کتاب دانش فنی تخصصی (ماشین ابزار)

ایران استخدام

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن
و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۰۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز ساخت و تولید

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز ساخت و تولید

خرید و دانلود

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

دانش فنی تخصصی

رشتهٔ ماشین ابزار

گروه مکانیک

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: دانش فنی تخصصی (رشته ماشین‌ابزار)ـ ۲۱۲۴۱۹
پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای وکاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی وتألیف: غلامحسن پایگانه، محمد خواجه‌حسینی، محمد مهرزادگان، احمدرضا دوراندیش، سعید آقایی، حسن عبداله‌زاده، حسن امینی، سیدمهدی فاطمی و سیدعلی حیدری (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
محمد خواجه‌حسینی، سعید آقایی، احمدرضا دوراندیش، حسن عبداله‌زاده، سیدمهدی فاطمی و سیدعلی حیدری (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی: جواد صفری (مدیر هنری) ـ مریم کیوان (طراح جلد)ـ نیما صابر (صفحه‌آرا) ـ سعید آقایی (رسام)
نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی) تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹، وب سایت: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)
تلفن: ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵
چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ نهم ۱۴۰۵

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۰ـ ۳۰۸۷ ـ ۰۵ ـ ۹۶۴ ـ ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 3087–0**



اگر یک ملتی نخواهد آسیب ببیند باید این ملت اوّلاً با هم متحد باشد، و ثانیاً در هر کاری که اشتغال دارد آن را خوب انجام بدهد. امروز کشور محتاج به کار است. باید کار کنیم تا خودکفا باشیم. بلکه ان‌شاءالله صادرات هم داشته باشیم. شما برادرها الآن عبادت‌تان این است که کار بکنید. این عبادت است.

امام خمینی «قُدِّسَ سِرُّهُ»

فهرست

پودمان ۱ـ تولرانس‌گذاری و انطباقات ۱

- تولرانس اندازه ۲
- انتخاب تولرانس ۱۰
- انطباق ۱۴
- تولرانس هندسی ۲۶
- ارزشیابی ۳۴

پودمان ۲ـ استخراج اطلاعات از نقشه‌های ترکیبی ۳۵

- نقشه‌های ترکیبی ۳۶
- کاربردهای نقشه ترکیبی ۳۷
- چگونگی تشخیص قطعات ۳۸
- مکانیزم‌ها ۳۹
- شناسایی مکانیزم‌ها ۴۶
- راهنمای سوراخ‌کاری ۵۲
- نقشه انفجاری ۵۶
- اندازه‌گذاری اجرایی ۵۷
- کدهای اضافه ۶۶
- نقشه اجرایی ۶۸
- مشخصات فنی ۷۲
- نقشه‌های تداخل ۷۵
- گسترش ۷۹
- جداول و نقش آنها در کار فنی ۸۰
- نقشه‌های تعمیرات ۸۲

- ارزشیابی ۸۳

پودمان ۳ـ مدل‌سازی به کمک رایانه (CAD) ۸۵

- روند مدل‌سازی در نرم‌افزارهای CAD ۸۷
- تجزیه و تحلیل احجام مرکب ۸۹
- رابط کاربر نرم‌افزار سالیدورکز ۹۱
- تغییر نما و نحوهٔ نمایش مدل ۹۳
- ترسیم اسکچ ۹۶
- ابزارهای ترسیمی ۹۷
- الگوها یا آرایه‌ها ۱۰۲
- اندازه‌گذاری اسکچ ۱۰۳
- قیدگذاری اسکچ ۱۰۶
- مدل‌سازی احجام دوار ۱۲۱
- مدل‌سازی با استفاده از اکسترود پروفیل در یک مسیر ۱۲۲
- مدل‌سازی بین مقاطع ۱۲۴
- سوراخ‌کاری ۱۲۶
- گرد کردن لبه‌های مدل ۱۲۹
- پخ زدن لبه‌های مدل ۱۳۰
- ایجاد الگوی خطی ۱۳۱
- ایجاد الگوی دایره‌ای ۱۳۲
- تقارن در مدل‌سازی ۱۳۴
- ایجاد تیغه‌های تقویتی ۱۳۵
- ایجاد پوسته و توخالی کردن مدل ۱۳۶

- شیب‌دار کردن سطوح مدل ۱۳۷
- عناصر مرجع در سالیدورکز ۱۳۹
- نماگیری از مدل ۱۴۳
- ارزشیابی ۱۵۵

پودمان ۴ـ روش‌های ساخت به کمک رایانه (CAM) ۱۵۷

واحد یادگیری ۱ـ پاورمیل ۱۵۸
- نقاط صفر و مرجع ۱۵۹
- ضرورت استفاده از نرم‌افزارهای CAM ۱۶۰
- مراحل کار در نرم‌افزار پاورمیل ۱۶۲

واحد یادگیری ۲ـ کار با چاپگر سه‌بعدی ۲۲۱
- روش‌های متداول ساخت قطعات ۲۲۲
- چاپگر سه‌بعدی ۲۲۲
- آموزش کار با نرم‌افزار ۲۲۵
- ارزشیابی ۲۲۴

پودمان ۵ـ کسب اطلاعات فنی ۲۳۵
- واحد یادگیری مهارت‌های کسب اطلاعات فنی ۲۳۶
- مهارت کسب اطلاعات فنی ۲۳۶
- بسترهای دسترسی به اطلاعات ۲۳۹
- زبان تخصصی ۲۴۱
- ارزشیابی ۲۵۸
- منابع ۲۵۹

سخنی با هنرآموزان

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش‌وپرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و تغییرات سریع عصر فناوری و نیازهای متغیر جامعه بشری و دنیای کار و مشاغل، برنامه درسی رشته ماشین ابزار بازطراحی و براساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. این کتاب و درس از خوشه دروس شایستگی‌های فنی می‌باشد که در سبد درسی هنرجویان برای سال دوازدهم تدوین و تألیف شده است. و مانند سایر دروس شایستگی و کارگاهی دارای ۵ پودمان می‌باشد. کتاب دانش فنی تخصصی مباحث نظری و تفکیک‌شده دروس کارگاهی و سایر شایستگی‌های رشته را تشکیل نمی‌دهد بلکه پیش‌نیازی برای شایستگی‌های لازم در سطوح بالاتر صلاحیت حرفه‌ای ـ تحصیلی می‌باشد. هدف کلی کتاب دانش فنی تخصصی آماده‌سازی هنرجویان برای ورود به مقاطع تحصیلی بالاتر و تأمین نیازهای آنان در راستای محتوای دانش‌نظری است. یکی از پودمان این کتاب با عنوان «کسب اطلاعات فنی» با هدف یادگیری مادام‌العمر و توسعه شایستگی‌های هنرجویان بعد از دنیای آموزش و ورود به بازار کار، سازماندهی محتوایی شده است. این امر با آموزش چگونگی استخراج اطلاعات فنی موردنیاز از متون فنی غیر فارسی و جداول، راهنمای ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی و درک مطلب آنها در راستای توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای محقق خواهد شد. تدریس کتاب در کلاس درس به صورت تعاملی و با محوریت هنرآموز و هنرجوی فعال صورت می‌گیرد.

به مانند سایر دروس هنرآموزان گرامی برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش ارزشیابی پایانی و مستمر تشکیل می‌شود. این کتاب مانند سایر کتاب‌ها جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ برخی از فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیرفنی و سایر مراحل کلیدی براساس استاندارد عملکرد از ملزومات کسب شایستگی‌های فنی و غیرفنی می‌باشند.

کتاب دانش فنی تخصصی شامل پودمان‌هایی به شرح زیر است :

پودمان اول : تولرانس‌گذاری و انطباقات

پودمان دوم : استخراج اطلاعات از نقشه‌های ترکیبی

پودمان سوم : مدل‌سازی به کمک رایانه

پودمان چهارم : روش‌های ساخت به کمک رایانه

پودمان پنجم : کسب اطلاعات فنی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نظرسنجی کتاب درسی

سخنی با هنرجویان

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌های درسی تغییر رویکرد آموزشی، آموزش و ارزشیابی مبتنی‌بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار در محیط واقعی براساس استاندارد عملکرد تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی ـ حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی درنظر گرفته شده است :

۱ـ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند برش‌کار، مونتاژکار تراشکار

۲ـ شایستگی‌های غیرفنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند مسئولیت‌پذیری، نوآوری و مصرف بهینه انرژی

۳ـ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم‌افزارها

۴ـ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

براین‌اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی‌وحرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی‌وحرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف برای هر یک از کتاب‌های درسی در هر رشته است.

درس دانش فنی تخصصی، از خوشه دروس شایستگی‌های فنی می‌باشد که ویژه رشته ماشین‌ابزار برای پایهٔ ۱۲ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های فنی و غیرفنی این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و توسعه آن براساس جدول توسعه حرفه‌ای بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده در این کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

این کتاب نیز شامل پنج پودمان است. هنرجویان عزیز پس از طی فرایند یاددهی ـ یادگیری هر پودمان می‌توانند شایستگی‌های مربوط به آن را کسب کنند. در پودمان «کسب اطلاعات فنی» هدف توسعه شایستگی‌های حرفه‌ای شما بعد از اتمام دوره تحصیلی در مقطع کنونی است تا بتوانید با درک مطالب از منابع غیرفارسی در راستای یادگیری در تمام طول عمر گام بردارید. و در دنیای متغیر و متحول کار و فناوری اطلاعات خود را به‌روزرسانی کنید. هنرآموز محترم شما مانند سایر دروس این خوشه برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. درصورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. در کارنامه شما این درس شامل ۵ پودمان درج شده که هر پودمان از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی تشکیل می‌شود. و چنانچه در یکی از پودمان‌ها نمره قبولی را کسب نکردید، لازم است در همان پودمان‌ها مورد ارزشیابی قرار گیرید. همچنین این درس دارای ضریب ۴ بوده و در معدل کل شما تأثیر می‌گذارد.

همچنین در کتاب همراه هنرجو واژگان پرکاربرد تخصصی در رشته تحصیلی ـ حرفه‌ای شما آورده شده است. **کتاب همراه هنرجوی خود را هنگام آزمون و ارزشیابی حتماً همراه داشته باشید.**

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی مانند مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به‌کار گیرید.

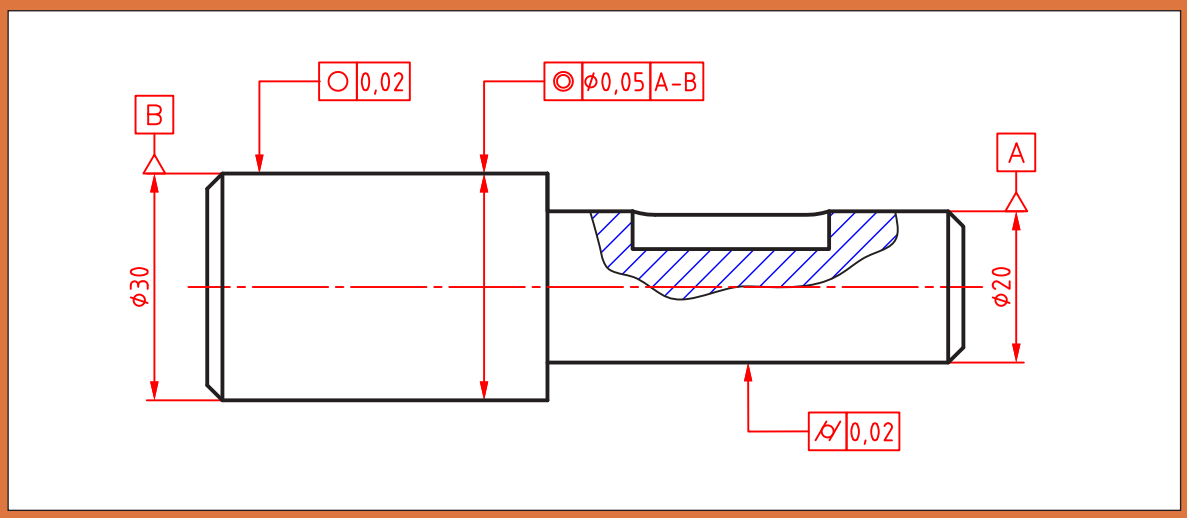
رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است، لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در ارتباط با رعایت مواردی که در کتاب آمده است را در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

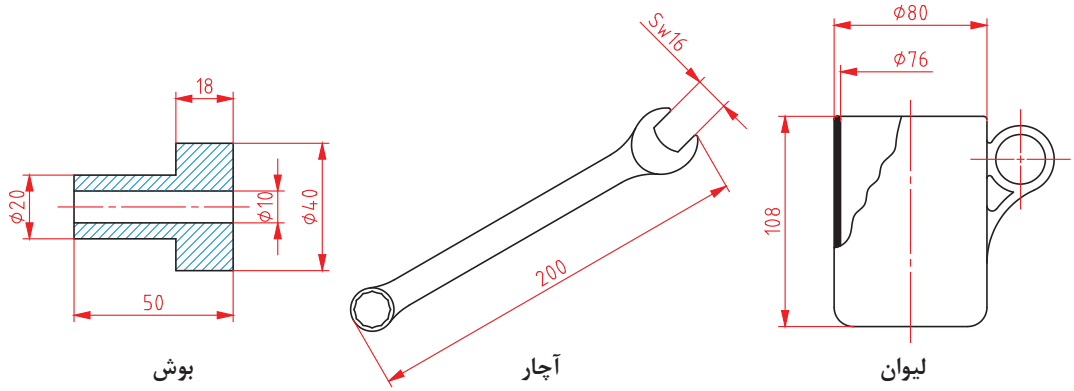
پودمان ۱

تولرانس گذاری و انطباقات



تولرانس اندازه

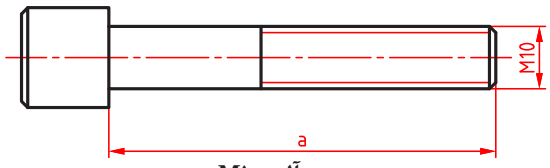
به شکل‌های داده شده دقت کنید. در آنها اندازه‌های گوناگونی دیده می‌شود. روشن است که این اندازه‌ها برای ساخت مورد نیاز هستند. اما آیا همه آنها باید دقیق باشند؟



بوش　　آچار　　لیوان

شکل ۱

ممکن است به سادگی بگوییم بله! ولی دقت یعنی چه و مفهوم این جمله «اندازه‌ها باید دقیق باشند» چیست؟

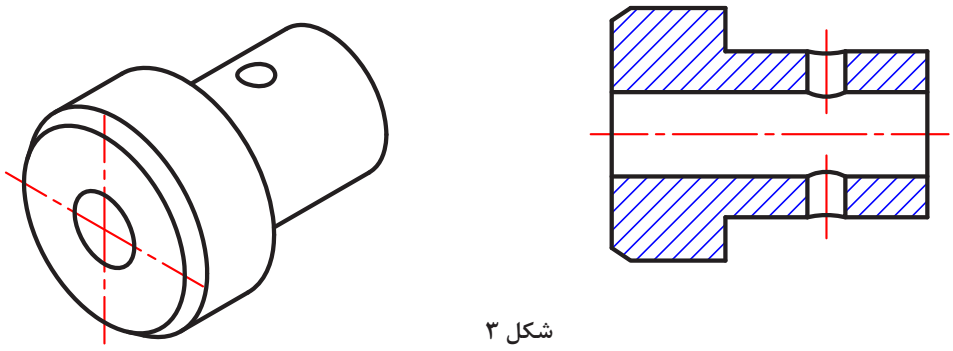


پیچ آلن M۱۰

شکل ۲

دقت، در لغت به معنای باریک شدن، باریکی و باریک‌بینی است، اما در مفهوم فنی آن، میزان نزدیکی دو چیز، مانند اندازه‌ای به اندازه مبنا (که آن را اندازه نامی خواهیم نامید) را گوییم. پس اندازه a هر چه به اندازه واقعی و مطلق (نامی) نزدیک‌تر باشد، گوییم دقیق‌تر است.

اکنون که تا حدودی با مفهوم «دقیق» آشنا شدیم، می‌توان این پرسش را مطرح کرد که: آیا در هر یک از قطعات، همه اندازه‌ها باید با یک دقت ساخته شوند؟ در اینجا با احتیاط بیشتری پاسخ خواهیم داد! چرا؟ به نظر شما چند اندازه را باید بدانیم تا بتوانیم، بوش زیر را بسازیم؟



شکل ۳

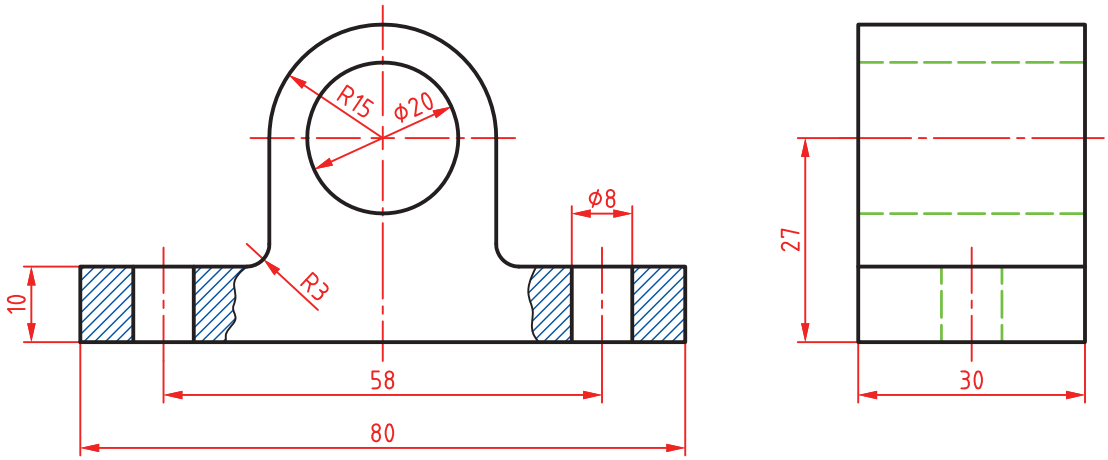
اکنون اگر قرار باشد که قطر سوراخ ۱۲ باشد، و ما در پایان کار آن را ۱۲/۱ بسازیم، می‌گوییم، ۰/۱ خطا کرده‌ایم و اگر سوراخ قطعه دوم را ۱۲/۲ بسازیم می‌گوییم ۰/۲ خطا کرده‌ایم، اما قطعه اول نسبت به قطعه دوم دقیق‌تر است! چرا؟ زیرا خطای ساخت سوراخ کمتر و اندازه آن به اندازه ایده‌آل یعنی ۱۲/۰ نزدیک‌تر است.

تجربه صنعتی نشان می‌دهد که هر چه اندازه‌ها دقیق‌تر باشند، قطعه عملکرد بهتری خواهد داشت. ولی یک اصل وجود دارد: ساخت اندازه دقیق‌تر، گران‌تر تمام می‌شود. بنابراین طراحان، دقت اندازه‌ها را آنقدر در نظر می‌گیرند که قطعه، وظایف خود را به‌خوبی انجام دهد.

نکته

ساخت قطعات با دقت بیشتر از حد نیاز موجب افزایش بهای تمام شده خواهد شد.
از نظر فنی ساخت یک اندازه مطابق اندازهٔ نامی به‌طور دقیق امکان ندارد.

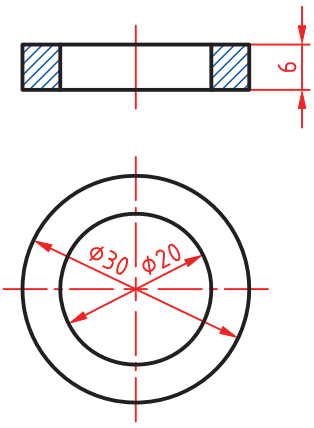
موضوع دیگر، خود اندازه است. ما اندازه‌های یک قطعه را در دو بخش بررسی می‌کنیم:
الف) آن اندازه‌هایی که به اندازه دیگری وابسته نیستند (اما باید خطای آنها مشخص شود)؛
ب) اندازه‌هایی که باید با اندازه دیگری هماهنگ شوند (اما باید خطای آنها مشخص شود).
به سادگی درک می‌شود که مقدار خطا در حالت ب، بسیار تعیین‌کننده است. چرا؟
به شکل نگاه کنید. به نظر شما کدام اندازه با اندازه دیگری مرتبط است؟ و کدام اندازه به اندازه دیگری مربوط نمی‌شود؟ از هر کدام دو مورد را مشخص کنید.



شکل ۴

تولرانس یا رواداشت (Tolerance): مقدار خطای مجاز در ساخت یک اندازه را «تولرانس» یا «رواداشت» گویند.
مقدار تولرانس را می‌توان با حرف T مشخص نمود.

پرسش: برای ساخت یک واشر فولادی اندازه‌ها مطابق شکل کافی است، اما:



شکل ۵

اگر این نقشه را به سازنده بدهیم، یا آن را نمی‌سازد یا ممکن است با خطاهایی بسازد که مورد قبول ما نباشد. زیرا اندازه‌های موجود، اندازه‌های نامی هستند که دقت آنها مشخص نشده است. یعنی تکلیف آنها از نظر اعشار میلی‌متر معین نیست.

فعالیت ۱

با توجه به آشنایی با کار واشر، تعیین کنید چه میزان خطا در ساخت دو قطر درونی و بیرونی منطقی است. آیا می‌توانید روی شکل این خطاها را مشخص کنید؟ نظرات خود را با هنرآموز در میان بگذارید.

اکنون برای درک بهتر مفهوم تولرانس اندازه باید تا حدودی با واژه‌های کلیدی این بحث آشنا شویم.

۱ـ انواع اندازه: که بر حسب کارکرد قطعه در دو گونه بررسی می‌شود:

الف) اندازه مؤثر یا وابسته (F)، مانند اندازه قطر سوراخ واشر بالا (زیرا این اندازه با اندازه دیگری ارتباط خواهد داشت).

ب) اندازه غیرمؤثر یا غیروابسته یا آزاد (NF). مانند قطر بیرونی واشر (زیرا با اندازه دیگری به‌طور مستقیم در ارتباط نیست).

۲ـ اندازه نامی (N): همان اندازه‌ای است که روی قطعه گذاشته می‌شود. به گونه‌ای که می‌توان آن را اندازه ایده‌آل طراح دانست. مانند ∅۲۰ یا ∅۳۰ و یا ضخامت ۶ روی واشر.

۳ـ بزرگ‌ترین اندازه (اندازه بیشینه): بیشترین اندازه مجاز یک طول که به آن بزرگ‌ترین اندازه مجاز هم می‌گویند. وقتی قطر بیرونی واشر ۳۰ باشد و طراح بیشترین اضافه اندازه ۰/۲ را برای آن مجاز دانسته، گوییم بزرگ‌ترین اندازه ۳۰/۲ است (و بزرگ‌تر از آن غیرقابل قبول خواهد بود).

۴ـ کوچک‌ترین اندازه (اندازه کمینه): کمترین اندازه مجاز یک طول که به آن کوچک‌ترین اندازه مجاز هم گویند. وقتی قطر بیرونی واشر ۳۰ باشد و طراح ۰/۲−، کاهش اندازه را مجاز دانسته، گوییم کوچک‌ترین اندازه ۲۹/۸ است (و کمتر از آن رد می‌شود).

۵ـ مقدار تولرانس: تولرانس یا خطای کلی مجاز در حقیقت همان اختلاف میان بزرگ‌ترین اندازه و کوچک‌ترین اندازه قابل قبول خواهد بود. پس می‌توان گفت:

(کوچک‌ترین اندازه مجاز) − (بزرگ‌ترین اندازه مجاز) = تولرانس

برای نمونه، تولرانس اندازه ۳۰ برای واشر:

تولرانس = (۳۰/۲) − (۲۹/۸) = ۰/۴

۶ـ انحراف بالایی (بیراهی بالایی): عبارت است از اختلاف اندازه نامی و بزرگ‌ترین اندازه. پس:

انحراف بالایی = (بزرگ‌ترین اندازه) − (اندازه نامی)

و برای قطر بیرونی واشر:

انحراف بالایی = (۳۰/۲) − (۳۰) = ۰/۲

۷ـ انحراف پایینی (بیراهی پایینی): عبارت است از اختلاف اندازه نامی و کوچک‌ترین اندازه. پس:

انحراف پایینی = (کوچک‌ترین اندازه) − (اندازه نامی)

و برای قطر بیرونی واشر:

انحراف پایینی = (۲۹/۸) − (۳۰) = −۰/۲

پس برای تولرانس می‌توان فرمول تازه‌ای هم داشت:

تولرانس = (انحراف بالایی) − (انحراف پایینی)

و در مورد قطر بیرونی واشر:

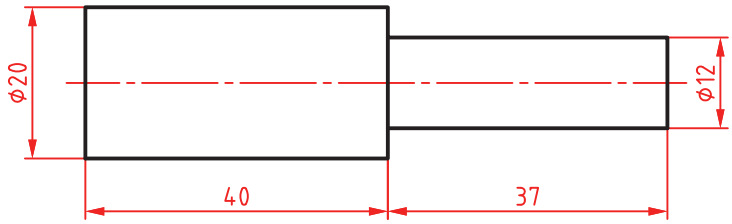
تولرانس = (۰/۲) − (−۰/۲) = ۰/۴

یادداشت: تولرانس همیشه عددی است مثبت. چرا؟

۸ـ اندازه کنونی (فعلی): این اندازه همان است که با ابزار به دست می‌آید. این اندازه زمانی پذیرفته است که میان بزرگ‌ترین اندازه و کوچک‌ترین اندازه قرار گیرد.

فعالیت ۲

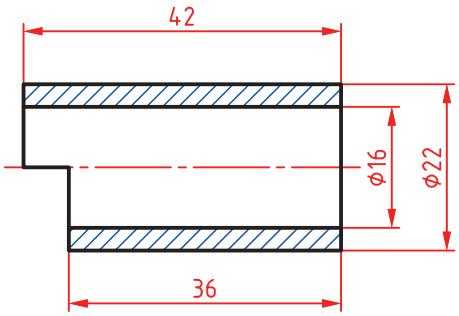
در شکل داده شده، طراح برای قطرها ۰/۱۵، اضافه و ۰/۱۵- کاهش و برای طول‌ها ۰/۲۵، اضافه و ۰/۲- کاهش را مجاز دانسته است. بیشترین و کمترین قطرها و طول‌ها را مشخص کنید. در هر مورد تولرانس چیست؟ برای طول کلی قطعه، کمینه و بیشینه و تولرانس چیست؟ نتایج به‌دست آمده را به دید هنرآموز برسانید.



شکل ۶

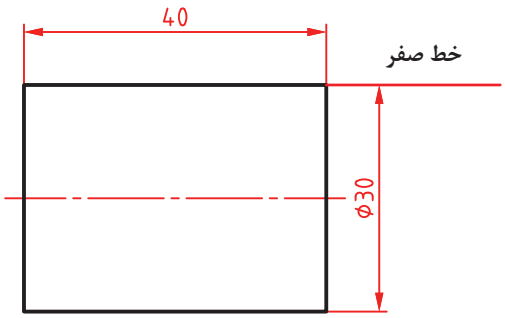
فعالیت ۳

با فرض‌های فعالیت ۲، خواسته‌ها را برای قطعه داده شده تعیین کنید.



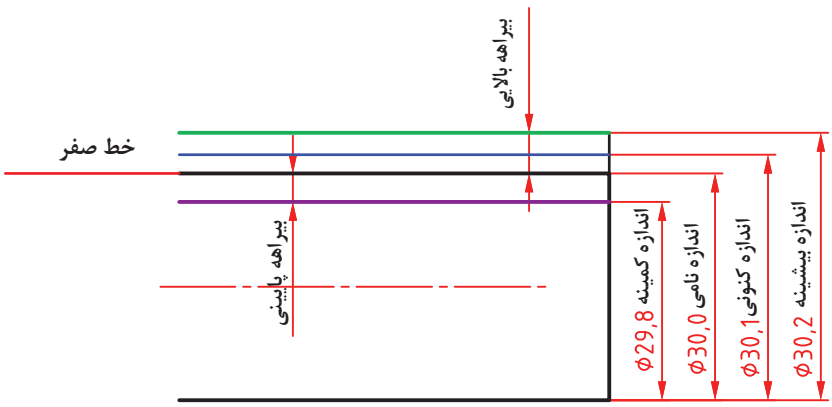
شکل ۷

۹ـ خط صفر: این خط نمایش‌دهنده اندازه نامی است. در شکل، خط صفر برای میله به قطر نامی ۳۰ داده شده است.



