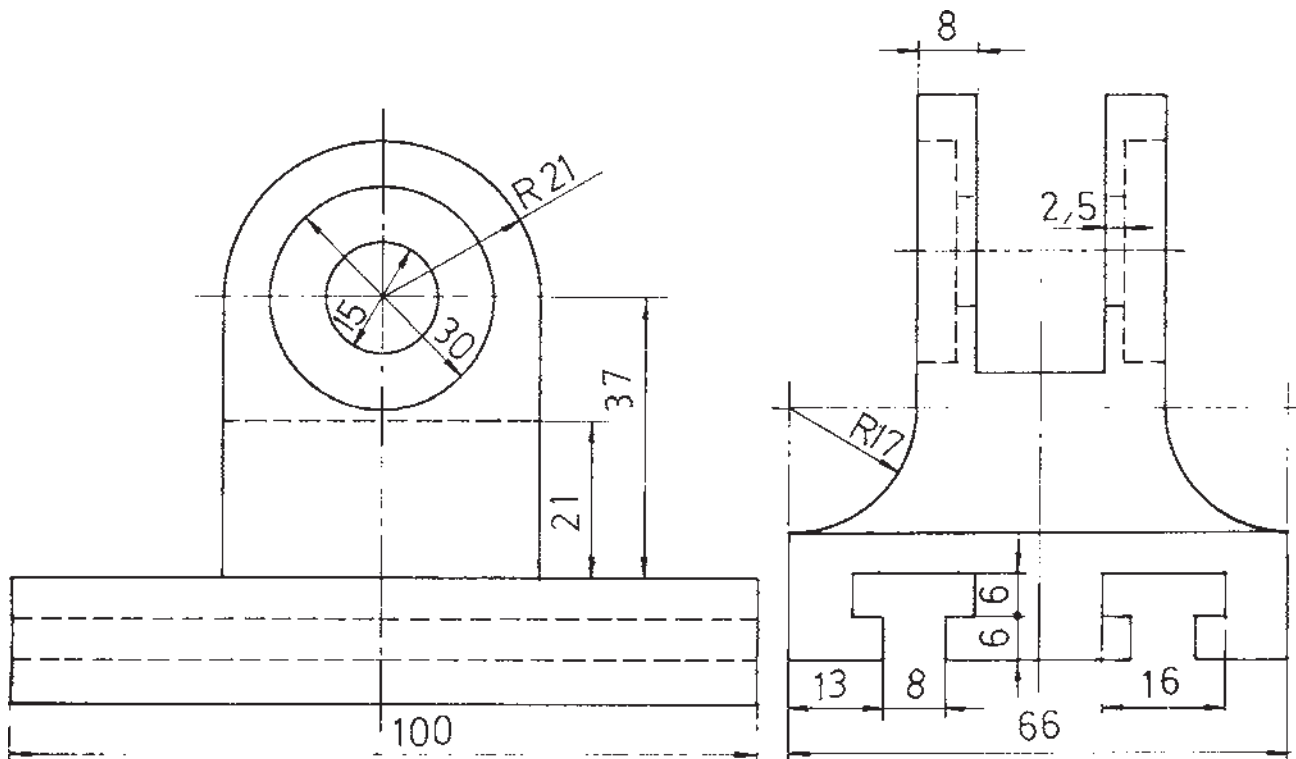
پایه از فولاد ST 45

شکل ۲۸-۹

آزمون ۲

یاتاقان نشان داده شده در شکل از جنس چدن است. حال، این کارها را انجام دهید :

- دید از جلو در برش شکسته (مسیر برش را با توجه به دید از چپ معین کنید)؛
- دید از چپ در نیم برش؛
- دید از بالا در نیم نما؛
- استفاده از علامت پرداخت سطح ردیف N۸ برای سوراخ‌ها و شکاف‌ها، ردیف N۷ برای کف جسم و N۱° برای سایر موارد؛
- تکمیل توضیحات پای نقشه و اندازه‌گذاری کامل.



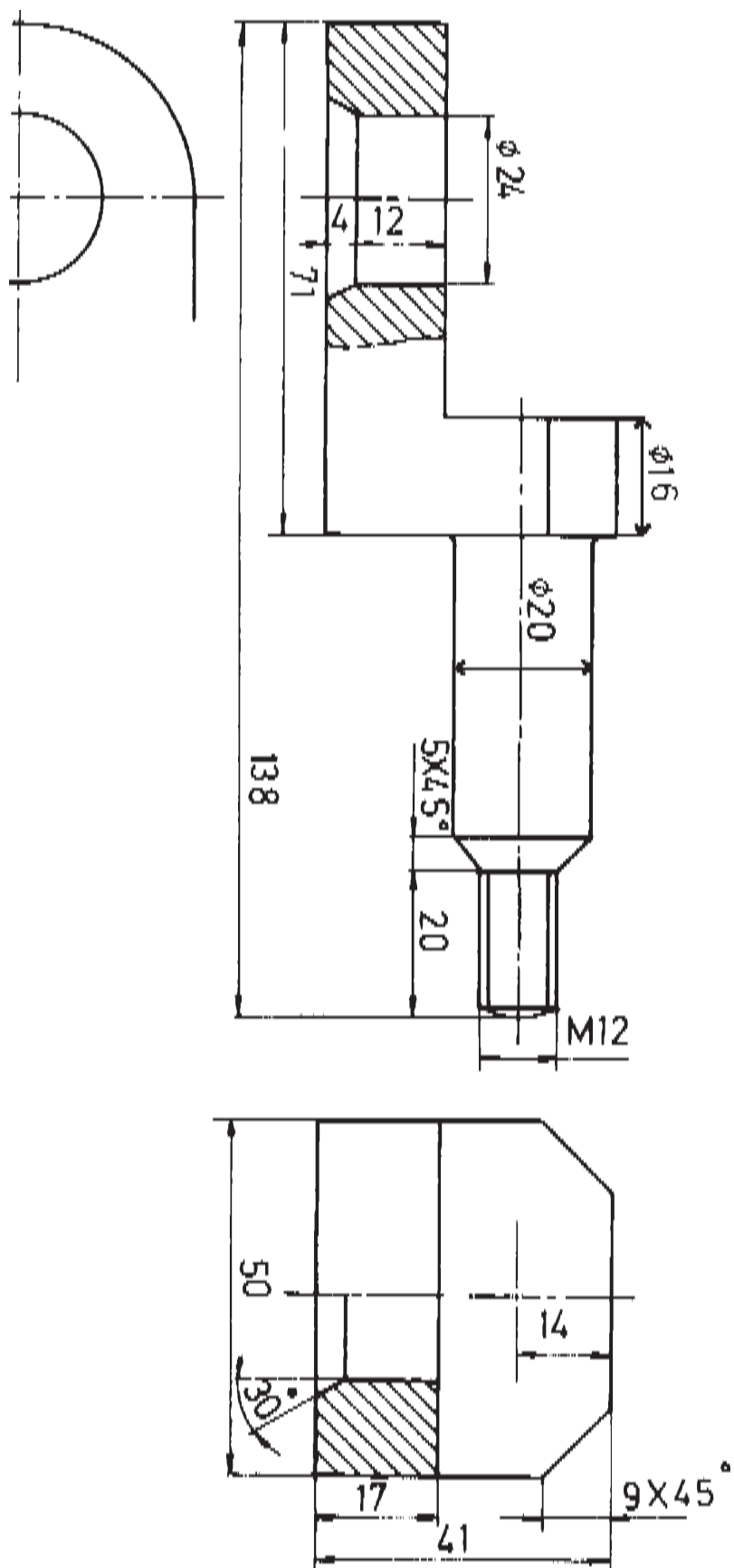
شکل ۲۹-۹

آزمون ۳

بدنه‌ی یک قلم‌گیر در شکل ۳-۹ داده شده است (مقیاس ۱:۱ و جنس فولاد).

سوراخ موجود در جسم با قطر ۲۴، پس از مته خوردن بر قو زده می‌شود.

پس از ترسیم نمای از جلو، مطابق شکل، نمای از چپ مطابق شکل و نمای از بالا به‌طور کامل، در مورد روش‌های ساخت قطعه با استاد خود مشورت کنید و پس از آن که مشخص شد هر سطح با چه ابزاری ساخته می‌شود، با توجه به جدول ۹-۴، پرداختهای ممکن را مشخص و علامت‌گذاری کنید (نقشه‌ی اندازه‌گذاری کامل خواهد شد). مقادیر Ra را می‌توانید متری یا اینچی بنویسید.



شکل ۳۰-۹

آزمون ۴

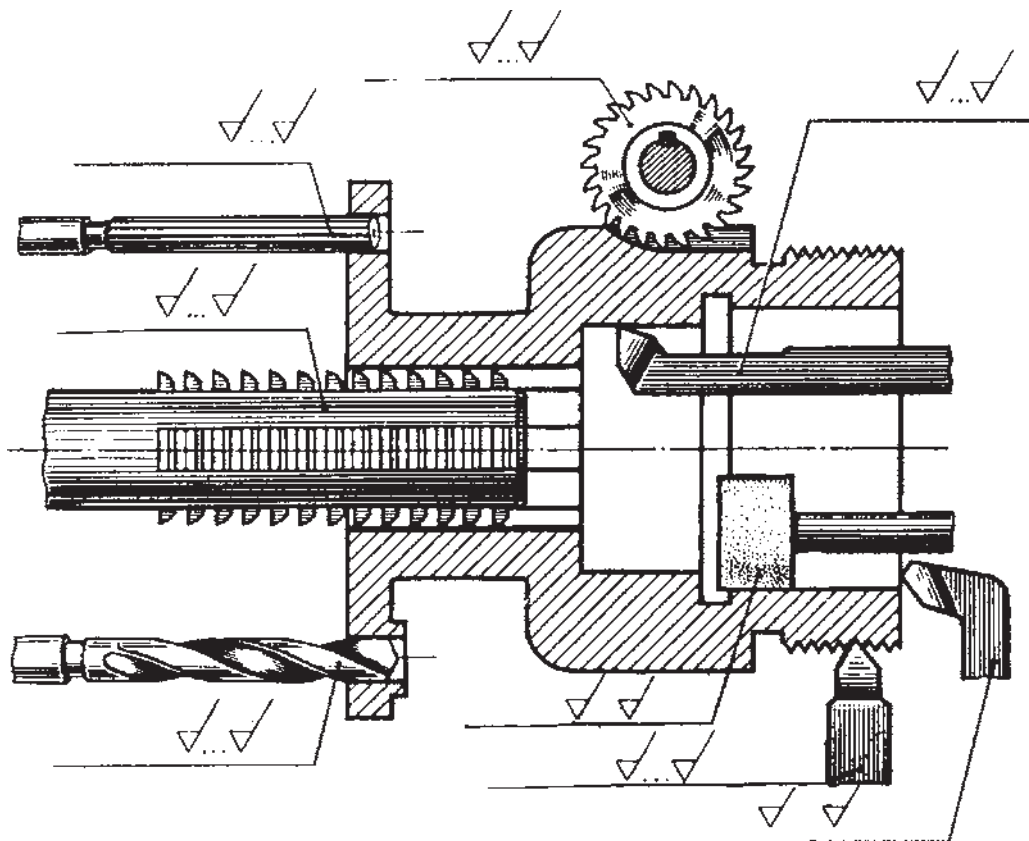
پس از توجه کامل به شکل ۹-۳۱، موارد خواسته شده را در این شکل انجام دهید.

۱- عملیات مختلف براده برداری چه هستند؟ آن‌ها را نام ببرید.

۲- در سمت چپ علایم موجود و در جای پیش‌بینی شده، نام این روش‌ها را بنویسید.

۳- با مراجعه به جدول ۹-۵، حدود دقت پرداخت سطح را استخراج کرده در بالای علایم موجود بنویسید.

(برای مثال، در مورد مته کاری بهترین حد در سمت راست و بدترین حد در سمت چپ نوشته شود).



شکل ۹-۳۱

تولرانس‌های ابعادی

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

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

۱۰- تولرانس‌های ابعادی

۱۰-۱- مقدمه

بسیار شدید می‌شود؛ به گونه‌ای که عبور به سادگی امکان ندارد. در این جا عامل مهم، اختلاف اندازه‌ای است که می‌توان برای بلندی سقف یا کامیون قائل شد. برای برطرف ساختن این مشکل سه حالت ممکن است :

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

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

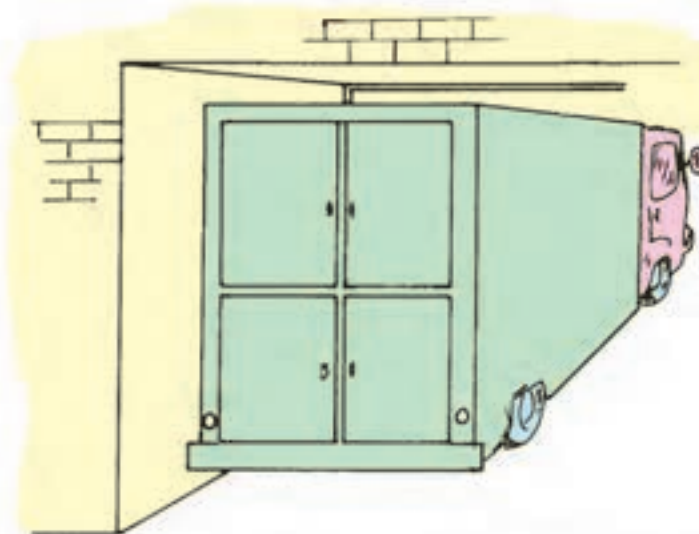
۳- تغییرات ارتفاع مربوط به هر دو باشد. بدین ترتیب، در نظر گرفتن بلندی کامیون یا ارتفاع سقف به‌طور مستقل، یا در نظر گرفتن آن‌ها در ارتباط با یک‌دیگر، دو

به شکل ۱-۱۰ نگاه کنید. در این شکل یکی از مهم‌ترین مفاهیم صنعتی، به زبانی ساده بیان می‌شود.

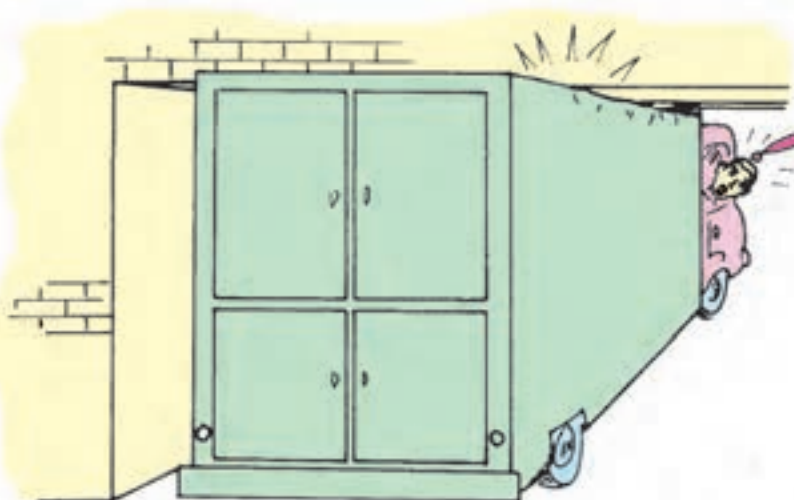
کامیونی در حال حرکت باید از زیر سقفی عبور کند. در حالت a به علت آن که سقف به قدر کافی بلند است، کامیون به راحتی از آن عبور می‌کند. در این صورت، عبور روان و آزاد انجام پذیرفته است.

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

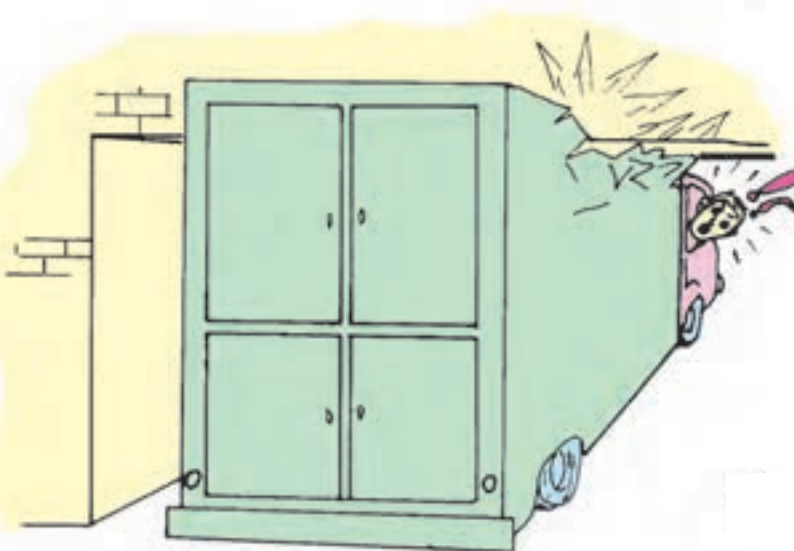
در حالت c اختلاف ارتفاع زیاد باعث برخورد و اصطکاک



a



b



c

شکل ۱- ۱۰

اندازه‌ی اسمی به این دلیل است که اندازه‌ی موردنظر را هرگز نمی‌توان با دقت مطلق ساخت؛ یعنی ساختن اندازه‌ای که بدون هیچ خطایی برابر مثلاً ۱۶cm باشد یا به صورت دیگر مانند $L = ۱۶/۰۰۰۰۰۰۰۰۰\text{cm}$ از نظر فنی امکان ندارد^۱، 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 زیاده‌تری صرف کنیم و در ضمن از ماشین‌ها و ابزار دقیق‌تر و کارگران ماهرتر استفاده کنیم که البته این امر مقرون به صرفه نخواهد بود.

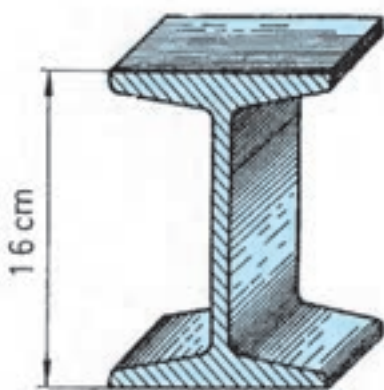
البته منظور اندازه‌های ۰.۱ و ۰.۲ و ۱ است. بدیهی است که در این جا به علت مطرح بودن مسائل انطباقی میان قطعات، مقدار خطا در اندازه بسیار مهم است؛ به طوری که انتخاب اندازه‌های مناسب در کیفیت کار اجزا اثر می‌گذارد و خود یک مسئله‌ی مهم صنعتی به شمار می‌آید.

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 اهرم گیره مربوط شود پذیرفتنی است، اما آن‌جا که مربوط به دو قطعه‌ی درهم‌رفتنی و منطبق‌شونده است، بسته به نوع ارتباط، متفاوت خواهد بود که در هر مورد توضیحات تفصیلی بیان خواهد شد.

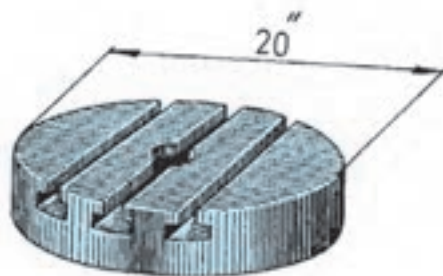
۲-۱۰- اندازه‌ی اسمی

به شکل ۲-۱۰ نگاه کنید. اندازه‌ی L باید به مقدار معینی ساخته شود. این اندازه در شکل a برابر ۱۶ سانتی‌متر، در شکل b برابر ۲۰ in و در شکل c معادل ۷۰ میلی‌متر است.

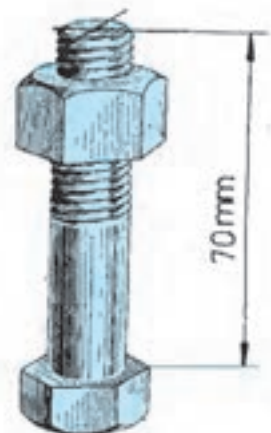
این مقادیر را «اندازه‌ی اسمی» می‌گویند. اطلاق



a



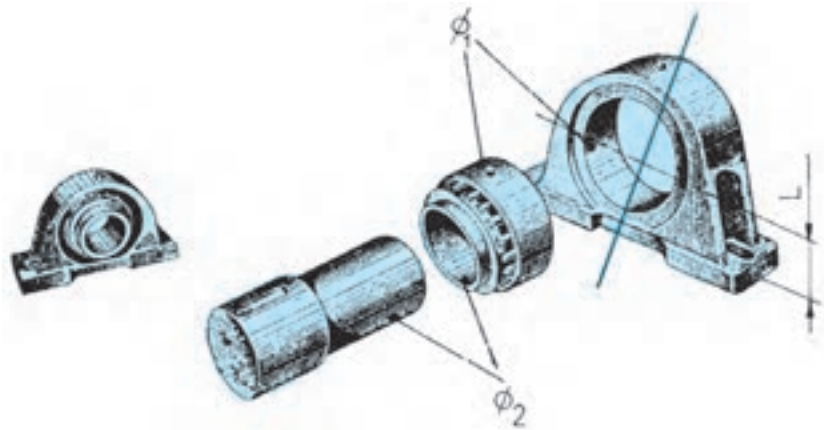
b



C

شكل ٢ - ١٠

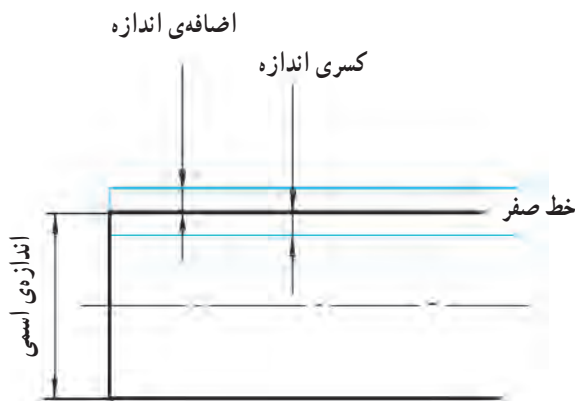
۱- امروزه ساخت اندازه‌ای با دقت $10^{-6}\%$ میکرون امکان‌پذیر است، اما فوق‌العاده گران تمام می‌شود.



شکل ۳-۱۰

ضروری دیگر را بی می گیریم :

۱-۲-۱۰ خط صفر: این خط در واقع نمایش دهنده‌ی اندازه‌ی اسمی است که بالاتر از آن حد، مقادیر بیش از اندازه‌ی اسمی و پایین تر از آن، زیر اندازه‌ی اسمی خواهند بود (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰

۲-۲-۱۰ انحراف بالایی: گفته شد که ساختن اندازه‌ی اسمی به طور مطلق امکان ندارد؛ بنابراین، ناگزیریم برای هر اندازه، حدودی قائل شویم؛ یعنی بگوییم که این اندازه را می توان تا چه حد بیش تر یا کم تر از اندازه‌ی اسمی ساخت. حداکثر اضافه‌ی اندازه را «انحراف بالایی» یا «فوقانی» می گویند (شکل ۵-۱۰).

۳-۲-۱۰ انحراف پایینی: حداکثر کاهش اندازه‌ی مجاز نسبت به اندازه‌ی اسمی را «انحراف پایینی» یا «تحتانی» می گویند (شکل ۵-۱۰).

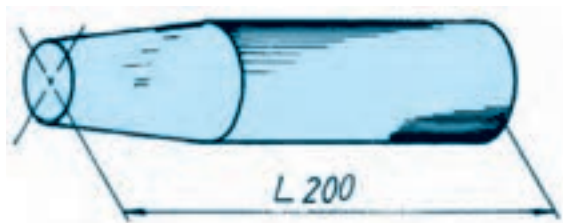
در کنترل اندازه‌ها دو نکته، بسیار اهمیت دارد؛ به خصوص در مورد دو قطعه‌ای که باید با هم در حال تماس باشند یا بر هم منطبق شوند. این نکات عبارت‌اند از:

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

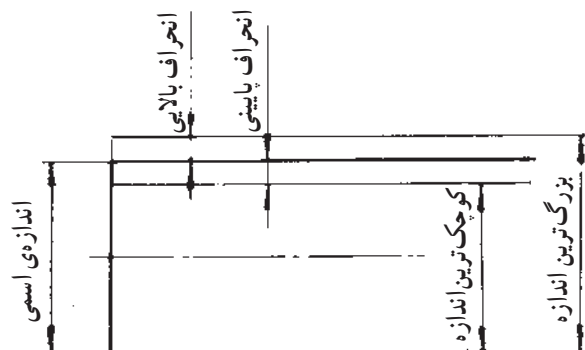
۲- هر چه دقت در اندازه‌ها زیاده‌تر شود، قیمت تولید بالاتر خواهد رفت.

دقت در اندازه‌ها به سبب مسائلی از قبیل فضای لازم برای روغن کاری، تغییرات درجه‌ی حرارت و تأثیر آن در تغییر اندازه‌ها، لقی‌های مختلف، تعویض قطعه یا یدکی خوری، فشار لازم در پرس کاری 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 طراح خیلی مهم تلقی شده با دقت 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 طراح 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



شکل ۶-۱۰



شکل ۵-۱۰

بزرگ‌ترین اندازه، منهای کوچک‌ترین اندازه یا :

کوچک‌ترین اندازه . بزرگ‌ترین اندازه = تولرانس T
یا :

$$T = 200 / 2 \cdot 199 / 9 = 0 / 3$$

بنابراین اندازه‌ی $0 / 3 \text{ mm}$ ، 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

$$0 / 3 = (0 / 1) \cdot 200 = \text{تولرانس}$$

۱-۳-۱۰ — 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 $200 / 05$ 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 ۷-۱۰ دقت کنید.

به این ترتیب آیا می‌توانید بگویید که در مثال ذکر شده چند

اندازه‌ی حقیقی می‌توانیم داشته باشیم؟

۲-۳-۱۰ — کیفیت تولرانس: کیفیت یا چگونگی

تولرانس عبارت است از مقدار آن که هر چه کم‌تر باشد گوئیم
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

بزرگ‌ترین اندازه: در صورت افزودن انحراف بالایی

به اندازه‌ی اسمی، بزرگ‌ترین اندازه‌ی مجاز به دست می‌آید؛ پس :

انحراف بالایی + اندازه‌ی اسمی = بزرگ‌ترین اندازه‌ی مجاز

کوچک‌ترین اندازه: در صورت کاستن انحراف پایینی

از اندازه‌ی اسمی، کوچک‌ترین اندازه‌ی مجاز به دست خواهد
آمد؛ پس :

انحراف پایینی + اندازه‌ی اسمی = کوچک‌ترین اندازه‌ی مجاز

مثال: اندازه‌ی اسمی برای قطر یک میله 20 mm است.

اگر انحراف بالایی برابر $0 / 2$ و انحراف پایینی $0 / 3$ باشد،
بزرگ‌ترین اندازه و کوچک‌ترین اندازه را معین کنید.

حل:

. انحراف بالایی + اندازه‌ی اسمی = بزرگ‌ترین اندازه

$$200 / 2 \text{ mm} = 200 / 2 + 0 / 2 = \text{بزرگ‌ترین اندازه}$$

. انحراف پایینی + اندازه‌ی اسمی = کوچک‌ترین اندازه

$$199 / 7 \text{ mm} = 200 / 3 - 0 / 3 = \text{کوچک‌ترین اندازه}$$

۳-۱۰ — تولرانس

تولرانس از نظر لغوی به معنی تحمل کردن یا حد تحمل

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 طراح برای هر اندازه، تحمل‌پذیر می‌داند، «تولرانس»

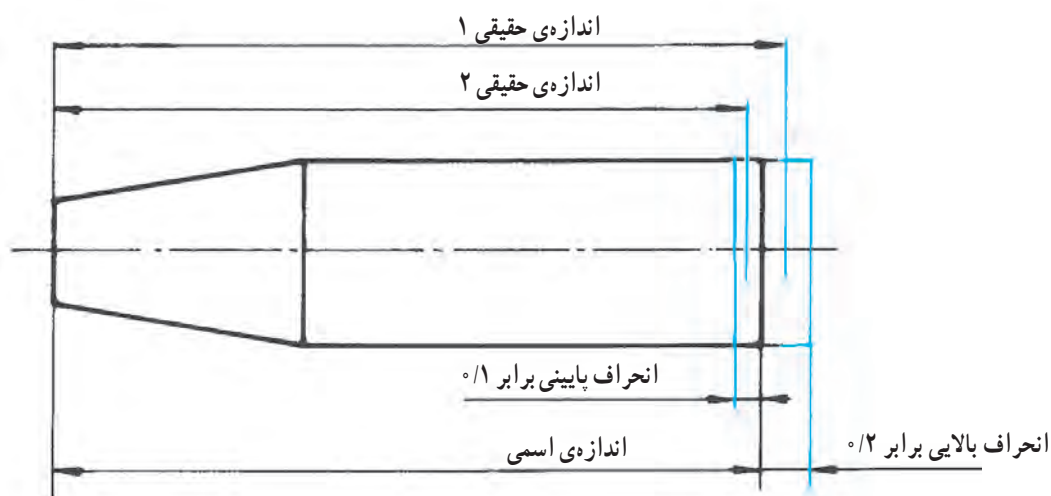
می‌گویند. به شکل ۶-۱۰ توجه کنید.

فرض کنید طراح برای طول L مقدار $200 / 2 \text{ mm}$ افزایش

طول و نیز $0 / 1 \text{ mm}$ کاهش را مجاز دانسته است؛ بر این اساس،

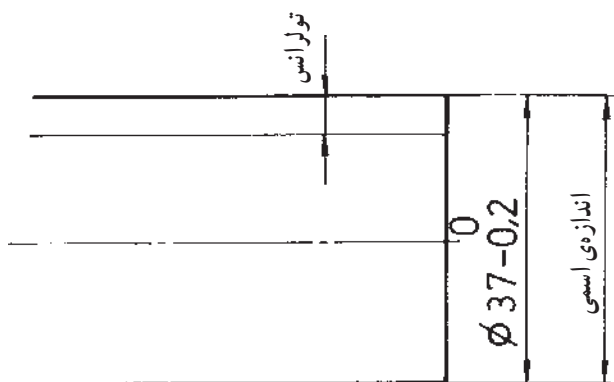
بزرگ‌ترین اندازه $200 / 2$ ، و کوچک‌ترین اندازه $199 / 9$ است.

در این جا اختلاف اندازه‌ی مجاز یا تولرانس برابر خواهد بود با



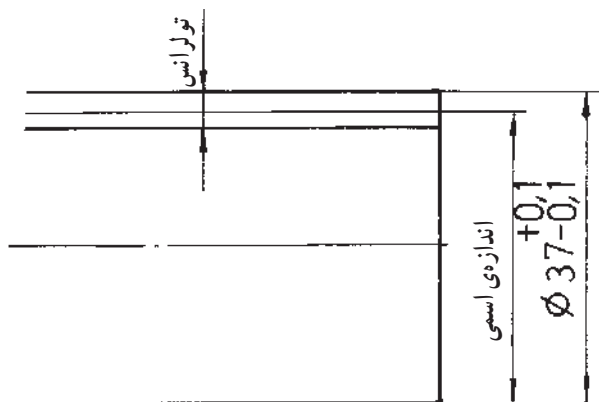
شکل ۷-۱۰

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



شکل ۹-۱۰

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

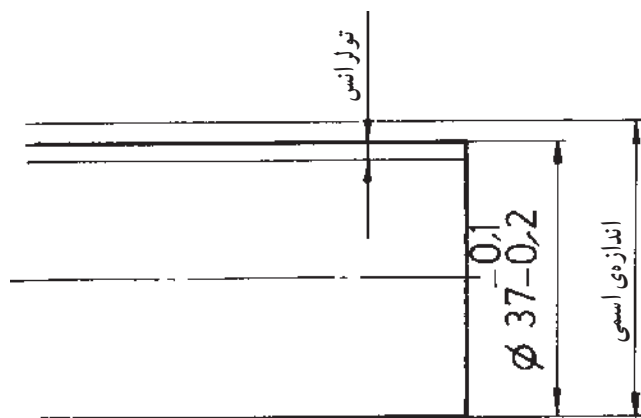


شکل ۱۰-۱۰

بیش‌تر شود به دست آوردن اندازه‌ی فعلی آسان‌تر خواهد بود.
۳-۱۰-۳ موقعیت تولرانس: عبارت است از وضعیت انحراف اندازه‌ی مجاز نسبت به خط صفر. مجموعه‌ی کیفیت و موقعیت تولرانس به میدان تولرانس موسوم است.

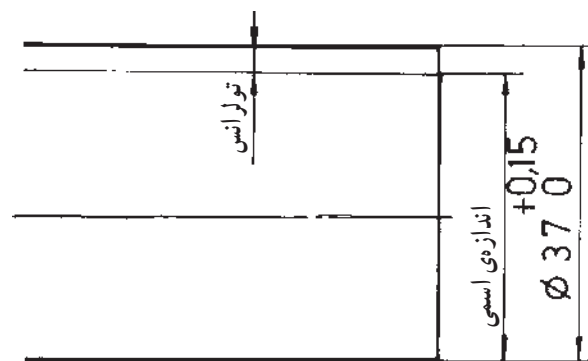
مثال: اگر اندازه‌ی اسمی قطر یک میله ۴۰ باشد، با در نظر گرفتن تولرانس‌های مختلف می‌توان وضعیت‌های متفاوتی نسبت به خط صفر به دست آورد. (البته این تولرانس‌ها می‌توانند هر چه ظریف‌تر یا خشن‌تر انتخاب شوند.) در این جا می‌توان اختلاف اندازه‌ی مجاز را به گونه‌ای انتخاب کرد که:

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



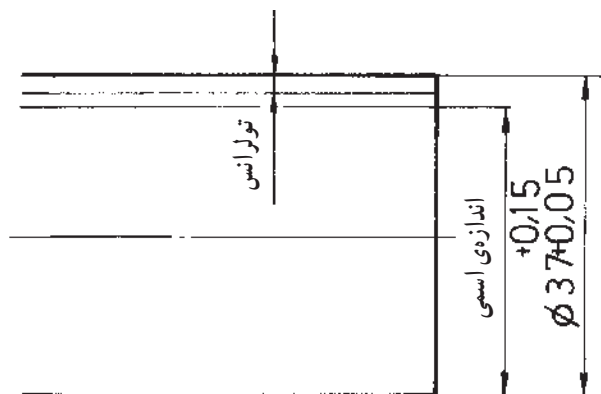
شکل ۸-۱۰

(د) کوچک ترین اندازه ی مجاز برابر با خط صفر باشد (شکل ۱۰-۱۱).

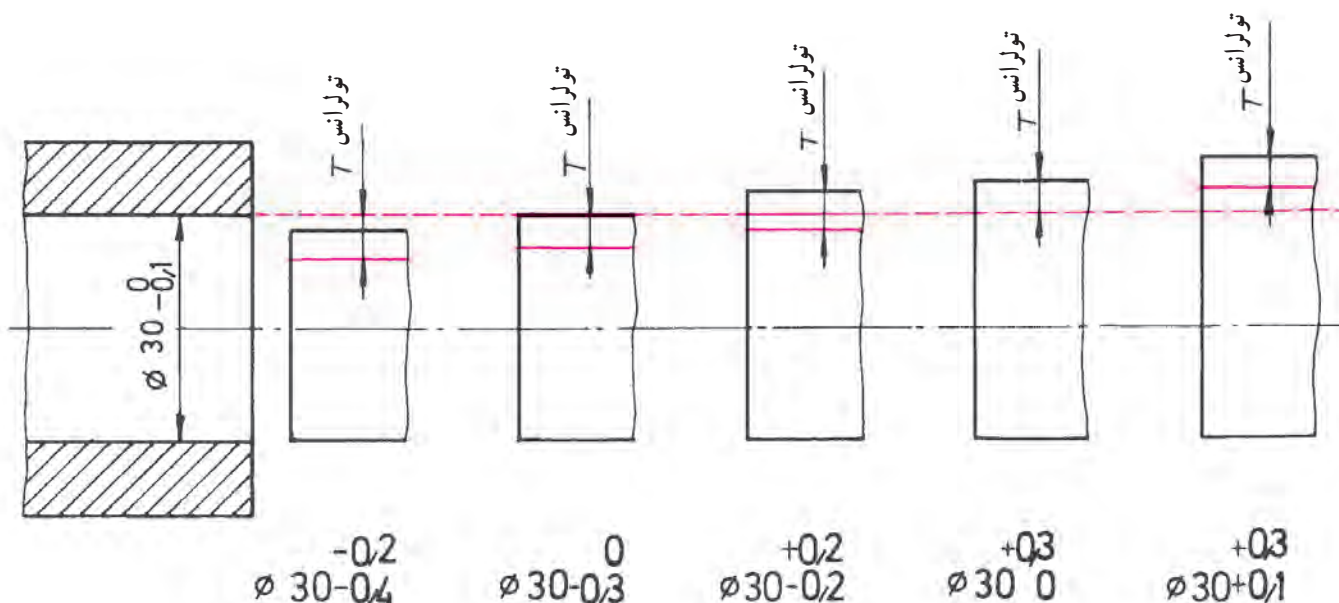


شکل ۱۰-۱۱

(ه) کوچک ترین اندازه بیش تر از خط صفر باشد ؛ یعنی «بالای خط صفر یا اندازه ی اسمی» (شکل ۱۰-۱۲).



شکل ۱۰-۱۲



شکل ۱۰-۱۳

به عبارت دیگر، اگر قرار باشد که تولیدکنندگان برای اندازه های مورد ساخت، تولرانس های متفاوت در نظر گیرند، ارتباط صنعتی منتفی خواهد بود. برای هماهنگی در کارهای صنعتی، استاندارد ISO، دارای جدول اصلی برای مقادیر اختلاف اندازه ی مجاز در قطره های مختلف است. قبل از آوردن این جدول اساسی، یک جدول کوچک را با در نظر گرفتن آن چه راجع به کیفیت تولرانس گفته شد می آوریم (جدول ۱-۱۰).

براساس این جدول، استاندارد ISO برای کیفیت تولرانس

هر کدام از وضعیت پنج گانه، در کارهای صنعتی کاربرد ویژه ای دارند که بعداً بیان خواهد شد. در شکل ۱۰-۱۳ مطالب ذکر شده در پنج مورد به طور یک جا نشان داده می شود. این شکل از نظر مقایسه ی حالت های یاد شده در خور توجه است.

۱۰-۴- جدول مقادیر اصلی تولرانس

انتخاب دل خواه مقادیر تولرانس برای اندازه های مختلف، کارهای ساخت و تولید را در صنعت دچار اختلال می کند.

جدول ۱-۱۰ — مربوط به اعداد تولرانس ISO

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

۱۸ مرحله در نظر گرفته است^۱ که این مراحل با اعداد ۰، ۰۱، ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶ بیان می‌شوند. برای عبارت «تولرانس ISO» اختصار IT (ISO Tolerance) را در نظر می‌گیریم. پس کیفیت‌های هجده‌گانه را می‌توان به صورت‌های IT_0 ، IT_1 ، IT_2 ، IT_3 ، IT_4 ، IT_5 ، IT_6 ، IT_7 ، IT_8 ، IT_9 ، IT_{10} ، IT_{11} ، IT_{12} ، IT_{13} ، IT_{14} ، IT_{15} ، IT_{16} نشان داد. از IT_0 تا IT_5 برای کارهای بسیار دقیق مثل ابزارهای اندازه‌گیری، از IT_5 تا IT_7 برای ماشین‌سازی دقیق و از IT_8 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 ۱-۲).
به این جدول با دقت نگاه کنید. این جدول اساس کلیه‌ی مطالب عنوان شده در تولرانس‌ها و انطباقات^۲ است.
— 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.

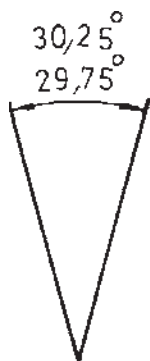
جدول ۱-۲ — مقادیر عددی تولرانس‌های استاندارد برحسب میکرون متر m.

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

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

۲ — 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

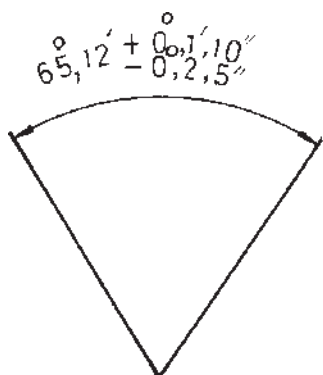
سال چهارم نقشه‌کشی صنعتی نظام قدیم مراجعه کنید.



شکل ۱۵-۱۰

شکل ۱۶-۱۰ 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 تolerance زاویه شکل‌های دیگری نیز موجود است. یادآور می‌شود که مقادیر تolerance زاویه‌ی استاندارد نیست و معمولاً طراح، مقدار آن را تعیین می‌کند.



شکل ۱۶-۱۰

۲-۴-۱۰ تolerance آزاد: با آن که جدول مقادیر اصلی تolerance پاسخ‌گوی کلیه‌ی نیازهای صنعتی است، در بسیاری اوقات، طراح ترجیح می‌دهد که تolerance‌هایی خارج از جدول برای اندازه‌ها قائل شود. این تolerance‌ها را «آزاد» می‌گویند.

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

$$30 \pm 0,2 \text{ یا } 30 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$$

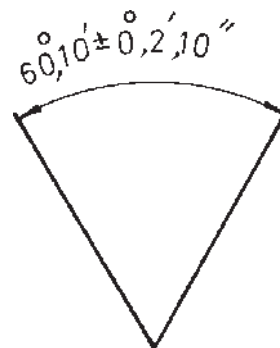
البته برای اندازه‌های موجود روی نقشه، طراح می‌تواند

– ستون دوم یا ستون ۱۰ با واحد میکرون، اولین کیفیت تolerance است؛ به این معنا که طبق این ستون تolerance مجاز برای اندازه‌ها داده می‌شود؛ برای مثال، در مورد ۱۸ تا ۱۰. قطر میل، تolerance پیشنهادی ISO برابر ۵/۰ میکرون خواهد بود. – ملاحظه می‌کنید که در ستون‌های بعدی به گونه‌ی مرتب مقدار تolerance افزایش می‌یابد؛ به طوری که برای مثال قبل، یعنی قطر از ۱۰ تا ۱۸ و مثلاً IT9 خواهیم داشت: $IT9 = 43$. مسئله: IT11 برای قطر ۷ میلی‌متر چه قدر است؟

حل: با مراجعه به جدول می‌بینیم که عدد ۷۰ در محدوده‌ی (۷۰ تا ۵۰) واقع می‌شود؛ پس در ستون ۱۱ خواهیم داشت: ۱۹۰. یعنی $IT11 = 190$ برای قطر ۷۰ خواهد بود.

بنابر آن چه گذشت، در این جدول برای اندازه‌ی معین مثلاً ۲۰ یا ۱۸ کیفیت تolerance در نظر گرفته شده است. امروزه تولیدکنندگان با قبول این کیفیت‌ها، تolerance‌ها را برای اندازه‌های انطباقی را از این جدول استخراج می‌کنند.

۱-۴-۱۰ تolerance زاویه: در مورد زوایا هم می‌توان مقادیر تolerance را برحسب درجه و دقیقه و ثانیه قائل شد. در شکل ۱۴-۱۰ برای زاویه‌ی ۶۰ درجه و ۱۰ دقیقه مقدار ۱۰ و ۲ و ۰. به صورت تolerance در نظر گرفته شده است.



شکل ۱۴-۱۰

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

در شکل ۱۵-۱۰ حدود ماکزیمم و مینیمم زاویه بر حسب درجه نوشته شده است.

به دو 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 :
 کلیه ی تولرانس‌های داده نشده ۰/۱ . یا آن که کلیه ی تولرانس‌ها ۰/۱ .
 این روش برای هنگامی که اندازه‌های موجود بسیار به هم نزدیک باشند مناسب است، اما اگر اختلاف میان اندازه‌های موجود زیاد باشد، این روش کارآیی خود را از دست می‌دهد؛ برای مثال، برای ساخت اندازه ی ۱۰ mm نباید همان تولرانسی را قائل شویم

که برای اندازه ی ۲۰ mm در نظر می‌گیریم.

ب) می‌توان تولرانس را برای طول معین کم، متوسط و زیاد در نظر گرفت که در آن صورت 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 ۳-۱۰ پیشنهاد شده در استاندارد ASA انتخاب کرد.^۱

جدول ۳-۱۰- مربوط به مقادیر پیشنهادی تولرانس آزاد

خشن	متوسط	ظریف	اندازه‌ها بر حسب 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

۱- این استاندارد به شماره ی 4.3-1978 ANSI B است.

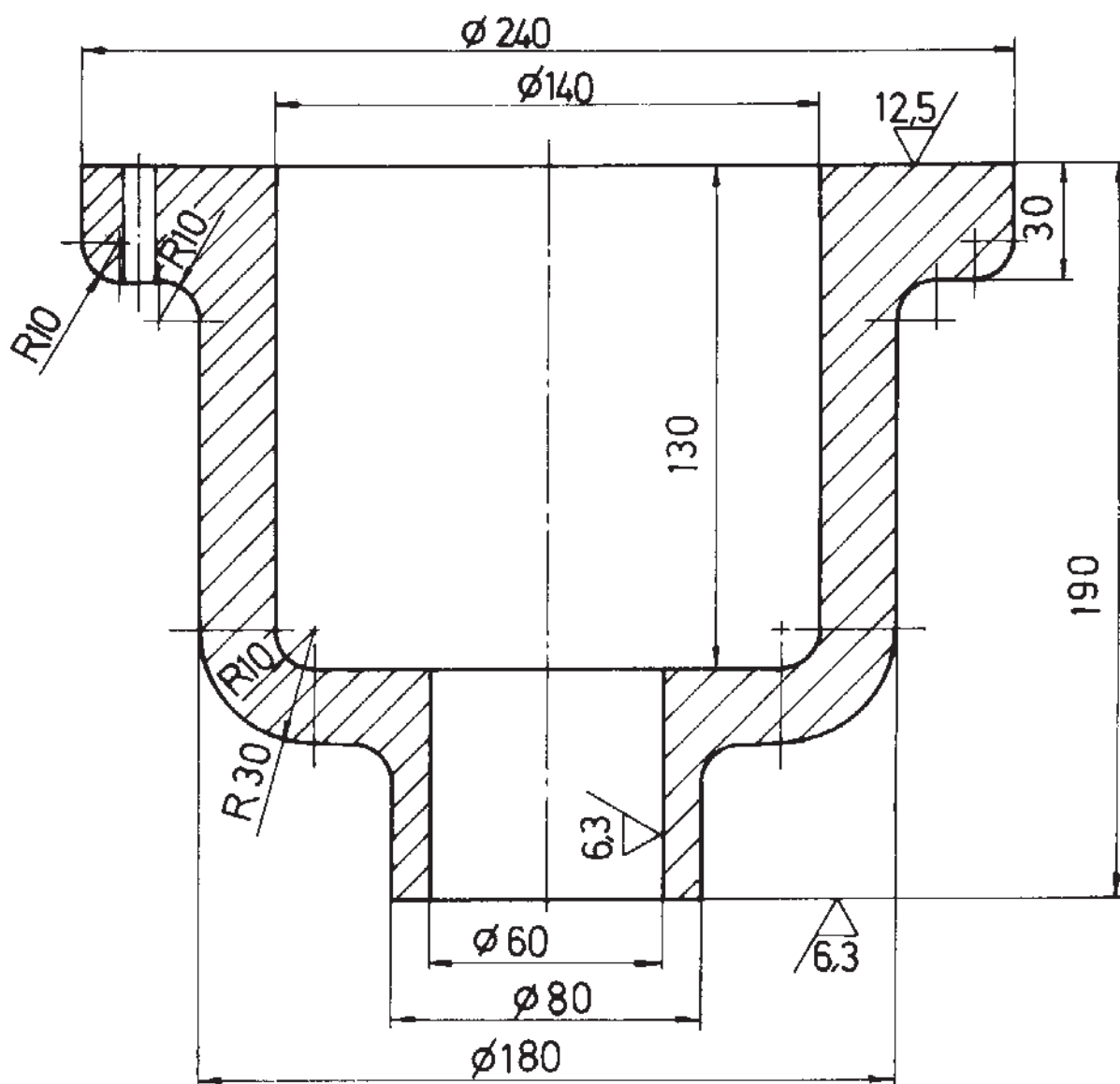
تمرین

- ۱- آیا برای ساخت یک قطعه، همه‌ی اندازه‌ها باید یک دقت را داشته باشند؟
- ۲- اندازه‌ی اسمی یعنی چه؟
- ۳- ساختن اندازه‌ی بسیار دقیق چه مسائلی را به دنبال دارد؟
- ۴- دقت در اندازه‌ها به دلیل چه مسائلی مهم است؟
- ۵- آیا خطاهای اندازه‌گیری در کار یک ماشین مهم است؟
- ۶- مقدار خطای مجاز چه نامیده می‌شود؟
- ۷- خط صفر چیست؟
- ۸- انحراف بالایی را شرح دهید.
- ۹- انحراف پایینی را شرح دهید.
- ۱۰- بزرگ‌ترین اندازه چیست؟
- ۱۱- کوچک‌ترین اندازه چگونه به دست می‌آید؟
- ۱۲- تolerانس را به طور دقیق تعریف کنید.
- ۱۳- اگر برای طول L مقدار $3\text{ mm} \pm$ افزایش طول و $2\text{ mm} \pm$ کاهش طول مجاز باشد، تolerانس چه قدر است؟

- ۱۴- اندازه‌ی فعلی یعنی چه؟
- ۱۵- کیفیت تolerانس یعنی چه؟
- ۱۶- موقعیت تolerانس چیست؟
- ۱۷- منظور از حرف IT چیست؟
- ۱۸- برای کیفیت تolerانس چند مرحله موجود است؟ (آن‌ها از چند تا چند هستند؟)
- ۱۹- در مورد جدول ۲-۱ به طور دقیق توضیح دهید.
- ۲۰- تolerانس زاویه را تعریف کنید.
- ۲۱- تolerانس آزاد را شرح دهید.