شکل ۸

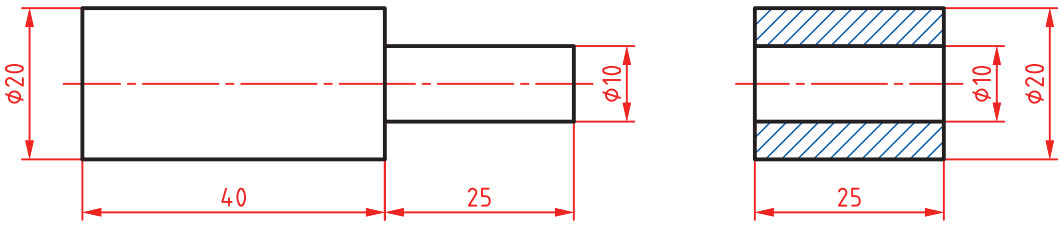
برای میله به قطر ۳۰، مفاهیم اندازه نامی، انحراف بالایی، انحراف پایینی، بزرگ‌ترین اندازه، کوچک‌ترین اندازه و اندازهٔ کنونی را ببینید.



شکل ۹

فعالیت ۴

قطعات لولا، مطابق شکل است که روی آنها اندازه‌های نامی گذاشته شده است. با توجه به خواسته‌های زیر جدول‌های زیر را کامل کنید.



شکل ۱۰

- تولرانس سوراخ ۰/۱ و انحراف بالایی آن ۰/۱
- تولرانس میله به قطر ۱۰ برابر ۰/۱۵ با انحراف پایینی ۰/۱۵-
- برای استوانه‌ها به قطر ۲۰، تولرانس ۰/۲ با انحراف بالایی ۰/۱
- برای طول‌ها تولرانس ۰/۴ با انحراف پایینی ۰/۲-

بوش

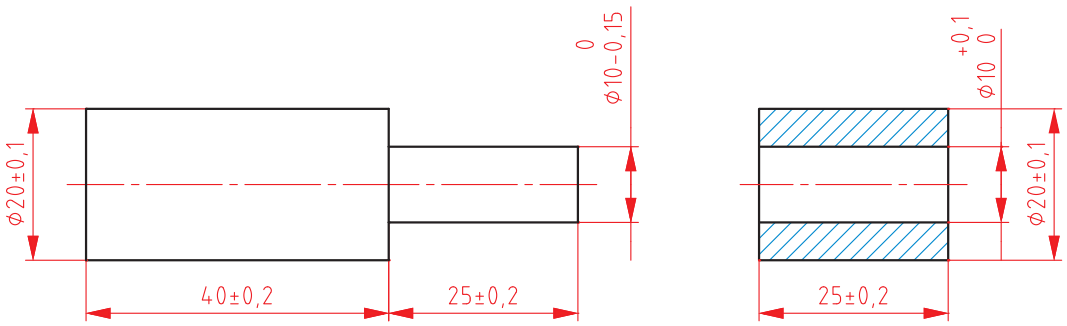
بیشترین طول	کمترین طول	بزرگ‌ترین قطر سوراخ	کوچک‌ترین قطر سوراخ	بزرگ‌ترین قطر ۲۰∅	کوچک‌ترین قطر ۲۰∅

میله

بیشترین طول ۲۰∅	کمترین طول ۲۰∅	بیشترین طول ۱۰∅	کمترین طول ۱۰∅	بزرگ‌ترین قطر ۲۰∅	کمترین قطر ۲۰∅	بزرگ‌ترین قطر ۱۰∅	کمترین قطر ۱۰∅	بیشترین طول کلی	کمترین طول کلی

پرسش: چرا طراح برای میله به قطر ۱۰، بزرگ‌ترین قطر را ۱۰ و برای سوراخ کوچک‌ترین قطر را ۱۰ در نظر گرفته است؟

به این ترتیب می‌توان نقشه کارگاهی را به صورت زیر داد (بعداً خواهید دید که روش مناسب‌تری هم وجود دارد).

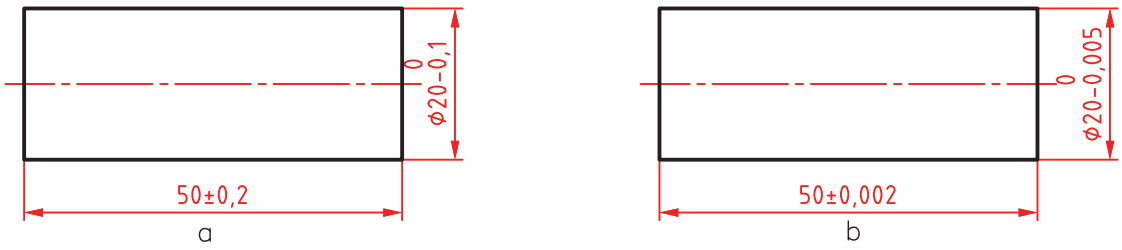


شکل ۱۱

۱۰ـ کیفیت تولرانس: هر چه مقدار تولرانس را برای یک اندازه، کمتر در نظر بگیریم، گوییم اندازه مرغوب‌تر و کیفیت آن بالاتر است (اما می‌دانیم که رسیدن به اندازه قابل قبول مشکل‌تر می‌شود. چرا؟)

فعالیت ۵

با دوستانتان مشورت کنید و به دو پرسش زیر پاسخ دهید:
چرا می‌گوییم هر چه اندازه‌ای دقیق‌تر شود، ساخت آن مشکل‌تر می‌شود؟
چرا ساخت میله b نسبت به میله a گران‌تر تمام می‌شود؟



شکل ۱۲

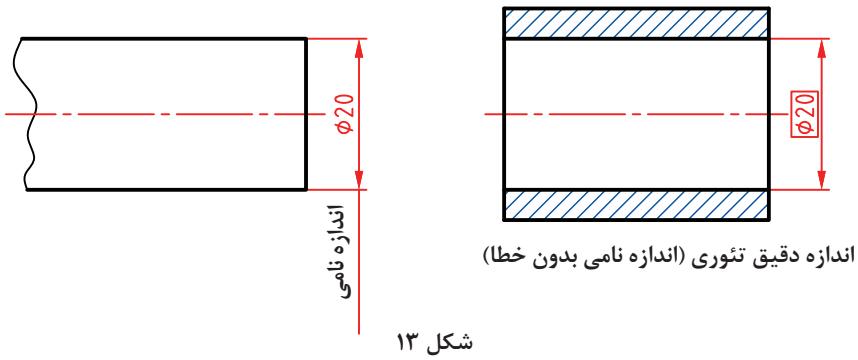
نتایج گفت‌وگو را بنویسید و به دید هنرآموز برسانید.

۱۱ـ موقعیت تولرانس: چگونگی قرار گرفتن انحراف بالایی و انحراف پایینی را نسبت به اندازه نامی، موقعیت تولرانس گویند.

۱۲ـ میدان تولرانس: میدان تولرانس، مجموعه کیفیت و موقعیت تولرانس است.

با آوردن یک نمونه، مفهوم میدان تولرانس روشن می‌شود.

فرض کنید می‌خواهیم یک میله به قطر ۲۰ را در بوشی که به قطر فرضی و دقیق ۲۰ ساخته شده، در حالت‌های گوناگون جا بزنیم. برای میله تولرانس ۰/۴ را در نظر می‌گیریم (با این فرض که قطر سوراخ بدون خطا باشد).



شکل ۱۳

حالت یکم: می‌خواهیم میله ساخته شده، همواره به راحتی در سوراخ وارد شود (می‌گوییم بازی‌دار باشد). بنابراین همواره باید قطر میله کمتر از قطر سوراخ باشد. در اینجا انحراف بالایی و انحراف پایینی را می‌توان به صورت‌های گوناگون برگزید. یک نمونه مطابق شکل است.

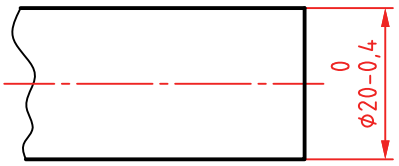


شکل ۱۴

در اینجا می‌گوییم موقعیت تولرانس را به گونه‌ای انتخاب کرده‌ایم که همواره اندازه کنونی زیر اندازه نامی باشد. به نظر شما کدام قطرهای ساخته شده قابل قبول خواهد بود؟

∅ ۱۹/۸ ∅ ۱۹/۴ ∅ ۲۰/۰ ∅ ۱۹/۹ ∅ ۱۹/۷

حالت دوم: می‌خواهیم بیشترین قطر میله، از اندازه نامی بیشتر نشود، پس شکل زیر را داریم:

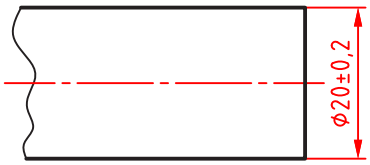


شکل ۱۵

در اینجا هم هدف طراح بازی‌دار بودن است اما با بازی کمتر نسبت به حالت یکم. بنابراین کدام اندازه‌های ساخته شده، قابل قبول خواهد بود؟

∅ ۱۹/۸ ∅ ۱۹/۵ ∅ ۲۰/۱ ∅ ۱۹/۷ ∅ ۲۰/۰

حالت سوم: می‌خواهیم میله تقریباً بدون لقی یا به حالت روان و عبوری وارد بوش شود. در این صورت برای تولرانس حدّی بالای صفر و حدّی زیر صفر انتخاب می‌کنیم. برای نمونه:



شکل ۱۶

روشن است که اگر بتوانیم تولرانس را کمتر و کمتر بگیریم به مقصود خود نزدیک‌تر خواهیم شد. در این حالت کدام اندازه‌های ساخته شده قبول خواهد بود؟

∅ ۲۰/۰ ∅ ۱۹/۹ ∅ ۲۰/۳ ∅ ۲۰/۲ ∅ ۲۰/۱

حالت چهارم: می‌خواهیم میله با اعمال نیرو وارد بوش شود. در این صورت میله را به‌گونه‌ای می‌سازیم که کوچک‌ترین اندازه آن برابر قطر نامی سوراخ باشد. پس شکل را خواهیم داشت:

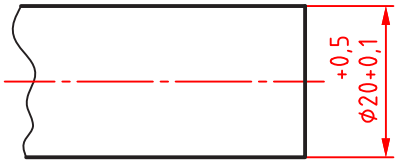


شکل ۱۷

در این حالت کدام اندازه‌های ساخته شده مردود خواهند بود؟

∅ ۲۰/۱ ∅ ۲۰/۵ ∅ ۲۰/۳ ∅ ۱۹/۹ ∅ ۱۹/۸

حالت پنجم: اگر بخواهیم همواره نیروی زیاد برای ورود میله به سوراخ لازم باشد، باید اندازه میله را به گونه‌ای بسازیم که همواره از اندازه سوراخ بزرگ‌تر باشد. پس حالت‌های بسیاری خواهیم داشت که یک نمونه‌اش در شکل ارائه شده است.



شکل ۱۸

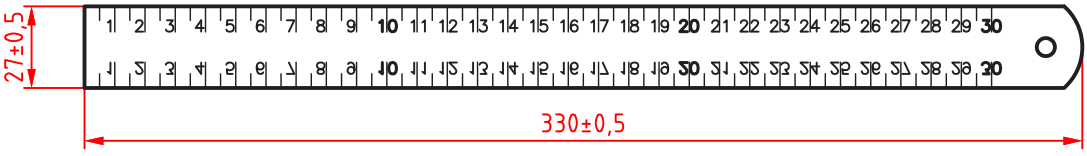
در این حالت کدام اندازه‌های ساخته شده قابل قبول هستند؟

∅ ۲۰/۰ ∅ ۲۰/۶ ∅ ۲۰/۱ ∅ ۱۹/۸ ∅ ۱۹/۹

انتخاب تولرانس

برای ساخت با سه روش می‌توان تولرانس را انتخاب کرد:

الف) با توجه به تجربه و توانایی‌های فنی خود، که این انتخاب تنها برای اندازه‌های غیرمؤثر یا آزاد خواهد بود. برای نمونه می‌توان طول و عرض خط‌کش فلزی ۳۰ سانتی‌متری را مطابق شکل داد:



شکل ۱۹

ب) باز هم برای اندازه‌های آزاد (غیرمؤثر) می‌توان جدولی استاندارد را به کار برد. این جدول با عنوان ISO۲۷۶۸ در استاندارد ایزو مشخص شده است.

اندازه mm	ظریف f صنایع ظریف	متوسط m ماشین‌سازی سبک	خشن c صنایع سبک و سنگین	خیلی خشن vc صنایع سنگین
۰/۵ < تا ۳	± ۰/۰۵	± ۰/۱	ـــــ	ـــــ
۳ < تا ۶	± ۰/۰۵	± ۰/۱	± ۰/۲	± ۰/۵
۶ < تا ۳۰	± ۰/۱	± ۰/۲	± ۰/۵	± ۱
۳۰ < تا ۱۲۰	± ۰/۱۵	± ۰/۳	± ۰/۸	± ۱/۵
۱۲۰ < تا ۴۰۰	± ۰/۲	± ۰/۵	± ۱/۲	± ۲
۴۰۰ < تا ۱۰۰۰	± ۰/۳	± ۰/۸	± ۲	± ۳
۱۰۰۰ < تا ۲۰۰۰	± ۰/۵	± ۱/۲	± ۳	± ۴
۲۰۰۰ < تا ۴۰۰۰	± ۰/۸	± ۲	± ۴	± ۶
۴۰۰۰ < تا ۸۰۰۰	ـــــ	± ۳	± ۵	± ۸

جدول تولرانس‌های آزاد ایزو به شماره ۲۷۶۸

یادداشت: در ستون اندازه‌ها دقت کنید که هر ردیف محدوده‌ای برای تولرانس داده شده را معین کرده است. برای نمونه در ردیف چهارم نوشته شده: ۶ < تا ۳۰ که تولرانس داده شده ۰/۲ ± در ستون متوسط (m) به اندازه‌های بزرگ‌تر از ۶ (و نه خود ۶) تعلق دارد تا ۳۰ (و خود ۳۰). به همین ترتیب برای همه ردیف‌ها.

پرسش: تولرانس خشن برای اندازه ۲۰۰۰، تولرانس ظریف برای ۳ و تولرانس متوسط برای ۶۰۰ چیست ؟

تولرانس زاویه

برای زاویه‌ها هم جدول تولرانس آزاد با همان شماره ۲۷۶۸ موجود است.

اندازه ضلع کوتاه زاویه		تا ۱۰	۱۰ < تا ۵۰	۵۰ < تا ۱۲۰	۱۲۰ < تا ۴۰۰
تولرانس	درجه، دقیقه	± ۱°	± ۳۰′	± ۲۰′	± ۱۰′
	mm در طول	± ۱/۸	± ۰/۹	± ۰/۶	± ۰/۳

جدول تولرانس‌های آزاد زاویه ایزو به شماره ۲۷۶۸

دیده می‌شود که تولرانس زاویه فاقد مراحل ظریف یا خشن است (تنها حالت متوسط دارد).

پ) برای اندازه‌های مؤثر (وابسته) باید جدول اصلی تولرانس‌های ایزو را به کار برد. این جدول بر خلاف دو جدول تولرانس‌های آزاد که تجربی هستند، بر پایه اصول، قواعد و محاسبات تنظیم شده است.

جدول تولرانس‌های اصلی ایزو

گروه‌های اندازه mm	۰۱	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸
	میکرون متر µm													میلی‌متر mm						
≤ ۳	۰/۳	۰/۵	۰/۸	۱/۲	۲	۳	۴	۶	۱۰	۱۴	۲۵	۴۰	۶۰	۰/۱	۰/۱۴	۰/۲۵	۴	۶	۱	۱/۴
> ۳ تا ۶	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۵	۸	۱۲	۱۸	۳۰	۴۸	۷۵	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۳	۰/۴۸	۰/۷۵	۱/۲	۱/۸
> ۶ تا ۱۰	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۹	۱۵	۲۲	۳۶	۵۸	۹۰	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۳۶	۰/۵۸	۰/۹	۱/۵	۲/۳
> ۱۰ تا ۱۸	۰/۵	۰/۸	۱/۲	۲	۳	۵	۸	۱۱	۱۸	۲۷	۴۳	۷۰	۱۱۰	۰/۱۸	۰/۲۷	۰/۴۳	۰/۷	۱/۱	۱/۸	۲/۷
> ۱۸ تا ۳۰	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۹	۱۳	۲۱	۳۲	۵۲	۸۴	۱۳۰	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۵۲	۰/۸۴	۱/۳	۲/۱	۳/۳
> ۳۰ تا ۵۰	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۷	۱۱	۱۶	۲۵	۳۹	۶۲	۱۰۰	۱۶۰	۰/۲۵	۰/۳۹	۰/۶۲	۱	۱/۶	۲/۵	۳/۹
> ۵۰ تا ۸۰	۰/۸	۱/۲	۲	۳	۵	۸	۱۳	۱۹	۳۰	۴۶	۷۴	۱۲۰	۱۹۰	۰/۳	۰/۴۶	۰/۷۴	۱/۲	۱/۹	۳	۴/۶
> ۸۰ تا ۱۲۰	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۱۰	۱۹	۲۲	۳۵	۵۴	۸۷	۱۴۰	۲۲۰	۰/۳۵	۰/۵۴	۰/۸۷	۱/۴	۲/۲	۳/۵	۵/۴
> ۱۲۰ تا ۱۸۰	۱/۲	۲	۳/۵	۵	۸	۱۲	۱۸	۲۵	۴۰	۶۳	۱۰۰	۱۶۰	۲۵۰	۰/۴	۰/۶۳	۱	۱/۶	۲/۵	۴	۶/۳
> ۱۸۰ تا ۲۵۰	۲	۳	۴/۵	۷	۱۰	۱۴	۲۰	۲۹	۴۶	۷۲	۱۱۵	۱۸۵	۲۹۰	۰/۴۶	۰/۷۲	۱/۱۵	۱/۸۵	۲/۹	۴/۶	۲/۷
> ۲۵۰ تا ۳۱۵	۲/۵	۴	۶	۸	۱۲	۱۶	۲۳	۳۲	۵۲	۸۱	۱۳۰	۲۱۰	۳۲۰	۰/۵۲	۰/۸۱	۱/۳	۲/۱	۳/۲	۵/۲	۸/۱
> ۳۱۵ تا ۴۰۰	۳	۵	۷	۹	۱۳	۱۸	۲۵	۳۶	۵۷	۸۹	۱۴۰	۲۳۰	۳۶۰	۰/۵۷	۰۸۹	۱/۴	۲/۳	۳/۶	۵/۷	۸/۹
> ۴۰۰ تا ۵۰۰	۴	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰	۲۷	۴۰	۶۳	۹۷	۱۵۵	۲۵۰	۴۰۰	۰/۶۳	۰/۹۷	۱/۵۵	۲/۵	۴	۶/۳	۹/۷
> ۵۰۰ تا ۶۳۰	۴/۵	۶	۹	۱۱	۱۶	۲۲	۳۲	۴۴	۷۰	۱۱۰	۱۷۵	۲۸۰	۴۴۰	۰/۷	۱/۱	۱/۷۵	۲/۸	۴/۴	۷	۱۱
> ۶۳۰ تا ۸۰۰	۵	۷	۱۰	۱۳	۱۸	۲۵	۳۶	۵۰	۸۰	۱۲۱	۲۰۰	۳۲۰	۵۰۰	۰/۸	۱/۲۵	۲	۳/۲	۵	۸	۱۲/۵
> ۸۰۰ تا ۱۰۰۰	۵/۵	۸	۱۱/	۱۵	۲۱	۲۸	۴۰	۵۶	۹۰	۱۴۰	۲۳۰	۳۶۰	۵۶۰	۰/۹	۱/۴	۲/۳	۳/۶	۵/۶	۹	۱۴
> ۱۰۰۰ تا ۱۲۵۰	۶/۵	۹	۱۳	۱۸	۲۴	۳۳	۴۷	۶۶	۱۰۵	۱۶۵	۲۶۰	۴۲۰	۶۶۰	۱/۰۵	۱/۶۵	۲/۶	۴/۲	۶/۶	۱۰/۵	۱۶/۵
> ۱۲۵۰ تا ۱۶۰۰	۸	۱۱	۱۵	۲۱	۲۹	۳۹	۵۵	۶۷	۱۲۵	۱۹۵	۳۱۰	۵۰۰	۷۸۰	۱/۲۵	۱/۹۵	۳/۱	۵	۷/۸	۱۲/۵	۱۹/۵
> ۱۶۰۰ تا ۲۰۰۰	۹	۱۳	۱۸	۲۵	۳۵	۴۶	۶۵	۹۲	۱۵۰	۲۳۰	۳۷۰	۶۰۰	۹۲۰	۱/۵	۲/۳	۳/۷	۶	۹/۲	۱۵	۲۳
> ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰	۱۱	۱۵	۲۲	۳۰	۴۱	۵۵	۷۸	۱۱۰	۱۷۵	۲۸۰	۴۴۰	۷۰۰	۱۱۰۰	۱/۷۵	۲/۸	۴/۴	۷	۱۱	۱۷/۵	۲۸
> ۲۵۰۰ تا ۳۱۵۰	۱۳	۱۸	۲۶	۳۶	۵۰	۶۸	۹۶	۱۳۵	۲۱۰	۳۳۰	۵۴۰	۸۶۰	۱۳۵۰	۲/۱	۳/۳	۵/۴	۸/۶	۱۳/۵	۲۱	۳۳

به نکته‌های زیر در مورد جدول اصلی تولرانس‌ها توجه کنید:

- اعداد سمت چپ، همان اندازه‌های قطری یا طولی هستند؛
- شماره‌های بالای جدول نماینده مرغوبیت یا کیفیت تولرانس است (از ۰۱ تا ۱۸)؛
- اعداد متن جدول بر حسب میکرون‌متر (µm) می‌باشد (تا کیفیت شماره ۱۱)؛
- برای کیفیت‌های بالاتر از ۱۱، اعداد بر حسب میلی‌متر داده شده‌اند.

به نمونه‌ای دقت کنید:

می‌خواهیم ۲۴ ∅ یک میله را با دقت زیاد بسازیم. در این صورت باید، کیفیت بهتر مانند ۳ یا ۴ را برگزینیم. برای نمونه اگر کیفیت ۴ انتخاب شود مقدار تولرانس µm ۶ خواهد بود. اگر کیفیت ۹ انتخاب شود، تولرانس معادل µm ۵۲ خواهد بود، که دقت ساخت خیلی کمتر می‌شود.

فعالیت ۶

قطر یک میله ۳۲ است. برای آن کیفیت شماره ۷ را انتخاب می‌کنیم. و انحراف بالایی را µm ۱۸ در نظر می‌گیریم. جدول را کامل کنید.

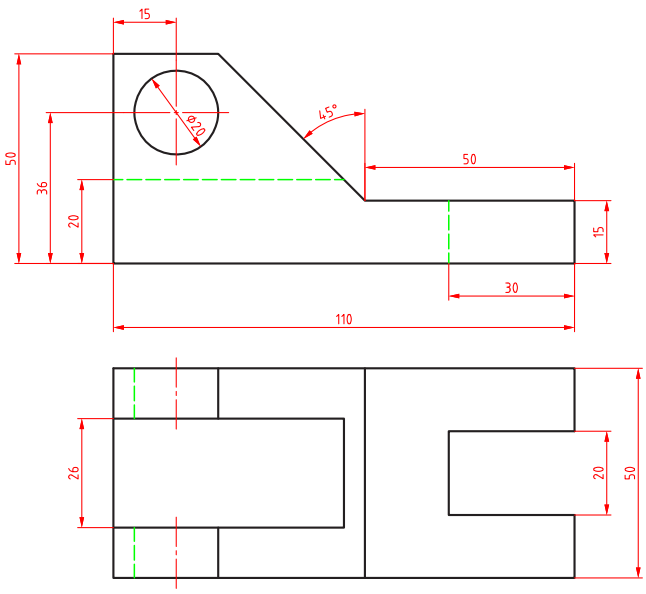
تولرانس	
قطر نامی میله	
بیشینه اندازه قطر	
کمینه اندازه قطر	

نکته

در صنایع سبک و ماشین‌سازی عمومی و دقیق، معمولاً کیفیت‌های ۶ تا ۱۱ را به کار می‌برند. در صنایع ظریف و دقیق و ساخت وسایل اندازه‌گیری کیفیت‌های ۵ و کمتر از آن و برای صنایع سنگین معمولاً از کیفیت‌های بعد از ۱۱ استفاده می‌شود.

فعالیت عملی ۱

برای نقشه زیر پس از ترسیم، آن را مطابق خواسته‌ها، تولرانس‌گذاری نمایید.



۱ حد بالا ۰/۱+ و حد پایین ۰/۱ برای اندازه ۱۱۰ میلی‌متر

۲ تولرانس برای ارتفاع ۵۰ میلی‌متر ۰/۲ میلی‌متر متقارن

۳ برای اندازه ۳۶ میلی‌متر حد بالا ۰/۰۵+ و حد پایین صفر

۴ قطر سوراخ IT۷ با حد پایینی صفر

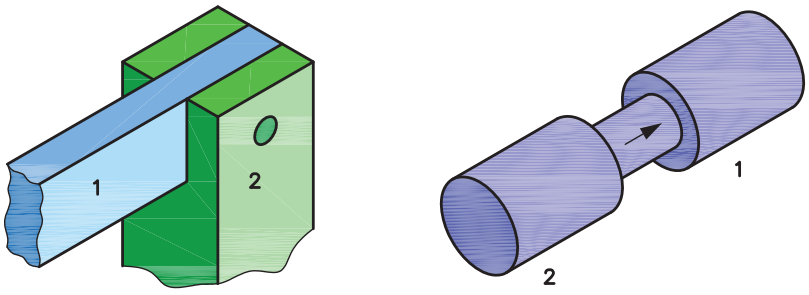
۵ برای اندازه‌های ۲۰ تا ۳۰ میلی‌متر IT۸ و حد بالای ۰/۰۴میلی‌متر

۶ برای زاویه ۴۵ درجه حد بالا، ۵+ دقیقه و حد پایین ۳۰- دقیقه

۷ سایر اندازه‌ها طبق جدول تولرانس آزاد ISO۲۷۶۸_m

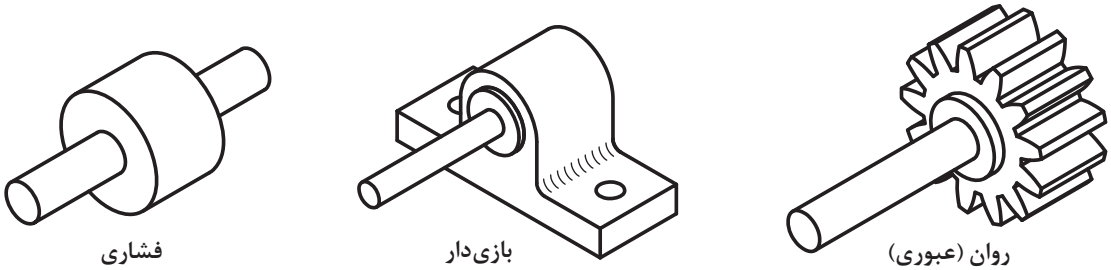
انطباق

در صنعت، هرگونه ورود میله در سوراخ و زبانه در شکاف را انطباق گویند.



شکل ۲۰

به شکل نگاه کنید. آیا تداخل و در هم رفتن میله در همه قطعات باید به یک میزان بازی، یا روانی و سفتی داشته باشد؟



شکل ۲۱

با نگاهی به ماشین‌آلات و اجزای آنها به این نکته پی می‌برید که تداخل یک میله و یک سوراخ حالت‌های گوناگونی دارد. از بازی‌دار، روان (عبوری) و فشاری.
در صنعت معمول است که برای به دست آوردن انطباق‌های مختلف، ابتدا یکی از دو مورد سوراخ یا میله را بسازند. اگر ابتدا سوراخ ساخته شود، سوراخ مبنا خواهد بود. پس برای به دست آوردن انطباق مورد نظر، قطر میله را تغییر می‌دهند که معمولاً در صنایع ظریف و صنایع سبک، آن را به کار می‌برند.
اگر ابتدا میله ساخته شود (که معمول صنایع سنگین است)، میله مبنا خواهد بود. پس برای به دست آوردن انطباق مورد دلخواه، قطر سوراخ تغییر خواهد کرد. اما مسئله مهمی که در اینجا وجود دارد، نمایش نوع انطباق در نقشه است، به گونه‌ای که سازنده بتواند میزان لقی یا سفتی میله را نسبت به سوراخ (یا برعکس) درک کند و مطابق سفارش، کار را انجام دهد. برای این کار از حروف استفاده می‌شود. طبق استاندارد، حروف کوچک برای نمایش میدان تولرانس میله انتخاب شده است.

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

در جدول حرف h طبق قرارداد حالتی برای میله است که بیشینه اندازه آن برابر اندازه نامی باشد. برای میله این مرحله مبنا خواهد بود. به چند نکته توجه کنید:

- میله از a تا g حالت بازی‌دار را خواهد داشت (اندازه آن کوچک‌تر از اندازه نامی).
- از j تا n، میله مراحل روان را دارد.
- از p تا zc، مراحل فشاری است (از p به سمت z ، همراه افزایش فشار تداخل).