ارزش‌یابی عملی

- یک درپوش با دو نما معرفی شده است برای آن، این کارها را انجام دهید :
- ترسیم نمای قائم در نیم‌برش، نمای افقی در نیم‌نما.
 - به کار بردن اندازه‌ها و علایم پرداخت سطح در حالت جدید.
 - با توجه به جدول ۳-۱ تolerانس آزاد برای هر اندازه‌ی موجود را در کنار آن بنویسید.



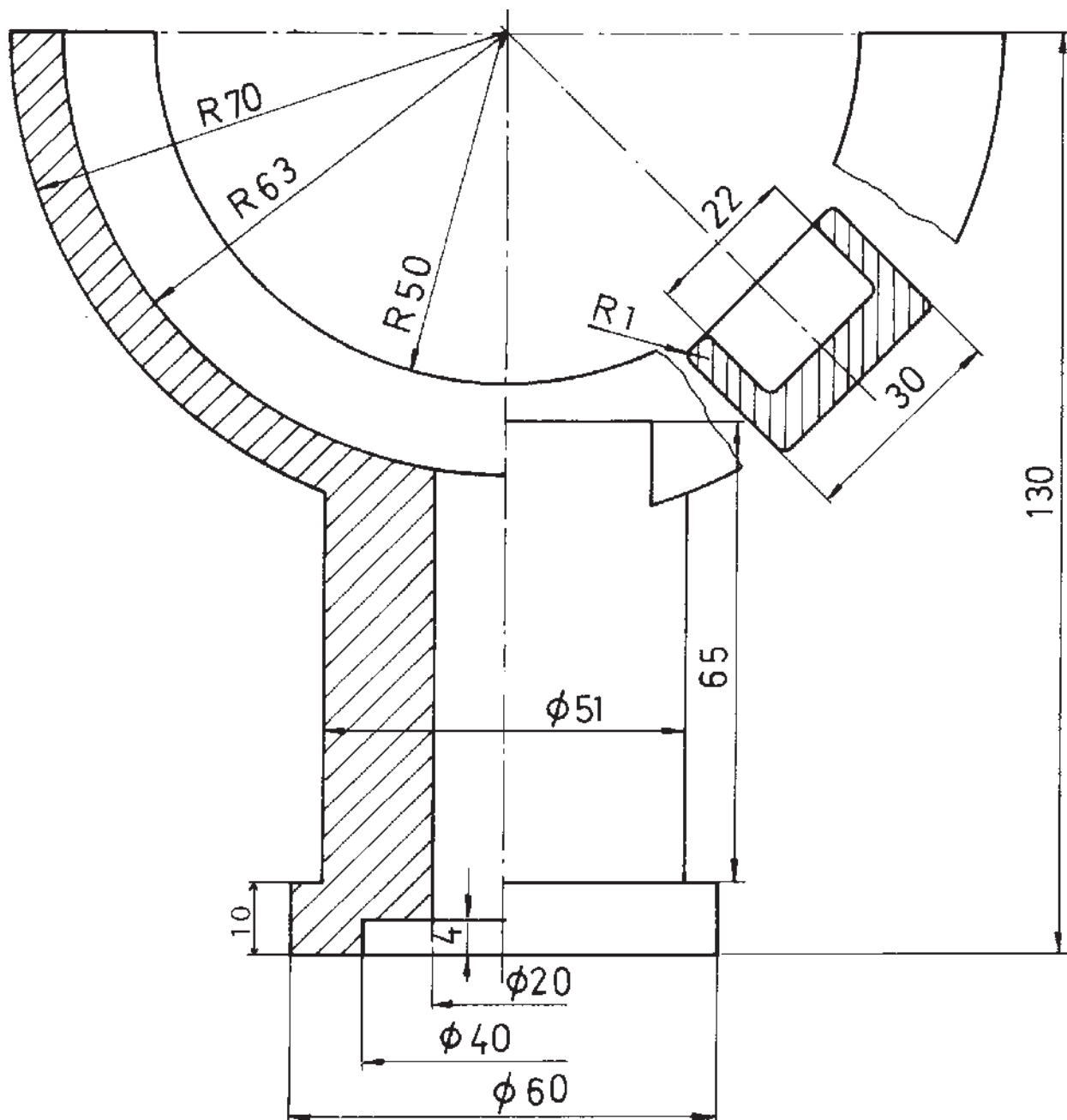
مقیاس ۱:۲

جنس GG15

$\nabla (6,3 \nabla 12,5)$

شکل ۱۷ - ۱۰

در شکل ۱۸-۱۰ قطعه‌ای به وسیله‌ی نیم‌برش و برش گردشی مشخص شده است.
 سطوح داخل شیار استوانه‌ای و نیز سطح داخلی سوراخ 20° و خزینه‌ی آن Ra برابر $6/3$ پرداخت
 می‌شوند. برای سایر موارد از Ra $12/5$ 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 ۱۸-۱۰

انطباقات

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

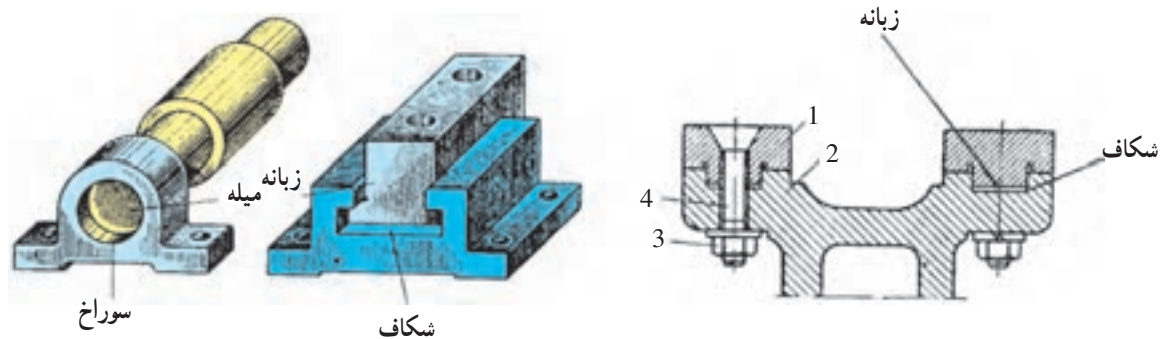
- مفهوم انطباق را شرح دهد.
- مفهوم میله را در انطباقات توضیح دهد.
- مفهوم سوراخ را در انطباقات بیان نماید.
- انواع انطباق را معرفی کند.
- سیستم انطباقی ثبوت سوراخ را شرح دهد.
- سیستم انطباقی ثبوت میله را شرح دهد.
- از جدول، نوع انطباق را استخراج کند.
- مراحل مختلف انطباقی را با استفاده از جدول، معرفی کند.
- مفهوم تولرانس آزاد را برای اندازه‌ی طولی، شعاع قوس و زاویه، شرح دهد.

۱۱- انطباقات

۱۱-۱- تعریف انطباق قطعات

کند، در اصطلاح می‌گوییم یک انطباق صورت گرفته است. در شکل ۱۱-۱ انواعی از انطباق را ملاحظه می‌کنید.

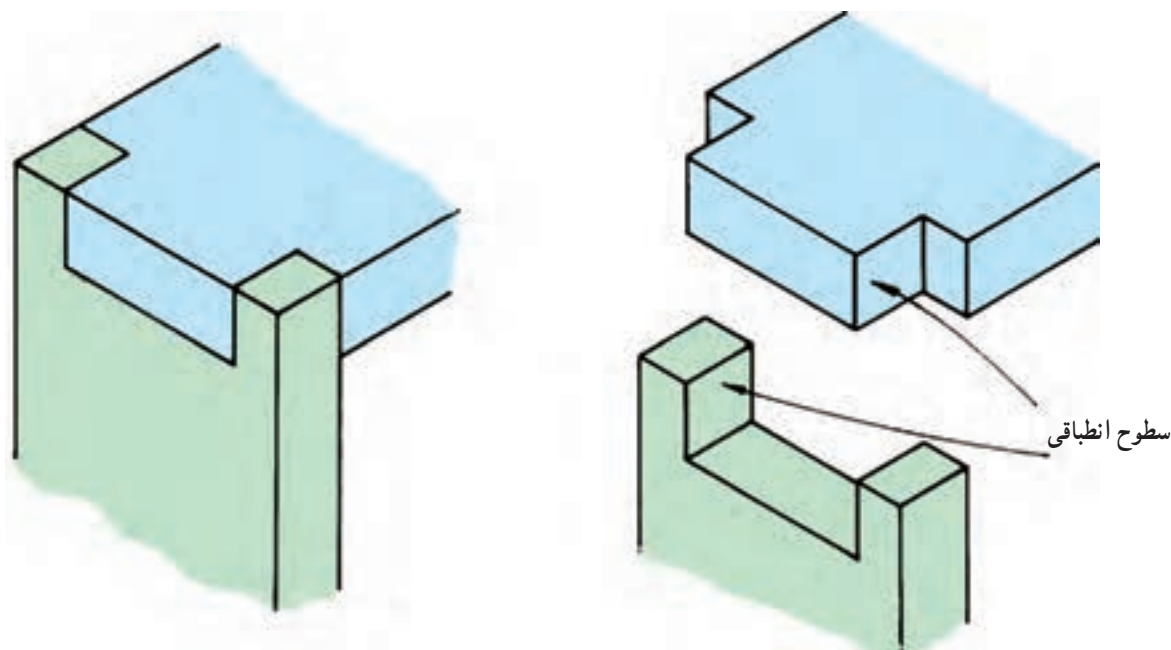
چنانچه یک قطعه، به هر صورت، در قطعه‌ای دیگر تداخل



شکل ۱۱-۱

«سطوح انطباقی» می‌نامیم (شکل ۱۱-۲).

در هر انطباق، دو سطح با یکدیگر مجاور خواهند شد و به هر شکلی در یکدیگر تداخل خواهند کرد که آن دو سطح را

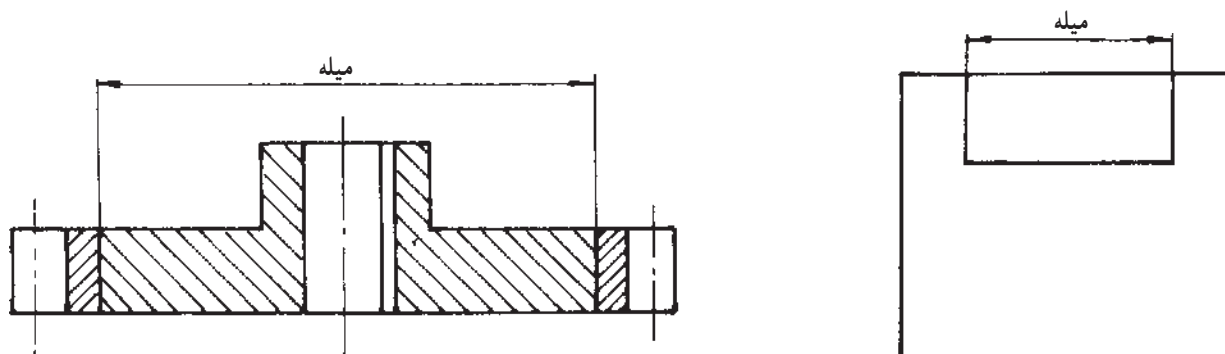


شکل ۲- ۱۱

۱۱-۲- مفهوم میله در انطباقات

قطعه‌ای دیگر می‌شود؛ مانند میله که داخل سوراخ می‌شود و مانند زبانه که داخل شکاف قرار می‌گیرد. در شکل ۱۱-۳ انواعی از میله را می‌بینید.

منظور از میله در انطباق علاوه بر معنی عمومی آن (قطعه‌ای استوانه‌ای)، هر فرم یا شکلی از قطعه است که در انطباق وارد

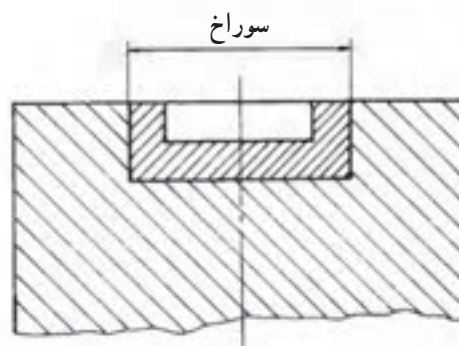
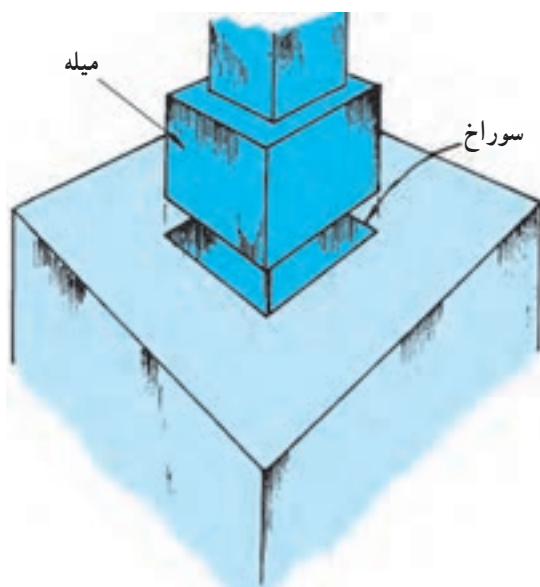


شکل ۳- ۱۱

۱۱-۳- سوراخ

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. به‌طور کلی انطباقات به سه دسته تقسیم می‌شوند:

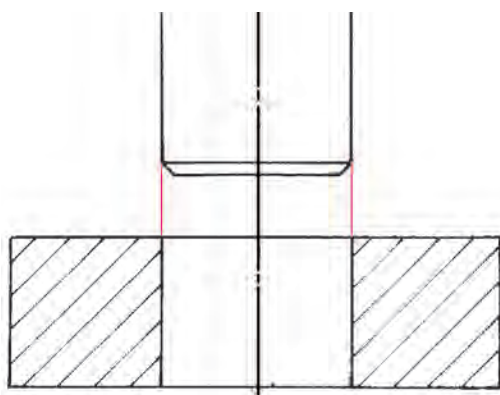
منظور از سوراخ در انطباق علاوه بر معنی عمومی آن (سوراخ به شکل استوانه)، هر فرم و شکلی است که قطعه‌ای داخل آن می‌شود. در شکل ۱۱-۴ نمونه‌هایی از آن را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۴-۱۱

۱۱-۵- انطباق عبوری

انطباق عبوری را می‌توان به گونه‌ی ساده‌تر «انتقالی» یا «ضعیف» نیز نامید و آن حالتی است که دو قطعه ضمن نداشتن لقی در یک‌دیگر، قابل حرکت یا لغزیدن با نیروی کم هستند. در این شرایط اندازه‌های فعلی تقریباً معادل خواهند بود (شکل ۶-۱۱).



شکل ۶-۱۱ - انطباق عبوری

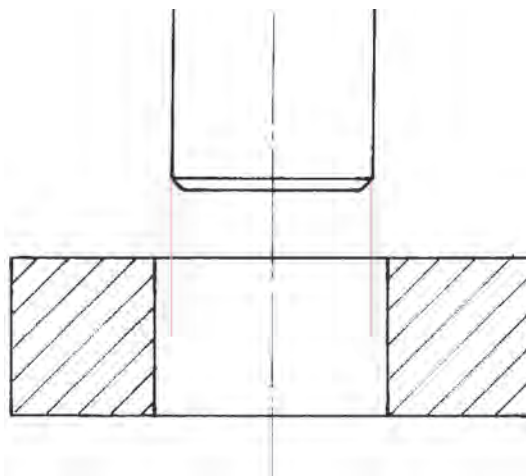
۱۱-۶- انطباق پرسی

این انطباق، داخلی یا در هم رفتنی است و اختلاف اندازه‌های فعلی میل و سوراخ بدان گونه است که باید از نیروهای زیادتر، حتی پرس استفاده کرد (شکل ۷-۱۱).

۱۱-۴- انطباق بازی‌دار

انطباق بازی‌دار، روان یا «آزاد» هنگامی پیش می‌آید که دو قطعه‌ی منطبق شونده نسبت به هم دارای لقی باشند. میزان این لقی از تفاضل اندازه‌ی فعلی میل و سوراخ به دست می‌آید. شکل ۵-۱۱ براساس اندازه‌های فعلی ترسیم شده است. بدین ترتیب:

کوچک‌ترین اندازه‌ی میل - بزرگ‌ترین اندازه‌ی سوراخ = بزرگ‌ترین لقی
بزرگ‌ترین اندازه‌ی میل - کوچک‌ترین اندازه‌ی سوراخ = کوچک‌ترین لقی

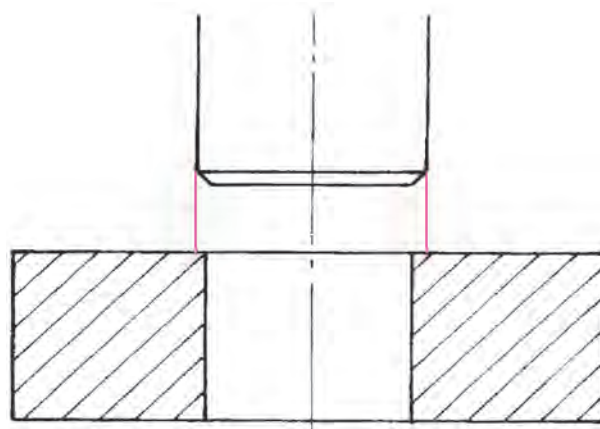


شکل ۵-۱۱ - انطباق روان

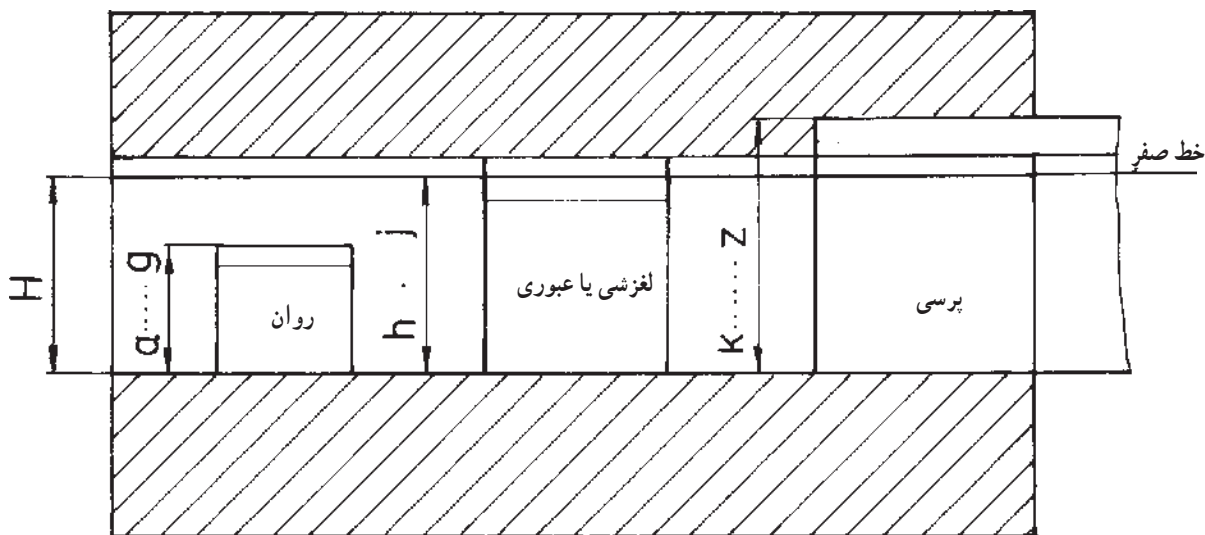
با نظری اجمالی بلافاصله درمی یابیم که تقسیم بندی های فوق به هیچ عنوان برای تنوع انطباقات در صنعت کافی نیست؛ پس لازم است که خود این سه دسته را به مراحل بیش تری تقسیم کنیم. در جدول های ۱-۱۱ و ۲-۱۱ تقسیمات بیش تری را مشاهده می کنید.

۷-۱۱- دستگاه انطباقی ثبوت سوراخ (سوراخ مینا)

برای به دست آوردن یک انطباق، مثلاً فیت، می توان قطر سوراخ و میله را طوری تنظیم کرد که مقصود مورد نظر حاصل شود. برای رسیدن به این هدف می توان ابتدا سوراخ را ساخت؛ سپس قطر میله را چنان تنظیم کرد که کار لازم انجام شود (شکل ۸-۱۱).