به همین‌گونه است برای اندازه سوراخ. همان حروف، اما بزرگ، نماینده چگونگی میدان‌های تولرانس برای سوراخ خواهد بود. پس اگر کوچک‌ترین اندازه را برای سوراخ، همان اندازه نامی در نظر بگیریم، سوراخ در مرحله مبنا خواهد بود و آن را با H مشخص می‌کنیم. به جدول نگاه کنید، باز هم از A تا G برای سوراخ‌های بزرگ‌تر از اندازه نامی (برای داشتن بازی در شرایطی که میله، مبنا و به عبارت دیگر در اندازه نامی باشد)، H مبنا و از آن به بعد، مراحل عبوری تا N و پس از آن مراحل فشاری تا ZC.

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

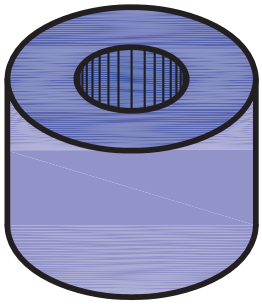
در جدول طبق قرارداد، حرف H حالتی را نشان می‌دهد که در آن کمینه اندازه سوراخ برابر اندازه نامی است. پس برای سوراخ این مرحله مبناست. به چند نکته توجه کنید:
سوراخ از A تا G بزرگ‌تر از اندازه نامی است (پس حالت بازی‌دار را خواهد داشت).
از J تا N مراحل روان و از آن به بعد فشاری است.

فعالیت ۷

دست کم ۱۰ مورد از انطباق را در کارگاه شناسایی و لیست کنید.

جدول اصلی انطباق

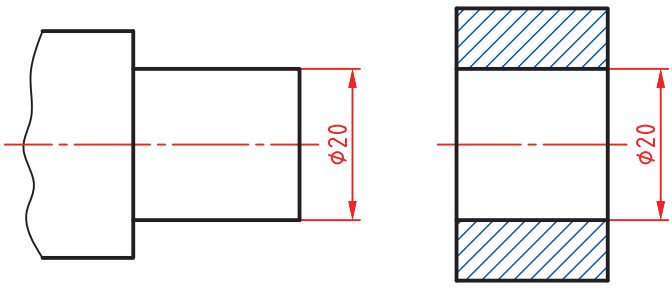
فرض کنید می‌خواهیم در قطعه‌ای مطابق شکل یک سوراخ به قطر ۲۰ بسازیم.



شکل ۲۲

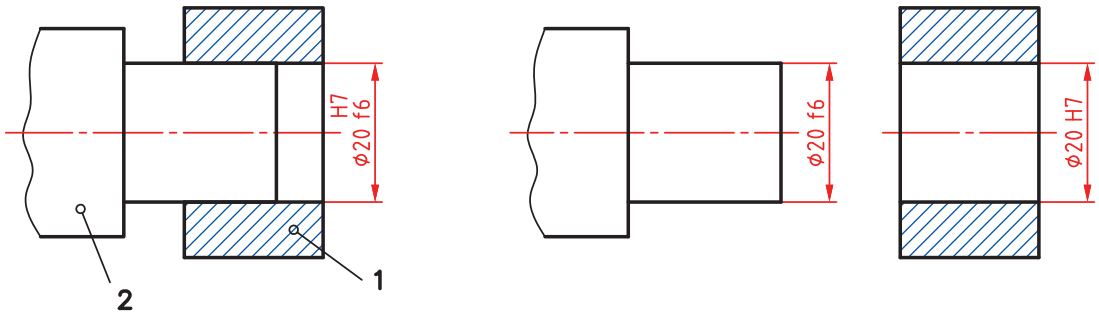
در وهله اول می‌خواهیم سوراخ در حالت مبنا باشد. به عبارت دیگر کوچک‌ترین اندازه آن، همان اندازه نامی باشد. اکنون باید برای آن تولرانس تعیین کنیم. دقت کنید که تولرانس سوراخ، برای انطباق با میله، باید از جدول اصلی تولرانس‌ها انتخاب شود. اینک با توجه به اینکه جدول دارای ۲۰ مرحله است؛ باید یکی از مراحل را برگزینیم.

مسئله نمونه ــ می‌خواهیم انطباق میله و سوراخ مطابق شکل بازی‌دار با لقی کم باشد. سیستم مبنا را سوراخ‌مبنا در نظر می‌گیریم.



شکل ۲۳

بنابراین مرحله H (مبنا) برای سوراخ و f برای میله را انتخاب می‌کنیم. تولرانس سوراخ را از مرحله شماره ۷ و میله را از کیفیت شماره ۶ برمی‌داریم. به این ترتیب برای سوراخ تولرانس ۲۱µm یا ۰/۰۲۱mm و برای میله ۱۶µm یا ۰/۰۱۶mm خواهد بود. اکنون اندازه‌گذاری را کامل می‌کنیم.



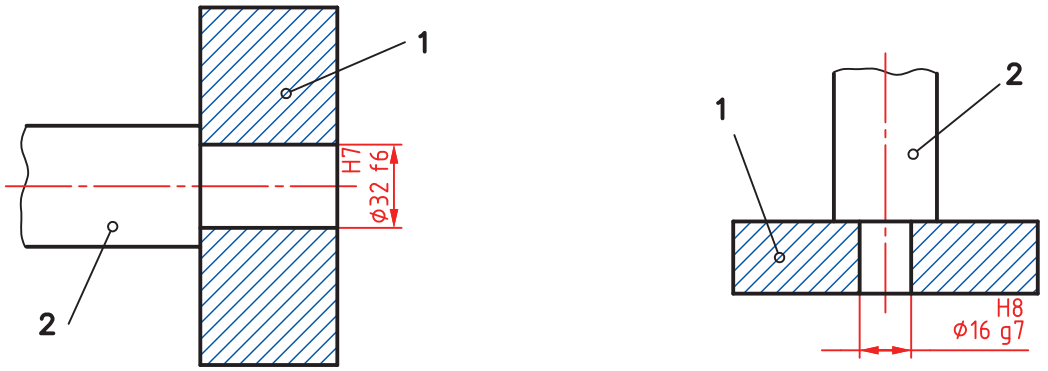
شکل ۲۴

یادداشت: به دو مورد زیر دقیقاً توجه کنید:

- تولرانس ساخت میله را یک مرحله بهتر گرفتیم، زیرا ساخت آن آسان‌تر است.
- برای رسیدن به کیفیت IT۷ برای سوراخ، باید از برقو استفاده شود.

تحقیق‌کنید

در انطباقات زیر کدام بازی بیشتری دارد و کدام کمتر.



شکل ۲۵

جدول انطباق‌ها

دو جدول اصلی برای انطباق وجود دارد. یکی برای سوراخ‌ها و یکی برای میله‌ها. به کمک این جدول‌ها می‌توان موقعیت‌های تولرانس و مراحل انطباق را تعیین کرد.

| Δ برحسب میکرون | | |

ابعاد اسمی (mm)	انحرافات بالایی es										انحرافات پایینی ei																		
حروف	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
گروه	تمام اعداد منفی (-)			تمام گروه‌ها							IT-۱	IT-۱	۶ و ۵	۷	۸	۷ و ۴					تمام اعداد مثبت (+)								
۳ تا ۱	۲۷۰	۱۴۰	۶۰	۳۴	۲۰	۱۴	۱۰	۶	۴	۲	۰	۲	۴	۶	۰	۰	۲	۶	۱۰	۱۴	-	۱۸	-	۲۰	-	۲۶	۳۲	۴۰	۶۰
۶ تا ۳	۲۷۰	۱۴۰	۷۰	۴۶	۳۰	۲۰	۱۴	۱۰	۶	۴	۰	۲	۵	۶	۰	۰	۴	۸	۱۲	۱۵	۱۹	۲۳	-	۲۸	-	۳۵	۴۲	۵۰	۸۰
۱۰ تا ۶	۲۸۰	۱۵۰	۸۰	۵۶	۴۰	۲۵	۱۸	۱۳	۸	۵	۰	۲	۵	۷	۱	۰	۶	۱۰	۱۵	۱۹	۲۳	۲۸	-	۳۴	-	۴۲	۵۲	۶۷	۹۷
۱۴ تا ۱۰	۲۹۰	۱۵۰	۹۵	-	۵۰	۳۲	-	۱۶	-	۶	۰	۳	۶	۸	۱	۰	۷	۱۲	۱۸	۲۳	۲۸	-	۳۳	-	۴۰	-	۵۰	۶۴	۹۰	۱۳۰
۱۸ تا ۱۴																							۳۹		۴۵	-	۶۰	۷۷	۱۰۸	۱۵۰
۲۴ تا ۱۸	۳۰۰	۱۶۰	۱۱۰	-	۶۵	۴۰	-	۲۰	-	۷	۰	۴	۵	۹	۱	۰	۸	۱۵	۲۲	۲۸	۳۵	-	۴۱	۴۷	۵۴	۶۳	۷۳	۹۸	۱۳۶	۱۸۸
۳۰ تا ۲۴																							۴۱	۴۸	۵۵	۶۴	۷۶	۸۸	۱۱۸	۱۶۰	۲۱۸
۴۰ تا ۳۰	۳۱۰	۱۷۰	۱۲۰	-	۸۰	۵۰	-	۲۵	-	۹	۰	۵	۷	۱۰	۲	۰	۹	۱۷	۲۶	۳۴	۴۳	-	۵۴	۶۰	۶۸	۸۰	۹۴	۱۱۲	۱۵۸	۲۰۰	۲۷۴
۵۰ تا ۴۰	۳۲۰	۱۸۰	۱۳۰																											
۶۵ تا ۵۰	۳۴۰	۱۹۰	۱۴۰	-	۱۰۰	۶۰	-	۳۰	-	۱۰	۰	۶	۹	۱۳	۲	۰	۱۱	۲۰	۳۲	۴۱	۵۳	۶۶	۸۷	۱۰۲	۱۲۲	۱۴۴	۱۷۲	۲۲۶	۳۰۰	۴۰۵
۸۰ تا ۶۵	۳۶۰	۲۰۰	۱۵۰																											
۱۰۰ تا ۸۰	۳۸۰	۲۲۰	۱۷۰	-	۱۲۰	۷۲	-	۳۶	-	۱۲	۰	۸	۱۱	۱۵	۳	۰	۱۳	۲۳	۳۷	۵۱	۶۳	۸۶	۱۰۹	۱۲۴	۱۴۴	۱۷۲	۲۱۶	۲۵۸	۳۴۵	۴۴۵	۵۸۵
۱۲۰ تا ۱۰۰	۴۱۰	۲۴۰	۱۸۰																											
۱۴۰ تا ۱۲۰	۴۶۰	۲۶۰	۲۰۰	-	۱۴۵	۸۵	-	۴۳	-	۱۴	۰	۹	۱۳	۱۸	۴	۰	۱۵	۲۷	۴۳	۶۵	۸۰	۱۰۰	۱۳۴	۱۶۰	۱۸۶	۲۱۶	۲۵۲	۳۱۰	۴۰۰	۵۲۵	۶۹۰
۱۶۰ تا ۱۴۰	۵۲۰	۲۸۰	۲۱۰																											
۱۸۰ تا ۱۶۰	۵۸۰	۳۱۰	۲۳۰	-	۱۷۰	۱۰۰	-	۵۰	-	۱۵	۰	۱۰	۱۵	۲۱	۴	۰	۱۷	۳۱	۵۰	۷۳	۹۰	۱۱۳	۱۴۶	۱۸۰	۲۱۰	۲۵۸	۳۴۰	۴۶۵	۶۰۰	۷۸۰	۱۰۰۰
۲۰۰ تا ۱۸۰	۶۶۰	۳۴۰	۲۴۰																											
۲۲۵ تا ۲۰۰	۷۴۰	۳۸۰	۲۶۰	-	۱۹۰	۱۱۰	-	۵۶	-	۱۷	۰	۱۲	۱۸	۲۴	۵	۰	۲۰	۳۴	۵۶	۸۴	۱۰۸	۱۳۰	۱۶۸	۲۰۸	۲۴۰	۲۹۴	۳۸۵	۵۲۵	۷۶۰	۹۶۰	۱۲۵۰
۲۵۰ تا ۲۲۵	۸۲۰	۴۲۰	۲۸۰																											
۲۸۰ تا ۲۵۰	۹۲۰	۴۸۰	۳۰۰	-	۲۱۰	۱۱۰	-	۵۶	-	۱۷	۰	۱۳	۲۱	۲۷	۵	۰	۲۱	۳۷	۶۲	۸۶	۱۱۴	۱۴۶	۱۸۶	۲۱۸	۲۶۰	۳۱۰	۳۸۵	۴۷۵	۵۸۰	۷۱۰	۹۲۰	۱۱۵۰
۳۱۵ تا ۲۸۰	۱۰۵۰	۵۶۰	۳۶۰																											
۳۵۵ تا ۳۱۵	۱۲۰۰	۶۰۰	۳۶۰	-	۲۱۰	۱۲۵	-	۶۲	-	۱۸	۰	۱۴	۲۱	۳۰	۵	۰	۲۳	۴۰	۶۸	۹۰	۱۲۶	۱۶۰	۲۰۸	۲۳۲	۲۹۰	۳۴۰	۴۳۵	۵۴۰	۶۹۰	۸۲۰	۱۰۵۰	۱۳۵۰
۴۰۰ تا ۳۵۵	۱۳۵۰	۶۸۰	۴۰۰																											
۴۵۰ تا ۴۰۰	۱۵۰۰	۷۶۰	۴۴۰	-	۲۳۰	۱۳۵	-	۶۸	-	۲۰	۰	۱۵	۲۳	۳۴	۵	۰	۲۶	۴۴	۷۰	۹۶	۱۳۲	۱۷۰	۲۳۰	۲۶۰	۳۳۰	۴۰۰	۵۲۰	۶۶۰	۸۶۰	۱۱۰۰	۱۴۵۰	۱۸۵۰
۵۰۰ تا ۴۵۰	۱۶۵۰	۸۴۰	۴۸۰																											
۵۶۰ تا ۵۰۰	۱۸۵۰	۹۶۰	۵۴۰	-	۲۶۰	۱۵۰	-	۷۶	-	۲۲	۰	۱۶	۲۶	۳۸	۵	۰	۲۹	۵۰	۷۸	۱۰۸	۱۴۸	۱۹۰	۲۶۰	۲۹۲	۳۷۰	۴۴۰	۵۸۰	۷۴۰	۹۶۰	۱۲۲۰	۱۶۵۰	۲۱۰۰
۶۳۰ تا ۵۶۰	۲۰۵۰	۱۰۵۰	۶۰۰																											
۷۱۰ تا ۶۳۰	۲۳۰۰	۱۱۹۰	۶۸۰	-	۲۹۰	۱۶۰	-	۸۶	-	۲۴	۰	۱۸	۲۸	۴۴	۶	۰	۳۲	۵۸	۸۸	۱۲۲	۱۶۸	۲۱۶	۲۹۴	۳۳۰	۴۱۰	۵۰۰	۶۶۰	۸۳۰	۱۱۰۰	۱۴۵۰	۱۸۵۰	۲۴۰۰
۸۰۰ تا ۷۱۰	۲۶۰۰	۱۳۵۰	۷۸۰																											
۹۰۰ تا ۸۰۰	۲۹۰۰	۱۵۰۰	۸۶۰	-	۳۳۰	۱۸۰	-	۹۸	-	۲۶	۰	۲۰	۳۰	۵۰	۷	۰	۳۶	۶۶	۱۰۰	۱۳۸	۱۹۰	۲۴۰	۳۳۰	۳۷۰	۴۶۰	۵۶۰	۷۴۰	۹۳۰	۱۲۵۰	۱۶۵۰	۲۱۰۰	۲۶۰۰
۱۰۰۰ تا ۹۰۰	۳۲۰۰	۱۶۵۰	۹۶۰																											
۱۱۲۰ تا ۱۰۰۰	۳۵۰۰	۱۸۵۰	۱۰۵۰	-	۳۶۰	۲۰۰	-	۱۰۶	-	۲۸	۰	۲۲	۳۲	۴۸	۸	۰	۴۰	۷۴	۱۱۲	۱۵۶	۲۱۸	۲۸۰	۳۸۰	۴۳۰	۵۳۰	۶۳۰	۸۴۰	۱۰۵۰	۱۳۵۰	۱۸۵۰	۲۴۰۰	۲۹۰۰
۱۲۵۰ تا ۱۱۲۰	۳۹۰۰	۲۱۰۰	۱۱۵۰																											
۱۴۰۰ تا ۱۲۵۰	۴۳۰۰	۲۳۰۰	۱۲۰۰	-	۴۰۰	۲۲۰	-	۱۱۸	-	۳۰	۰	۲۵	۳۶	۵۴	۸	۰	۴۴	۸۲	۱۲۴	۱۷۴	۲۴۰	۳۱۰	۴۲۰	۴۸۰	۵۹۰	۷۱۰	۹۳۰	۱۱۵۰	۱۵۰۰	۱۹۰۰	۲۴۰۰	۳۲۰۰
۱۶۰۰ تا ۱۴۰۰	۴۸۰۰	۲۶۰۰	۱۳۵۰																											
۱۸۰۰ تا ۱۶۰۰	۵۴۰۰	۲۹۰۰	۱۵۰۰	-	۴۶۰	۲۴۰	-	۱۳۲	-	۳۴	۰	۲۸	۴۰	۶۰	۹	۰	۴۸	۹۲	۱۴۰	۱۹۰	۲۶۸	۳۴۰	۴۶۰	۵۳۰	۶۶۰	۸۲۰	۱۰۵۰	۱۳۵۰	۱۶۵۰	۲۱۰۰	۲۶۰۰	۳۳۰۰
۲۰۰۰ تا ۱۸۰۰	۶۰۰۰	۳۳۰۰	۱۷۰۰																											
۲۲۴۰ تا ۲۰۰۰	۶۸۰۰	۳۷۰۰	۱۹۰۰	-	۵۲۰	۲۸۰	-	۱۴۶	-	۳۸	۰	۳۰	۴۴	۶۸	۱۰	۰	۵۲	۱۰۰	۱۵۴	۲۱۰	۲۹۲	۳۸۰	۵۰۰	۵۸۰	۷۲۰	۹۰۰	۱۱۵۰	۱۴۵۰	۱۸۵۰	۲۴۰۰	۳۰۰۰	۳۸۰۰
۲۵۰۰ تا ۲۲۴۰	۷۶۰۰	۴۲۰۰	۲۱۰۰																											
۲۸۰۰ تا ۲۵۰۰	۸۶۰۰	۴۸۰۰	۲۴۰۰	-	۵۸۰	۳۰۰	-	۱۶۰	-	۴۲	۰	۳۲	۴۸	۷۴	۱۱	۰	۵۸	۱۱۰	۱۷۰	۲۴۰	۳۳۰	۴۳۰	۵۶۰	۶۶۰	۸۳۰	۱۰۳۰	۱۳۰۰	۱۶۵۰	۲۱۰۰	۲۶۰۰	۳۳۰۰	۴۳۰۰
۳۱۵۰ تا ۲۸۰۰	۹۶۰۰	۵۴۰۰	۲۶۰۰																											
۳۵۵۰ تا ۳۱۵۰	۱۰۸۰۰	۶۰۰۰	۳۲۰۰	-	۶۵۰	۳۴۰	-	۱۷۶	-	۴۴	۰	۳۶	۵۲	۷۸	۱۲	۰	۶۶	۱۲۰	۱۸۶	۲۶۰	۳۶۰	۴۸۰	۶۲۰	۷۳۰	۹۳۰	۱۱۵۰	۱۵۰۰	۱۹۰۰	۲۴۰۰	۳۰۰۰	۳۸۰۰	۴۸۰۰
۴۰۰۰ تا ۳۵۵۰	۱۲۰۰۰	۶۸۰۰	۳۶۰۰																											
۴۵۰۰ تا ۴۰۰۰	۱۳۵۰۰	۷۶۰۰	۴۰۰۰	-	۷۳۰	۳۸۰	-	۱۹۴	-	۴۸	۰	۴۰	۵۸	۸۶	۱۳	۰	۷۴	۱۳۴	۲۰۸	۲۹۴	۴۰۰	۵۴۰	۶۹۰	۸۲۰	۱۰۳۰	۱۳۰۰	۱۶۵۰	۲۱۰۰	۲۶۰۰	۳۳۰۰	۴۳۰۰	۵۴۰۰
۵۰۰۰ تا ۴۵۰۰	۱۵۰۰۰	۸۴۰۰	۴۸۰۰																											
۵۶۰۰ تا ۵۰۰۰	۱۶۵۰۰	۹۶۰۰	۵۴۰۰	-	۸۲۰	۴۲۰	-	۲۱۸	-	۵۲	۰	۴۴	۶۶	۹۸	۱۵	۰	۸۸	۱۵۶	۲۳۲	۳۳۰	۴۶۰	۶۲۰	۷۹۰	۹۳۰	۱۱۹۰	۱۴۸۰	۱۸۵۰	۲۴۰۰	۳۰۰۰	۳۸۰۰	۴۸۰۰	۶۰۰۰
۶۳۰۰ تا ۵۶۰۰	۱۸۵۰۰	۱۰۵۰۰	۶۰۰۰																											
۷۱۰۰ تا ۶۳۰۰	۲۱۰۰۰	۱۱۹۰۰	۶۸۰۰	-	۹۲۰	۴۸۰	-	۲۴۲	-	۵۸	۰	۵۰	۷۴	۱۱۰	۱۷	۰	۹۸	۱۷۴	۲۵۸	۳۷۰	۵۱۰	۶۹۰	۸۸۰	۱۰۵۰	۱۳۲۰	۱۶۵۰	۲۱۰۰	۲۶۰۰	۳۳۰۰	۴۲۰۰	۵۴۰۰	۶۸۰۰
۸۰۰۰ تا ۷۱۰۰	۲۴۰۰۰	۱۳۵۰۰	۷۸۰۰																											
۹۰۰۰ تا ۸۰۰۰	۲۶۰۰۰	۱۵۰۰۰	۸۶۰۰	-	۱۰۳۰	۵۴۰	-	۲۶۸	-	۶۶	۰	۵۶	۸۴	۱۲۴	۱۹	۰	۱۱۰	۱۹۶	۲۹۲	۴۱۰	۵۷۰	۷۸۰	۹۸۰	۱۱۵۰	۱۴۸۰	۱۸۵۰	۲۴۰۰	۳۰۰۰	۳۸۰۰	۴۸۰۰	۶۰۰۰	۷۶۰۰
۱۰۰۰۰ تا ۹۰۰۰	۲۹۰۰۰	۱۶۵۰۰	۹۶۰۰																											
۱۱۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰	۳۳۰۰۰	۱۸۵۰۰	۱۰۵۰۰	-	۱۱۵۰	۶۰۰	-	۲۹۸	-	۷۴	۰	۶۶	۹۸	۱۴۶	۲۱	۰	۱۳۲	۲۳۲	۳۴۰	۴۸۰	۶۷۰	۹۲۰	۱۱۵۰	۱۳۵۰	۱۷۰۰	۲۱۰۰	۲۶۰۰	۳۳۰۰	۴۲۰۰	۵۴۰۰	۶۸۰۰	۸۶۰۰
۱۲۵۰۰ تا ۱۱۲۰۰	۳۷۰۰۰	۲۱۰۰۰	۱۱۸۰۰																											
۱۴۰۰۰ تا ۱۲۵۰۰	۴۳۰۰۰	۲۳۰۰۰	۱۲۰۰۰	-	۱۳۰۰	۶۸۰	-	۳۳۲	-	۸۴	۰	۷۸	۱۱۰	۱۶۸	۲۴	۰	۱۵۶	۲۷۴	۴۰۰	۵۶۰	۷۸۰	۱۰۵۰	۱۳۵۰	۱۵۵۰	۱۹۵۰	۲۴۰۰	۳۰۰۰	۳۸۰۰	۴۸۰۰	۶۰۰۰	۷۶۰۰	۹۶۰۰
۱۶۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰	۴۸۰۰۰	۲۶۰۰۰	۱۳۵۰۰																											
۱۸۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰	۵۴۰۰۰	۲۹۰۰۰	۱۵۰۰۰	-	۱۴۶۰	۷۶۰	-	۳۷۲	-	۹۲	۰	۸۸	۱۲۴	۱۸۸	۲۷	۰	۱۷۴	۳۰۸	۴۵۰	۶۳۰	۸۸۰	۱۱۵۰	۱۵۵۰	۱۷۵۰	۲۱۰۰	۲۶۰۰	۳۳۰۰	۴۲۰۰	۵۴۰۰	۶۸۰۰	۸۶۰۰	۱۰۸۰۰
۲۰۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰	۶۶۰۰۰	۳۴۰۰۰	۱۷۰۰۰																											
۲۲۴۰۰ تا ۲۰۰۰۰	۷۴۰۰۰	۳۸۰۰۰	۱۹۰۰۰	-	۱۶۵۰	۸۴۰	-	۴۱۸	-	۱۰۴	۰	۹۸	۱۳۸	۲۱۰	۳۰	۰	۱۹۶	۳۴۰	۵۰۰	۷۰۰	۹۸۰	۱۲۸۰	۱۶۰۰	۱۹۵۰	۲۴۰۰	۳۰۰۰	۳۸۰۰	۴۸۰۰	۶۰۰۰	۷۶۰۰	۹۶۰۰	۱۲۰۰۰
۲۵۰۰۰ تا ۲۲۴۰۰	۸۲۰۰۰	۴۲۰۰۰	۲۱۰۰۰																											
۲۸۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰	۹۲۰۰۰	۴۸۰۰۰	۲۴۰۰۰	-	۱۸۴۰	۹۴۰	-	۴۶۸	-	۱۱۸	۰	۱۱۰	۱۵۶	۲۳۸	۳۴	۰	۲۲۰	۳۸۴	۵۶۰	۷۸۰	۱۱۰۰	۱۴۵۰	۱۸۰۰	۲۱۹۰	۲۷۰۰	۳۳۰۰	۴۳۰۰	۵۴۰۰	۶۸۰۰	۸۶۰۰	۱۰۸۰۰	۱۳۵۰۰
۳۱۵۰۰ تا ۲۸۰۰۰	۱۰۵۰۰۰	۵۴۰۰۰	۲۶۰۰۰																											
۳۵۵۰۰ تا ۳۱۵۰۰	۱۲۰۰۰۰	۶۰۰۰۰	۳۶۰۰۰	-	۲۰۶۰	۱۰۴۰	-	۵۲۲	-	۱۳۲	۰	۱۲۴	۱۷۴	۲۶۰	۳۸	۰	۲۴۸	۴۳۰	۶۲۰	۸۸۰	۱۲۳۰	۱۶۲۰	۲۰۲۰	۲۴۶۰	۳۰۴۰	۳۷۰۰	۴۸۰۰	۶۰۰۰	۷۶۰۰	۹۶۰۰	۱۲۱۰۰	۱۵۲۰۰
۴۰۰۰۰ تا ۳۵۵۰۰	۱۳۵۰۰۰	۶۸۰۰۰	۴۰۰۰۰																											
۴۵۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۷۶۰۰۰	۴۴۰۰۰	-	۲۳۰۰	۱۱۵۰	-	۵۸۶	-	۱۴۶	۰	۱۳۸	۱۹۲	۲۹۰	۴۲	۰	۲۷۶	۴۸۰	۶۹۰	۹۸۰	۱۳۷۰	۱۸۰۰	۲۲۵۰	۲۷۵۰	۳۴۰۰	۴۱۰۰	۵۴۰۰	۶۸۰۰	۸۶۰۰	۱۰۸۰۰	۱۳۵۰۰	۱۷۰۰۰
۵۰۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰	۱۶۵۰۰۰	۸۴۰۰۰	۴۸۰۰۰																											
۵۶۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰	۱۸۵۰۰۰	۹۶۰۰۰	۵۴۰۰۰	-	۲۶۰۰	۱۳۰۰	-	۶۵۸	-	۱۶۸	۰	۱۵۶	۲۱۸	۳۳۰	۴۸	۰	۳۱۰	۵۴۰	۷۸۰	۱۱۰۰	۱۵۵۰	۲۰۳۰	۲۵۴۰	۳۱۰۰	۳۸۳۰	۴۶۰۰	۶۱۰۰	۷۶۰۰	۹۶۰۰	۱۲۲۰۰	۱۵۲۰۰	۱۹۲۰۰
۶۳۰۰۰ تا ۵۶۰۰۰	۲۰۵۰۰۰	۱۰۵۰۰۰	۶۰۰۰۰																											
۷۱۰۰۰ تا ۶۳۰۰۰	۲۳۰۰۰۰	۱۱۹۰۰۰	۶۸۰۰۰	-	۲۹۰۰	۱۶۰۰	-	۸۳۲	-	۲۱۸	۰	۱۷۴	۲۴۰	۳۷۰	۵۴	۰	۳۴۸	۶۰۸	۸۸۰	۱۲۴۰	۱۷۴۰	۲۲۸۰	۲۸۶۰	۳۴۹۰	۴۳۲۰	۵۲۰۰	۶۸۰۰	۸۶۰۰	۱۰۸۰۰	۱۳۵۰۰	۱۷۰۰۰	۲۱۶۰۰
۸۰۰۰۰ تا ۷۱۰۰۰	۲۶۰۰۰۰	۱۳۵۰۰۰	۷۸۰۰۰																											
۹۰۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰	۲۹۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۸۶۰۰۰	-	۳۳۰۰	۱۸۰۰	-	۹۳۲	-	۲۴۸	۰	۱۹۶	۲۷۰	۴۲۰	۶۲	۰	۳۹۲	۶۸۰	۱۰۰۰	۱۴۰۰	۱۹۶۰	۲۵۸۰	۳۲۲۰	۳۹۳۰	۴۸۶۰	۵۸۵۰	۷۶۰۰	۹۶۰۰	۱۲۲۰۰	۱۵۲۰۰	۱۹۲۰۰	۲۴۳۰۰
۱۰۰۰۰۰ تا ۹۰۰۰۰	۳۲۰۰۰۰	۱۶۵۰۰۰	۹۶۰۰۰																											
۱۱۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰	۳۵۰۰۰۰	۱۸۵۰۰۰	۱۰۵۰۰۰	-	۳۶۰۰	۲۰۰۰	-	۱۰۳۲	-	۲۷۸	۰	۲۲۰	۳۰۴	۴۸۰	۷۰	۰	۴۴۰	۷۶۰	۱۱۲۰	۱۵۶۰	۲۱۹۰	۲۸۸۰	۳۶۰۰	۴۳۷۰	۵۴۰۰	۶۵۰۰	۸۴۰۰	۱۰۸۰۰	۱۳۵۰۰	۱۶۹۰۰	۲۱۶۰۰	۲۷۰۰۰
۱۲۵۰۰۰ تا ۱۱۲۰۰۰	۳۹۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۱۱۸۰۰۰																											
۱۴۰۰۰۰ تا ۱۲۵۰۰۰	۴۳۰۰۰۰	۲۳۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰	-	۴۰۰۰	۲۲۰۰	-	۱۱۵۲	-	۳۰۸	۰	۲۵۰	۳۴۰	۵۴۰	۸۰	۰	۴۹۰	۸۴۰	۱۲۴۰	۱۷۴۰	۲۴۳۰	۳۲۰۰	۴۰۲۰	۴۸۴۰	۶۰۰۰	۷۲۰۰	۹۴۰۰	۱۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۸۷۰۰	۲۴۰۰۰	۳۰۰۰۰
۱۶۰۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰۰	۴۸۰۰۰۰	۲۶۰۰۰۰	۱۳۵۰۰۰																											
۱۸۰۰۰۰ تا ۱۶۰۰۰۰	۵۴۰۰۰۰	۲۹۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	-	۴۶۰۰	۲۴۰۰	-	۱۲۸۲	-	۳۴۸	۰	۲۸۰	۳۸۰	۶۰۰	۹۰	۰	۵۴۰	۹۴۰	۱۴۰۰	۱۹۶۰	۲۷۳۰	۳۶۰۰	۴۵۲۰	۵۴۰۰	۶۷۵۰	۸۱۰۰	۱۰۵۰۰	۱۳۵۰۰	۱۶۹۰۰	۲۱۰۰۰	۲۷۰۰۰	۳۳۰۰۰
۲۰۰۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰۰	۶۶۰۰۰۰	۳۴۰۰۰۰	۱۷۰۰۰۰																											
۲۲۴۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰	۷۴۰۰۰۰	۳۸۰۰۰۰	۱۹۰۰۰۰	-	۵۲۰۰	۲۸۰۰	-	۱۴۶۲	-	۳۸۸	۰	۳۰۰	۴۴۰	۶۸۰	۱۰۰	۰	۶۲۰	۱۰۸۰	۱۵۴۰	۲۱۹۰	۳۰۴۰	۴۰۲۰	۵۰۴۰	۶۰۰۰	۷۵۰۰	۹۰۰۰	۱۱۵۰۰	۱۵۰۰۰	۱۸۷۰۰	۲۴۰۰۰	۳۰۰۰۰	۳۷۰۰۰
۲۵۰۰۰۰ تا ۲۲۴۰۰۰	۸۲۰۰۰۰	۴۲۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰																											
۲۸۰۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰۰	۹۲۰۰۰۰	۴۸۰۰۰۰	۲۴۰۰۰۰	-	۵۸۰۰	۳۰۰۰	-	۱۶۲۲	-	۴۳۸	۰	۳۳۰	۴۸۰	۷۴۰	۱۱۰	۰	۶۹۰	۱۲۰۰	۱۷۴۰	۲۴۶۰	۳۴۳۰	۴۵۲۰	۵۶۴۰	۶۷۵۰	۸۴۰۰	۱۰۳۰۰	۱۳۰۰۰	۱۶۹۰۰	۲۱۰۰۰	۲۷۰۰۰	۳۳۰۰۰	۴۲۰۰۰
۳۱۵۰۰۰ تا ۲۸۰۰۰۰	۱۰۵۰۰۰۰	۵۴۰۰۰۰	۲۶۰۰۰۰																											
۳۵۵۰۰۰ تا ۳۱۵۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۶۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰	-	۶۵۰۰	۳۴۰۰	-	۱۸۲۲	-	۴۸۸	۰	۳۷۰	۵۴۰	۸۴۰	۱۲۰	۰	۷۷۰	۱۳۵۰	۱۹۶

فعالیت ۸

یک انطباق به صورت ∅ ۴۰H۷/m۶ معین شده است. حدود سوراخ و میله را با استفاده از جدول برای ساخت تعیین کنید (پس از بررسی متن، دوباره خودتان مستقلاً کار را انجام دهید و نتایج را بررسی نمایید).

می‌دانیم وقتی برای سوراخ از حرف H استفاده می‌شود، سوراخ مبناست و انحراف پایینی آن صفر. اما مقدار تولرانس آن از جدول اصلی تولرانس‌ها در مرحله شماره ۷ برابر ۲۵µm یا ۰/۰۲۵mm است. آنگاه با مراجعه به جدول میله‌ها دیده می‌شود که انحراف پایینی برای میله به قطر ۴۰، برابر ۹µm یا ۰/۰۰۹mm است. سپس با مراجعه به جدول تولرانس‌ها، تولرانس ۱۶µm یا ۰/۰۱۶mm را هم معین می‌کنیم. پس خواهیم داشت:

$$\varnothing 40H7 = \varnothing 40^{+0/025}_{\ \ 0} \qquad \varnothing 40m6 = \varnothing 40^{+0/025}_{+0/009}$$

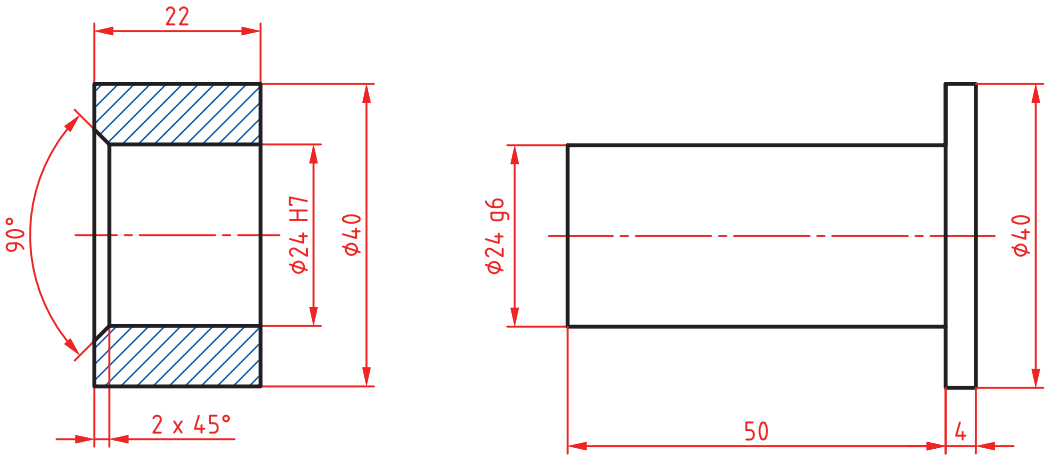
فعالیت ۹

حدود سوراخ و میله را به کمک دوستان و مشورت، در انطباق‌های داده شده معین کنید و پس از تعیین نوع انطباق (بازی‌دار، روان، فشاری) به دید هنرآموز برسانید.

Ø۳۰M۸/h۷ - Ø۱۲H۷/g۶ - Ø۶۰H۷/n۶ - Ø۴۲H۷/s۶ - Ø۲۴M۷/f۶

فعالیت عملی ۲

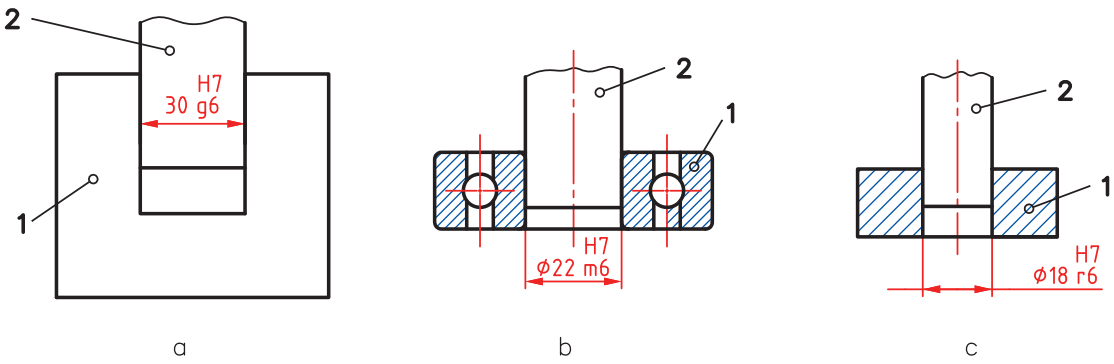
در نظر است قطعات داده شده در نقشه ساخته شوند. پس از ترسیم نقشه، حدود سوراخ و میله را معین کنید.



شکل ۲۶

فعالیت عملی ۳

پس از ترسیم هر یک از شکل‌های داده شده، حدود سوراخ و میله را مشخص کنید. ضمناً مشخص کنید که انطباق‌ها از چه نوعی هستند. (پس از بررسی متن، دوباره خودتان مستقلاً کار را انجام دهید و نتایج را بررسی نمایید).

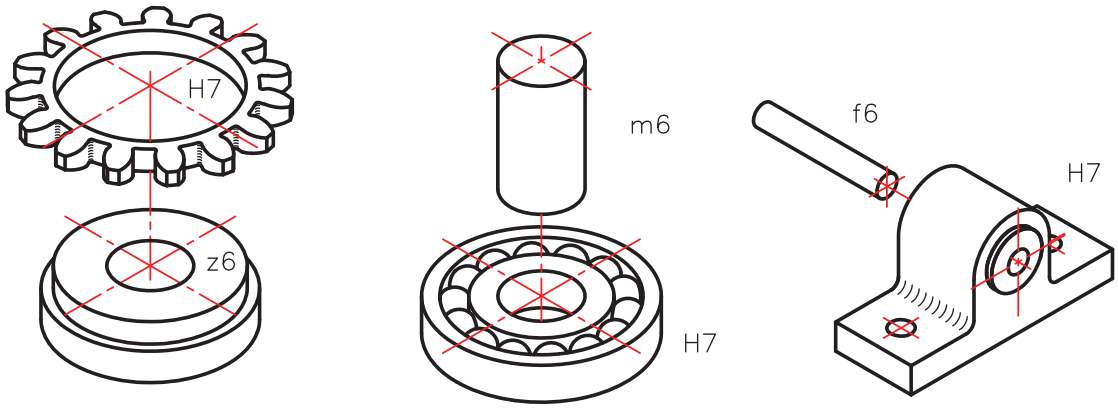


a b c

شکل ۲۷

یک سؤال مهم! چگونه می‌توان در مکانیزم‌های مختلف، نوع انطباق را معین کرد؟

تعیین انطباق به چگونگی عملکرد میله و سوراخ بستگی دارد. برای نمونه محورهایی که در جعبه‌دنده قرار دارند باید بتوانند به گونه‌ای بازی‌دار، در یاتاقان‌های خود قرار گیرند. انطباق یک بلبرینگ روی محور باید بدون هیچ‌گونه لقی و از نوع روان باشد و انطباق یک چرخ‌دندانه روی فلایویل خودرو (چرخ طیار) از گونه فشاری سنگین.



شکل ۲۸

با این همه بهترین کار استفاده از جدول‌هایی است که به‌طور تجربی و در طول سالیان دراز در صنعت تدوین شده است. به نمونه‌ای توجه کنید. این جدول‌ها هم برای حالت سوراخ‌مبنا و هم برای میله مبنا قابل مراجعه هستند.

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میله مبنا		نوع انطباق	مثال‌هایی از کاربرد
H۷	r۶ s۶	h۶	R۷ S۷	با فشار زیاد	بوش یاتاقان‌ها ـ صفحات روتورماشین‌های برق
	n۶		N۷	نشیمن محکم بدون ضامن	بوش یاتاقان‌ها ـ اهرم و لنگ روی میله‌ها
	m۶		M۷	سوار شدن به وسیلهٔ چکش با ضامن	چرخ‌دنده‌ها ـ چرخ تسمه‌ها حلقهٔ داخلی بلبرینگ روی میله
	k۶		K۷	با نیروی کمتر و با ضامن (جلوگیری‌کننده از چرخش)	فلکه‌ها ـ اهرم‌ها
	j۶		J۷	اتصال به آسانی	چرخ‌دنده‌های عوض شونده در جعبه‌دنده حلقه‌های خارجی بلبرینگ‌ها در موقع سوار شدن در جای خود
	h۶		H۷	قابل حرکت انتقالی با دست	قسمت‌های با حرکت انتقالی ـ پین دسته‌ها ـ فلاش‌های متحدالمرکزکننده
	g۶		G۶	متحرک با بازی کم	چرخ‌دنده‌های آزاد ـ میلهٔ دستگاه تقسیم ماشین فرز ـ پیستون‌ها
	f۷		F۷	متحرک	یاتاقان‌ها ـ غلاف‌ها ـ میله‌ها با دور زیاد
	e۸		E۸	قسمت‌های متحرک با بازی نسبتاً زیاد	میله پیچ‌های حرکتی ـ میله‌های گذرنده از داخل چند یاتاقان ـ میله‌ها با دور متوسط
	d۹		D۹	متحرک با بازی خیلی زیاد	میله‌های ترانسمیسیون و چرخ‌های آزاد روی آنها

یادداشت: برای آنکه بتوان اطلاعات مربوط به انطباق را سریع‌تر به‌دست آورد، جدول‌های تفسیر شده‌ای در استاندارد ایزو هست. به نمونه‌هایی توجه کنید.

اندام‌های نامی		H11 ـ e11			H9 ـ d10			H9 ـ e9			H8 ـ f7			H7 ـ g6		
>	≤	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه
min -	mm ۳	۶۰	۱۲۰	۱۸۰	۲۰	۵۲/۵	۸۵	۱۴	۳۹	۶۴	۶	۱۸	۳۰	۲	۱۰	۱۸
۳	۶	۷۰	۱۴۵	۲۲۰	۳۰	۶۹	۱۰۸	۲۰	۵۰	۸۰	۱۰	۲۵	۴۰	۴	۱۴	۲۴
۶	۱۰	۸۰	۱۷۰	۲۶۰	۴۰	۸۷	۱۳۴	۲۵	۶۲	۹۷	۱۳	۳۱/۵	۵۰	۵	۱۷	۲۹
۱۰	۱۸	۹۵	۲۰۵	۳۱۵	۵۰	۱۰۶/۵	۱۶۳	۳۲	۷۵	۱۱۸	۱۶	۳۸/۵	۶۱	۶	۲۰/۵	۳۵
۱۸	۳۰	۱۱۰	۲۴۰	۳۷۰	۶۵	۱۳۳	۲۰۱	۴۰	۹۲	۱۴۴	۲۰	۴۷	۷۴	۷	۲۴	۴۱
۳۰	۴۰	۱۲۰	۲۸۰	۴۴۰	۸۰	۱۶۱	۲۴۲	۵۰	۱۱۲	۱۷۴	۲۵	۵۷	۸۹	۹	۲۹/۵	۵۰
۴۰	۵۰	۱۳۰	۲۹۰	۴۵۰												
۵۰	۶۵	۱۴۰	۳۳۰	۵۲۰	۱۰۰	۱۹۷	۲۹۴	۶۰	۱۳۴	۲۰۸	۳۰	۶۸	۱۰۶	۱۰	۳۴/۵	۵۹
۶۵	۸۰	۱۵۰	۳۴۰	۵۳۰												
۸۰	۱۰۰	۱۷۰	۳۹۰	۶۱۰	۱۲۰	۲۳۳/۵	۳۴۷	۷۲	۱۵۹	۲۴۶	۳۶	۸۰/۵	۱۲۵	۱۲	۴۰/۵	۶۹
۱۰۰	۱۲۰	۱۸۰	۴۰۰	۶۲۰												
۱۲۰	۱۴۰	۲۰۰	۴۵۰	۷۰۰	۱۴۵	۲۷۵	۴۰۵	۸۵	۱۸۵	۲۸۵	۴۳	۹۹/۵	۱۴۶	۱۴	۴۶/۵	۷۰
۱۴۰	۱۶۰	۲۱۰	۴۶۰	۷۱۰												
۱۶۰	۱۸۰	۲۳۰	۴۸۰	۷۳۰												
۱۸۰	۲۰۰	۲۴۰	۵۳۰	۸۲۰	۱۷۰	۳۲۰	۴۷۰	۱۰۰	۲۱۵	۳۳۰	۵۰	۱۰۹	۱۶۸	۱۵	۵۲/۵	۹۰
۲۰۰	۲۲۵	۲۶۰	۵۵۰	۸۴۰												
۲۲۵	۲۵۰	۲۸۰	۵۷۰	۸۶۰												
۲۵۰	۲۸۰	۳۰۰	۶۲۰	۹۴۰	۱۹۰	۳۶۰	۵۵۳۰	۱۱۰	۲۴۰	۳۷۰۰	۵۶	۱۲۲/۵	۱۸۹	۱۷	۵۹	۱۰۱
۲۸۰	۳۱۵	۳۳۰	۶۵۰	۹۷۰												
۳۱۵	۳۵۵	۳۶۰	۷۲۰	۱۰۸۰	۲۱۰	۳۹۵	۵۸۰	۱۲۵	۲۶۵	۴۰۵	۶۲	۱۳۵	۲۰۸	۱۸	۶۴/۵	۱۱
۳۵۵	۴۰۰	۴۰۰	۷۶۰	۱۱۲۰												
۴۰۰	۴۵۰	۴۴۰	۸۴۰	۱۲۴۰	۲۳۰	۴۳۲/۵	۶۳۵	۱۳۵	۲۹۰	۴۴۵	۶۸	۱۴۸	۲۲۸	۲۰	۷۱/۵	۱۲۳
۴۵۰	۵۰۰	۴۸۰	۸۸۰	۱۲۸۰												

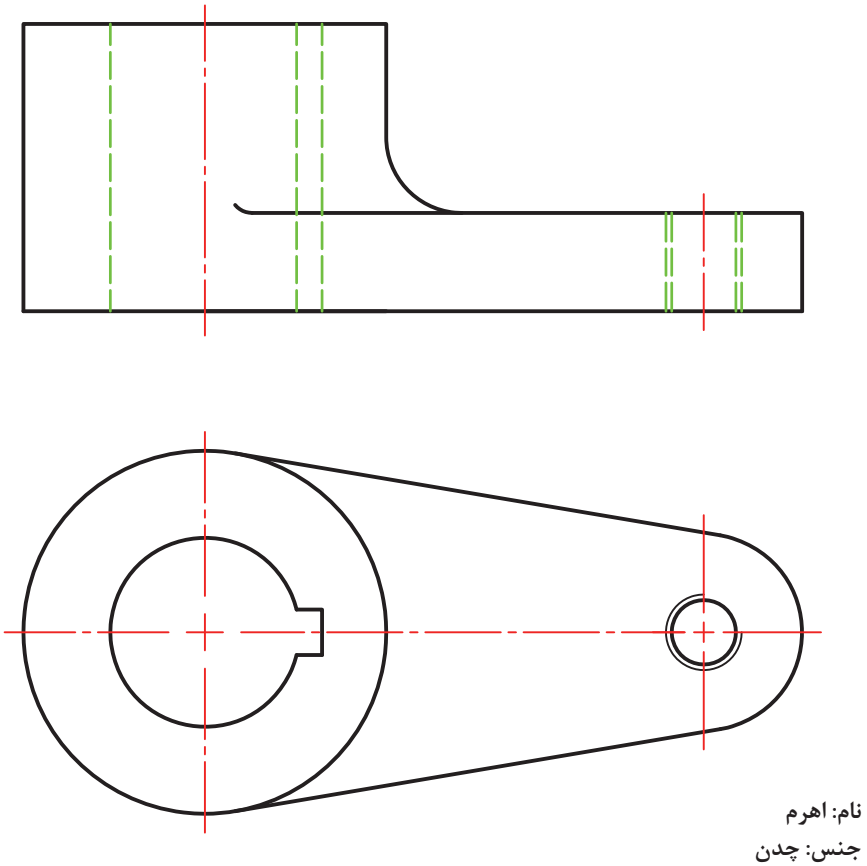
در این جدول گونه‌ای از انطباق بازی‌دار، در دستگاه سوراخ‌مبنا داده شده است. بیشترین اختلاف میان اندازه‌های سوراخ و میله با «بیشینه» و کمترین اختلاف میان آنها با عنوان «کمینه» در جدول داده شده است.

فعالیت ۱۰

می‌خواهیم یک بلبرینگ را روی یک میله (روش سوراخ مبنا) سوار کنیم. به فرض آنکه سوراخ بلبرینگ به قطر ۳۰ و با کیفیت H۷ باشد، حدود اندازه‌های میله و سوراخ را معین کنید (میله با کیفیت m۶).

فعالیت عملی ۴

برای قطعه‌ای که داده شده است، ضمن تعیین پرداخت‌ها، تولرانس‌ها و انطباقات را با توجه به آنچه که تاکنون دریافت کرده‌اید مشخص نمایید. پس از اندازه‌گذاری کامل، به هنرآموز تحویل دهید.



شکل ۲۹

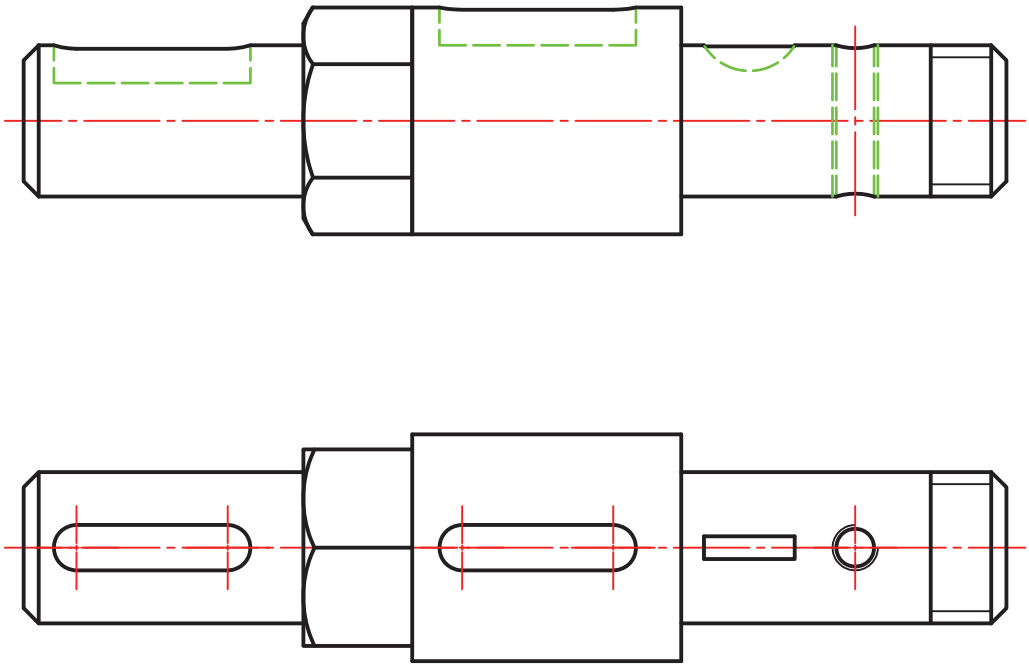
برای انجام کار می‌توانید با دوستان خود و همچنین هنرآموز محترم مشورت کنید.

فعالیت عملی ۵

برای قطعه‌ای که تصاویر آن داده شده است، موارد زیر را با توجه به آنچه تاکنون فرا گرفته‌اید، روی نقشه موجود یا کپی از آن انجام دهید.

- پرداخت‌ها
- تولرانس‌ها
- انطباقات
- اندازه‌گذاری کامل

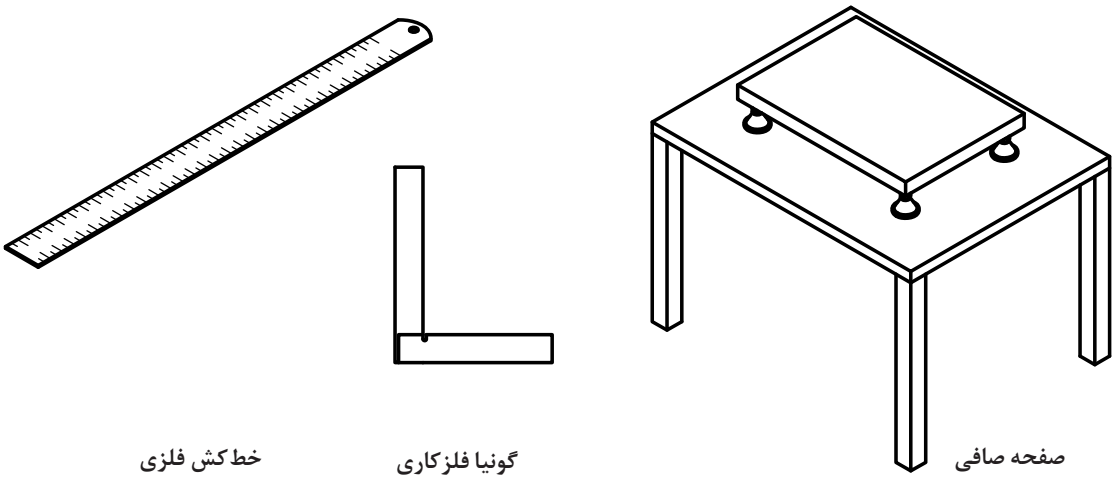
دقت کنید که این فعالیت را بایستی خود (بدون مشورت) انجام دهید.



نام: محور
جنس: فولاد

شکل ۳۰

به شکل‌های زیر نگاه کنید. در این شکل‌ها سه وسیله دیده می‌شود.

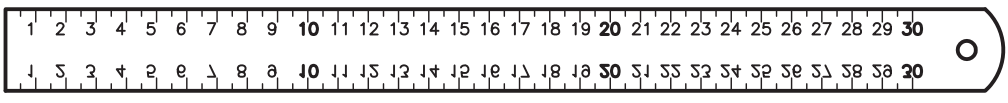


شکل ۳۱

در شکل سه وسیله مرجع را می‌بینید. از خط‌کش فلزی برای کشیدن خط راست، از گونیا برای اطمینان از ۹۰درجه بودن گوشه‌ها و از صفحه‌صافی به منظور خط‌کشی یا کنترل‌های دقیق استفاده می‌شود. اما آیا می‌توان خط‌کشی فلزی ساخت که لبه آن کاملاً مستقیم باشد؟ آیا می‌توان گونیایی داشت که زاویه ۹۰ درجه را دقیقاً دارا باشد؟ و سرانجام آیا صفحه صافی می‌تواند کاملاً تخت باشد؟ پاسخ همه این پرسش‌ها منفی است! در این صورت مسئله‌ای مهم در مقابل صنعتگران پدیدار می‌شود، ساخت شکل‌های هندسی باخطا! پس سازندگان باید بتوانند این خطاهای هندسی (خطاهای شکلی) را به‌گونه‌ای قابل قبول تحمل نمایند. بنابراین همان‌گونه که برای ساخت میله یا سوراخ باید تولرانس در نظر گرفت، برای ساخت یک شکل هم می‌توان تولرانس در نظر داشت.

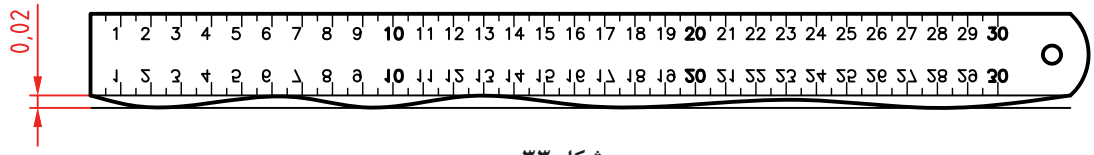
تجربه ثابت می‌کند که ساخت یک شکل دقیق هندسی امکان ندارد.