شکل ۷-۱۱- انطباق پرسی

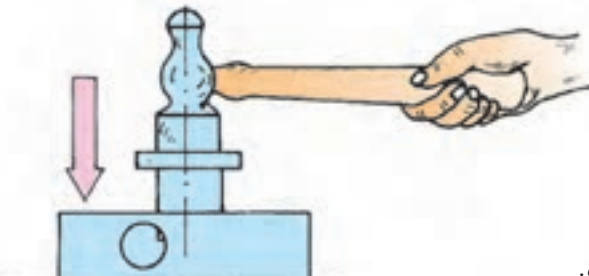
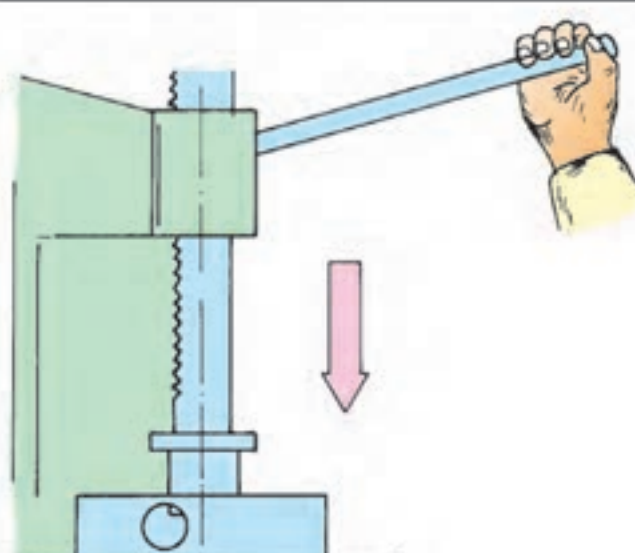
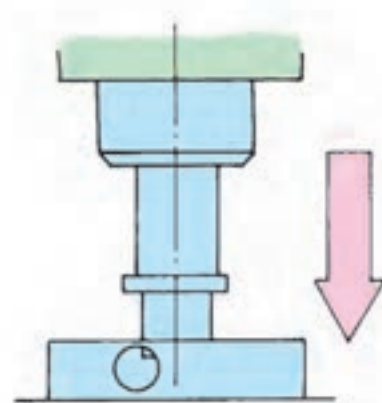


شکل ۸-۱۱

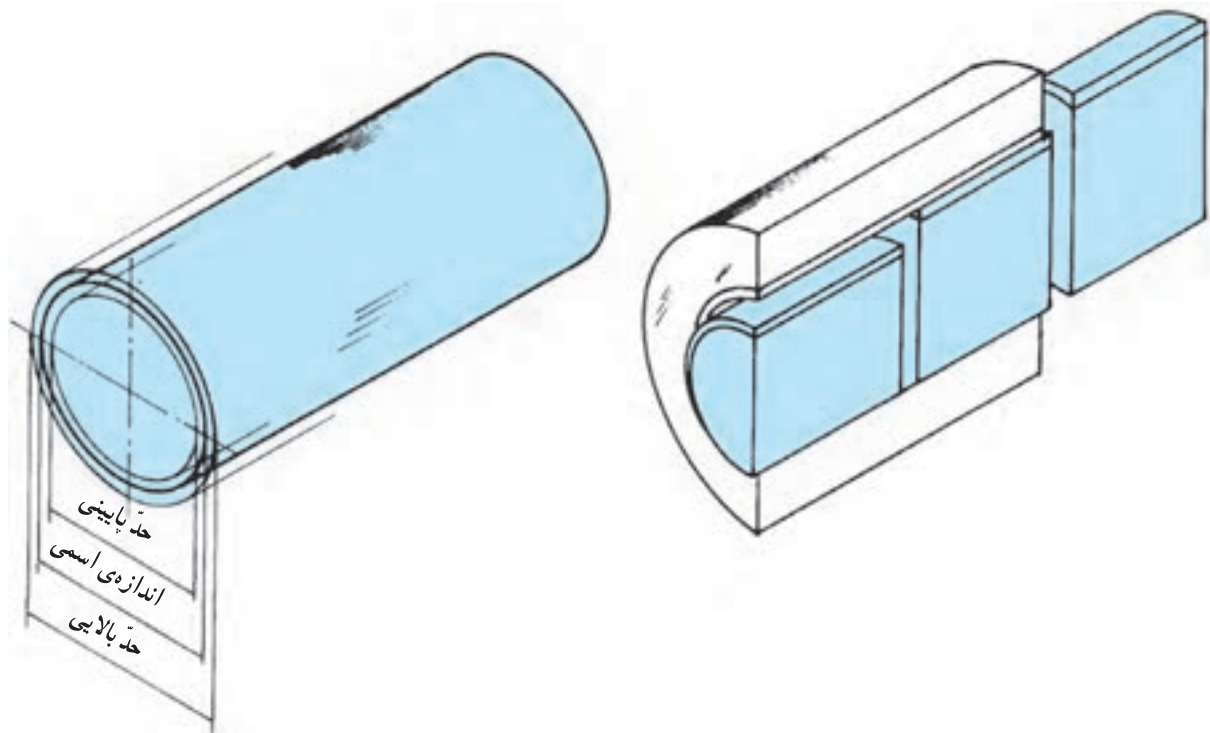
جدول ۱- ۱۱ - مربوط به انواع انطباق سبک

نوع انطباق	وضعیت
آزاد یا روان	<ul style="list-style-type: none"> - لقی زیاد - جازدن آزاد - متحرک نسبت به هم با بازی بسیار زیاد - برای جازدن نیاز به نیرو نیست. 
نسبتاً روان متحرک	<ul style="list-style-type: none"> - با لقی متوسط، با لقی کم - جا زدن شل، جازدن راحت - متحرک نسبت به هم با بازی کم و در نهایت، - برای جا زدن فشار کم دست کافی است. 
فیت لغزشی یا سُرشی	<ul style="list-style-type: none"> - با لقی خیلی کم - جازدن با فشار زیاد دست - در هر صورت با فشار دست امکان - حرکت انتقالی هست. 
نسبتاً سفت سفت	<ul style="list-style-type: none"> - بدون هیچ گونه لقی - امکان جازدن و انتقال با دست نیست. - جازدن با ضربات چکش سبک میسر است. 
خیلی سفت پرسی سبک	<ul style="list-style-type: none"> - تداخلی کم - اتصال بدون چرخش به وسیله‌ی ضامن - جازدن با پرس سبک صورت می‌گیرد. 

جدول ۲- ۱۱- مربوط به انواع انطباق سنگین

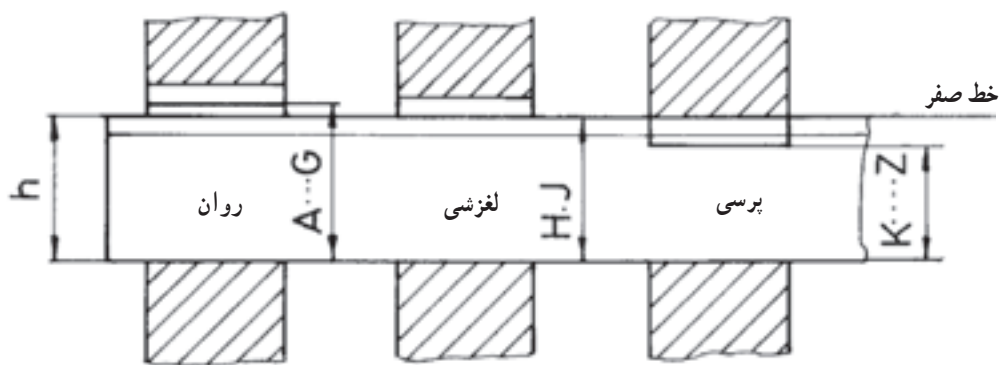
نوع انطباق	وضعیت
پرسی	 <ul style="list-style-type: none"> - تداخلی متوسط - نوع اتصال دائم - تداخل با ضربات چکش سنگین - امکان چرخش وجود ندارد، نیاز به ضامن نیست.
پرسی محکم	 <ul style="list-style-type: none"> - تداخلی - نوع اتصال دائم - تداخل با نیروی زیاد - نیاز به اختلاف دما وجود دارد؛ یعنی «باید دمای سوراخ زیاد و دمای میله کم باشد».
پرسی سنگین	 <ul style="list-style-type: none"> - تداخلی سخت - نوع اتصال دائم - تداخل با نیروی خیلی زیاد - نیاز به اختلاف دما هست. - از نظر استحکام با جوش کاری قابل مقایسه است.

در شکل ۹-۱۱ مطلب یاد شده را به صورت یک دیاگرام ساده مشاهده می کنید.



شکل ۹-۱۱

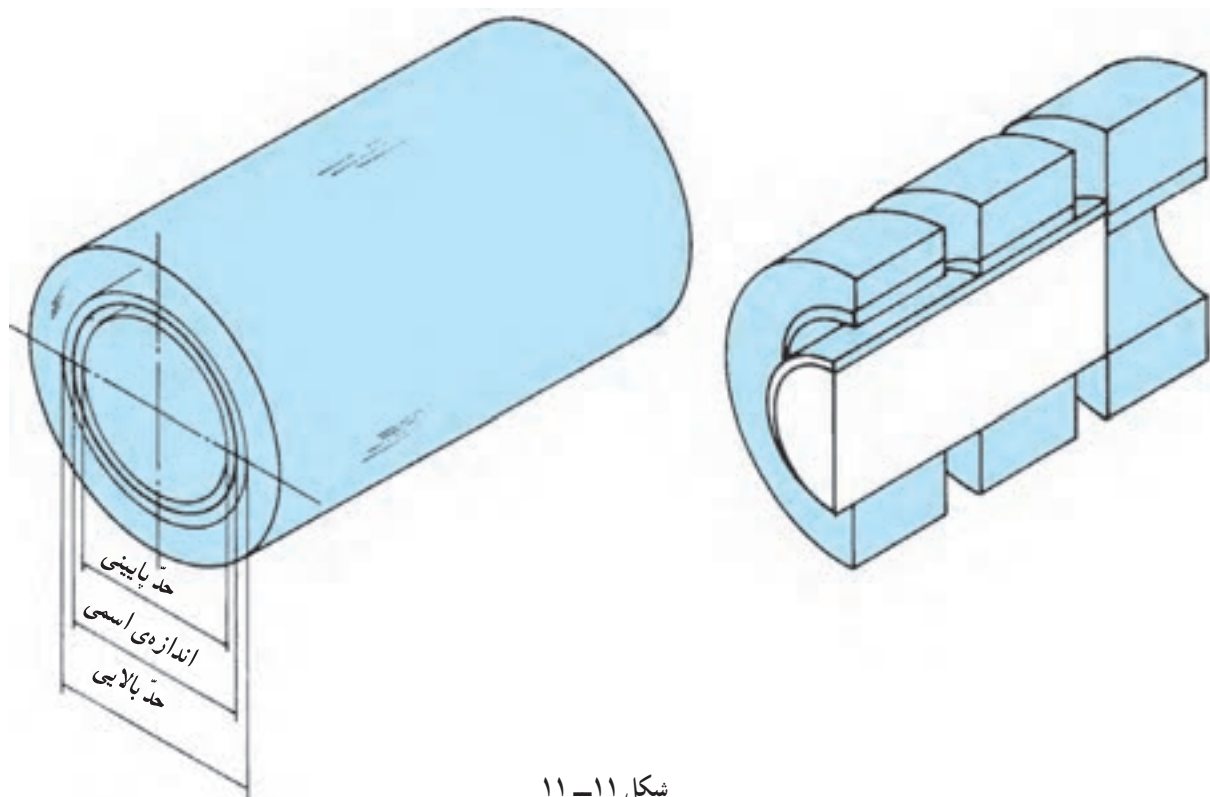
روش دیگر آن است که ابتدا قطر میله را کامل کنیم و سپس سوراخ را با آن تنظیم نماییم. در شکل ۱۰-۱۱ این روش نشان داده شده است.



شکل ۱۰-۱۱

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 ۱۱-۱۱ شامل دیاگرام ساده‌ای است که موضوع یاد شده را در آن مشاهده می کنید. در غیر این صورت، یعنی بدون استفاده‌ی یکی از این



شکل ۱۱-۱۱

انجام پذیرد؟

پیش از این، تقسیم‌بندی‌هایی گفته شد که اگرچه کامل نبودند، مفهوم انواع انطباق را روشن کرده‌اند. اکنون برای آن که این مراحل به طور دقیق دسته‌بندی شوند، در استاندارد ISO تعداد ۲۸ مرحله در نظر گرفته شده است. در این ۲۸ مرحله آن چه مربوط به سوراخ است با حروف بزرگ نمایش داده می‌شود. مراحل ۲۸ گانه در جدول ۱۱-۳ مشاهده می‌شود.

جدول داده شده شامل برخی اصطلاحات برای نامیدن مراحل نیز می‌شود^۱.

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 مبنای» 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 شوند به نسبت به هم روان باشند؟ فیت باشند؟ یا این انطباق با فشار زیاد و به وسیله‌ی پرس

جدول ۱۱-۳

پرسی مبنای 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
پرسی				مبنای «فیت»				انطباق روان							

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

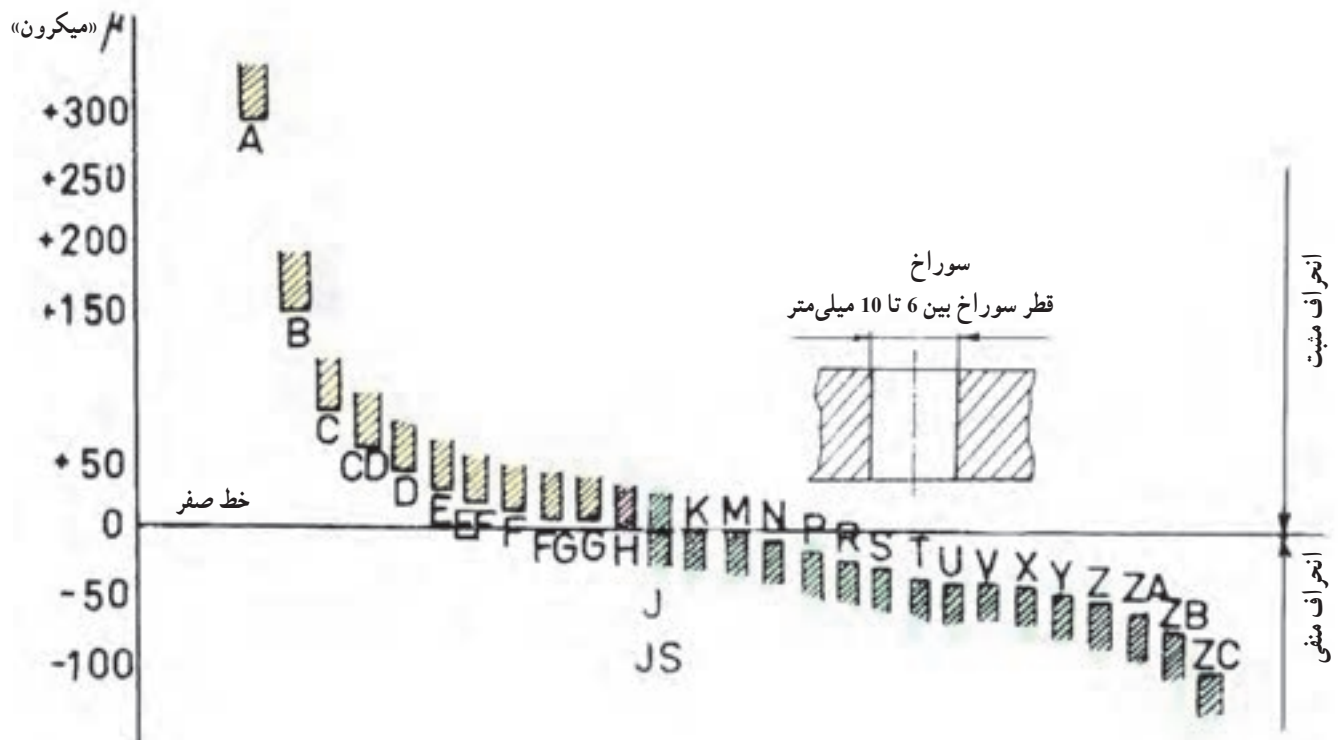
به طور خلاصه:

مفهوم استفاده از ۲۸ مرحله را از طریق دیاگرام شکل

۱۱-۱۲ به خوبی می توان دریافت.

– میله را با ۱۸ کیفیت تولرانسی می توان ساخت.

– سوراخ را با ۲۸ مرحله ی انطباقی می توان ساخت.



شکل ۱۱-۱۲

را ساخت، هم چنین با IT۶ نیز ۲۸ مرحله و ... در همین جا ملاحظه می کنید که این عمل باعث تنوع بیش از حد خواهد شد که به نوبه ی خود مشکل بزرگی است.

برای سامان دادن به این وضع پیشنهاد شده است که مرحله ی H در سوراخ ها به صورت مبنا انتخاب شود. به این ترتیب، می توان ابزارهای سوراخ کاری از قبیل مته، برزو و نظایر آن را طوری ساخت که کوچک ترین اندازه ی سوراخ را برابر اندازه ی اسمی بسازند و کلیه ی انحرافات مجاز را بالای خط صفر درآورند.

با ذکر مثال مطلب را پی می گیریم:

– قطر یک سوراخ را که در مرحله ی انطباقی H و با

اندازه ی ۲۸ ساخته می شود معین کنید (IT7).

حل: با مراجعه به جدول مقادیر اصلی تولرانس ملاحظه

می شود که برای قطر ۲۸، اختلاف اندازه ی مجاز ۲۱ است.

این دیاگرام برای قطر سوراخ بین ۶ تا ۱۰ میلی متر تنظیم

شده است (مثلاً برای قطر ۱۰ میلی متر).

با در نظر گرفتن خط صفر ملاحظه می شود که در مرحله ی

انطباقی A کوچک ترین قطر سوراخ تقریباً ۲۸۰ بیش تر از

اندازه ی اسمی است و برای مرحله ی D کوچک ترین اندازه ی

سوراخ ۴۰ بالای خط صفر قرار دارد. در مرحله ی H

کوچک ترین اندازه ی سوراخ برابر اندازه ی اسمی خواهد بود.

از H به بعد بزرگ ترین اندازه ی سوراخ زیر اندازه ی اسمی قرار

می گیرد؛ مثلاً بزرگ ترین اندازه ی سوراخ ۱۰ در مرحله ی Z،

۴۲۰ کم تر از ۱۰ خواهد بود.

به طور خلاصه:

– هر سوراخ را در ۲۸ حالت انطباقی می توان ساخت.

– هر سوراخ را در ۱۸ کیفیت تولرانسی می توان ساخت.

پس با یک کیفیت تولرانس، مثلاً IT۵ می توان ۲۸ مرحله

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

$28 \cdot 0^{+0/0.21}$ یا $28 \cdot 0^{+0/0.21}$ یا $28 \cdot 0^{+0/0.21}$ = اندازه‌ی قطر سوراخ
توجه کنید که عبارت 28 H7 مختصر شده‌ی عبارت
28 HIT7 است. هم‌چنین می‌توان $28 \cdot 0^{+0/0.21}$ را که در آن
تولرانس برحسب میکرون نوشته شده، با واحد میلی‌متر نوشت؛
 $28 \cdot 0^{+0/0.21}$

بنابراین اگر مسئله‌ی ذکر شده را در IT16 حل کنیم:

$28 \cdot 0^{+0/0.21}$ یا $28 \cdot 0^{+0/0.21}$

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 به کار می‌رود.

۸-۱۱- دستگاه انطباقی ثبوت میله (میله مبنا)

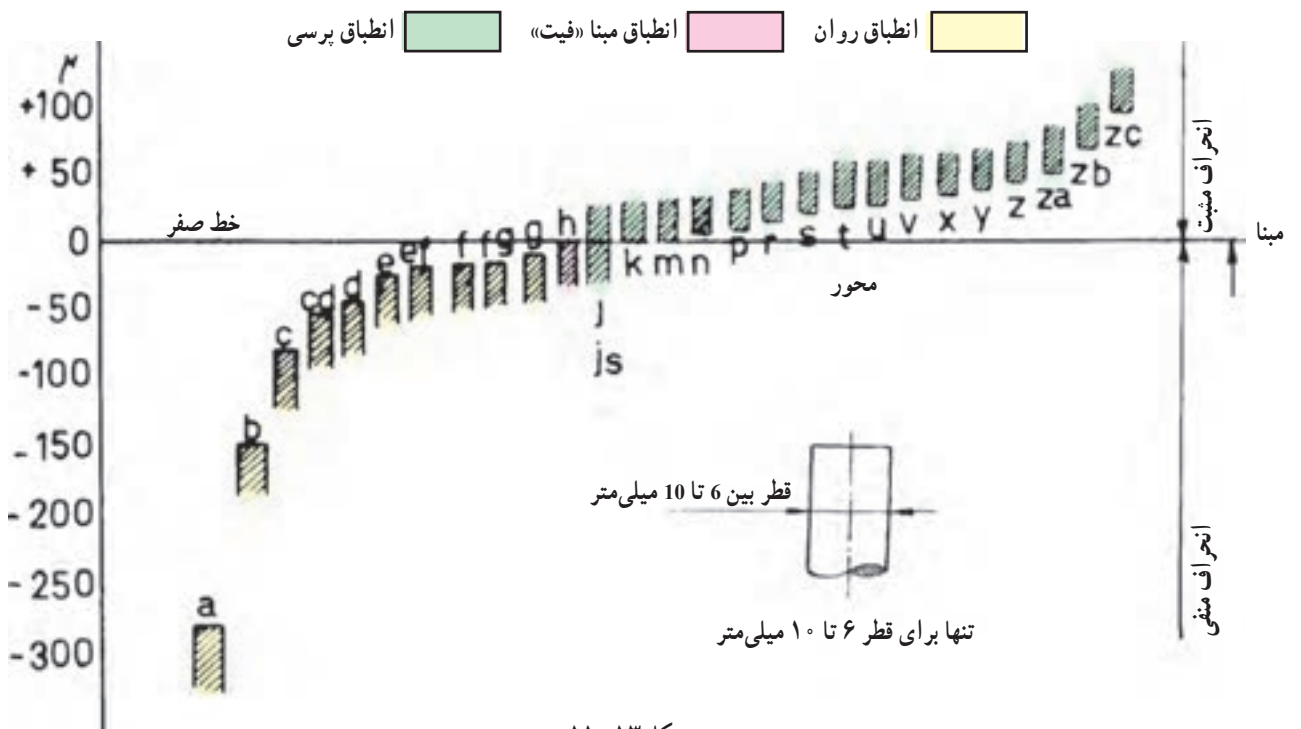
براساس مطالب ذکر شده برای سوراخ، مراحل ۲۸ گانه را
نیز می‌توان برای میله در نظر گرفت. در جدول ۴-۱۱ مراحل
۲۸ گانه‌ی انطباقی برای میله را که با حروف کوچک مشخص
می‌شوند، نشان داده شده است. هم‌چنین، همان‌گونه که درباره‌ی
سوراخ ذکر شد، برای میله هم می‌توان دیاگرام شکل ۱۳-۱۱ را
ترسیم کرد.

این دیاگرام برای قطر میله بین ۶ تا ۱۰ میلی‌متر (مثلاً ۱۰ mm) ترسیم شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، برای ردیف انطباقی
a بزرگ‌ترین قطر میله‌ی ۱۰ به اندازه‌ی ۲۸۰ کم‌تر از اندازه‌ی
اسمی ساخته می‌شود؛ یعنی، بزرگ‌ترین اندازه‌ی میله ۲۸۰
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 ۴-۱۱

پرسی مبنا روان
... فیت

میله	a	b	c	ed	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k	.
	فشاری	محرک	محکم	بسیار روان	روان	بسیار روان	بسیار روان	بسیار روان	بسیار روان	بسیار روان	بسیار روان	بسیار روان	بسیار روان	بسیار روان	بسیار روان
	چکشی	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc



شکل ۱۳-۱۱

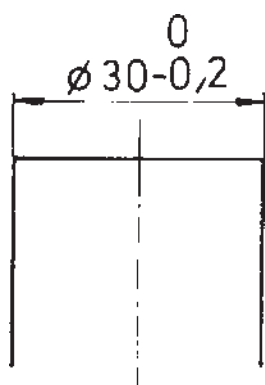
یادآور می‌شود که در این جدول مقادیر متری مشخص می‌گردد.^۱

در جدول ۶-۱۱ مقادیر انحراف‌های اصلی برای میله‌ها مشخص گردیده است.

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

– ستون سمت راست با نام «انحراف پایینی» نشان می‌دهد که کوچک‌ترین اندازه‌ی میله چه قدر 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.^۲ در ضمن توجه کنید که همیشه کلیه‌ی اندازه‌ها را برحسب میلی‌متر درج می‌کنیم.^۳ – در شکل ۱۴-۱۱ 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 این جا 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 ۱۴-۱۱

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 ۲۱ است، بنابراین:

$$21 + 28 = 49 \text{ h7}$$

در صنایع سنگین که سوراخ‌های بزرگ تراش کاری 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:

$$40 \text{ H7/y6}$$

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

$$40 \text{ H7} = 40^{+25}_0 \text{ برای سوراخ}$$

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

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

در جدول ۵-۱۱ مقادیر انحراف‌های اصلی برای سوراخ‌ها نشان داده می‌شود.

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

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

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

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

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

سور اجزا

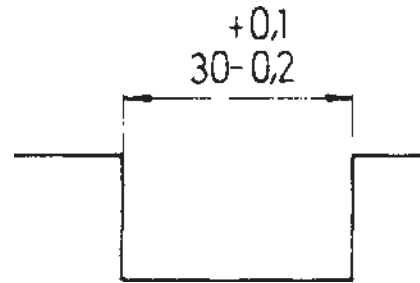
[illegible]

جدول ۵-۱۱- مقادیر عددی انحراف‌های اصلی برای سوراخ‌ها

میل‌ها

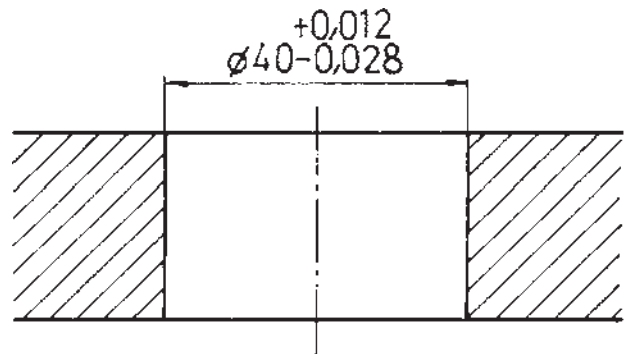
انحرافات اصلی		انحرافات بالایی CS															انحرافات پایینی el														
		حرف	تمام گروه‌ها														تمام گروه‌ها														
علامت	گروه	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
		۰.۲۷	۰.۱۴	۰.۶۰	۰.۳۴	۰.۲۰	۰.۱۴	۰.۱۰	۰.۶	۰.۴	۰.۲	۰	۰.۲	۰.۴	۰.۶	۰.۸	۰.۱۰	۰.۱۲	۰.۱۴	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۰	۰.۲۲	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۲۸	۰.۳۰	۰.۳۲	۰.۳۴		
1. 0.001mm) انحرافات اصلی بر حسب میکرون	<۳	۰.۲۷	۰.۱۴	۰.۶۰	۰.۳۴	۰.۲۰	۰.۱۴	۰.۱۰	۰.۶	۰.۴	۰.۲	۰	۰.۲	۰.۴	۰.۶	۰.۸	۰.۱۰	۰.۱۲	۰.۱۴	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۰	۰.۲۲	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۲۸	۰.۳۰	۰.۳۲	۰.۳۴		
	>۳	۰.۲۷	۰.۱۴	۰.۷۰	۰.۴۶	۰.۳۰	۰.۲۰	۰.۱۴	۰.۱۰	۰.۶	۰.۴	۰	۰.۲	۰.۴	۰.۷	۰.۹	۰.۱۲	۰.۱۴	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۰	۰.۲۲	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۲۸	۰.۳۰	۰.۳۲	۰.۳۴	۰.۳۶		
	>۶	۰.۲۸	۰.۱۵	۰.۸۰	۰.۵۶	۰.۴۰	۰.۲۵	۰.۱۸	۰.۱۳	۰.۸	۰.۵	۰	۰.۲	۰.۵	۰.۹	۰.۱۳	۰.۱۵	۰.۱۷	۰.۱۹	۰.۲۳	۰.۲۸	۰.۳۴	۰.۴۰	۰.۴۶	۰.۵۲	۰.۵۸	۰.۶۴	۰.۷۰	۰.۷۶		
	>۱۰	۰.۲۹	۰.۱۵	۰.۹۵	—	۰.۵۰	۰.۳۳	—	۰.۱۶	—	۰.۶	۰	۰.۲	۰.۶	۰.۱۱	۰.۱۲	۰.۱۴	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۳	۰.۲۸	۰.۳۴	۰.۴۰	۰.۴۶	۰.۵۲	۰.۵۸	۰.۶۴	۰.۷۰	۰.۷۶		
	>۱۴	۰.۳۰	۰.۱۶	۰.۱۱	—	۰.۶۵	۰.۴۰	—	۰.۲۰	—	۰.۷	۰	۰.۲	۰.۸	۰.۱۳	۰.۱۵	۰.۱۷	۰.۱۹	۰.۲۳	۰.۲۸	۰.۳۴	۰.۴۰	۰.۴۶	۰.۵۲	۰.۵۸	۰.۶۴	۰.۷۰	۰.۷۶	۰.۸۲		
	>۱۸	۰.۳۱	۰.۱۷	۰.۱۲	—	۰.۸۰	۰.۵۰	—	۰.۲۵	—	۰.۹	۰	۰.۲	۰.۹	۰.۱۴	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۰	۰.۲۴	۰.۲۹	۰.۳۴	۰.۴۰	۰.۴۶	۰.۵۲	۰.۵۸	۰.۶۴	۰.۷۰	۰.۷۶	۰.۸۲		
	>۲۴	۰.۳۲	۰.۱۸	۰.۱۳	—	۰.۹۰	۰.۶۰	—	۰.۳۰	—	۰.۱۰	۰	۰.۲	۰.۱۰	۰.۱۵	۰.۱۷	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۶	۰.۳۲	۰.۳۸	۰.۴۴	۰.۵۰	۰.۵۶	۰.۶۲	۰.۶۸	۰.۷۴	۰.۸۰	۰.۸۶		
	>۳۰	۰.۳۳	۰.۱۹	۰.۱۴	—	۰.۹۵	۰.۶۵	—	۰.۳۵	—	۰.۱۱	۰	۰.۲	۰.۱۱	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۰	۰.۲۲	۰.۲۷	۰.۳۳	۰.۳۹	۰.۴۵	۰.۵۱	۰.۵۷	۰.۶۳	۰.۶۹	۰.۷۵	۰.۸۱	۰.۸۷		
	>۳۵	۰.۳۴	۰.۱۹	۰.۱۴	—	۰.۱۰۰	۰.۶۰	—	۰.۳۰	—	۰.۱۰	۰	۰.۲	۰.۱۱	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۰	۰.۲۲	۰.۲۷	۰.۳۳	۰.۳۹	۰.۴۵	۰.۵۱	۰.۵۷	۰.۶۳	۰.۶۹	۰.۷۵	۰.۸۱	۰.۸۷		
	>۴۰	۰.۳۵	۰.۲۰	۰.۱۵	—	۰.۱۱۰	۰.۶۵	—	۰.۳۵	—	۰.۱۱	۰	۰.۲	۰.۱۱	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۲۰	۰.۲۲	۰.۲۷	۰.۳۳	۰.۳۹	۰.۴۵	۰.۵۱	۰.۵۷	۰.۶۳	۰.۶۹	۰.۷۵	۰.۸۱	۰.۸۷		
	>۴۵	۰.۳۶	۰.۲۰	۰.۱۵	—	۰.۱۲۰	۰.۷۲	—	۰.۳۶	—	۰.۱۲	۰	۰.۲	۰.۱۲	۰.۱۷	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۸	۰.۳۴	۰.۴۰	۰.۴۶	۰.۵۲	۰.۵۸	۰.۶۴	۰.۷۰	۰.۷۶	۰.۸۲	۰.۸۸		
	>۵۰	۰.۳۷	۰.۲۱	۰.۱۶	—	۰.۱۳۰	۰.۷۷	—	۰.۳۷	—	۰.۱۳	۰	۰.۲	۰.۱۳	۰.۱۸	۰.۲۰	۰.۲۲	۰.۲۴	۰.۲۹	۰.۳۵	۰.۴۱	۰.۴۷	۰.۵۳	۰.۵۹	۰.۶۵	۰.۷۱	۰.۷۷	۰.۸۳	۰.۸۹		
	>۵۵	۰.۳۸	۰.۲۲	۰.۱۷	—	۰.۱۴۰	۰.۸۵	—	۰.۳۸	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۶۰	۰.۳۹	۰.۲۳	۰.۱۸	—	۰.۱۵۰	۰.۸۵	—	۰.۳۹	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۶۵	۰.۴۰	۰.۲۴	۰.۱۹	—	۰.۱۶۰	۰.۸۵	—	۰.۴۰	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۷۰	۰.۴۱	۰.۲۴	۰.۱۹	—	۰.۱۷۰	۰.۸۵	—	۰.۴۱	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۷۵	۰.۴۲	۰.۲۵	۰.۲۰	—	۰.۱۸۰	۰.۸۵	—	۰.۴۲	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۸۰	۰.۴۳	۰.۲۶	۰.۲۱	—	۰.۱۹۰	۰.۸۵	—	۰.۴۳	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۸۵	۰.۴۴	۰.۲۷	۰.۲۲	—	۰.۲۰۰	۰.۸۵	—	۰.۴۴	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۹۰	۰.۴۵	۰.۲۸	۰.۲۳	—	۰.۲۱۰	۰.۸۵	—	۰.۴۵	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۹۵	۰.۴۶	۰.۲۹	۰.۲۴	—	۰.۲۲۰	۰.۸۵	—	۰.۴۶	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۱۰۰	۰.۴۷	۰.۳۰	۰.۲۵	—	۰.۲۳۰	۰.۸۵	—	۰.۴۷	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۱۰۵	۰.۴۸	۰.۳۱	۰.۲۶	—	۰.۲۴۰	۰.۸۵	—	۰.۴۸	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
	>۱۱۰	۰.۴۹	۰.۳۲	۰.۲۷	—	۰.۲۵۰	۰.۸۵	—	۰.۴۹	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰		
>۱۱۵	۰.۵۰	۰.۳۳	۰.۲۸	—	۰.۲۶۰	۰.۸۵	—	۰.۵۰	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰			
>۱۲۰	۰.۵۱	۰.۳۴	۰.۲۹	—	۰.۲۷۰	۰.۸۵	—	۰.۵۱	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰			
>۱۲۵	۰.۵۲	۰.۳۵	۰.۳۰	—	۰.۲۸۰	۰.۸۵	—	۰.۵۲	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰			
>۱۳۰	۰.۵۳	۰.۳۶	۰.۳۱	—	۰.۲۹۰	۰.۸۵	—	۰.۵۳	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰			
>۱۳۵	۰.۵۴	۰.۳۷	۰.۳۲	—	۰.۳۰۰	۰.۸۵	—	۰.۵۴	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰			
>۱۴۰	۰.۵۵	۰.۳۸	۰.۳۳	—	۰.۳۱۰	۰.۸۵	—	۰.۵۵	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰			
>۱۴۵	۰.۵۶	۰.۳۹	۰.۳۴	—	۰.۳۲۰	۰.۸۵	—	۰.۵۶	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰			
>۱۵۰	۰.۵۷	۰.۴۰	۰.۳۵	—	۰.۳۳۰	۰.۸۵	—	۰.۵۷	—	۰.۱۴	۰	۰.۲	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۲۱	۰.۲۳	۰.۲۵	۰.۳۰	۰.۳۶	۰.۴۲	۰.۴۸	۰.۵۴	۰.۶۰	۰.۶۶	۰.۷۲	۰.۷۸	۰.۸۴	۰.۹۰			

– در شکل ۱۱-۱۵ هر دو انحراف دارای مقدار است.
در این جا شکاف همان مفهوم سوراخ را خواهد داشت.



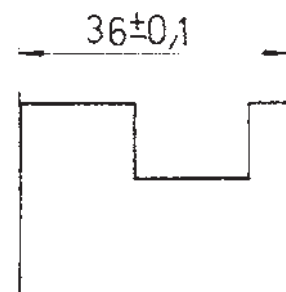
شکل ۱۱-۱۵

– شکل ۱۱-۱۶ مثال دیگری است از اندازه گذاری
تولرانسی سوراخ.



شکل ۱۱-۱۶

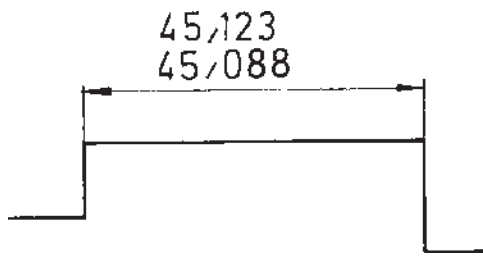
– در شکل ۱۱-۱۷ تولرانس مقارن است؛ پس می توان
آن را یک بار نوشت و با علامت + و - این امر را رساند.



شکل ۱۱-۱۷

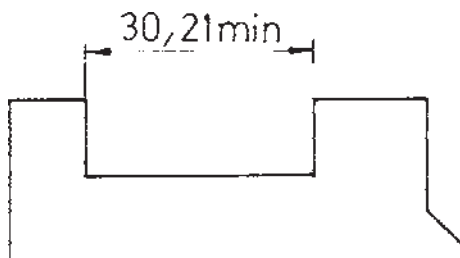
– می توان برای هر اندازه، بزرگ ترین اندازه و کوچک ترین
اندازه را نوشت. به شکل ۱۱-۱۸ بنگرید. طبق این شکل

بزرگ ترین اندازه در بالا قرار می گیرد.



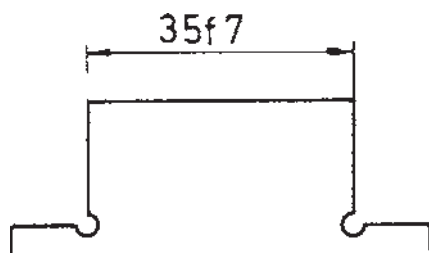
شکل ۱۱-۱۸

– ممکن است بخواهیم کوچک ترین اندازه از حد معینی
کم تر نشود؛ در این صورت با استفاده از علامت min. (مینیمم)،
کوچک ترین اندازه را می نویسیم.
در شکل ۱۱-۱۹ این موضوع بیان شده است. این کار را
با استفاده از علامت max. برای بزرگ ترین اندازه نیز می توان
انجام داد.

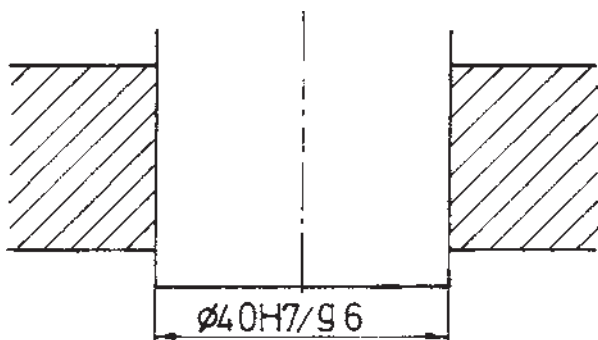


شکل ۱۱-۱۹

– می توان اندازه را با استفاده از ردیف های انطباقی و
عدد تولرانس نمایش داد. در شکل ۱۱-۲۰ اندازه ی ۳۵ را
در ردیف f، مشاهده می کنید. توجه دارید که چون قسمت
اندازه گذاری شده یک زیانه 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 می توان به دست آورد.

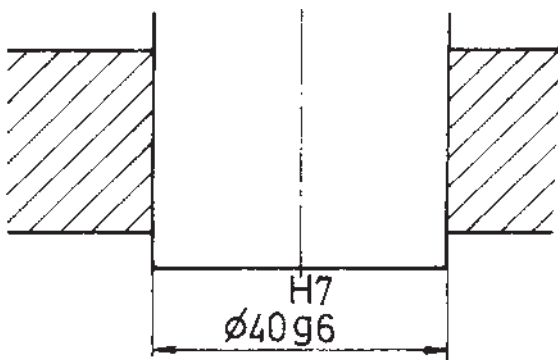


شکل ۱۱-۲۰



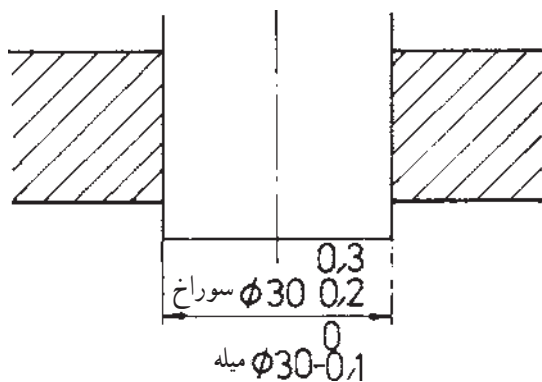
شکل ۱۱-۲۳

– در صورت کمبود جا یا به دلایل دیگر، ممکن است
علائم انطباقی به صورت کسری درج شوند. شکل ۱۱-۲۴
نمونه‌ای است، «بدون خط کسری».



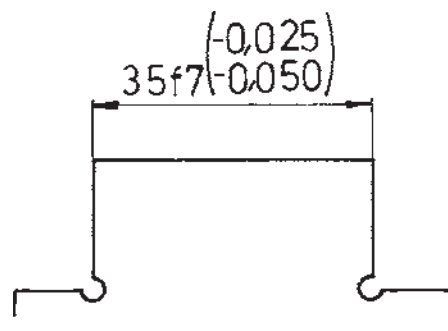
شکل ۱۱-۲۴

– هرگاه از تolerانس‌های آزاد – آنچه که در جدول اصلی
tolerانس‌ها نیست – 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 ۱۱-۲۵).



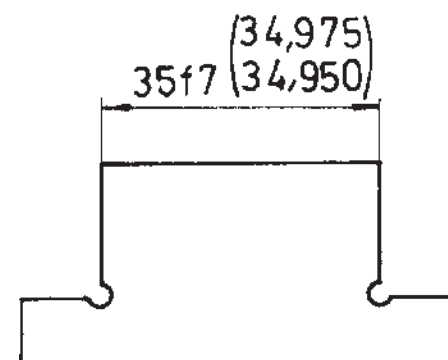
شکل ۱۱-۲۵

– 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 ۱۱-۲۱ این موضوع را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۱۱-۲۱

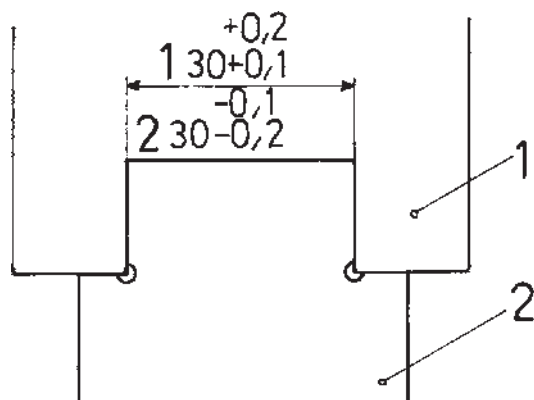
– ممکن است ضمن استفاده از علائم انطباقی، بخواهیم
بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه را نیز درج کنیم؛ در این صورت،
طبق شکل ۱۱-۲۲ عمل خواهیم کرد.



شکل ۱۱-۲۲

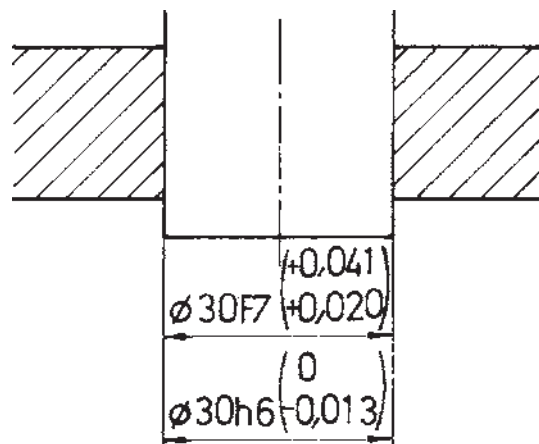
– در اندازه‌گذاری انطباقی که میله و سوراخ هر دو
موجودند، ابتدا علائم انطباقی مربوط به سوراخ «با حرف بزرگ»،
سپس علائم انطباقی مربوط به میله «با حرف کوچک» درج خواهد
شد. شکل ۱۱-۲۳ مثالی در این باره است.
در این جا قطر میله $\phi 40$ ، ردیف انطباقی H7 و برای میله
g6 خواهد بود. اضافه می‌شود که بهتر است اندازه‌ها طبق این
شکل، به صورت خطی نوشته شوند (دو علامت با یک خط مورب
از هم جدا هستند).

– در صورتی که قطعات شماره داشته باشند، می توان به جای نوشتن کلمات میله و سوراخ، به طور مستقیم شماره ی آن ها را نوشت؛ پس اندازه گذاری براساس شکل ۲۷-۱۱ خواهد بود (در این جا از تolerانس های آزاد استفاده شده است).



شکل ۲۷-۱۱

– اگر بخواهیم ضمن استفاده از علائم انطباقی مقادیر انحراف را هم درج نماییم، می توانیم مطابق شکل ۲۶-۱۱ عمل کنیم.