فرض کنید می‌خواهیم خط‌کشی فلزی بسازیم:



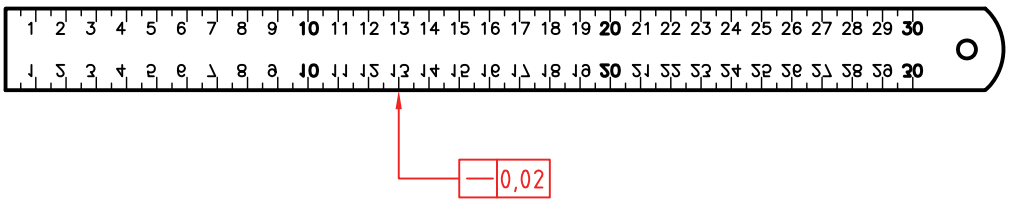
شکل ۳۲

وظیفه این خط‌کش چیست؟ روشن است، وسیله‌ای برای کشیدن خط راست. اما امکانات ما برای ساخت آن چیست؟ آیا می‌توان خط‌کشی ساخت که لبه آن کاملاً مستقیم و بدون خطا باشد؟ چون پاسخ منفی است، باید راست بودن لبه خط‌کش تولرانس‌گذاری شود. به شکل دقت کنید:



شکل ۳۳

طراح ۰/۰۲mm را برای انحراف لبه خط‌کش از مستقیمی، مجاز دانسته. این ۰/۰۲ را «تولرانس هندسی» گویند که میزان انحراف لبه را از مستقیمی محدود می‌کند. آن را روی نقشه به صورت شکل زیر نمایش می‌دهند (با مفهوم: مستقیمی برابر ۰/۰۲).



شکل ۳۴

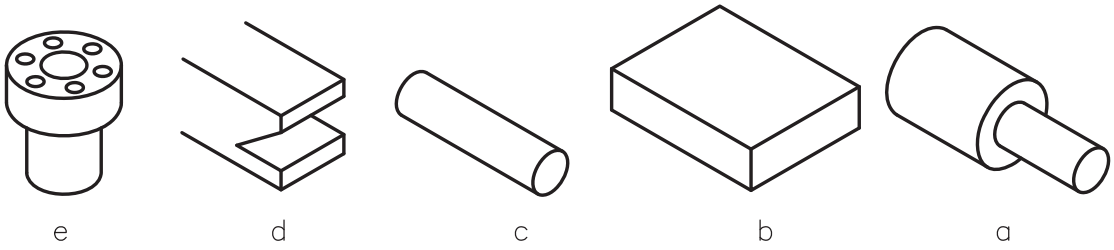
امروزه مبحث تولرانس‌گذاری هندسی را با استاندارد مُهندِم یا «مشخصه‌دهی هندسی محصول» یا G.P.S (Geometrical Product Specification) معین می‌کنند. در اینجا افزوده می‌شود، زمانی که نقشه‌ای را برای ساخت به یک کارگاه یا شرکت تحویل می‌دهند، کارفرما یعنی صاحب کار، محصولی را درخواست می‌کند که دقیقاً مطابق خواسته‌هایش که در نقشه داده شده، باشد. او به روش کار شما و چگونگی تولید قطعه، کاری ندارد. با این حال کوچک‌ترین اشکالی را در قطعه خود، نخواهد پذیرفت. پس ماشین‌کار و سازنده باید با نهایت دقت کوشش کند که قطعه ساخته شده، درخواست‌های کارفرما را پوشش دهد. البته اگر نقشه ابهام یا اشکالی دارد، بلافاصله باید به کارفرما برگردانده شود، که مشکلات را رفع کند. دقت کنید:

سازنده هرگز نباید، با نظر خود تغییری در نقشه بدهد. حتی کوچک ترین تغییر!

پس باید دقیقاً در چهارچوب نقشه و متعهد به آن، کار کند. تمام کوشش استانداردها برای آن است که مفاهیم مورد درخواست طراح و سپس کارفرما یا سفارش‌دهنده، به‌طور کامل و با دقت هر چه بیشتر، به سازنده منتقل شود. از این‌رو، شما برای آن‌که در آینده با مشکلاتی از این دست، روبه‌رو نشوید، باید موارد مربوط به خواندن نقشه را، هر چه بهتر فراگیرید.

تعریف ــ تولرانس هندسی میزان انحراف از شکل هندسی را معین می‌کند.

به چند قطعه پرکاربرد صنعتی نگاه کنید.

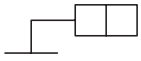
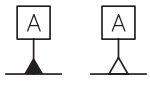


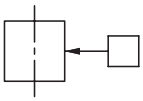
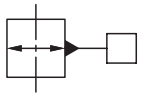
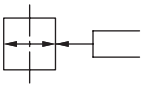
شکل ۳۵

a) قطعه لولایی، برای آن، هم محور بودن دو استوانه، مهم‌ترین نیاز است.
b) صفحه‌ای که تخت بودن، با دقت زیاد، ویژگی مهم آن است.
c) استوانه که در مورد آن، مستقیمی محور، فاکتوری اساسی است.
d) شیار دم چلچله، که دقت شکلی شیار اهمیت بالا دارد.
e) قطعه اتصال فلانچی، که در آن موقعیت سوراخ‌ها نسبت به هم و نسبت به محور قطعه بسیار مهم است.
به این ترتیب تولیدکننده، باید به صورت‌های مختلف و با تمهیدات مناسب، کارها را به گونه‌ای بسازد که در هنگام سوار کردن (مونتاژ) و به کار بردن مشکلی پیش نیاید. تمام این مسائل را می‌توان با استفاده از نمادهای مختلف در نقشه‌ها مشخص کرد.

یادداشت: برای رسیدن به نتایج مورد نظر، مدیریت تولید بایستی شرایط و مواردی را معین و آماده نماید که سازندگان بتوانند به دقت‌های لازم در تولید برسند.

نشانه‌ها ــ نشانه‌ها یا کدها و علائم مربوط به تولرانس‌های هندسی، در حقیقت از انحراف‌ها یا انحراف‌هایی که برای قطعه، نسبت به شکل هندسی (شکل مطلقاً دقیق)، در هنگام تولید پیش می‌آید، نتیجه شده‌اند. در جدول، این بیراهی‌ها (انحراف‌ها) و دیگر کدهای مورد نیاز را ببینید.

نماد (نشانه ــ علامت)	توصیف	ملاحظات
	اشاره به جز مورد نظر	سطحی که از نظر هندسی به آن مراجعه می‌شود
	سطح مبنا	سطحی که از نظر هندسی به آن مراجعه می‌شود
	اندازه تئوری	اندازه دقیق نامی
	ناحیه در ارتباط با تولرانس	محدوده‌ای که تولرانس به آن تعلق می‌گیرد
	اصل بیشترین شرایط ماده	سوراخ در کمینه و میله در بیشینه اندازه خود

	اصل حداقل ماده	سوراخ در بیشینه و میله در کمینه اندازه خود
	مستقیمی	مقدار مستقیم بودن، تولرانس فرم
	تختی	مقدار تخت بودن، تولرانس فرم
	دایره‌ای	میزان دایره‌ای بودن، تولرانس فرم
	استوانه‌ای	میزان استوانه‌ای بودن، تولرانس فرم
	شکل هر خط (لبه)	دقت یک خط غیرمستقیم، تولرانس فرم
	شکل هر سطح	دقت یک سطح غیرتخت، تولرانس فرم
	موازی بودن	برای دو لبه یا خط‌ها ...، تولرانس جهت
	عمود بودن	یک لبه یا سطح بر ...، تولرانس جهت
	زاویه داشتن	دقت شکلی زاویه، تولرانس جهت
	هم‌محور بودن	فاصله دو محور ...، تولرانس موقعیت
	وضعیت	موقعیت اجزا نسبت به مبنا، تولرانس موقعیت
	تقارن	متقارن بودن، تولرانس موقعیت
	لنگی جزئی (دویدگی)	دویدگی‌های جزئی، تولرانس لنگی
	لنگی کلی (دویدگی)	دویدگی کلی، تولرانس لنگی
	شکل استوانه	تنها به استوانه اشاره می‌کند
	محور استوانه مبناست	روی خط اندازه، اندازه‌گذاری هم ممکن است
	اشاره به محور استوانه	روی خط اندازه، اندازه‌گذاری هم ممکن است

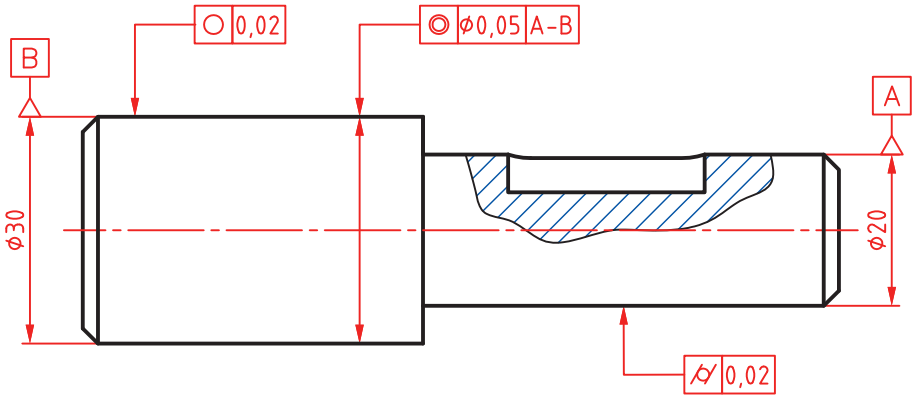
فعالیت ۱۱

با مراجعه به شکل ۳۶، مشخص کنید که هر یک از قطعات ممکن است دچار چه مشکلاتی از نظر شکلی، در هنگام تولید بشوند. نتایج را مرتب کنید و به دید هنرآموز برسانید. آیا می‌توانید عیوب احتمالی را با رسم شکل هم نشان دهید؟

کاربرد نشانه‌ها در نقشه

بهتر است نشانه‌های تولرانس هندسی و مفاهیم آنها را طی چند نقشه بررسی کنیم.

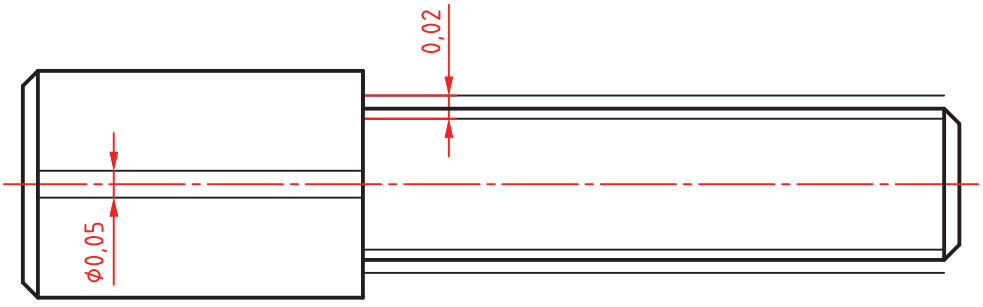
الف) محوری باید مطابق شکل ساخته شود.



شکل ۳۶

با توجه به اطلاعات دریافت شده از جدول نشانه‌ها، محور استوانه ⌀۲۰ به عنوان مبنا انتخاب شده است. پس دو سر محور با A و B به عنوان مبنا در نظر گرفته می‌شود.

- نشانه‌های داده شده روی محور استوانه قطر ۳۰، به مفهوم آن است که: محور این استوانه باید با تولرانس ۰/۰۵ با محور استوانه قطر ۲۰، هم‌محور باشد.
- نشانه دایره‌ای بودن روی استوانه بزرگ، به مفهوم آن است که در هر نقطه که، دایره‌ای بودن را کنترل کنیم، حداکثر خطا می‌تواند برابر ۰/۰۲ باشد.
- علائمی که به سطح استوانه قطر ۲۰ تکیه کرده، به مفهوم استوانه‌ای بودن این قسمت به میزان ۰/۰۲ خواهد بود. برای درک بهتر به شکل نگاه کنید:



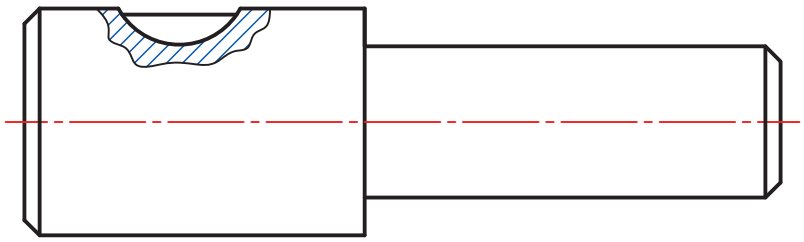
شکل ۳۷

- استوانه قطر ۲۰ مجاز است میان دو استوانه هندسی (به‌طور فرضی، مطلقاً دقیق) به فاصله ۰/۰۲ بازی داشته باشد.
- محور استوانه قطر ۳۰، باید داخل یک استوانه دقیق فرضی به قطر ۰/۰۵ و هم‌محور با استوانه مبنا، قرار گیرد. و دایره‌های موجود روی استوانه بزرگ باید میان دو دایره هندسی به فاصله ۰/۰۲ قرار داشته باشند.

یادداشت: تمام این موارد توسط کارفرما (سفارش‌دهنده) مورد کنترل و بررسی قرار می‌گیرد. از این نظر است که بر رعایت درخواست‌های نقشه تأکید می‌کنیم.

فعالیت عملی ۶

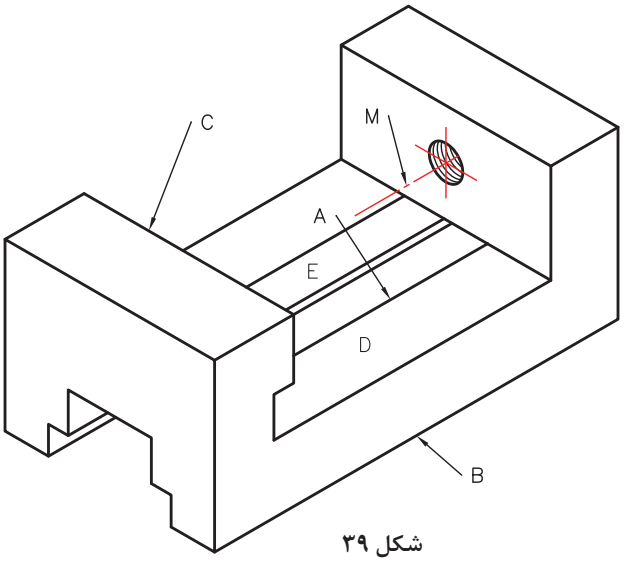
شکل محور داده شده را با اندازه‌برداری از روی آن، ترسیم نمایید.



شکل ۳۸

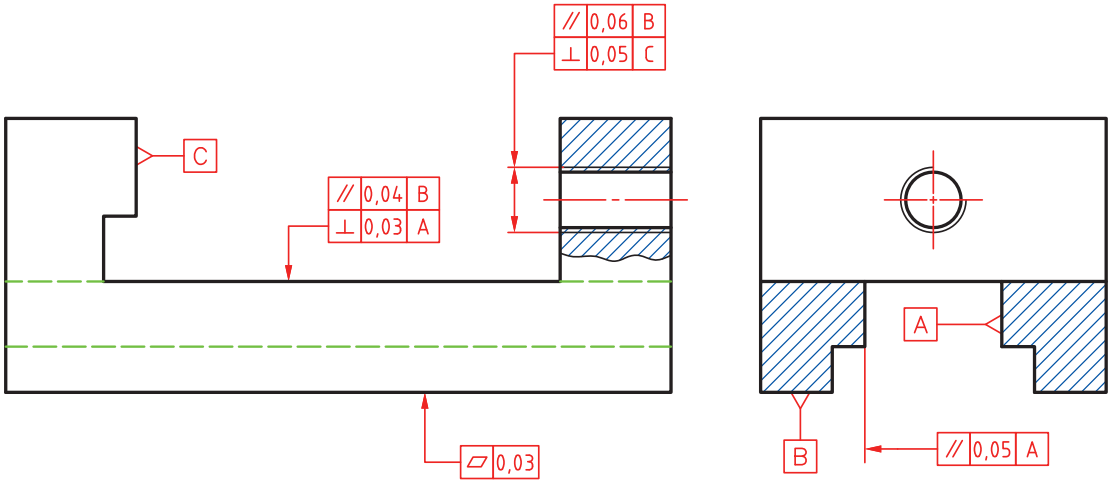
محور استوانه بزرگ‌تر مبنا می‌باشد. هر مقطع از استوانه کوچک‌تر باید از نظر دایره‌ای بودن، بیش از ۰/۰۳ انحراف نداشته باشد. استوانه بزرگ از نظر استوانه‌ای بودن برابر ۰/۰۲ تولرانس داشته باشد. با در نظر گرفتن نشانه‌های انطباقی m۶ برای استوانه کوچک و g۶ برای استوانه بزرگ، نقشه را به‌طور کامل اندازه‌گذاری کنید.

ب) قطعه‌ای که در شکل می‌بینید، بدنه یک گیره کوچک است. در این قطعه افزون بر اندازه‌های نامی، مسائل بسیار دیگر در ارتباط با شکل هندسی آن مطرح است.



شکل ۳۹

برای نمونه، سطح E و سطح روبه‌رویش یعنی A باید موازی باشند، سطح C باید بر سطح D عمود باشد، محور M باید هم با سطح D موازی و هم بر سطح C عمود باشد. یادآور می‌شود که باید این موارد در نقشه مشخص شود. اکنون به نقشه همین بدنه نگاه کنید.



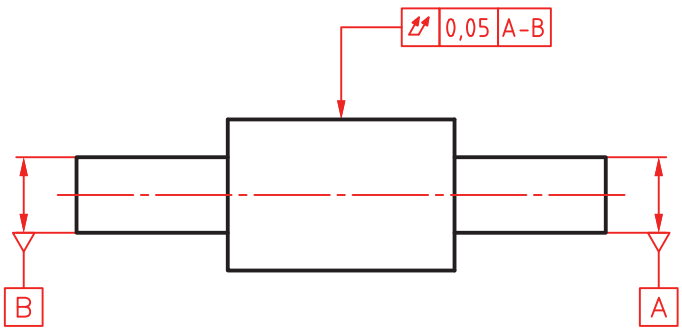
شکل ۴۰

- برای محور سوراخ، موازی بودن با کف قطعه و عمود بودنش بر سطح C قید شده است.
- برای سطح D گفته شده است که بر A عمود و با B موازی باشد.
- کف گیره بایستی به اندازه ۰/۰۳ و یا کمتر دارای تختی باشد.
- دیواره E موازی باشد با سطح مبنای A به میزان ۰/۰۵.

فعالیت عملی ۷

نقشه داده شده در شکل ۴۱ را دوباره (با اندازه‌برداری از روی شکل) ترسیم کنید و با در نظر گرفتن پرداخت‌ها و اندازه‌گذاری، کامل کنید.

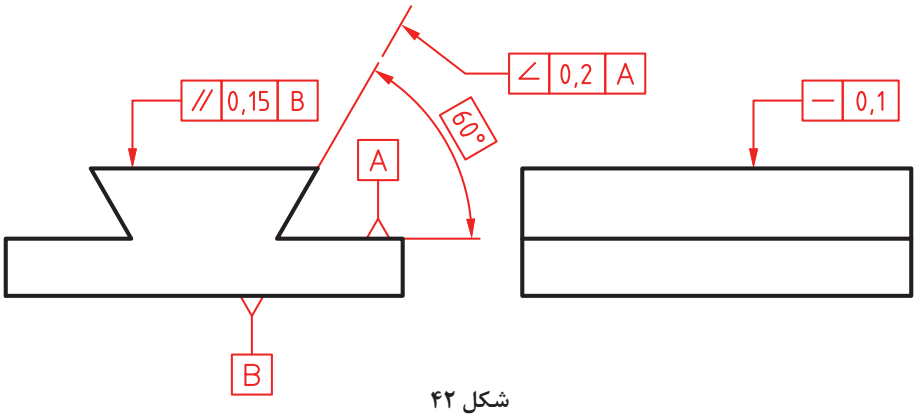
پ) محوری دارای سه بخش باید ساخته شود.



شکل ۴۱

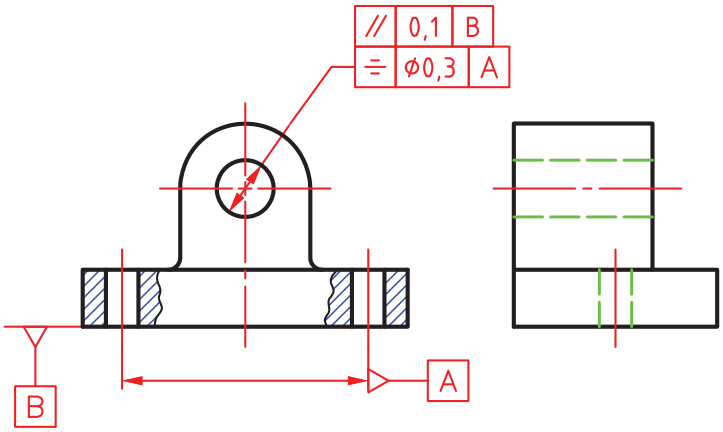
در مورد آن، مهم‌ترین موضوع، هم محور بودن استوانه بزرگ با محور استوانه‌های کوچک است. مبنا بودن محور استوانه‌های کوچک را با A و B مشخص کرده‌ایم. مفهوم کد روی شکل این است: لنگی کلی این استوانه نباید از ۰/۰۵ تجاوز کند.

ت) قطعه راهنما دارای شیار دم‌چلچله باید با زاویه نامی ۶۰ درجه ساخته شود. اگر سطح افقی را مبنا بگیریم (A)، سطح دیگر به میزان ۰/۲ دارای تولرانس خواهد بود.



شکل ۴۲

ث) به قطعه یاتاقان نگاه کنید. در این قطعه موارد مهمی وجود دارد که باید تولرانس‌گذاری هندسی شود.



شکل ۴۳

برای نمونه، موازی بودن محور سوراخ بزرگ با کف قطعه، تقارن دو سوراخ عبور پیچ با محور سوراخ یاتاقان، از آن جمله است.

فعالیت عملی ۸

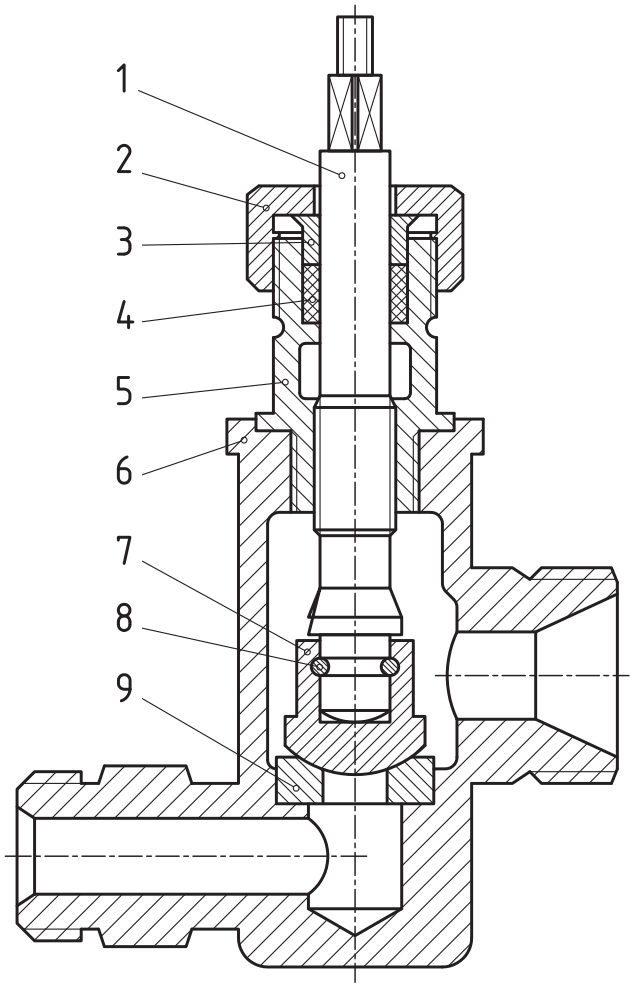
نقشه کارگاهی مربوط به یاتاقان را ترسیم کنید (با قید پرداخت‌ها، تولرانس‌ها، انطباقات و کدهای هندسی، اندازه‌گذاری، کادر، جدول کامل و...).

ارزشیابی

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
تولرانس گذاری نقشه‌های صنعتی	تشریح مفاهیم تولرانسی نقشه‌های صنعتی	بالاتر از حد انتظار	۱ـ استخراج ابعاد قطعه با توجه به تولرانس‌های ابعادی ۲ـ استخراج روش تولید از روی نقشه ۳ـاستخراج مقدار میزان تولرانس هندسی قطعه از نقشه	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	۱ـ استخراج ابعاد قطعه با توجه به تولرانس‌های ابعادی ۲ـ استخراج مقدار تولرانس هندسی قطعات با توجه به مقادیر تولرانس هندسی نقشه	۲
		پایین‌تر از انتظار (عدم احراز شایستگی)	استخراج ابعاد قطعه با توجه به نقشه	۱
نمره مستمر از ۵				
نمره شایستگی پودمان از ۳				
نمره پودمان از ۲۰				

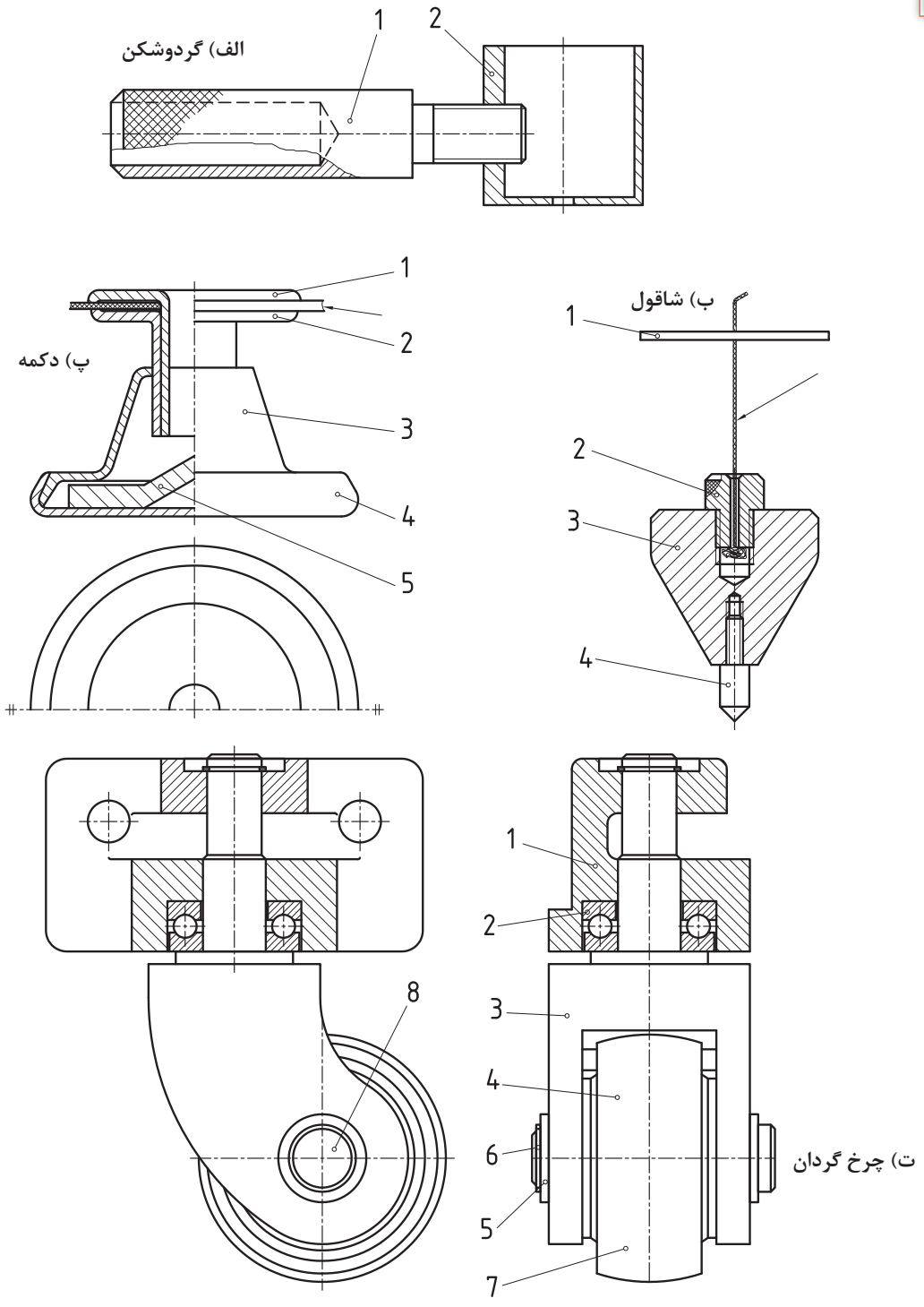
پودمان ۲

استخراج اطلاعات نقشه‌های ترکیبی



نقشه‌های ترکیبی

نقشه ترکیبی نشان دهنده مجموعه‌ای از قطعات مربوط به یک وسیله معین است. به نقشه‌های زیر نگاه کنید.