شکل ۲۶-۱۱

جدول ۷-۱۱ – ماشین سازی دقیق

مثال هایی از کاربرد	نوع انطباق	دستگاه میله مبنا	دستگاه سوراخ مبنا
بوش یاتاقان ها – صفحات روتور ماشین های برق	با فشار زیاد	R7 S7	r6 s6
بوش یاتاقان ها – اهرم و لنگ روی میله ها	نشیمن محکم بدون ضامن	N7	n6
چرخ دنده ها – چرخ تسمه ها، حلقه ی داخلی بلبرینگ روی میله	سوار شدن به وسیله ی چکش با ضامن	M7	m6
فلکه ها – اهرم ها	با نیروی کم تر و با ضامن «جلوگیری کننده از چرخش»	K7	k6
چرخ دنده های عوض شونده در جعبه دنده حلقه های خارجی بلبرینگ ها هنگام نصب در جای خود	اتصال به آسانی	J7	j6
قسمت های با حرکت انتقالی – بین دسته ها – فلانش های متحدالمرکزکننده	قابل حرکت انتقالی با دست	H7	h6
چرخ دنده های آزاد – میله ی دستگاه تقسیم ماشین فرز – پیستون ها	متحرک با بازی کم	G7	g6
یاتاقان ها – غلاف ها – میله ها با دور زیاد	متحرک	F7	f 7
میله پیچ های حرکتی – میله های گذرنده از داخل چند یاتاقان – میله ها با دور متوسط	قسمت های متحرک با بازی نسبتاً زیاد	E8	e8
میله های ترانسیمیسیون و چرخ های آزاد روی آنها	متحرک با بازی خیلی زیاد	D9	d9

جدول ۸ - ۱۱ - ماشین سازی عمومی با دقت معمولی

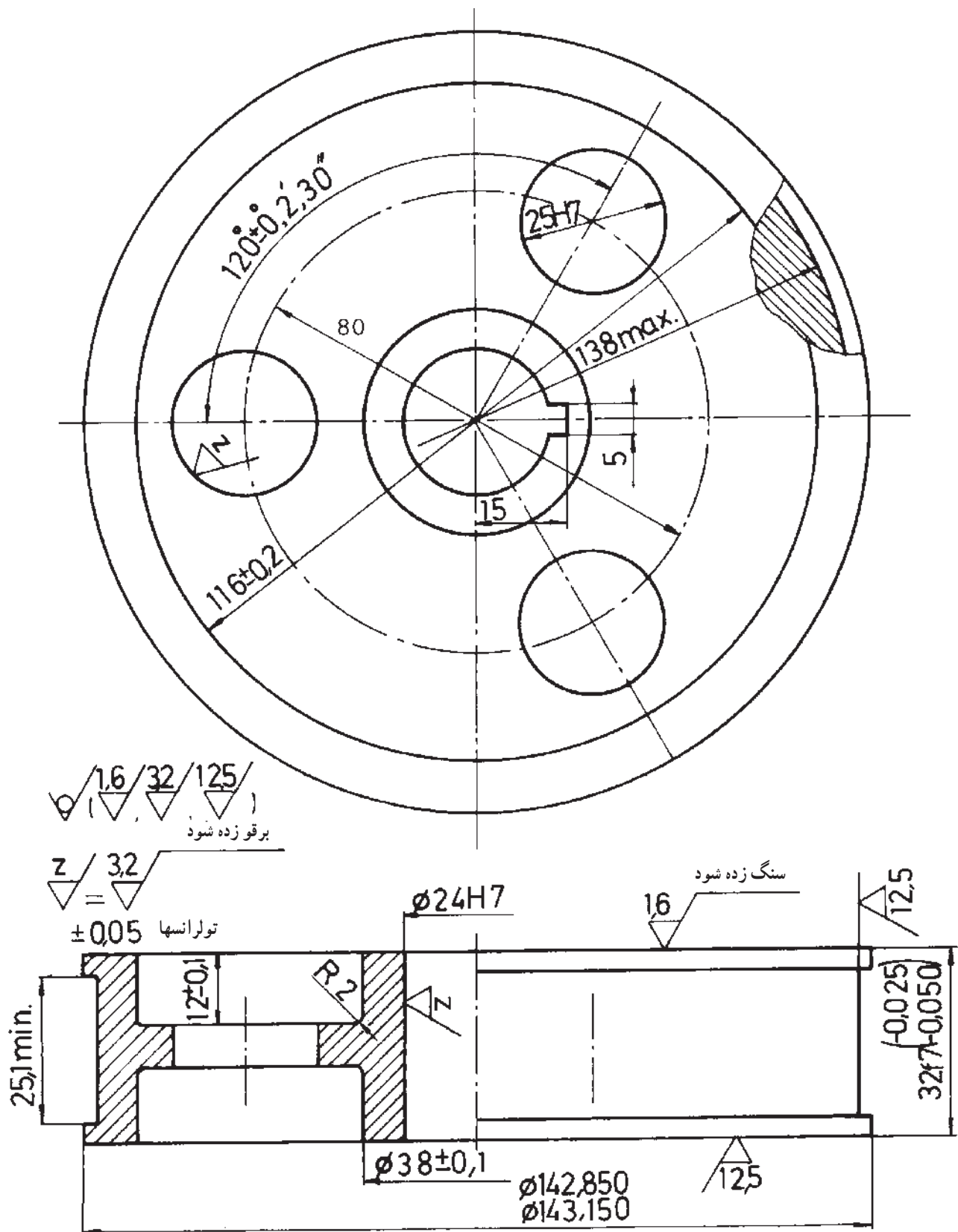
دستگاه سوراخ مینا	دستگاه میله ی مینا	نوع انطباق	برخی از کاربردها
H8	h8 و h9 e9 و f8 d10	قسمت هایی که به آسانی متصل می شوند با امکان حرکت انتقالی	حلقه های مکانی - دسته های لنگ - چرخ دنده ها چرخ تسمه های محکم
		قسمت های متحرک با بازی	میله سوپاپ ها - پیستون های اتومبیل - یاتاقان دینام - یاتاقان تلمبه
			بوش محور جرثقیل ها - یاتاقان ماشین های کشاورزی

جدول ۹ - ۱۱ - مواردی که تolerانس زیاد مجاز است «در صورت زنگ زدن اشکالی پیش نمی آید»

دستگاه سوراخ مینا	دستگاه میله مینا	نوع انطباق	برخی از کاربردها
H11	h11 d11 C11 و b11 a11	جایی که با وجود تolerانس زیاد در ساختن دو قسمت بازی میان آنها کم باشد.	قطعاتی که برای جوش کاری روی هم نصب می شوند - قطعاتی که با پین متصل شوند - لولاها - ماشین های تحریر
		حرکت تحت هر شرایطی امکان دارد.	اهرم هایی که بتوان از روی قطعات دیگر برداشت - میخ پرچ ها - پین مفصل ها
		حداقل بازی با IT11	یاتاقان کلیدهای گردنده ی برق - پین های متحرک
		قسمت های خیلی لق نسبت به هم حداقل بازی با IT13	میله ی رگولاتور بخار در لوکوموتیو - یاتاقان میله ی ترمز - بوش چرخ ها در درب های کشویی

در نقشه، در مواردی که لازم است با مربی محترم مشورت کنید.
در پایان لازم به یادآوری است که کلیه ی اندازه های انطباقی
داده شده در جدول ها، در سیستم ISO در حرارت C ۲۰ در نظر
گرفته می شود و اعتبار دارد. هم چنین استانداردهای ISO در هر
دو سیستم متریک و اینچی پذیرفتنی است. جدول های ضمیمه
حاوی اطلاعات بیش تری راجع به انطباقات هستند.

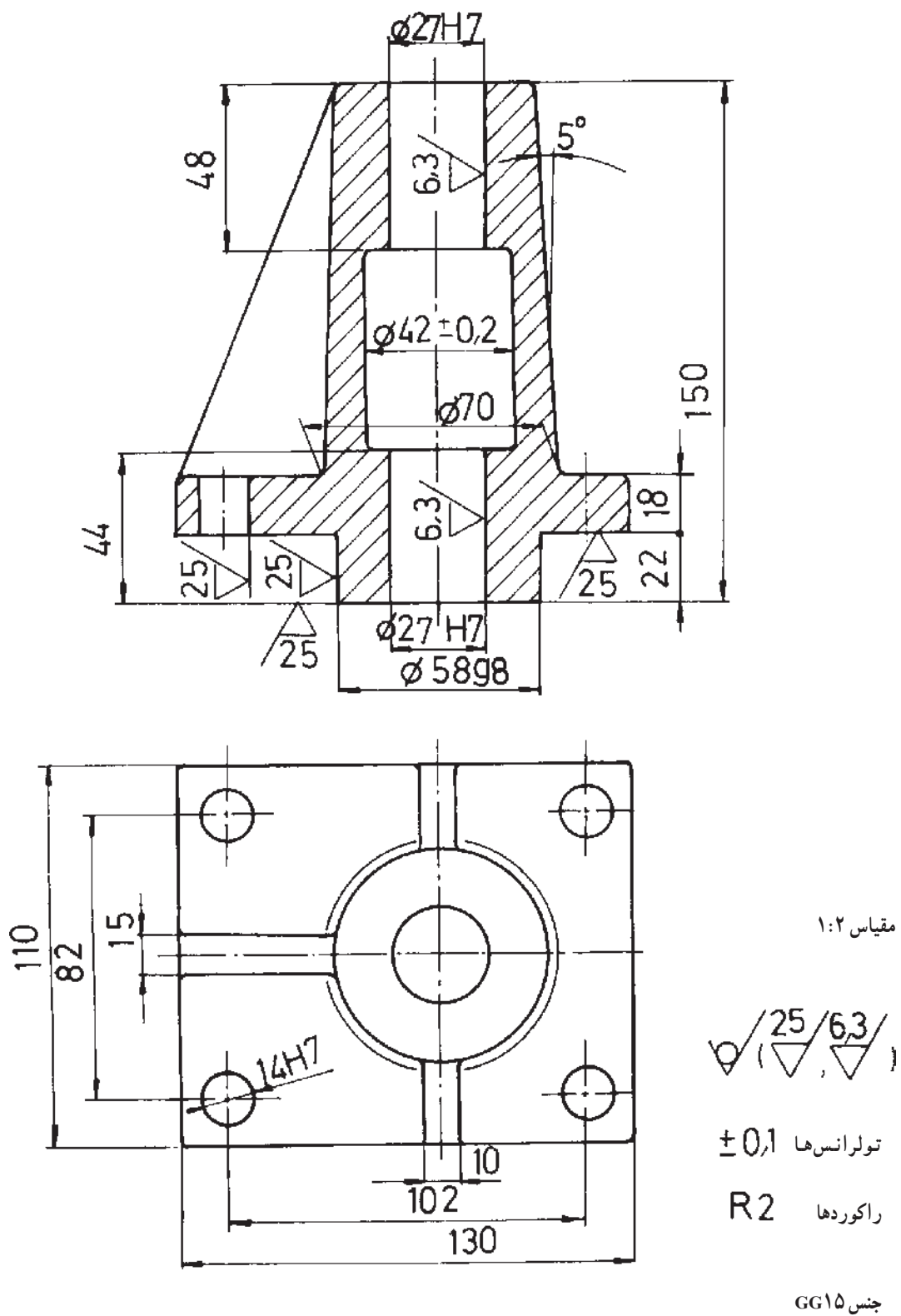
- شکل ۲۸-۱۱ یک مثال کلی است. در این شکل،
چرخ تسمه که قطعه ای صنعتی است، نشان داده می شود. در این
نقشه از علایم انطباقی و پرداخت سطح استفاده شده است. لازم
است شکل را به طور دقیق بررسی کنید.
در این نقشه تolerانس های آزاد داده نشده برابر ۰/۰۵ .
است که در خارج نقشه درج گردیده است. پس از دقت کامل



شکل ۲۸ - ۱۱

تمرین

- ۱- مفهوم میله را شرح دهید.
- ۲- مفهوم سوراخ را شرح دهید.
- ۳- انطباق بازی چیست؟
- ۴- انطباق عبوری چیست؟
- ۵- انطباق پرسی چیست؟
- ۶- در مورد دستگاه انطباقی ثبوت سوراخ توضیح دهید.
- ۷- بر اساس استاندارد، چند مرحله‌ی انطباقی در نظر گرفته شده است؟
- ۸- درباره‌ی دستگاه انطباقی ثبوت میله توضیح دهید.
- ۹- انطباق میان یک زبانه و شکاف با علایم m9 و K10 مشخص شده، انطباق از چه نوعی است؟
- ۱۰- تفاوت میان علایم m6 و mIT6 چیست؟
- ۱۱- انطباق میان یک میله و سوراخ با علایم D9 و h11 مشخص شده، نوع انطباق و سیستم چیست؟
- ۱۲- با توجه به جدول بگویید برای نصب کردن چرخ‌دندانه روی محور معمولاً از چه انطباقی استفاده می‌شود؟
- ۱۳- انطباقات ISO در چه دمایی معتبر است؟
- ۱۴- برای تصاویر داده شده که مربوط به یک بدنه است، این کارها را انجام دهید (شکل ۲۹-۱۱):
 - 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 تolerانس‌های داده نشده برابر ۰/۱ و سطوح فاقد علامت پرداخت سطح برطبق دستور ساخت خوب و راکوردها را برابر ۲ تکمیل کنید.
 - ج) نقشه را به مقیاس ۱:۱ ترسیم کنید.
 - د) کلیه‌ی اعداد و علایم نوشته شوند، (در وضعیت جدید).



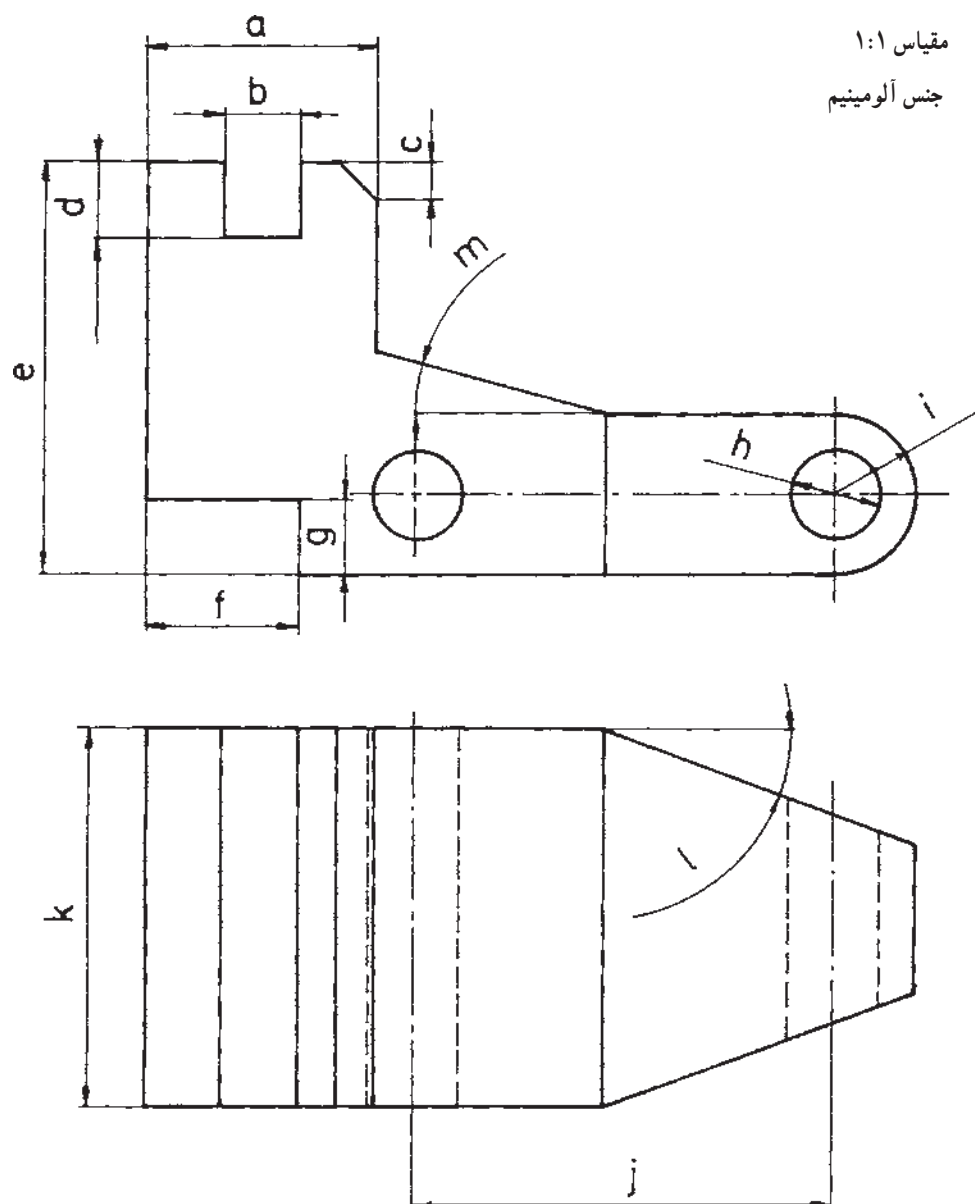
شکل ۲۹-۱۱

Technical drawing of a mechanical part (Fig. 1.10) showing a cross-section with various dimensions and tolerances. The drawing includes the following specifications:

- Overall dimensions: 110 (width), 70 (height), 50 (height), 15 (height).
- Internal features:
 - Top hole: $\phi 100$
 - Top hole diameter: $\phi 50$
 - Top hole tolerance: $\phi 22H9/6.3$
 - Top hole surface finish: $25/\sqrt{}$
 - Top hole diameter: $\phi 40 \pm 0.15$
 - Top hole surface finish: $25/\sqrt{}$
 - Top hole diameter: $\phi 40 \pm 0.2$
 - Top hole surface finish: $3.2/\sqrt{}$
 - Top hole diameter: $\phi 40 \pm 0.2$
 - Top hole surface finish: $25/\sqrt{}$
 - Top hole diameter: $\phi 20H9/6.3$
 - Top hole surface finish: $25/\sqrt{}$
 - Top hole diameter: $\phi 40 \pm 0.2$
 - Top hole surface finish: $25/\sqrt{}$
 - Top hole diameter: $\phi 90$
 - Top hole diameter: $\phi 50 \pm 0.2$
 - Top hole diameter: $\phi 60 \pm 0.2$
 - Top hole diameter: $\phi 20$
 - Top hole diameter: $\phi 40 \pm 0.2$
 - Top hole diameter: $\phi 50$
 - Top hole diameter: $\phi 60$
 - Top hole diameter: $\phi 70$
 - Top hole diameter: $\phi 80$
 - Top hole diameter: $\phi 90$
 - Top hole diameter: $\phi 100$
 - Top hole diameter: $\phi 110$
 - Top hole diameter: $\phi 120$
 - Top hole diameter: $\phi 130$
 - Top hole diameter: $\phi 140$
 - Top hole diameter: $\phi 150$
 - Top hole diameter: $\phi 160$
 - Top hole diameter: $\phi 170$
 - Top hole diameter: $\phi 180$
 - Top hole diameter: $\phi 190$
 - Top hole diameter: $\phi 200$
 - Top hole diameter: $\phi 210$
 - Top hole diameter: $\phi 220$
 - Top hole diameter: $\phi 230$
 - Top hole diameter: $\phi 240$
 - Top hole diameter: $\phi 250$
 - Top hole diameter: $\phi 260$
 - Top hole diameter: $\phi 270$
 - Top hole diameter: $\phi 280$
 - Top hole diameter: $\phi 290$
 - Top hole diameter: $\phi 300$
 - Top hole diameter: $\phi 310$
 - Top hole diameter: $\phi 320$
 - Top hole diameter: $\phi 330$
 - Top hole diameter: $\phi 340$
 - Top hole diameter: $\phi 350$
 - Top hole diameter: $\phi 360$
 - Top hole diameter: $\phi 370$
 - Top hole diameter: $\phi 380$
 - Top hole diameter: $\phi 390$
 - Top hole diameter: $\phi 400$
 - Top hole diameter: $\phi 410$
 - Top hole diameter: $\phi 420$
 - Top hole diameter: $\phi 430$
 - Top hole diameter: $\phi 440$
 - Top hole diameter: $\phi 450$
 - Top hole diameter: $\phi 460$
 - Top hole diameter: $\phi 470$
 - Top hole diameter: $\phi 480$
 - Top hole diameter: $\phi 490$
 - Top hole diameter: $\phi 500$
 - Top hole diameter: $\phi 510$
 - Top hole diameter: $\phi 520$
 - Top hole diameter: $\phi 530$
 - Top hole diameter: $\phi 540$
 - Top hole diameter: $\phi 550$
 - Top hole diameter: $\phi 560$
 - Top hole diameter: $\phi 570$
 - Top hole diameter: $\phi 580$
 - Top hole diameter: $\phi 590$
 - Top hole diameter: $\phi 600$
 - Top hole diameter: $\phi 610$
 - Top hole diameter: $\phi 620$
 - Top hole diameter: $\phi 630$
 - Top hole diameter: $\phi 640$
 - Top hole diameter: $\phi 650$
 - Top hole diameter: $\phi 660$
 - Top hole diameter: $\phi 670$
 - Top hole diameter: $\phi 680$
 - Top hole diameter: $\phi 690$
 - Top hole diameter: $\phi 700$
 - Top hole diameter: $\phi 710$
 - Top hole diameter: $\phi 720$
 - Top hole diameter: $\phi 730$
 - Top hole diameter: $\phi 740$
 - Top hole diameter: $\phi 750$
 - Top hole diameter: $\phi 760$
 - Top hole diameter: $\phi 770$
 - Top hole diameter: $\phi 780$
 - Top hole diameter: $\phi 790$
 - Top hole diameter: $\phi 800$
 - Top hole diameter: $\phi 810$
 - Top hole diameter: $\phi 820$
 - Top hole diameter: $\phi 830$
 - Top hole diameter: $\phi 840$
 - Top hole diameter: $\phi 850$
 - Top hole diameter: $\phi 860$
 - Top hole diameter: $\phi 870$
 - Top hole diameter: $\phi 880$
 - Top hole diameter: $\phi 890$
 - Top hole diameter: $\phi 900$
 - Top hole diameter: $\phi 910$
 - Top hole diameter: $\phi 920$
 - Top hole diameter: $\phi 930$
 - Top hole diameter: $\phi 940$
 - Top hole diameter: $\phi 950$
 - Top hole diameter: $\phi 960$
 - Top hole diameter: $\phi 970$
 - Top hole diameter: $\phi 980$
 - Top hole diameter: $\phi 990$
 - Top hole diameter: $\phi 1000$
 - Top hole diameter: $\phi 1010$
 - Top hole diameter: $\phi 1020$
 - Top hole diameter: $\phi 1030$
 - Top hole diameter: $\phi 1040$
 - Top hole diameter: $\phi 1050$
 - Top hole diameter: $\phi 1060$
 - Top hole diameter: $\phi 1070$
 - Top hole diameter: $\phi 1080$
 - Top hole diameter: $\phi 1090$
 - Top hole diameter: $\phi 1100$
 - Top hole diameter: $\phi 1110$
 - Top hole diameter: $\phi 1120$
 - Top hole diameter: $\phi 1130$
 - Top hole diameter: $\phi 1140$
 - Top hole diameter: $\phi 1150$
 - Top hole diameter: $\phi 1160$
 - Top hole diameter: $\phi 1170$
 - Top hole diameter: $\phi 1180$
 - Top hole diameter: $\phi 1190$
 - Top hole diameter: $\phi 1200$
 - Top hole diameter: $\phi 1210$
 - Top hole diameter: $\phi 1220$
 - Top hole diameter: $\phi 1230$
 - Top hole diameter: $\phi 1240$
 - Top hole diameter: $\phi 1250$
 - Top hole diameter: $\phi 1260$
 - Top hole diameter: $\phi 1270$
 - Top hole diameter: $\phi 1280$
 - Top hole diameter: $\phi 1290$
 - Top hole diameter: $\phi 1300$
 - Top hole diameter: $\phi 1310$
 - Top hole diameter: $\phi 1320$
 - Top hole diameter: $\phi 1330$
 - Top hole diameter: $\phi 1340$
 - Top hole diameter: $\phi 1350$
 - Top hole diameter: $\phi 1360$
 - Top hole diameter: $\phi 1370$
 - Top hole diameter: $\phi 1380$
 - Top hole diameter: $\phi 1390$
 - Top hole diameter: $\phi 1400$
 - Top hole diameter: $\phi 1410$
 - Top hole diameter: $\phi 1420$
 - Top hole diameter: $\phi 1430$
 - Top hole diameter: $\phi 1440$
 - Top hole diameter: $\phi 1450$
 - Top hole diameter: $\phi 1460$
 - Top hole diameter: $\phi 1470$
 - Top hole diameter: $\phi 1480$
 - Top hole diameter: $\phi 1490$
 - Top hole diameter: $\phi 1500$
 - Top hole diameter: $\phi 1510$
 - Top hole diameter: $\phi 1520$
 - Top hole diameter: $\phi 1530$
 - Top hole diameter: $\phi 1540$
 - Top hole diameter: $\phi 1550$
 - Top hole diameter: $\phi 1560$
 - Top hole diameter: $\phi 1570$
 - Top hole diameter: $\phi 1580$
 - Top hole diameter: $\phi 1590$
 - Top hole diameter: $\phi 1600$
 - Top hole diameter: $\phi 1610$
 - Top hole diameter: $\phi 1620$
 - Top hole diameter: $\phi 1630$
 - Top hole diameter: $\phi 1640$
 - Top hole diameter: $\phi 1650$
 - Top hole diameter: $\phi 1660$
 - Top hole diameter: $\phi 1670$
 - Top hole diameter: $\phi 1680$
 - Top hole diameter: $\phi 1690$
 - Top hole diameter: $\phi 1700$
 - Top hole diameter: $\phi 1710$
 - Top hole diameter: $\phi 1720$
 - Top hole diameter: $\phi 1730$
 - Top hole diameter: $\phi 1740$
 - Top hole diameter: $\phi 1750$
 - Top hole diameter: $\phi 1760$
 - Top hole diameter: $\phi 1770$
 - Top hole diameter: $\phi 1780$ </



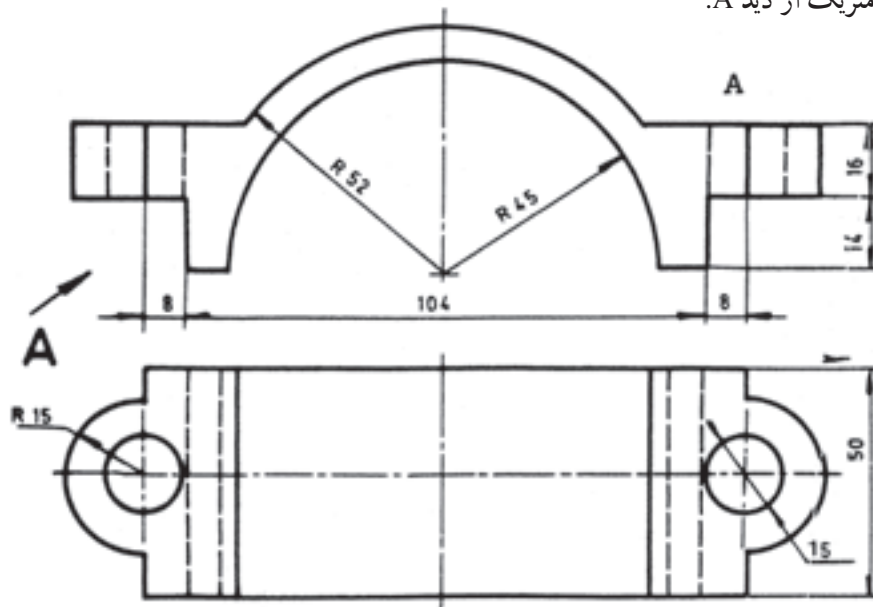
- ۱۶- تصویر یک اهرم در نماهای شکل ۳۱-۱۱ آمده است. این نقشه را دوباره ترسیم و با این مشخصات برای علایم داده شده، تکمیل کنید :
- a برابر 3° با f۷ و نمایش اعداد تولرانس «با استفاده از جدول ۲-۱۰ و ۶-۱۱»
 - b برابر 1° با علامت HV.
 - c برابر 45° و با تولرانس زاویه ی 1° .
 - d برابر 1° .
 - e برابر ۵۵ با تولرانس $2^{\circ}/1^{\circ}$.
 - f برابر 2° و با تولرانس $1^{\circ}/1^{\circ}$.
 - g برابر 1° و با اختلاف اندازه ی مجاز $2^{\circ}/5^{\circ}$.
 - h برابر ۱۲ با علامت انطباقی HV.
 - i با اندازه ی حداکثر R۱۱/۱.
 - j برابر ۵۶ به صورت اعشاری، $13^{\circ}/1^{\circ}$ اضافه و $70^{\circ}/1^{\circ}$ کم.
 - k با حداقل $5^{\circ}/1^{\circ}$.
 - l برابر 2° با 1° و $2'$ و اضافه و $18''$ و $2'$ و کسری نشان داده شود.
 - m معادل ۱۵ درجه با تولرانس 2° و $20'$ و 2° . نمایش داده شود (تولرانس متقارن).
 - طول کلی جسم نیز برابر 103° بوده که لازم است طول به صورتی مناسب داده شود.
- تولرانس های داده نشده عموماً برابر $1^{\circ}/1^{\circ}$.
- ضمناً در این نقشه لازم است که پرداخت سطح Ra برابر $3/2$ ، برای شکاف b و سوراخ ها، Ra برابر $12/5$ برای شیب ها و $Ra = 6/3$ برای کلیه ی سطوح دیگر باشد.