شکل ۱

درباره آنها می‌توان گفت:

- هر یک برای انجام کاری معین طراحی شده‌اند.
- هر کدام از آنها دارای چندین قطعه است.
- این قطعات در این وسایل، دارای تناسب لازم نسبت به یکدیگر هستند.

به این نقشه‌ها ترکیبی می‌گوییم.

- در این نقشه‌ها هر قطعه غیرتکراری، با شماره‌ای مشخص می‌شود (برای قطعات تکراری، فقط یک شماره گذاشته می‌شود).
- هر قطعه با شماره خود شناسایی خواهد شد.
- نقشه ترکیبی، نخستین نقشه‌ای است که برای یک پروژه رسم می‌شود.

فعالیت ۱

در هر یک از نقشه‌های مربوط به شاقول، دکمه، گردوشکن و چرخ گردان، قطعات را با گفتن نام آنها بررسی کنید و در جدول بنویسید.

نام مجموعه	تعداد قطعه	نام قطعه شماره ۱	نام قطعه شماره ۲	نام قطعه شماره ۳	نام قطعه شماره ۴	نام قطعه شماره ۵	نام قطعه شماره ۶	نام قطعه شماره ۷	نام قطعه شماره ۸
شاقول									
دکمه									
گردوشکن									
چرخ گردان									

کاربردهای نقشه ترکیبی

کاربردهای مهم این نقشه در سه زمینه است:

۱ در طراحی‌های اولیه، که به کمک آن، اجزاء مجموعه و تناسب آنها بررسی می‌شود.

۲ برای سوار کردن قطعات ساخته شده (نقشه مونتاژ).

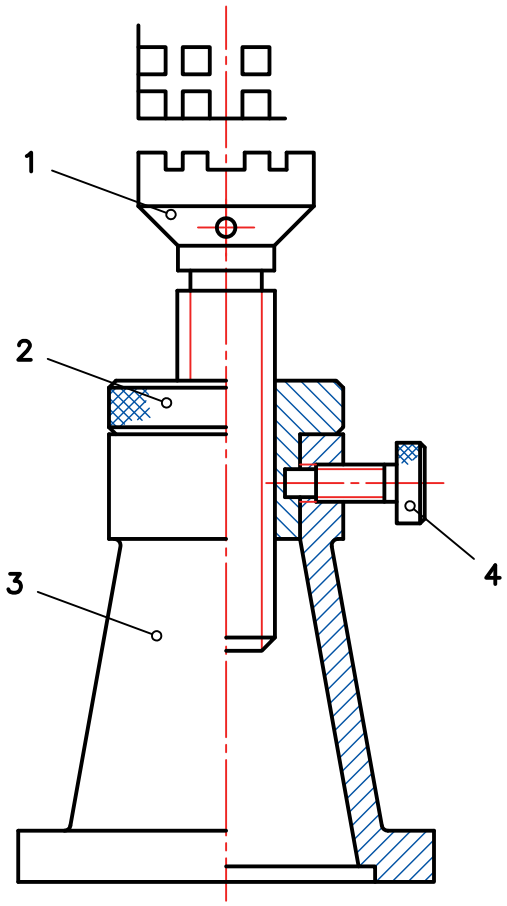
۳ برای تعمیرات که به کمک آن یک تعمیرکار می‌تواند چگونگی باز کردن و مونتاژ بعدی را بررسی کند.

زمانی می‌گوییم که یک نقشه ترکیبی را خوانده‌ایم که نکته‌های زیر را دریافته باشیم:

- نام و تعداد قطعات مجموعه
- نام هر قطعه و وظیفه آن در مجموعه
- چگونگی کار مجموعه

چگونگی تشخیص قطعات

برای شناسایی قطعات و شکل آنها، باید نام مجموعه و کارکرد آن را بدانیم. این دو مورد ما را به درک شکل قطعات راهنمایی می‌کند. به نقشه زیر نگاه کنید. این نقشه یک جک را نشان می‌دهد.



شکل ۲

جک و کاربرد آن را می‌شناسیم. از آن برای بلند کردن سنگینی استفاده می‌شود. پس وجود پیچ و مهره، اهرم و پایه، در آن را بدیهی می‌دانیم. به این دلیل، قطعات قابل شناسایی‌اند.

نقشه در حالت نیم‌برش است. پس تغییر جهت هاشور به خوبی جدا بودن قطعات و محدوده آنها را مشخص می‌کند. شماره‌گذاری، برش، دانستن چگونگی کار مجموعه، از مجموعه مواردی هستند که ما را در شناخت دقیق نقشه ترکیبی و به عبارت دیگر، خواندن آن یاری می‌کنند.

فعالیت ۲

با مراجعه به نقشه جک، نام قطعات آن را مشخص کنید آنگاه همه اجزاء این مجموعه را به‌صورت تکی و به‌صورت اسکچ رسم کنید. پس از ارائه به هنرآموز و اطمینان از درستی آنها، تصاویر را با دقت رسم و اندازه‌گذاری کنید.

فعالیت ۳

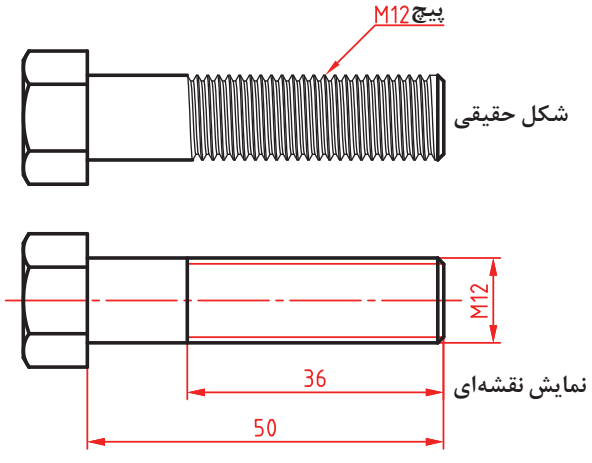
برای چهار وسیله داده شده در شکل ۱، قطعات را به‌صورت اسکچ رسم کنید و هر مورد روی یک برگ (A۴)، سپس با مشورت با دوستانتان اشکالات را برطرف کنید و در نهایت به هنرآموز خود ارائه دهید.

مکانیزم‌ها

معمولاً منظور از مکانیزم، مجموعه‌ای از قطعات هستند که می‌توانند کار معینی را انجام دهند. برای نمونه، جک مورد بررسی، یک مکانیزم است که کار آن بلند کردن سنگینی می‌باشد. برای آشنایی بیشتر با مکانیزم‌ها و کارکرد آنها، باید با نقشه چند مورد از اجزاء ماشین بیشتر آشنا باشیم.

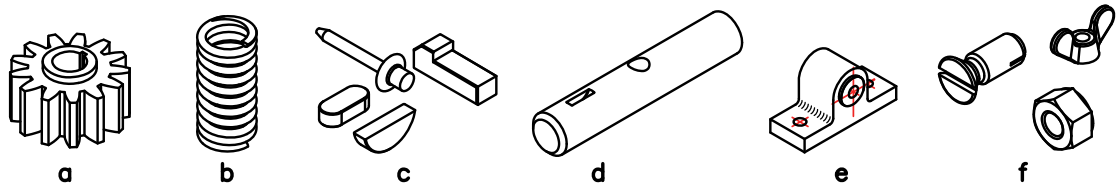
اجزاء ماشین

همان‌گونه که می‌دانید: اجزاء ماشین، قطعاتی هستند آشنا که در صنایع، مصرف‌های عمومی دارند. آنها بیشتر، در ویژگی‌هایی مشترکند. پس به دلیل آشنا بودن با آنها و کاربردشان، می‌توانیم آنها را به‌صورت بسیار ساده، در نقشه نمایش دهیم. به شکل نگاه کنید:



شکل ۳

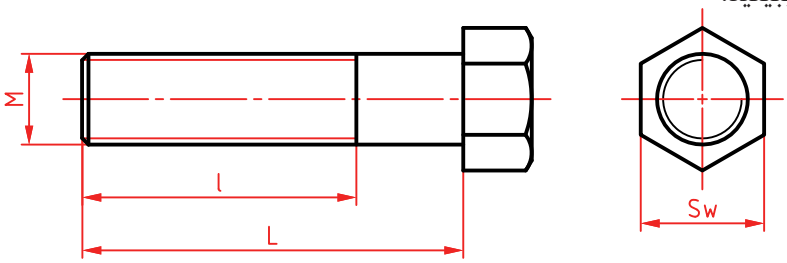
مورد دیگر آن که بسیاری از آنها مانند پیچ و مهره، خار، بلبرینگ و... را می‌توان با کیفیت خوب از بازار تهیه کرد. به شکل نگاه کنید:



شکل ۴

آیا می‌توانید در مورد نام و کارکرد و وظیفه هر یک شرح دهید؟

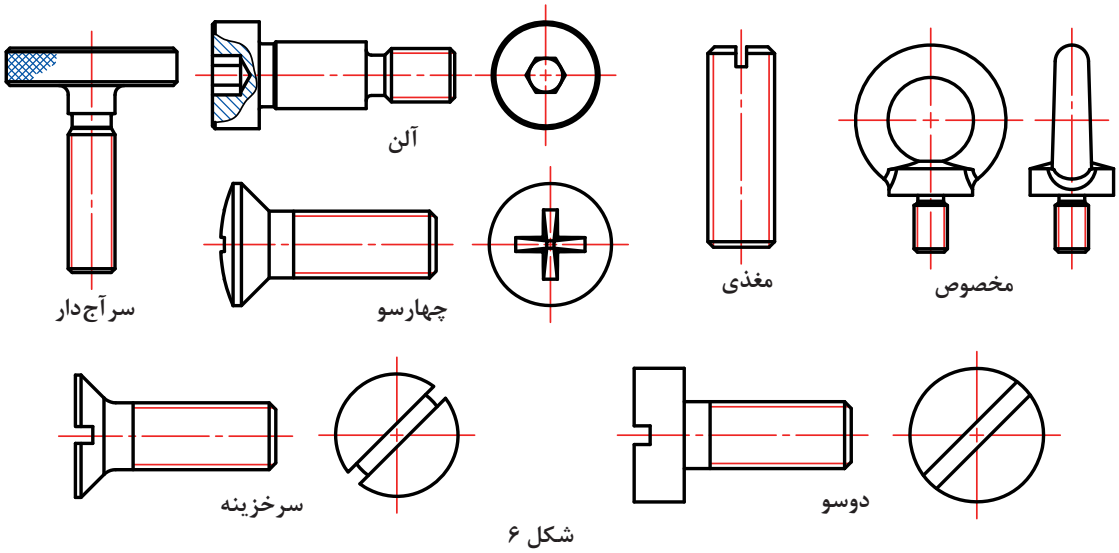
پیچ و مهره: شکل عمومی نمایش پیچ به همان صورت است که می‌دانید. معمولاً پیچ از دو قسمت بدنه و آچارخور تشکیل می‌شود. آچارخورها را به دلایل گوناگون، متفاوت می‌سازند. در شکل، پیچ سرشش‌گوش، برای اتصال را ببینید:



شکل ۵

در آن Sw آچارخور است که در برخی نقشه‌ها با S و W هم آمده است. در نقشه، L طول کلی و l، بخش دندانه شده است.

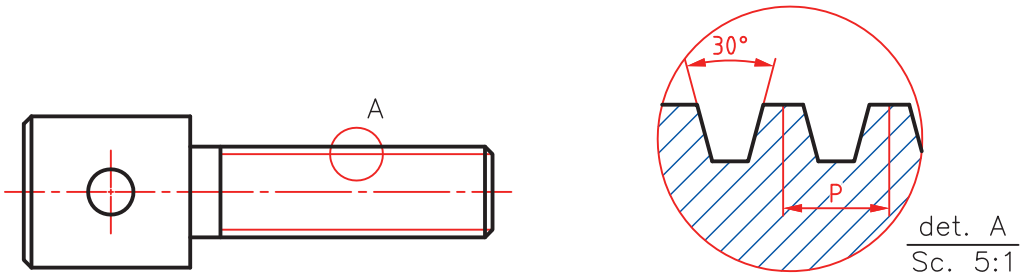
پیچ‌ها می‌توانند آچارخورهای دیگری هم داشته باشند. به شکل نگاه کنید:



شکل ۶

یادداشت: اندازه نامی طول پیچ همان L (طول کلی) است.

از نظر کاربرد، پیچ‌ها را به دو دسته اتصالی (مانند پیچ‌های بالا) و حرکتی (برای انتقال حرکت) تقسیم می‌کنند. پیچ‌های حرکتی انواع گوناگونی از دندانه را دارند. مهم‌ترین پیچ حرکتی، پیچ دنده ذوزنقه است.



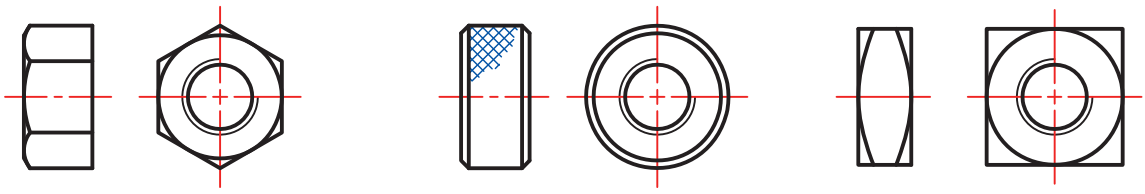
شکل ۷ــ پیچ دنده‌ذوزنقه

پیچ‌ها از نظر شکل نقشه‌ای یکسان هستند ولی برای مشخص کردن آنها از نشانه‌های مربوط به هر پیچ استفاده می‌شود. در جدول مشخصات پیچ‌های اتصال و حرکتی معروف‌تر را ببینید. در مشخصات مربوط به آنها باید قطر نامی و گام داده شود.

فعالیت ۴

با مراجعه به جداول کتاب همراه هنرجو انواع پیچ و علائم استاندارد آن‌ها را از نظر نوع دندانه در یک برگ A_4 با دست آزاد رسم کنید و مشخصات آن را بنویسید.

مهره‌ها هم با آچارخورهای گوناگونی ساخته می‌شوند. چند نمونه را ببینید.



چهارگوش　　آج‌دار　　شش‌گوش

شکل ۸

یادداشت: بسیاری از مهره‌ها نیز در بدنه‌ها ساخته می‌شود که طبعاً نیاز به آچارخور ندارند.

اندازه آچارخور

معمولاً برای پیچ‌های سرشش‌گوش و چهارگوش و همچنین مهره‌های آنها، اندازه آچارخور را می‌توان از رابطه $Sw = 1/5d \pm 1$ به دست آورد. d قطر نامی پیچ است. Sw برای پیچ‌های کوچک‌تر به سمت بالا و در پیچ‌های بزرگ‌تر به سمت پائین گرد می‌شوند (تحقیق کنید).

فعالیت ۵

برای پنج مورد از پیچ‌های حرکتی موجود در کارگاه، که خود آنها را مشخص خواهید کرد، جدول زیر را کامل کنید.

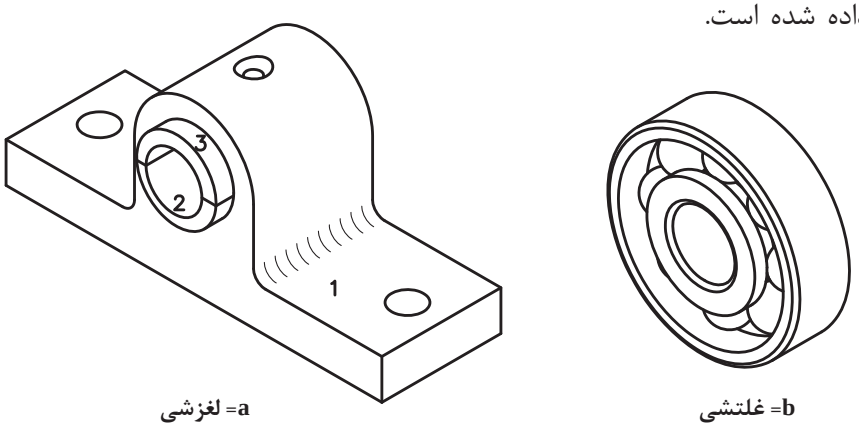
شماره	نام پیچ	نام دستگاه	قطر نامی و گام	مشخصات	چگونگی دریافت نیرو و انتقال آن
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					

فعالیت ۶

برای پیچ و مهره شش‌گوش با اندازه نامی متفاوت، ابتدا طبق فرمول، آچارخور را تعیین کنید. آن‌گاه درستی آن را تحقیق کنید. این کار را برای مهره‌های چهارگوش هم بررسی کنید.

یاتاقان

یاتاقان ابزاری است برای تکیه کردن میله و محور. می‌توان گفت: تکیه‌گاه محور. معمولاً میله برای تأمین بستری برای گردش، در یاتاقان قرار می‌گیرد. در شکل چند نمونه از یاتاقان، که در نقشه با آن روبه‌رو می‌شوید، داده شده است.



a= لغزشی

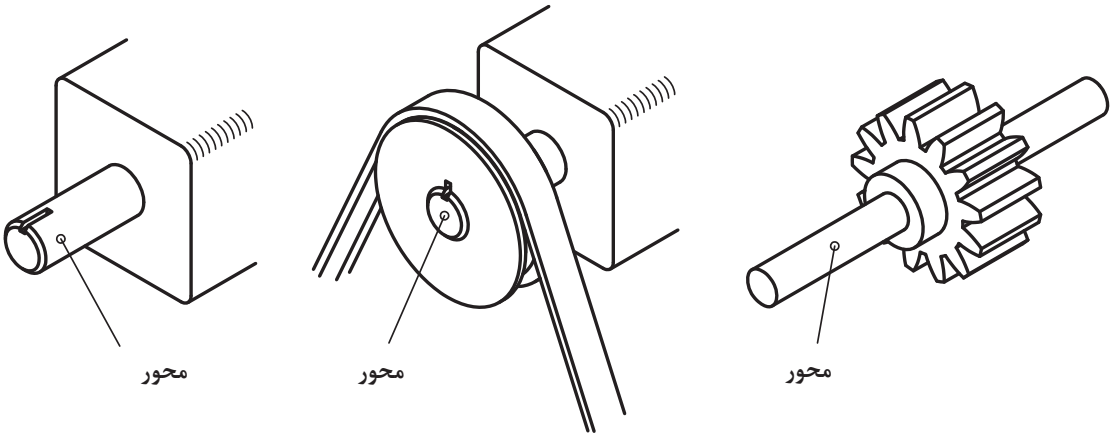
b= غلتشی

شکل ۹

فعالیت ۷

پنج مورد از یاتاقان‌های موجود در کارگاه را شناسایی کنید و اسکچ آنها را ترسیم و به دید هنرآموز برسانید.

محور: محور ابزاری است برای نگهداری پولی، انتقال گردش و توان با حمایت یاتاقان. در شکل کاربردهایی از محور را ببینید.



a= جعبه‌دنده　　b= محور چرخ تسمه　　c= محور چرخ‌دنده

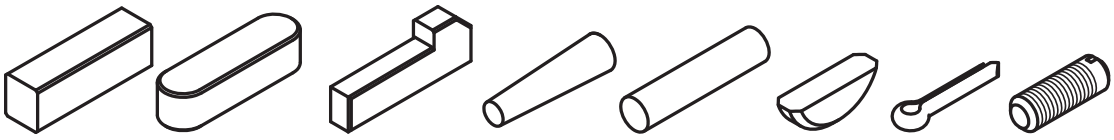
شکل ۱۰

فعالیت ۸

پس از شناسایی پنج مورد از محورهای موجود در کارگاه (یا تحقیق)، جدول را کامل کنید.

شماره	نام	دستگاه	کار محور	جنس	تعداد یاتاقان	دور	طول تقریبی	نکات دیگر
۱								
۲								
۳								
۴								
۵								

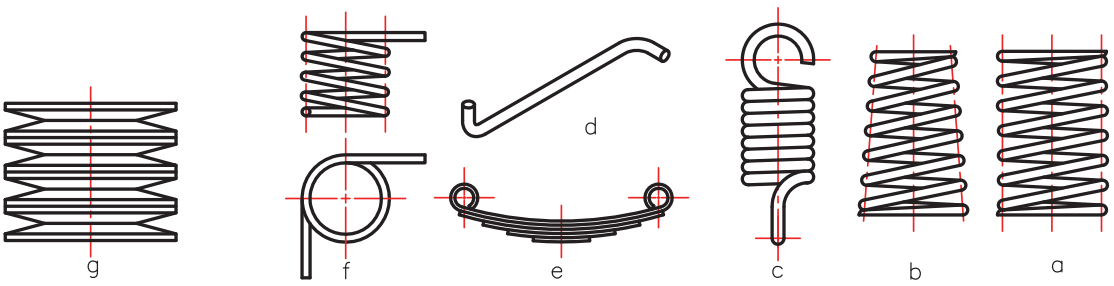
خار و پین: پین و خار ابزاری است برای ایجاد اتصال و از میان بردن حرکت نسبی. خارها به اشکال بسیار گوناگون در تجهیزات فنی به کار برده می‌شوند. به نمونه‌هایی نگاه کنید:



h خار ساده | g خار ساده | f گوه | e پین مخروطی | d پین استوانه ای | c خار پولکی | b اشپیل | a پیچ خار

شکل ۱۱

فنر: فنر ابزاری است که انرژی مکانیکی را در خود ذخیره می‌کند و در هنگام نیاز، پس می‌دهد. فنر از مواد قابل ارتجاع، به‌ویژه فولاد فنر ساخته می‌شود. در شکل گونه‌هایی را ببینید:



a_b_ فنر فشاری | c_ فنر کششی | d_ e_ فنر خمشی | f_ فنر پیچشی | g_ فنر فشاری (بل‌ویل)

شکل ۱۲

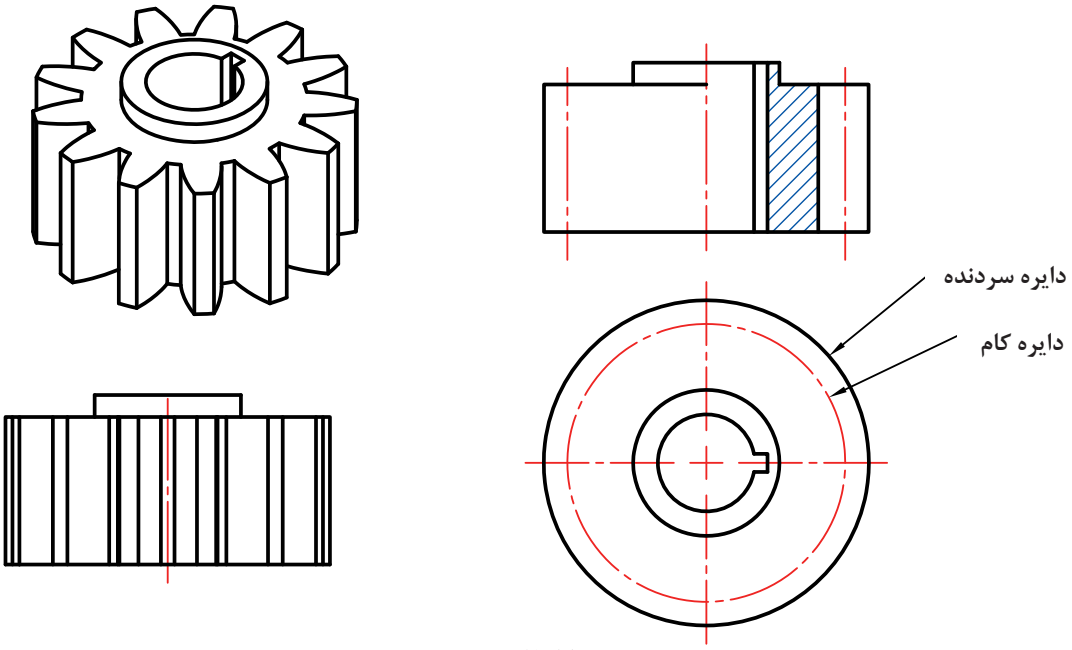
فنر به چهار صورت، انرژی را در خود ذخیره می‌کند. کشش، خمش، پیچش و فشار.

فعالیت ۹

پنج مورد از فنر را شناسایی کنید و جدول زیر را کامل نمایید.

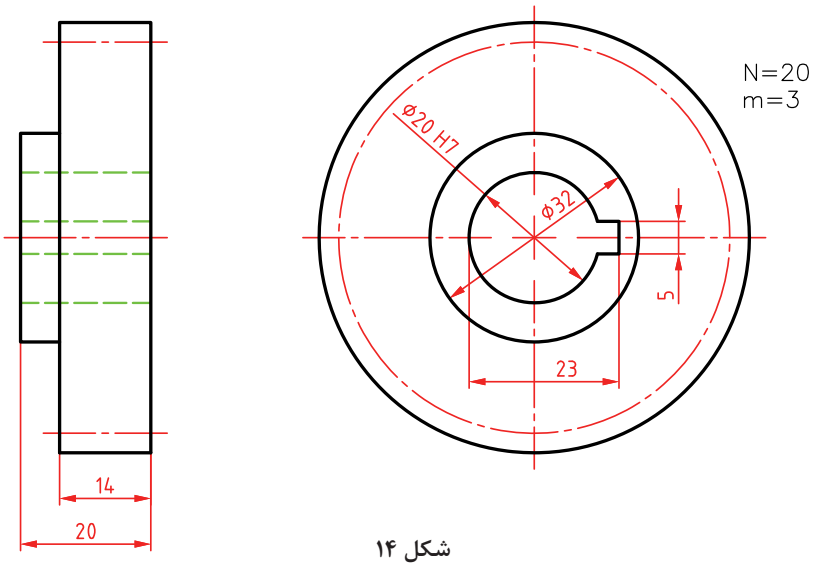
شماره	نام	دستگاه	کار فنر	جنس	تعداد	روش ذخیره انرژی	شکل تقریبی
۱							
۲							
۳							
۴							
۵							

چرخ‌دندانه: چرخ‌دندانه‌ها نیز از اجزاء ماشین پرکاربرد هستند. آنها معمولاً طراحی و ساخته می‌شوند (در بازار یافت نمی‌شوند). می‌دانیم که در چرخ‌دنده، فاکتورهای تعیین کننده، عبارتند ازمدول (m) و تعداد دنده (N) و همچنین زاویه مارپیچی β برای چرخ دندانه‌های مارپیچی و زاویه مخروطی α برای چرخ‌دندانه‌های مخروطی. چرخ‌دندانه را نیز به دلیل آشنا بودن شکلی و ساختمانی، می‌توان به‌صورتی ساده نمایش داد. در شکل یک چرخ‌دندانه ساده را می‌بینید که هم شکل اصلی و هم شکل نقشه‌ای آن نمایش داده شده است.



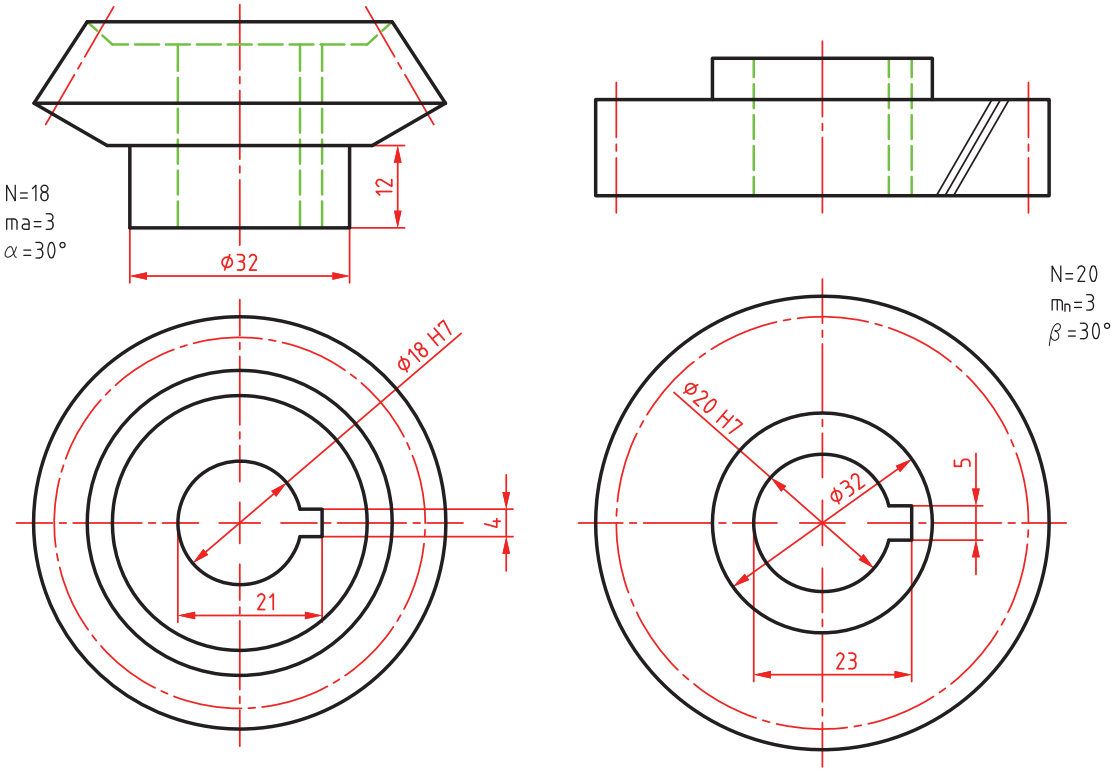
شکل ۱۳

همان‌گونه که می‌دانید قطر دایره گام (d_p) از رابطه $d_p=m.N$ و دایره سر دندانه از رابطه $d_e=d_p+2m$ به دست می‌آید. در شکل، یک چرخ‌دندانه ساده با اندازه‌گذاری کامل داده شده است.



شکل ۱۴

در شکل گونه‌های دیگری از چرخ‌دندانه را، با شکل نقشه‌ای آن ببینید.



ب) چرخ دندانهٔ مخروطی

الف) چرخ دندانهٔ مارپیچ

شکل ۱۵

سه خطی که روی چرخ دندانه زده شده، نشانه استاندارد برای مارپیچی بودن است.

فعالیت ۱۰

شکل‌های نقشه‌ای، سه چرخ‌دندانه ساده، مارپیچ و مخروطی را رسم و اندازه‌گذاری کنید. مشخصات هر کدام به شرح زیر است:

چرخ‌دندانه ساده دارای ۲۲ دندانه، مدول ۴، ضخامت ۲۰، دیگر نیازها دلخواه.

چرخ‌دندانه مارپیچ با مدول $m_n = ۴$، تعداد دندانه ۲۲، ضخامت ۲۰، زاویه مارپیچی $\beta = ۳۶^\circ$ ($\cos\beta = ۰/۸$ و $\sin\beta = ۰/۶$). اندازه‌های دیگر دلخواه.

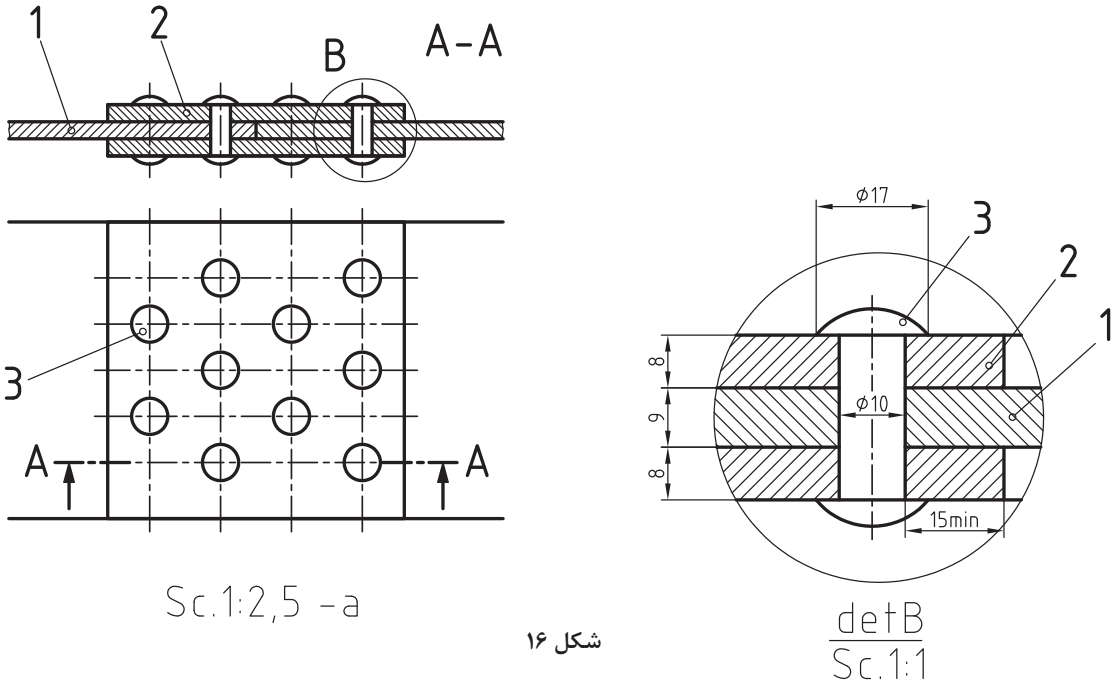
چرخ‌دندانه مخروطی با مدول $m_a = ۵$، تعداد دندانه ۲۰، و زاویه مخروطی $\alpha = ۳۰^\circ$.

شناسایی مکانیزم

اکنون برای آشنایی با نقشه‌های ترکیبی مربوط به مکانیزم‌ها، چند نقشه را بررسی می‌کنیم.

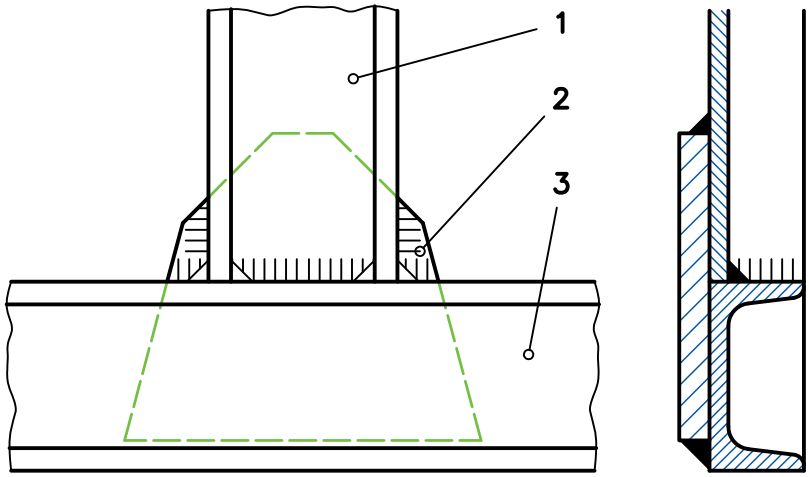
نقشه پرچ‌کاری: در این نقشه، برای دو ورق مشابه با شماره ۱ و ۲ از پرچ کوبشی استفاده شده است. به

کمک این نقشه می‌توان ترتیب پرچ‌ها را درک کرد. برش A_A و دتایل داده شده، همه موارد را روشن می‌کند. البته نقشه اصلی با مقیاس ۱:۲/۵ و نقشه دتایل به مقیاس ۱:۱ داده شده است.



شکل ۱۶

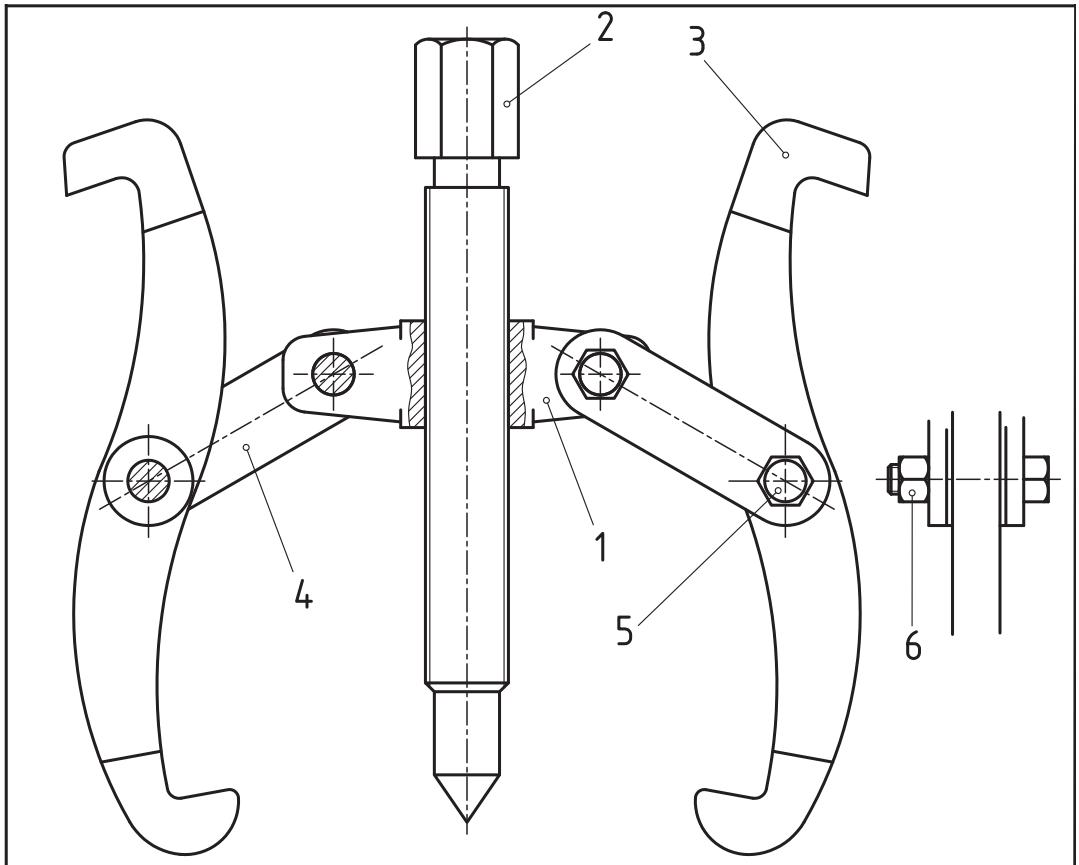
نقشه جوش‌کاری: برای اتصال دو ناودانی به هم، از یک قطعه واسطه استفاده شده است.



شکل ۱۷

این نقشه نشان می‌دهد که همه جاهایی که امکان جوش داشته، از جوش ساده (معروف به درز گلویی) استفاده شده است.

پولی‌کش: پولی‌کش ابزاری است برای بیرون آوردن یک چرخ‌دندانه، چرخ‌تسمه و چرخ‌زنجیر از روی محور.



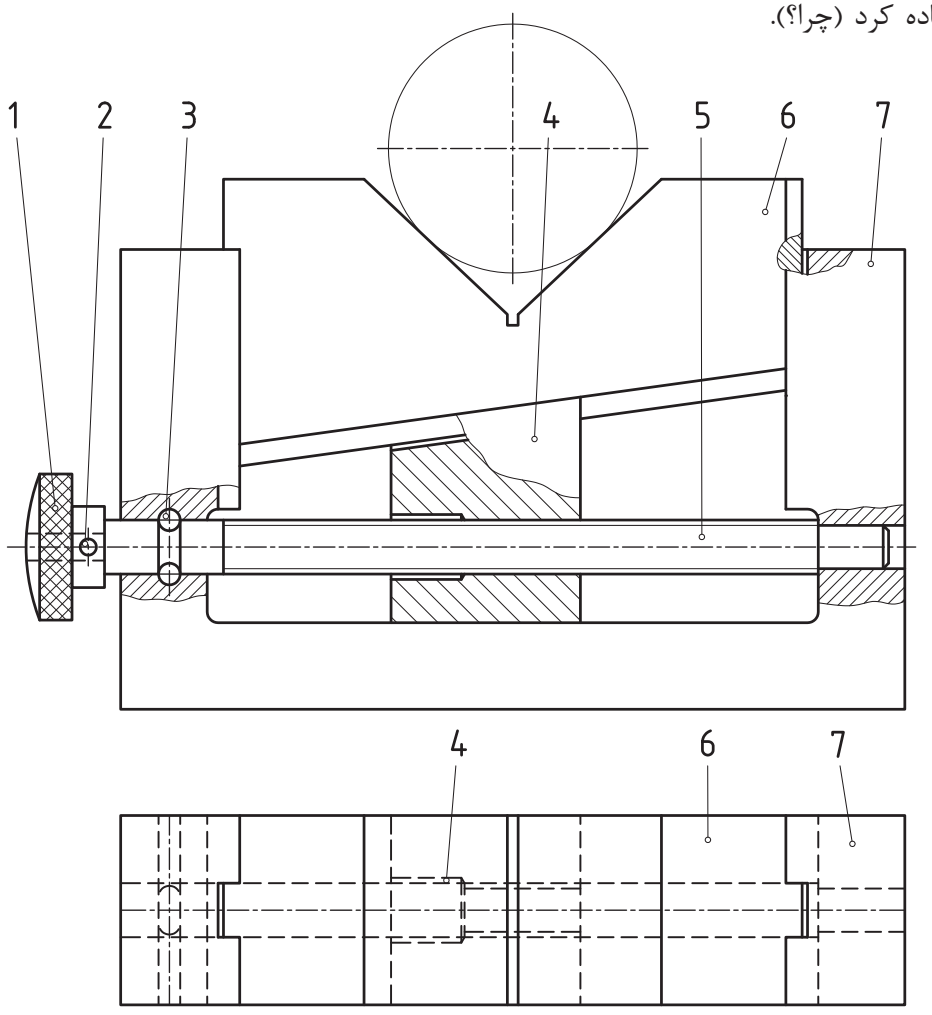
تعداد	نام	جنس	شماره		مشخصات	وزن				کاغذ
4	مهره	فولاد	6		DIN 125 A	2				
4	پیچ	فولاد	5		M6 x 22	8				
4	رابط	فولاد فورژ	4			15				A4
2	فک	فولاد فورژ	3			120				A4
1	پیچ اصلی	فولاد	2			130				A4
1	بدنه	فولاد فورژ	1			60				A4

	نام	تاریخ	نام:		تولرانس
طراح			پولی کش دوفکه		جنس
رسام					
بازبین					
تصویب				مقیاس	1 : 2
کد:		سفارش:		سازنده:	
کاغذ:	A3				
شماره:	1				

شکل ۱۸

این ابزار دارای دو بازوی کِشنده، یک پیچ اصلی برای فشار بر سر میله و اهرم‌های تنظیم کننده شماره ۴ می‌باشد. بدنه ۱، اجزا را در کنار هم تضمین می‌کند. بخشی از نمای نیم‌رخ تمام جزئیات دیگر را می‌دهد. این پولی‌کش بسیار عالی طراحی شده است، دو سر دیگر بازوها، درگیری خشن‌تری با پولی خواهند داشت. برای این مجموعه جدول لازم داده شده است. پایین این جدول همان جدول ساده است و بالای آن شامل مشخصات قطعات می‌باشد (نقشهٔ ترکیبی، همیشه دارای جدول ترکیبی، مطابق این نمونه، خواهد بود).

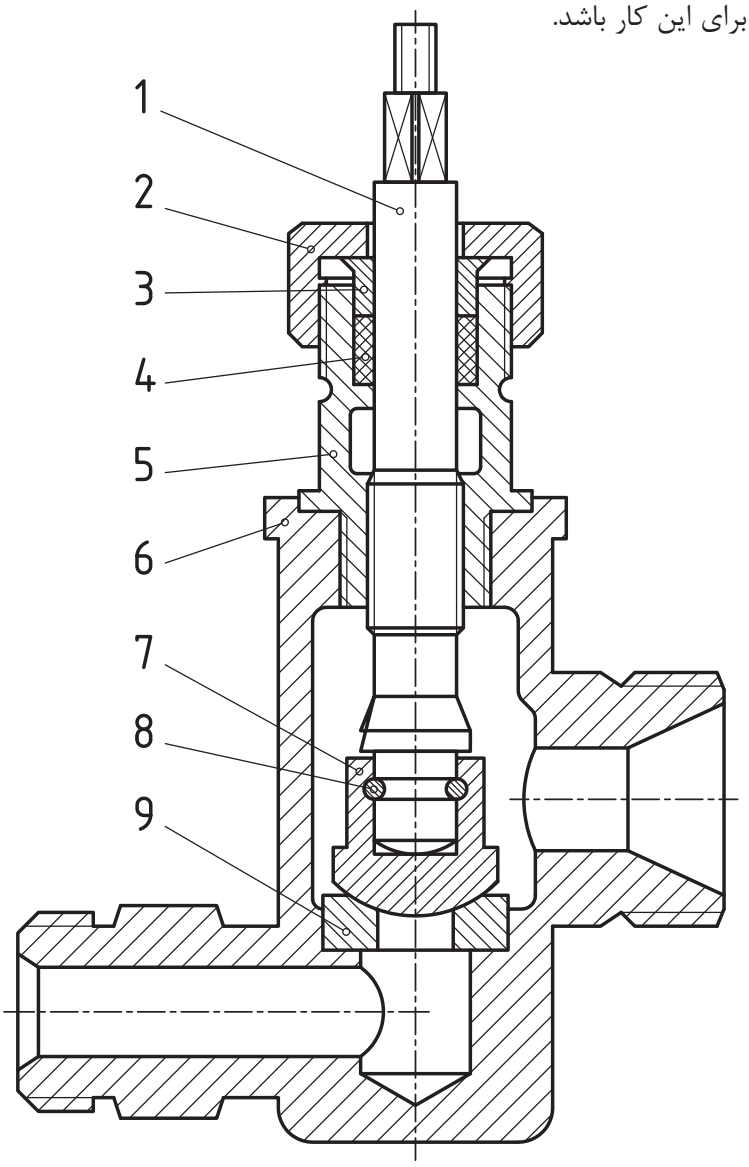
تکیه‌گاه: این ابزار که به آن تکیه‌گاه قابل تنظیم هم می‌گویند، وسیله‌ای است برای حمایت از میله و جلوگیری از خم شدن آن. برای نمونه از این وسیله می‌توان برای فرزکاری میله‌های بلند روی میز ماشین فرز استفاده کرد (چرا؟).



شکل ۱۹

با پیچاندن پیچ بلند شماره ۱، می‌توان قطعه متحرک شماره ۴ را به چپ یا راست لغزاند، که نتیجه‌اش بالا و پایین شدن شماره ۶ خواهد بود.
میزان بازی شماره ۶ تقریباً چند میلی‌متر است؟

شیر آب: نقشه یک شیر آب را نمایش می‌دهد. وظیفه این وسیله، قطع و وصل جریان آب است، پس باید دارای مکانیزمی برای این کار باشد.

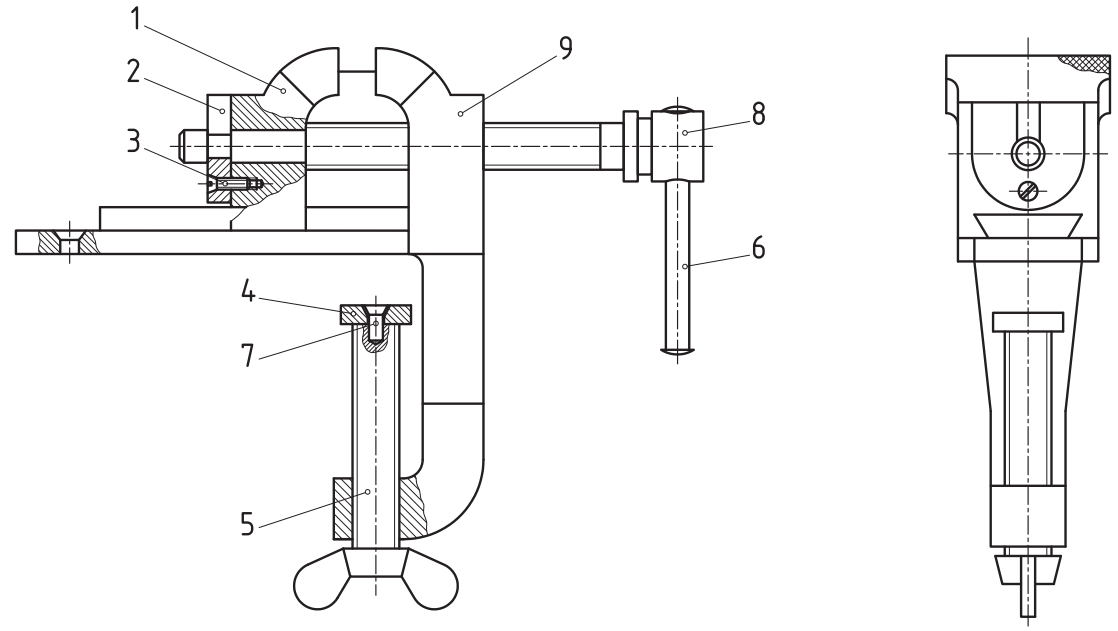


شکل ۲۰

این وظیفه را قطعات ۷ و ۹ بر عهده دارند. با پیچاندن شماره ۱ به چپ یا راست، مسیر آب باز یا بسته می‌شود که نتیجه حرکت قسمت دندانه شده ۱ روی بخش مهره شده قطعه ۵ است. وظیفه قطعات ۲ (درپوش)، ۳ (فشاردهنده) و ۴ (کاسه‌نمد)، آب‌بندی (جلوگیری از نشتی) می‌باشد. آیا می‌توانید درباره وظایف قطعات ۵، ۶ و ۸ توضیحات بیشتری بدهید؟

یادداشت: همه قطعات موجود در این شیر (جز شماره ۴) فلزی هستند. به نظر شما آیا اشکالی در طراحی این وسیله هست؟ با دوستان و هنرآموز محترم موضوع را بررسی کنید.

گیره: این گیره را می‌توان به لبه میز کار نصب کرد. این مکانیزم با تصاویر خوبی که برای آن داده شده به‌خوبی معرفی شده است.



با گرداندن اهرم ۶، پیچ اصلی ۸، فک متحرک یعنی ۱ را به فک ثابت (شماره ۹) دور یا نزدیک می‌کند و به اصطلاح دهانه گیره را باز و بسته می‌نماید. مجموعه ۴، ۷ و ۵ برای اتصال گیره به میز است.

شکل ۲۱

فعالیت ۱۱

به کمک مشورت با دوستان به پرسش‌های زیر پاسخ دقیق بدهید:

۱ـ در زمان حرکت، راهنمایی و حمایت فک متحرک چگونه انجام می‌شود؟

۲ـ وظیفه قطعه شماره ۲ چیست؟

۳ـ برای جلوگیری از خارج شدن اهرم ۶ از سوراخ شماره ۸ چه کاری انجام شده است؟

۴ـ اندازه نامی یک گیره، همان اندازه حداکثری است که باز می‌شود (فاصله نهایی دو فک بر حسب سانتی‌متر). به نظر شما اندازه نامی این گیره چند است؟

۵ـ سوراخ انتهای سمت چپ قطعه بدنه شماره ۹، برای چیست؟

۶ـ در نمای نیم‌رخ، بخش هاشورخورده ضربدری در بالای تصویر معرف چیست؟

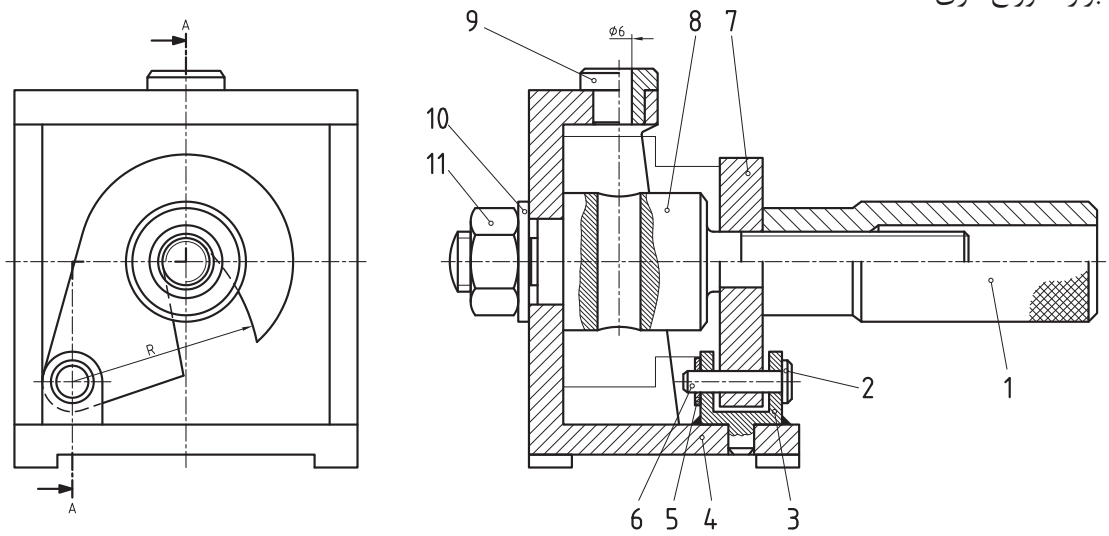
۷ـ برش‌های موجود در این نقشه از چه نوع و به چه تعدادی است؟

فعالیت عملی

سه نمای قطعات ۹،۸،۶،۵،۴،۲،۱ را با دست آزاد در برگه A۴ ترسیم کنید.

راهنمای سوراخ‌کاری

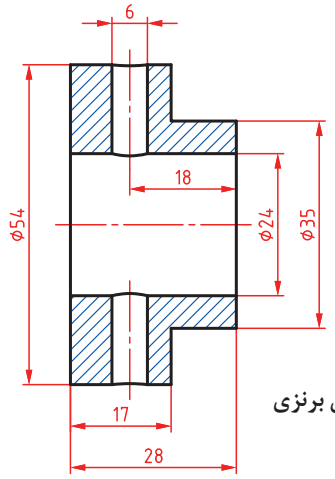
راهنمای سوراخ‌کاری (جیگ)، ابزاری است برای نگهداری قطعه کار در شرایط معین و همچنین راهنمایی ابزار سوراخ‌کاری.



شکل ۲۲

این وسیله برای سوراخ‌کاری دقیق، سریع و ارزان، قطعه‌ای مانند شکل است که به تعداد زیاد تولید می‌شود.

پرسش: کدام قطعات راهنمای سوراخ‌کاری جزء قطعات استاندارد هستند؟



بوش برنزی

شکل ۲۳

راهنمای سوراخ‌کاری بر اساس اندازه‌های این بوش طراحی و ساخته می‌شود و منحصر است به این قطعه. به کمک دستگیره شماره ۱ می‌توان بوش را پس از قرار دادن در راهنما محکم کرد. قلاب لولایی ۷، کار حمایت از بوش را با ظرافت انجام می‌دهد. ۹ بوش راهنما و از فولاد سخت‌شده است. برای راهنمایی مته، شماره ۴ بدنه اصلی می‌باشد.

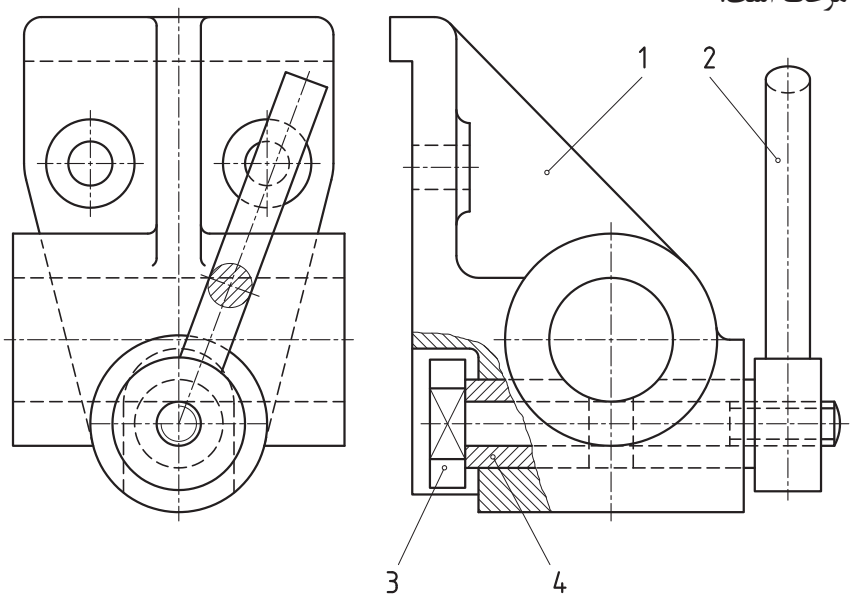
یادداشت: همان‌گونه که در نقشه می‌بینید، برای قطعه کار شماره‌ای در نظر گرفته نشده است. افزون بر آن در نقشه‌ها، قطعه کار را با خط نازک رسم می‌کنند و:

- این قطعه جلوی دید دیگر قطعات را نمی‌گیرد.
- ممکن است برش هم زده شود.

فعالیت ۱۲

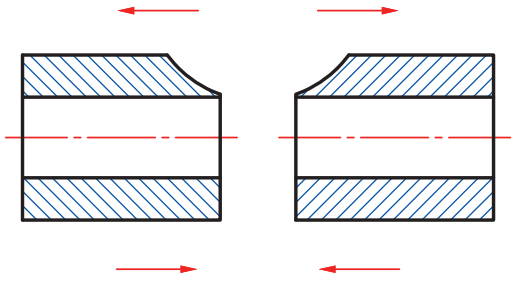
ابتدا تمام قطعات راهنمای سوراخ‌کاری بالا را به‌صورت اسکچ و در نماهای موجود رسم کنید. سپس با تشکیل جدولی مانند نقشه شماره ۱۸ نام و مشخصات هر قطعه را بنویسید.

ضامن: نقشه‌ای از یک مکانیزم ضامن (قفل‌کننده) در شکل دیده می‌شود. این مکانیزم از نظر کارکرد، شبیه قفل دستگاه مرغک است.