شکل ۳۱-۱۱

مطلوب است :

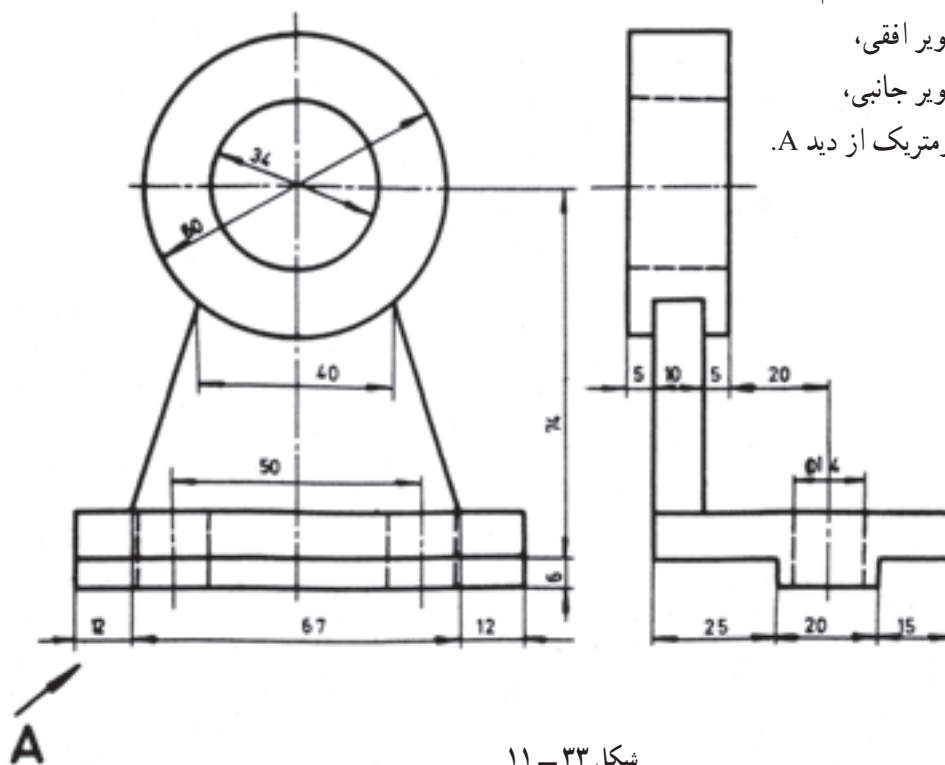
- ۱- تصویر اصلی،
- ۲- تصویر افقی،
- ۳- برش تصویر جانبی،
- ۴- ایزومتریک از دید A.



شکل ۳۲ - ۱۱

مطلوب است :

- ۱- برش تصویر قائم،
- ۲- تصویر افقی،
- ۳- تصویر جانبی،
- ۴- ایزومتریک از دید A.



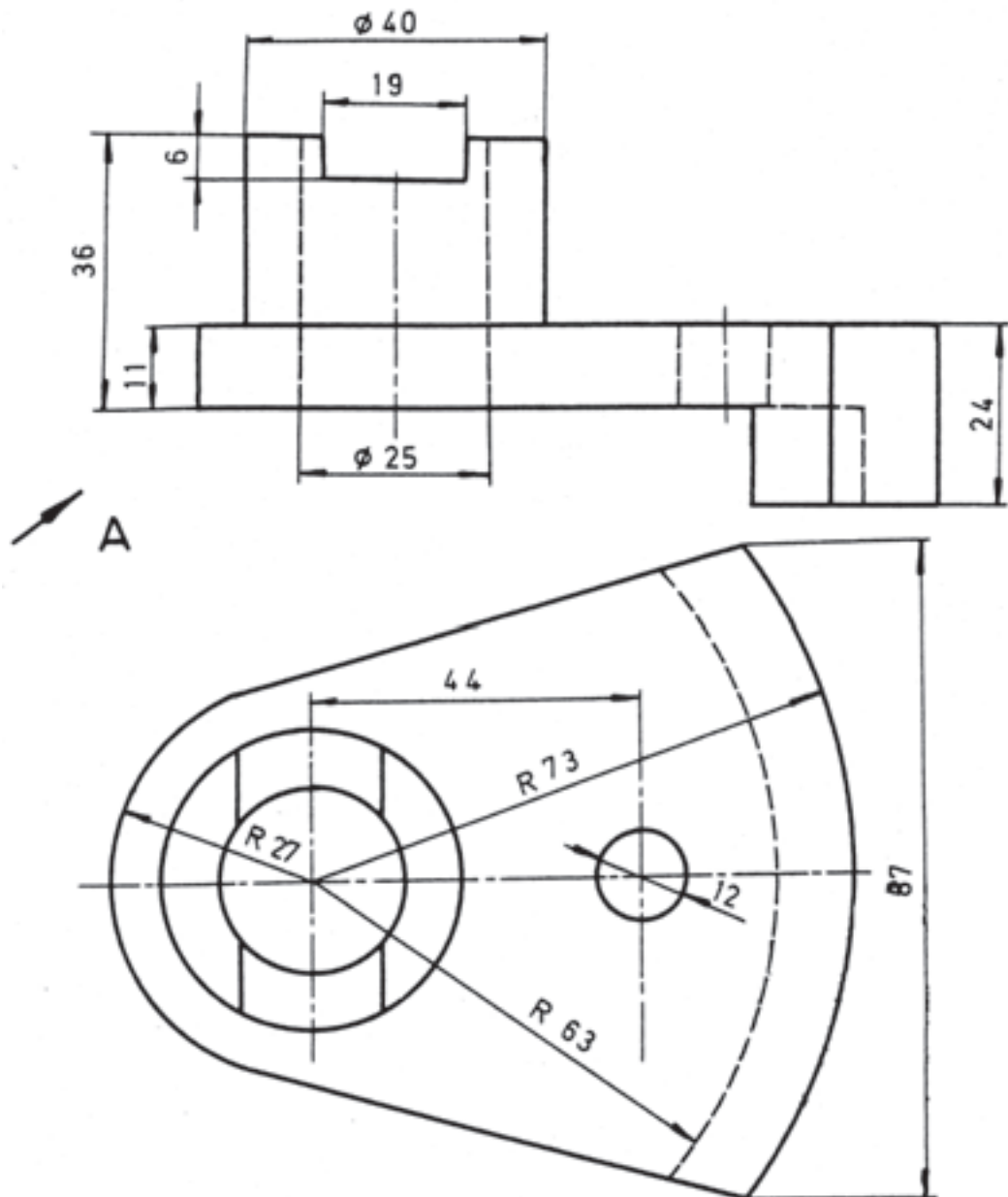
شکل ۳۳ - ۱۱

مطلوب است :

۱- برش تصویر از روبه رو،

۲- تصویر از بالا،

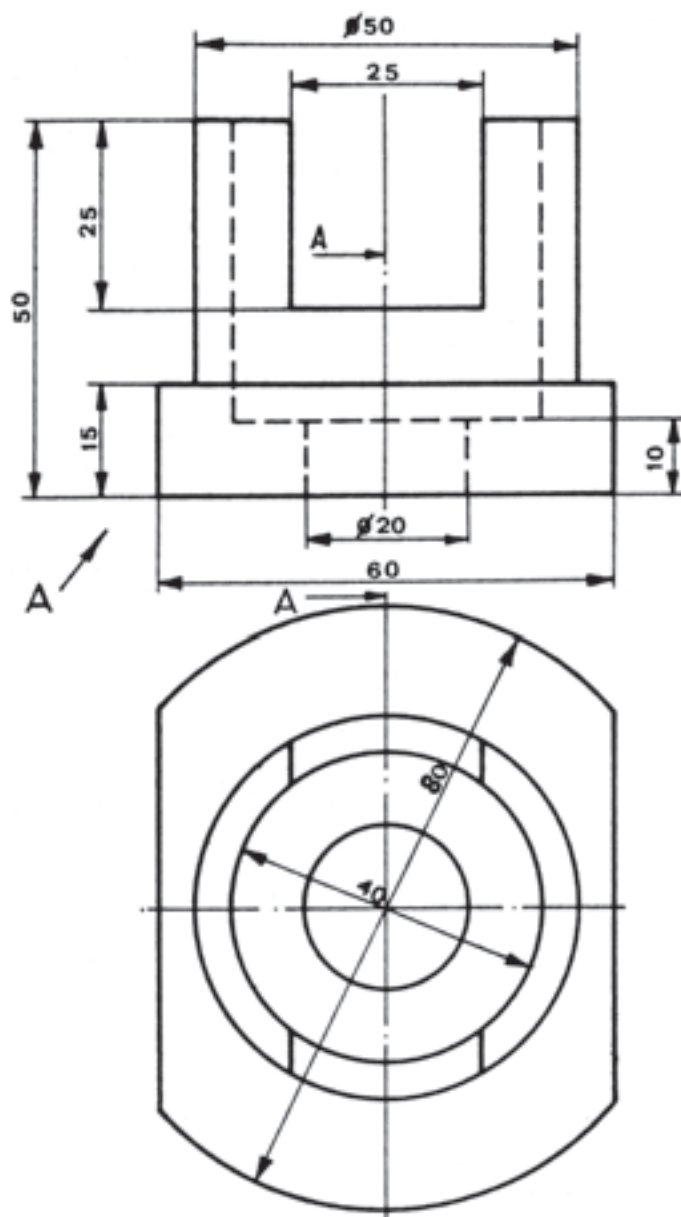
۳- تصویر از پهلو.



شکل ۳۴ - ۱۱

مطلوب است :

- ۱- رسم نمای اصلی و سطحی با مقیاس ۱:۱،
- ۲- رسم نمای جانبی در سمت چپ (کامل)،
- ۳- رسم نمای جانبی در سمت راست در برش A-A.

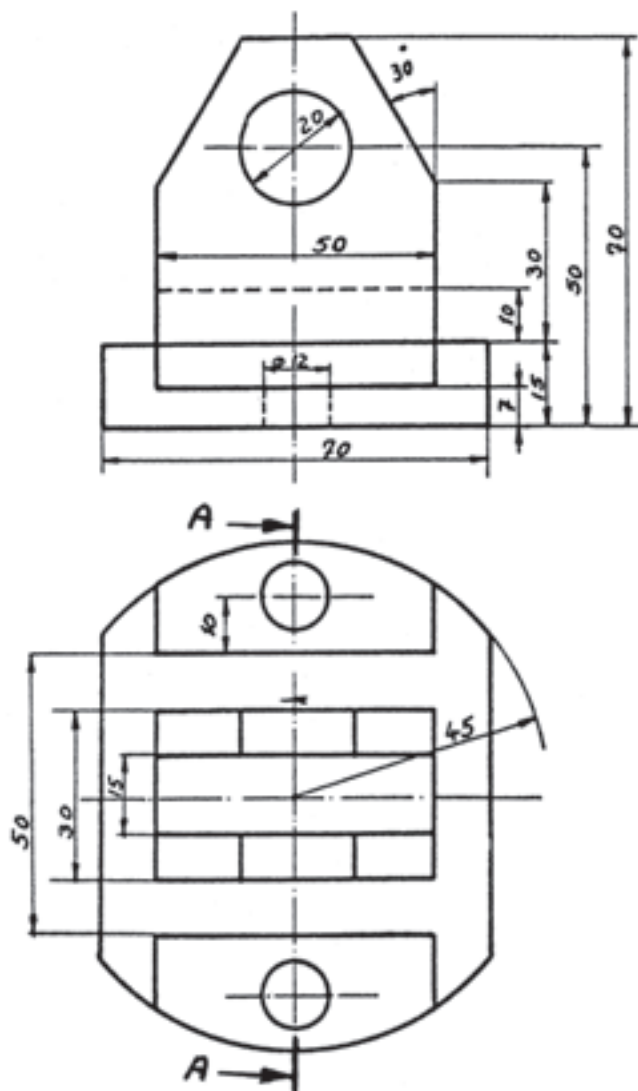


شکل ۳۵ - ۱۱

* تمرین منزل

از نماهای داده شده در شکل ۱۱-۳۶ مطلوب است :

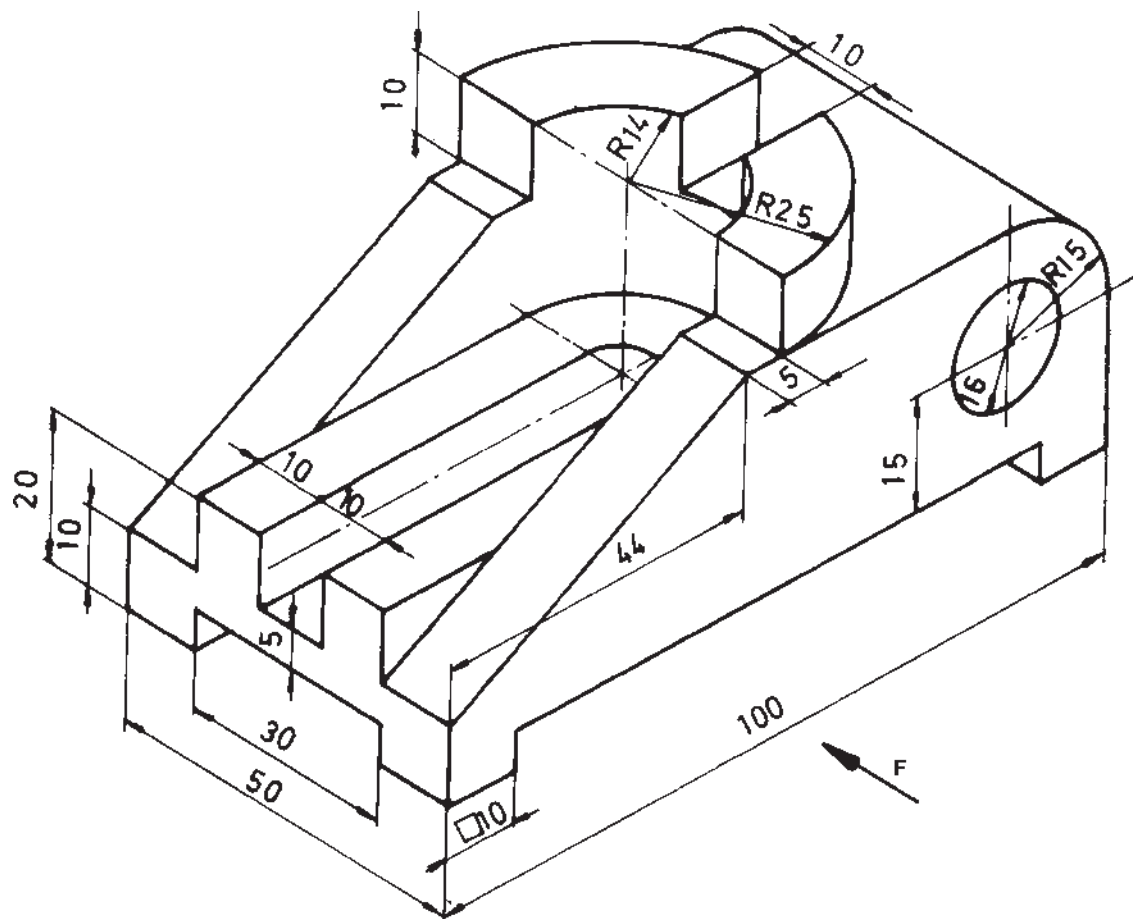
- ۱- رسم نمای اصلی و سطحی داده شده به مقیاس ۱:۱،
- ۲- رسم نمای جانبی در سمت راست در برش A-A،
- ۳- رسم نمای جانبی در سمت چپ بدون برش،
- ۴- اندازه گذاری و تکمیل علائم زبری سطوح.



شکل ۱۱ - ۳۶

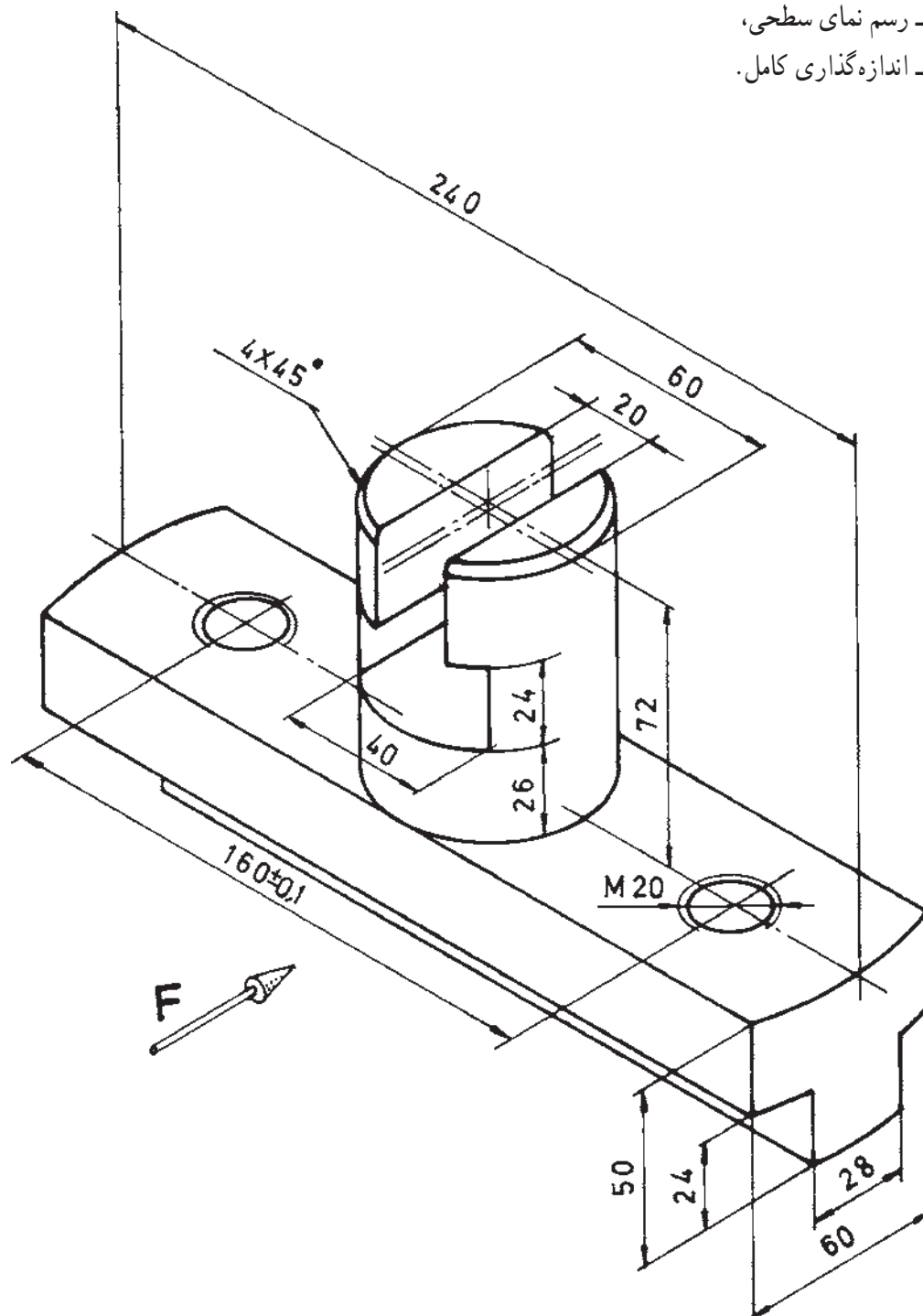
مطلوب است :

- ۱- رسم تصویر قائم از جهت دید F،
- ۲- رسم تصویر جانبی دید از چپ،
- ۳- رسم تصویر افقی،
- ۴- اندازه‌گذاری کامل.



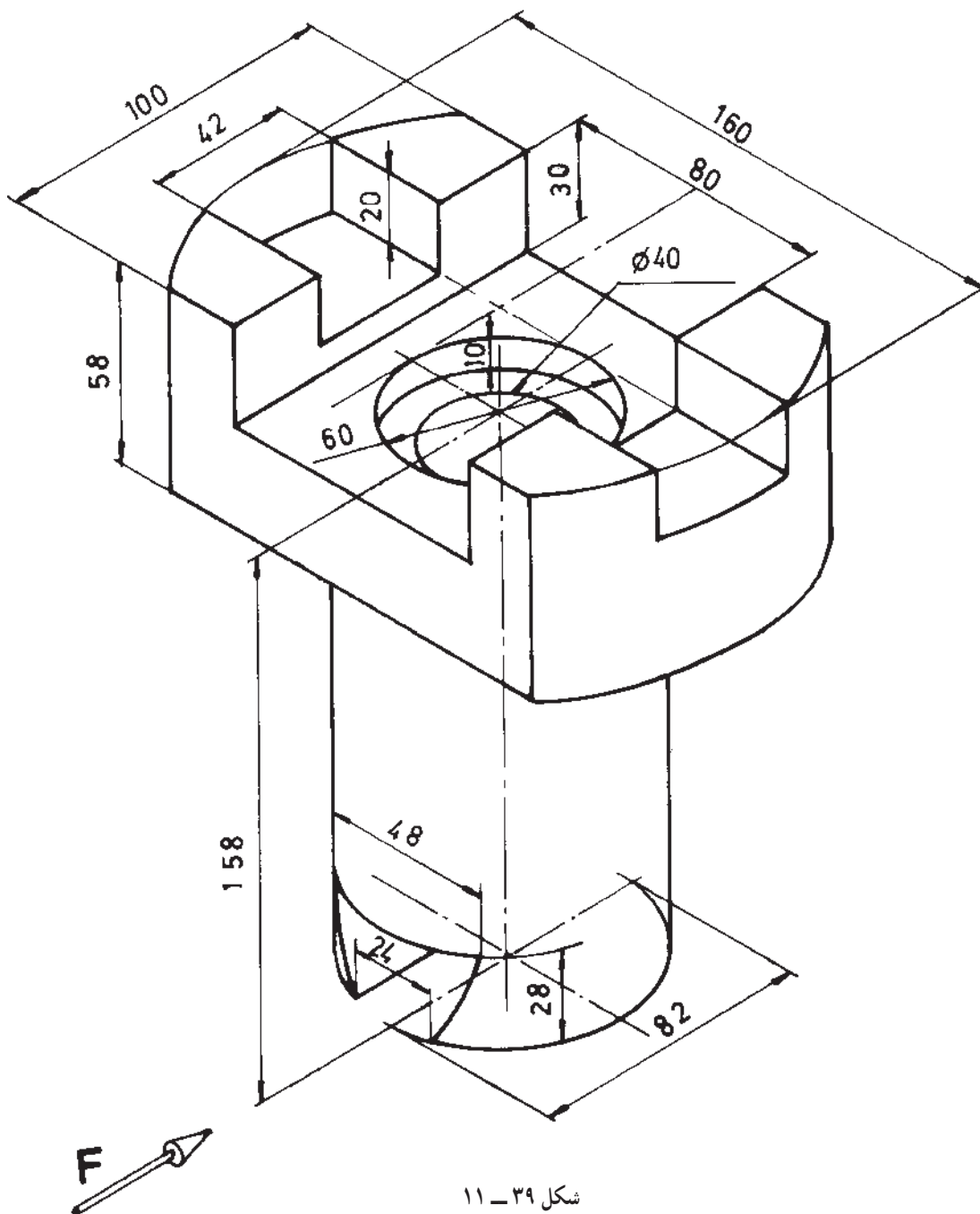
شکل ۳۷ - ۱۱

- * قطعه‌ی مکانیکی شکل ۱۱-۳۸ را که در تصویر مجسم ایزومتریک رسم شده، با مقیاس ۱:۱ روی کاغذ A۴ در تصاویر خواسته شده ترسیم کنید :
- ۱- رسم نمای اصلی از دید F،
 - ۲- رسم نمای جانبی،
 - ۳- رسم نمای سطحی،
 - ۴- اندازه‌گذاری کامل.



شکل ۳۸ - ۱۱

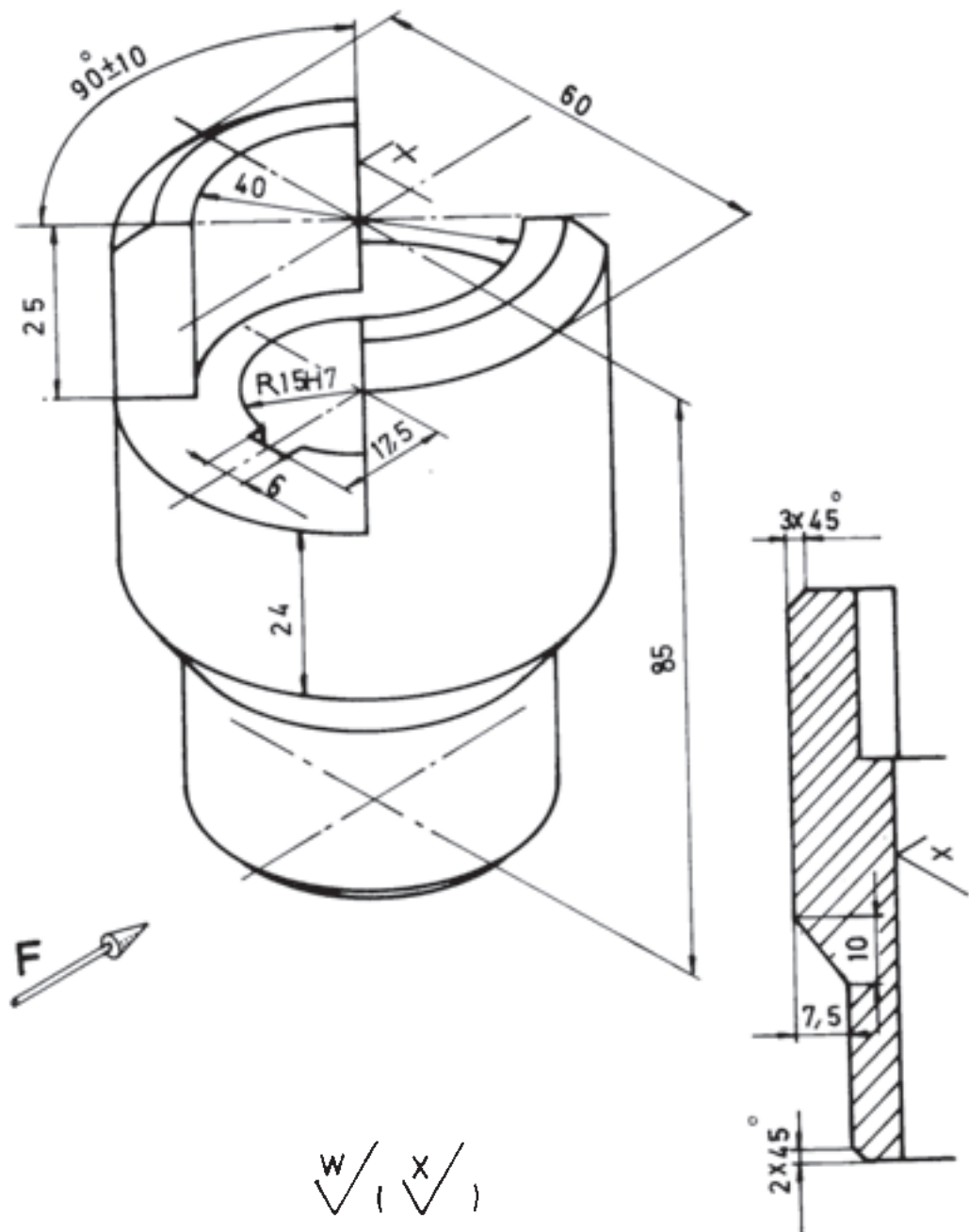
- * قطعه‌ی مکانیکی شکل ۱۱-۳۹، را که در تصویر جسم مجسم ایزومتریک رسم شده با مقیاس ۱:۱ روی کاغذ A۴ در تصاویر خواسته شده ترسیم کنید:
- ۱- رسم نمای اصلی از دید F در حالت پرش کامل،
 - ۲- رسم نمای سمت چپ،
 - ۳- رسم نمای قائم،
 - ۴- اندازه‌گذاری با علائم سطوح و تولرانس‌های لازم.



شکل ۱۱-۳۹

* در شکل ۴-۱۱ که مربوط به قسمتی از یک کوپلینگ است، تصاویر خواسته شده را با مقیاس ۱:۱ روی کاغذ A۴ رسم کنید.

- ۱- رسم تصویر قائم از جهت دید F در برش کامل،
- ۲- رسم نمای جانبی،
- ۳- رسم نمای افقی (سطحی)،
- ۴- اندازه گذاری کامل،
- ۵- تعیین کیفیت سطح Ra در سطوح تعیین شده روی نقشه.



W / (X /)

شکل ۴-۱۱

* شکل ۴۱-۱۱ که یک قطعه‌ی مکانیکی است، مطلوب است:

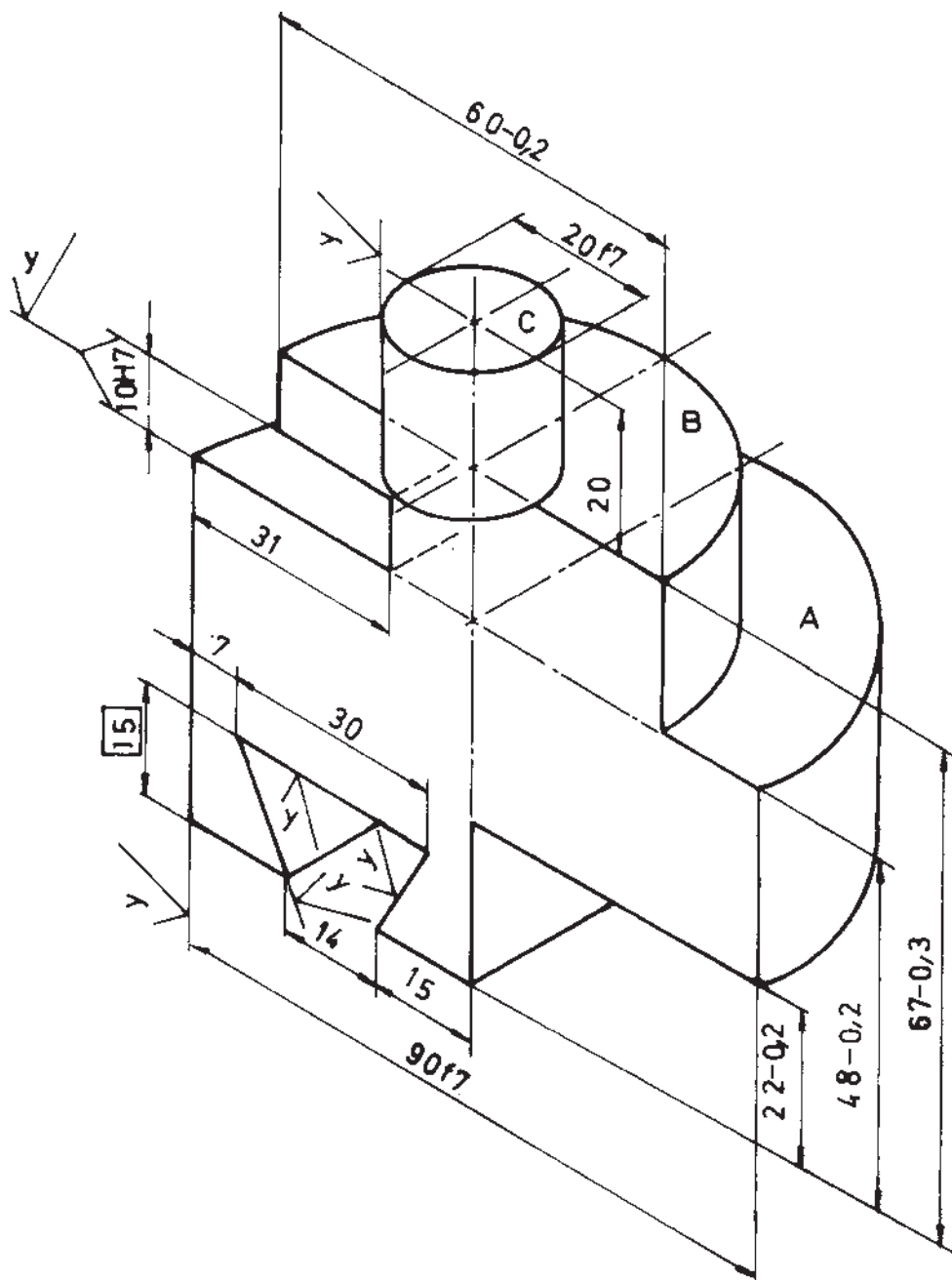
۱- رسم نمای اصلی، جانبی و سطحی با مقیاس ۱:۱،

۲- اندازه‌گذاری کامل نقشه،

۳- رسم کیفیت سطح بر اساس RZ، اگر سطوح نشان داده شده روی شکل یعنی $\sqrt{y} = \sqrt{Rz6.3}$ و بقیه‌ی

سطوح با کیفیت $\sqrt{Rz25}$ پرداخت شود.

۴- رسم تولرانس‌های ابعادی و انطباقی روی نقشه.

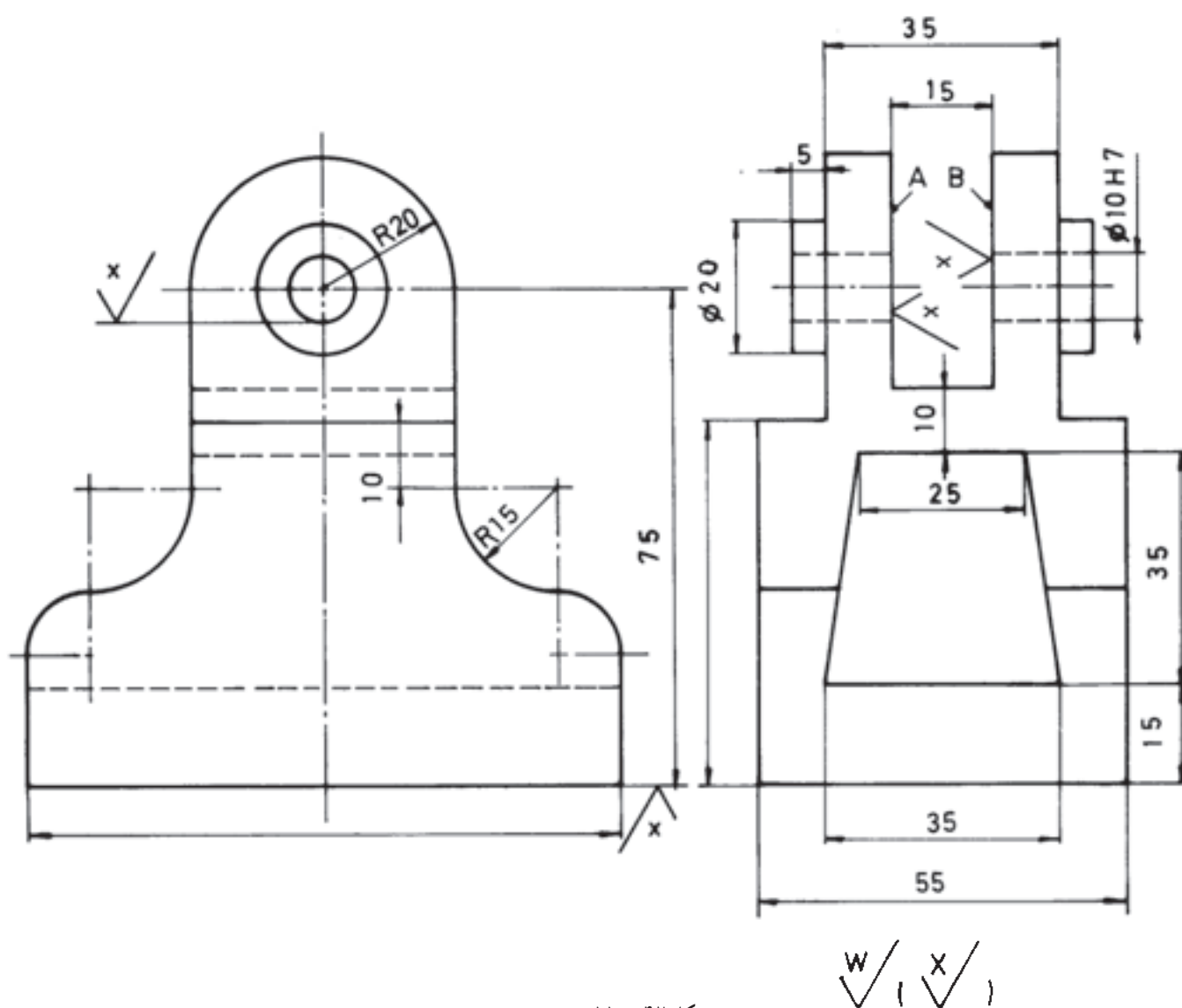


شکل ۴۱-۱۱

* برای قطعه‌ی مکانیکی داده شده در شکل ۴۲-۱۱ که در دو تصویر رسم شده است، این کارها را انجام

دهید :

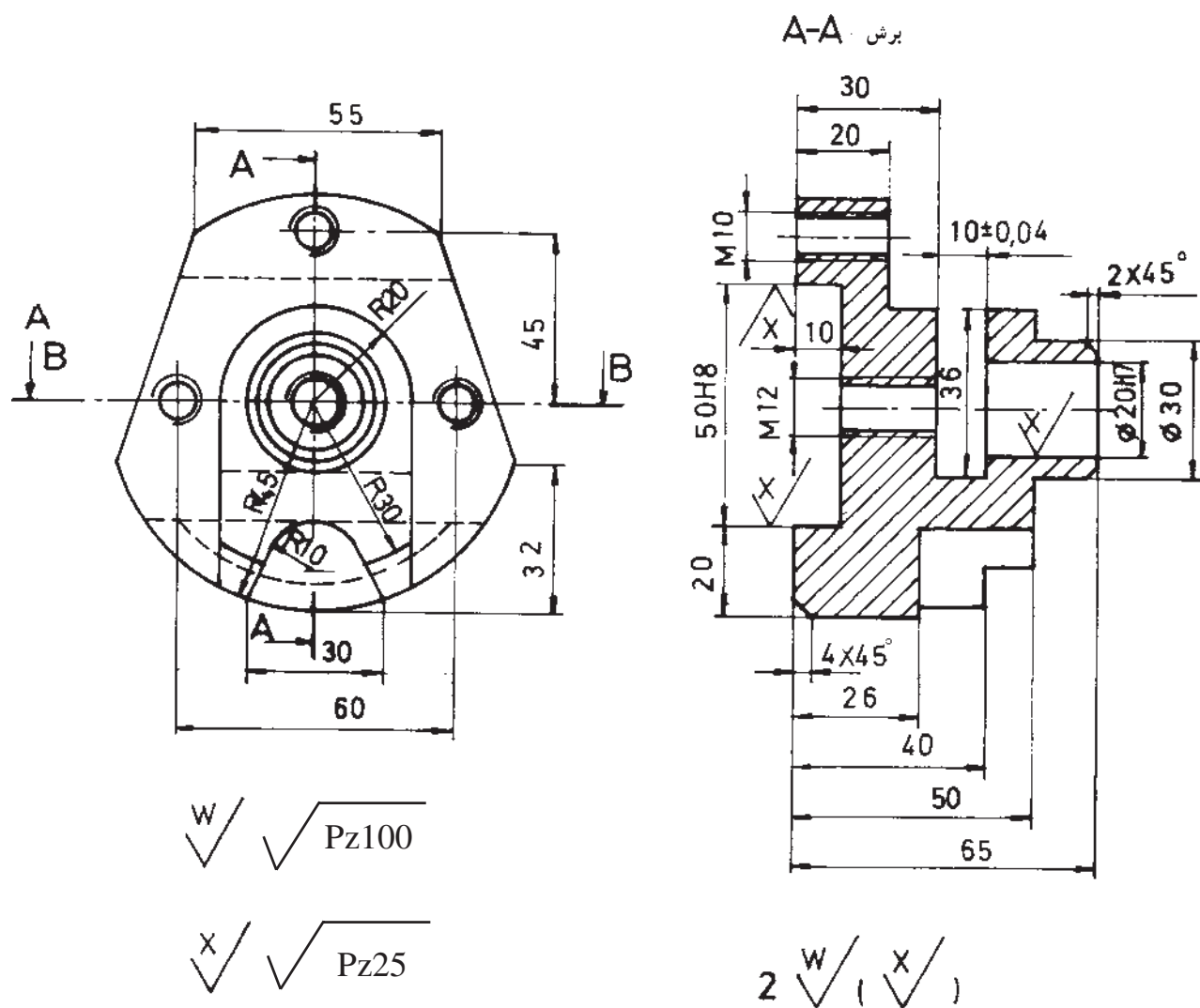
- ۱- رسم نمای اصلی،
- ۲- رسم نمای جانبی دید از چپ در برش کامل،
- ۳- رسم نمای سطحی،
- ۴- اندازه‌گذاری کامل،
- ۵- رسم کیفیت سطح سطوح تعیین شده بر اساس Ra، طبق جدول ISO 130a.



شکل ۴۲-۱۱

* برای قطعه‌ی مکانیکی داده شده در شکل ۴۳-۱۱ که در دو تصویر رسم شده، مطلوب است :

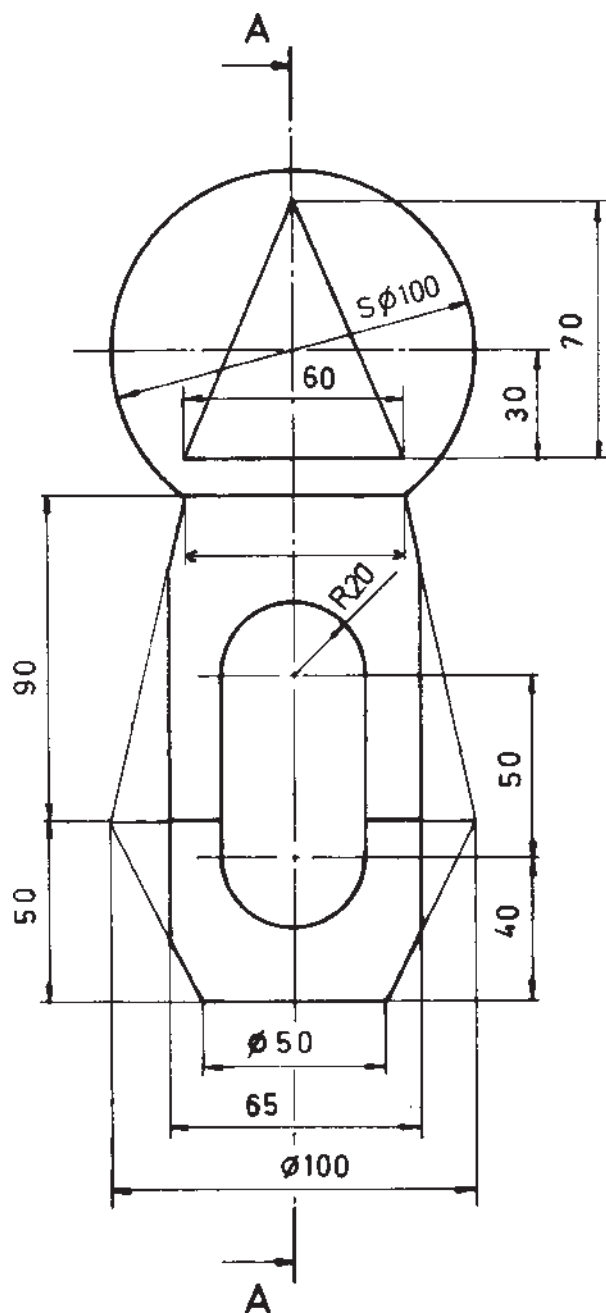
- ۱- رسم نمای اصلی،
- ۲- رسم جانبی در برش A-A،
- ۳- رسم نمای جانبی دید از راست در نمای ساده،
- ۴- رسم نمای افقی در برش B-B،
- ۵- اندازه‌گذاری کامل،
- ۶- رسم کیفیت سطح، سطوح تعیین شده بر اساس Rz،
- ۷- تعیین انحرافات فوقانی و تحتانی سوراخ $\phi 20H7$ و شکاف 50H8 از جدول انطباقات ISO.



شکل ۴۳-۱۱

* شکل ۴۴-۱۱ 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.

- ۱- رسم نمای اصلی،
- ۲- رسم نمای سطحی (رسم خطوط کمکی الزامی است)،
- ۳- رسم نمای جانبی در برش نشان داده شده در شکل،
- ۴- اندازه‌گذاری کامل،
- ۵- اگر شکاف مثلث شکل و شکاف با عرض 40° با کیفیت H6 و بقیه سطوح با کیفیت H7 پرداخت شود، صافی سطح را روی نقشه مشخص کنید.



شکل ۴۴-۱۱

فهرست منابع

1. Die technische Zeichnung

Grund fertigkeiten Metall

ناشر KLEH سال نشر 1990

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 angular dimensions.

5. DARSTELLEN DE GEOMETRIE

von Ober baurat Dipling. Rumann

از انتشارات مرکز آموزش عالی فنی انقلاب اسلامی