شکل ۲۴

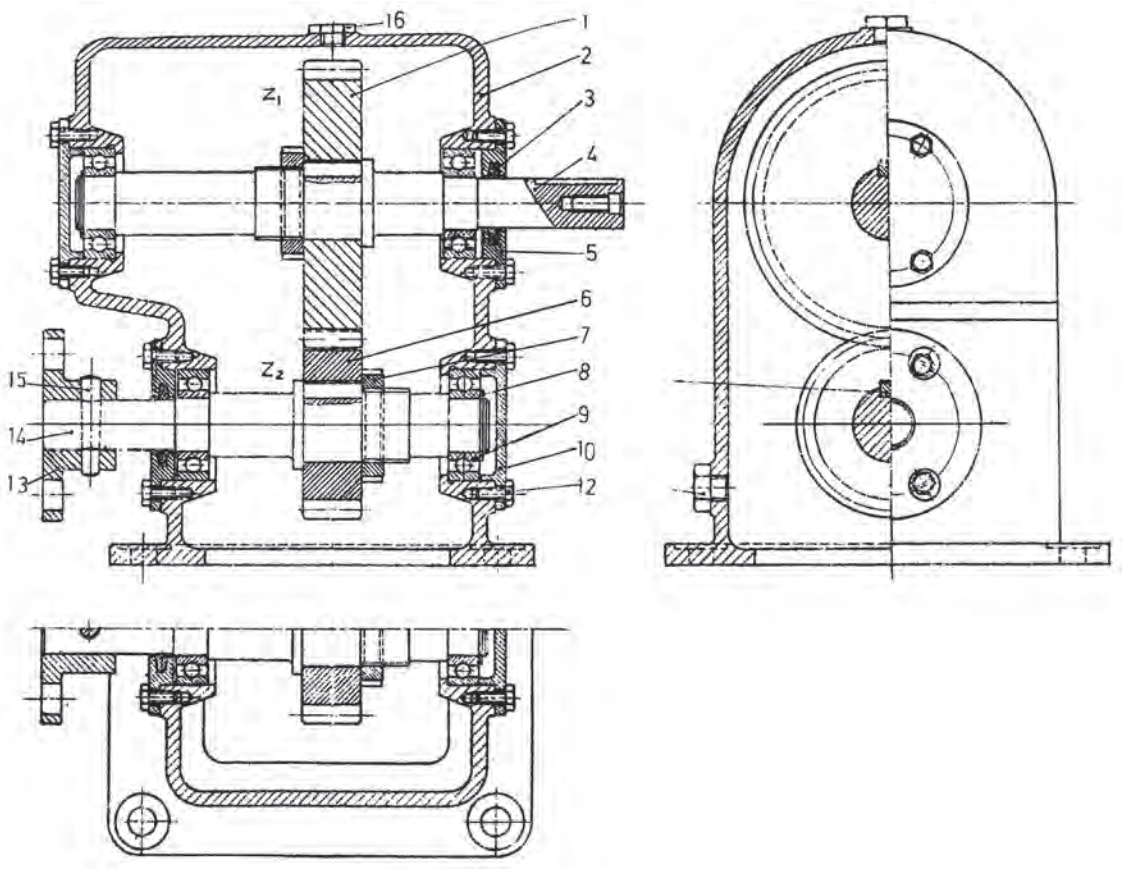
به کمک اهرم ۲، می‌توان دو بوش مشابه را به هم نزدیک‌تر یا دورتر کرد. به شکل نگاه کنید:



شکل ۲۵

این دو بوش با نزدیک شدن، به میله‌ای که از داخل سوراخ عبور کرده، فشار می‌آورند و در اثر اصطکاک ایجاد شده، میله در جای خود مهار می‌شود. عمل دور و نزدیک شدن به‌وسیله مهره داخلی اهرم ۲ و پیچ روی قطعه محور ۳ تأمین می‌شود. نشانه ضربدر روی قطعه شماره ۳، تخت شدگی برای جلوگیری از چرخش آن است. این مکانیزم برای نصب شدن به یک دیواره، دارای دو سوراخ گوشی مانند است.

جعبه دنده: جعبه دنده ساده‌ای در شکل داده شده است.



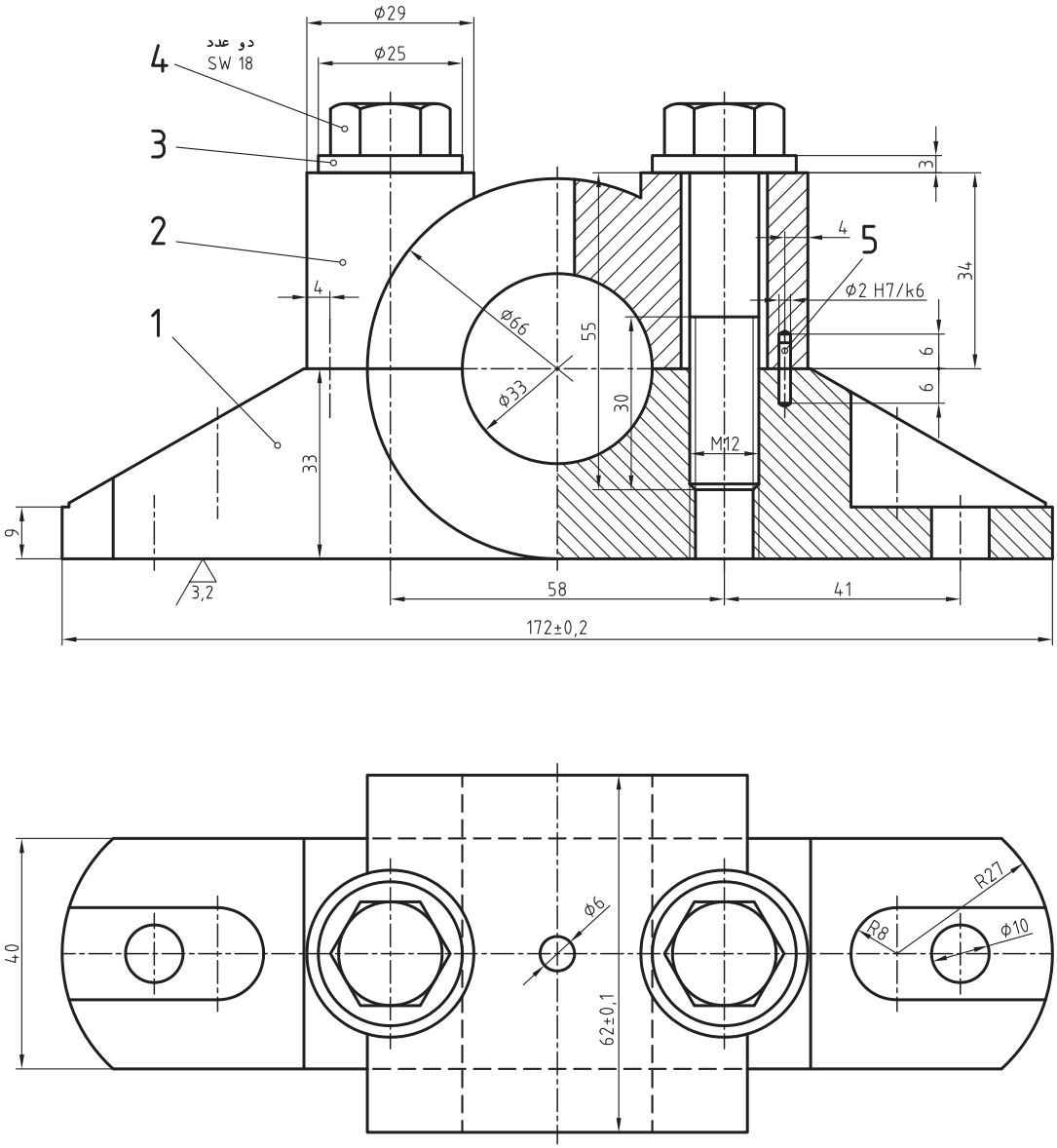
شکل ۲۶

این جعبه دنده برای کاهش یا افزایش دور به کار می‌رود. اگر ورودی، شماره ۴ باشد، دور بیشتر برای فلانچ به دست خواهد آمد. یاتاقان‌های غلتشی (بلبرینگ) در نظر گرفته شده‌اند. N_1 و N_2 تعداد دندانه هر چرخ‌دنده می‌باشد.

فعالیت ۱۳

با فرض آن که دور ورودی از فلانچ برابر ۱۰۰۰ r.p.m و دور خروجی محور برابر ۵۰۰ r.p.m باشد، جعبه دندانه را دوباره رسم و برای N_1 و N_2 یا (Z_1 و Z_2) عدد بنویسید. مدول را ۳ در نظر بگیرید. برای رسم جعبه‌دندانه از روی شکل اندازه‌برداری نکنید.. به عبارت دیگر اندازه‌ها را خودتان با رعایت تناسب انتخاب کنید. و در انتها مطابق شکل، قطعات را شماره‌گذاری کنید.

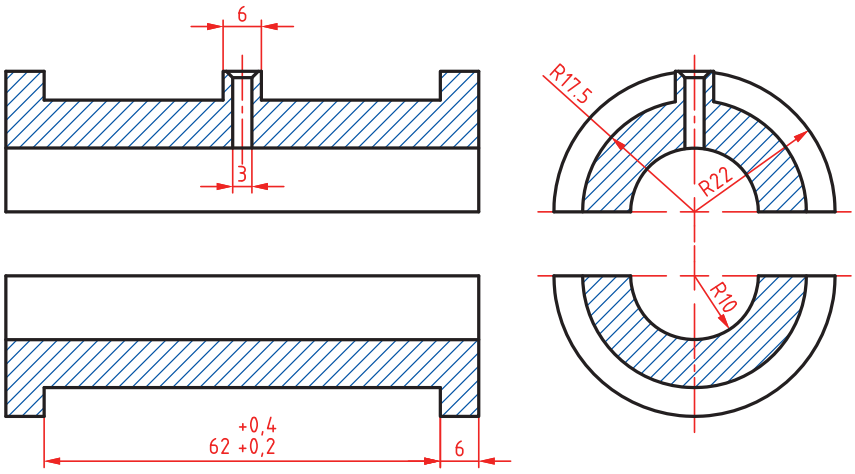
یاتاقانِ لغزشی: نمونه‌ای از نقشه ترکیبی که در آن قطعات اندازه‌گذاری هم شده‌اند در شکل داده شده است. معمولاً روی نقشه ترکیبی اندازه‌گذاری نمی‌شود ولی گاهی هم مانند شکل، نقشه ترکیبی را ارائه می‌کنند.



شکل ۲۷

پایه شماره ۱ و درپوش شماره ۲، به کمک دو عدد پیچ M۱۲ و دو واشر به هم متصل می‌شوند. دو پین شماره ۵، برای موقعیت‌دهی دقیق قطعات ۱ و ۲ هستند.

یادداشت: برای تکمیل این یاتاقان نیاز هست که دو کفی یاتاقان از جنس مخصوص در سوراخ به قطر ۳۳ گذاشته شود. نمونه‌ای می‌تواند مطابق شکل باشد.



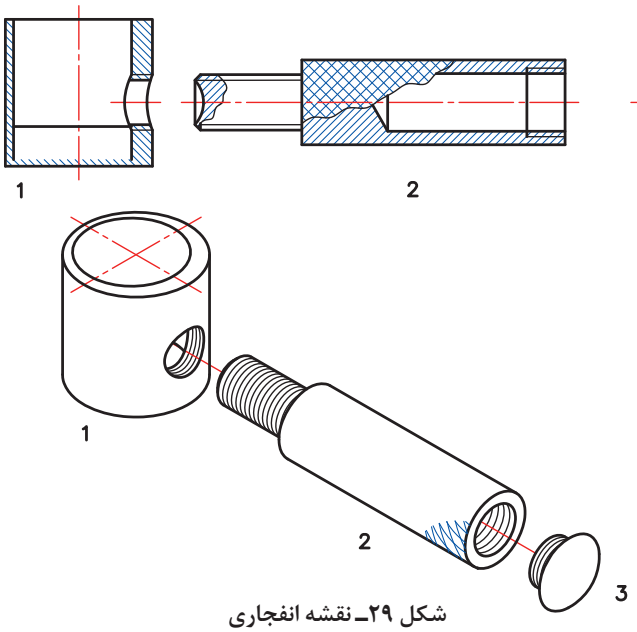
شکل ۲۸

فعالیت ۱۴

کلیه قطعات یاتاقان را با اندازه‌گذاری کامل رسم کنید.

نقشه انفجاری

نقشه انفجاری یا باز شده، اجزای یک مجموعه را به‌صورت باز شده سه‌بعدی نمایش می‌دهد. به یک نقشه انفجاری دوبعدی و سه‌بعدی آن نگاه کنید:



شکل ۲۹ـ نقشه انفجاری

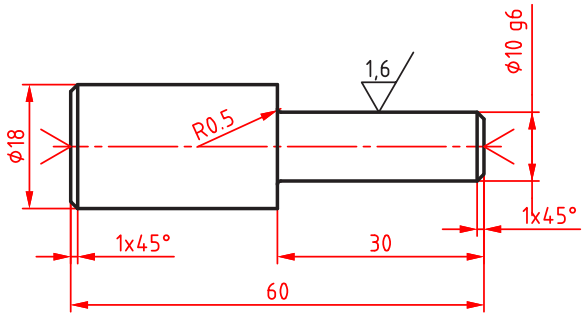
از این نقشه می‌توان در موارد زیر استفاده کرد:

- طراحی
- برنامه‌ریزی
- تعمیرات (برای نمونه در تعمیرات اتومبیل که تعمیرکار به نقشه‌خوانی تسلط ندارد)
- سرویس و نگهداری (برای نمونه در سرویس و نگهداری وسایل خانگی مانند آب‌میوه‌گیری)

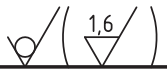
در این نقشه شماره هر قطعه در کنار آن (بدون خط اشاره) نوشته می‌شود.
نقشه انفجاری از اجزاء نقشه اجرایی می‌باشد، برای آن جدول کامل ترکیبی داده خواهد شد.

اندازه‌گذاری اجرایی

در ارتباط با اندازه‌گذاری اصول و مقدمات را می‌دانید. منظور از اندازه‌گذاری اجرایی آن است که به‌گونه‌ای نقشه را اندازه‌گذاری کنیم که موارد زیر حاصل شود:
سازنده بدون اِشکال و محاسبات اضافه، اندازه‌ها را بخواند.
در انجام کار، هیچ گونه پرسش بدون پاسخی، برای سازنده پیش نیاید.
پرداخت‌ها، تولرانس‌ها و موارد انطباقی لازم در نقشه داده شده باشد.
اندازه‌گذاری به‌گونه‌ای باشد که هر گونه کنترلی به سادگی انجام گیرد (آسان‌تر ساخته شود).
به نقشه زیر نگاه کنید. می‌توان این نقشه را اجرایی دانست، زیرا هیچ‌گونه پرسشی را بدون پاسخ نگذاشته است. (فرض این است که کارگر، ماشین و تجهیزات مورد نیاز، از پیش، توسط مدیریت تولید مشخص شده است).



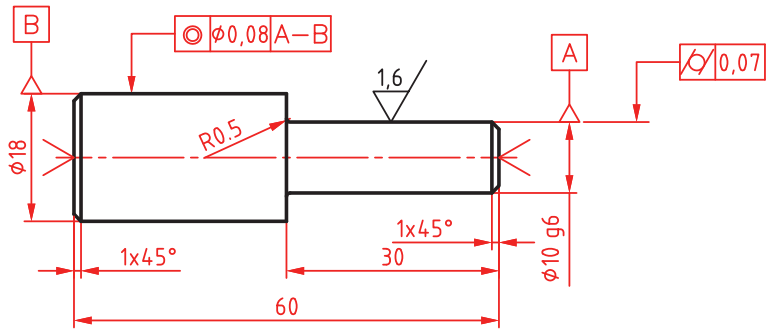
یادداشت: پس از اتمام کار جای مرغک‌ها باقی بماند.



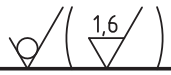
جنس : ST37	شماره قطعه : 2		طراح :
اندازه مواد اولیه: ϕ20x62	نام قطعه : لولا		رسام :
مقیاس: 1:1	سازنده هنرستان کارآموز		بازبین :
تولرانس : ISO2768–m			کد : A2511729

شکل ۳۰

البته برای این قطعه، نقشه کنترل کیفیت هم ترسیم شده که به‌صورت زیر است:



یادداشت: پس از اتمام کار جای مرغک‌ها باقی بماند



جنس : ST37	شماره قطعه : 2		طراح :
اندازه مواد اولیه: ⌀20x62	نام قطعه : لولا		رسام :
مقیاس: 1:1	سازنده هنرستان کارآموز		بازبین :
تولرانس : ISO2768–m			کد : A2511729

شکل ۳۱

البته تصمیم‌گیری برای این که کدام نقشه در هنگام ساخت، در اختیار سازنده قرار گیرد با مدیریت تولید خواهد بود.

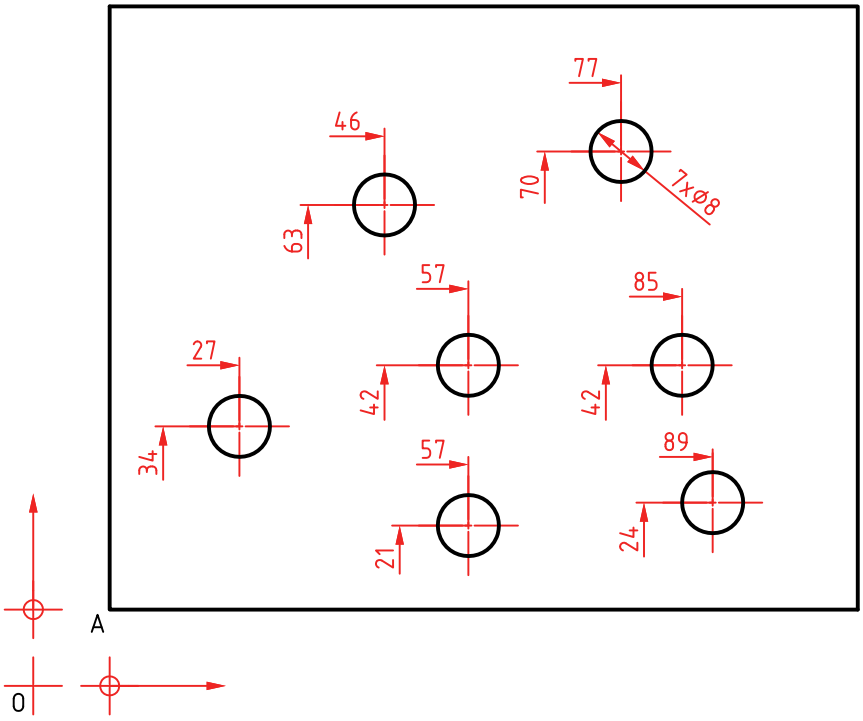
فعالیت ۱۵

نقشه اجرایی یا کارگاهی بالا را دوباره ترسیم کنید (با دقت هر چه بیشتر). البته در نقشه شما قطرها به ۱۴ و ۲۴ تغییر خواهند کرد.

فعالیت ۱۶

با توجه به دو نقشه داده شده برای لولا، کمبودهایی را که در اجرا ممکن است به آن برخورد کنیم، مشخص کنید (می‌توانید با دوستان یا هنرآموز خود مشورت کنید).

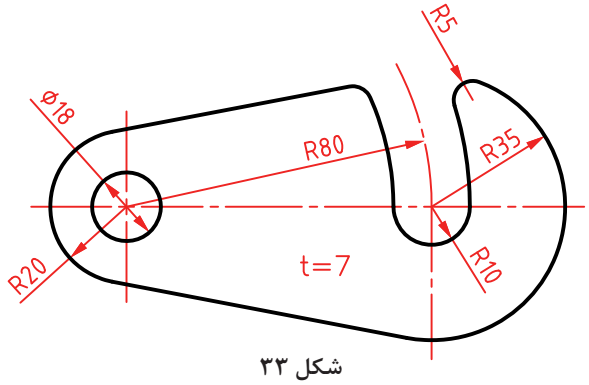
اندازه‌گذاری‌های نمونه: در اندازه‌گذاری‌ها به موارد بسیاری برخورد می‌شود که آگاهی‌های کنونی ما پاسخ‌گو نیست. به چند مورد توجه کنید. در شکل، نقطه A در گوشه کار (دو لبه ممکن است دقیقاً عمود باشند یا نباشند)، مبدأ است. فاصله‌ها از دو محور عمودی و افقی سنجیده می‌شود. (با مبدا 0).



شکل ۳۲

برای نمونه فاصله مرکز دایره‌ای که با قطر ۷ داده شده، از محورهای مبدا برابر ۷۰ و ۷۷ می‌باشد. دقت کنید که نقطه A، خود به فاصله‌های اولیه از 0 قرار دارد. در این شکل مختصات A برابر ۱۰ و ۱۰ می‌باشد. به این اندازه‌گذاری مبنایی هم می‌گویند.

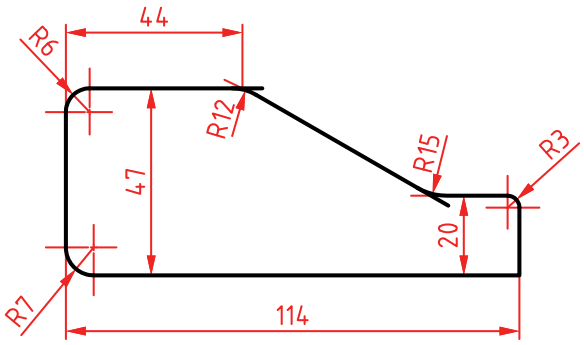
برای قطعه‌ای که ضخامت آن یکسان است (مانند قطعه‌ای که از ورق ساخته شده باشد)، می‌توان ضخامت را با حرف t و روی آن نوشت. در شکل نکته‌های دیگری از اندازه هست که دقت در آنها مفید است.



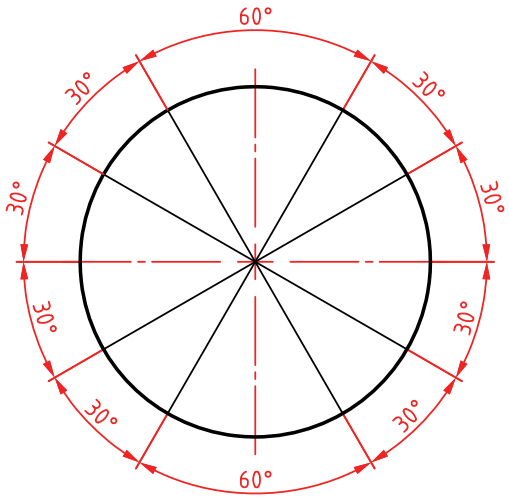
شکل ۳۳

برای گوشه‌های گرد شده، اندازه‌گذاری مطابق شکل می‌تواند انجام پذیرد.

اندازه‌گذاری زاویه در شرایط مختلف را روی نماد دایره ببینید.

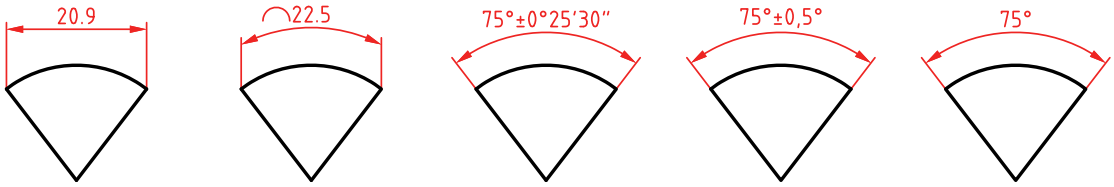


شکل ۳۴



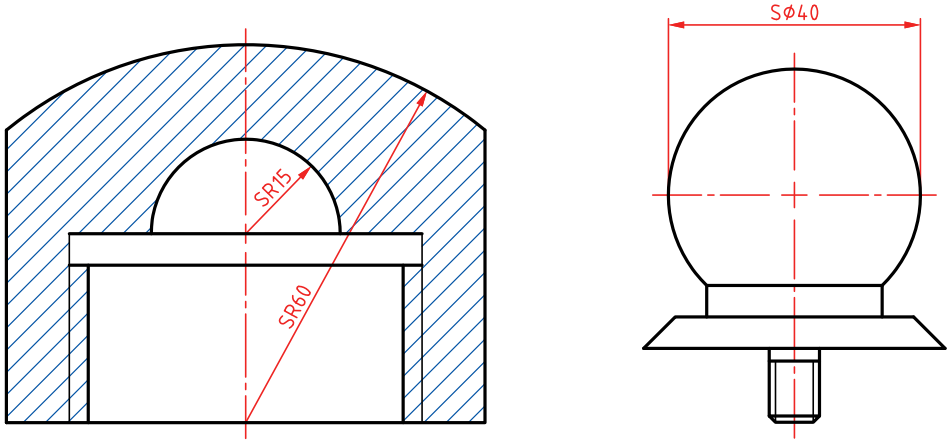
شکل ۳۵

بر مبنای این نماد دایره‌ای، اندازه‌گذاری گوشه‌ها، وتر و کمان را ببینید.



شکل ۳۶

برای کره، می‌توان شعاع یا قطر را با کاربرد نماد S (کره Sphere) مشخص کرد.

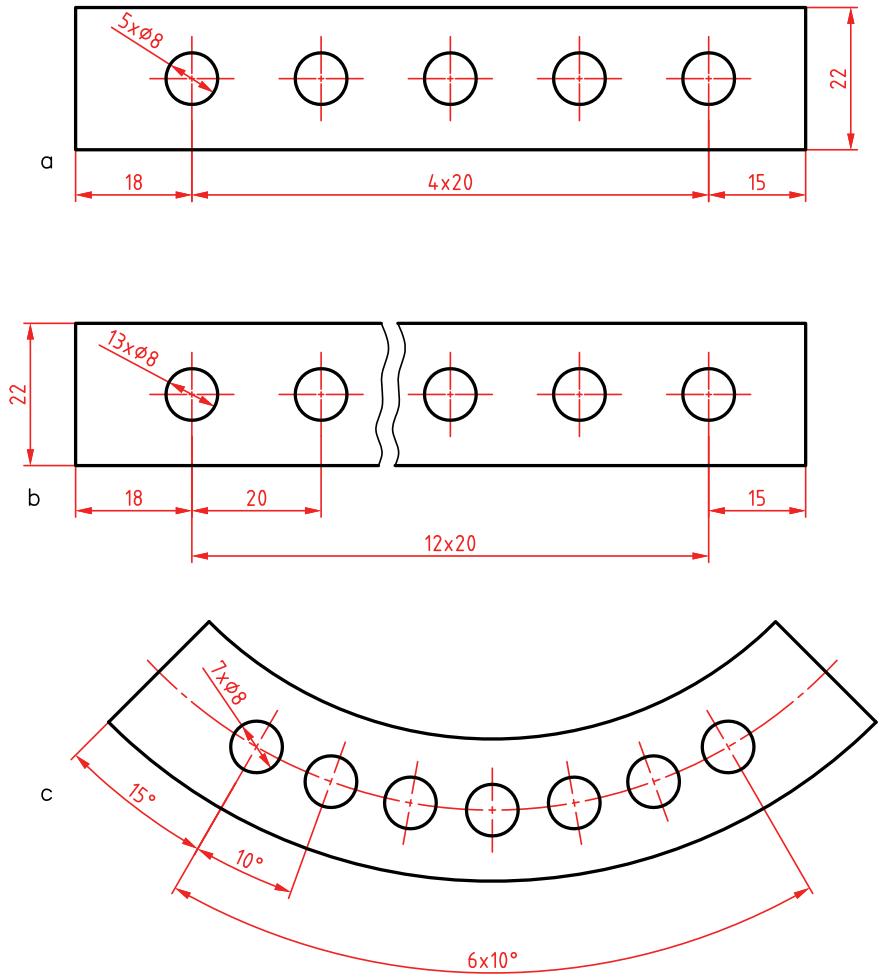


a

شکل ۳۷

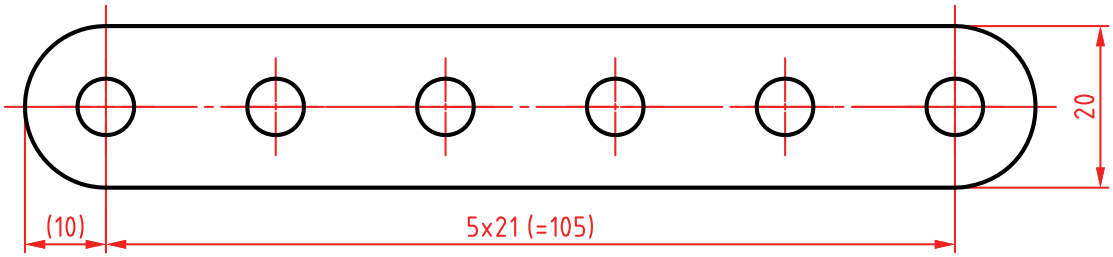
b

اجزاء یکسان را می‌توان مطابق نمونه، اندازه‌گذاری کرد.



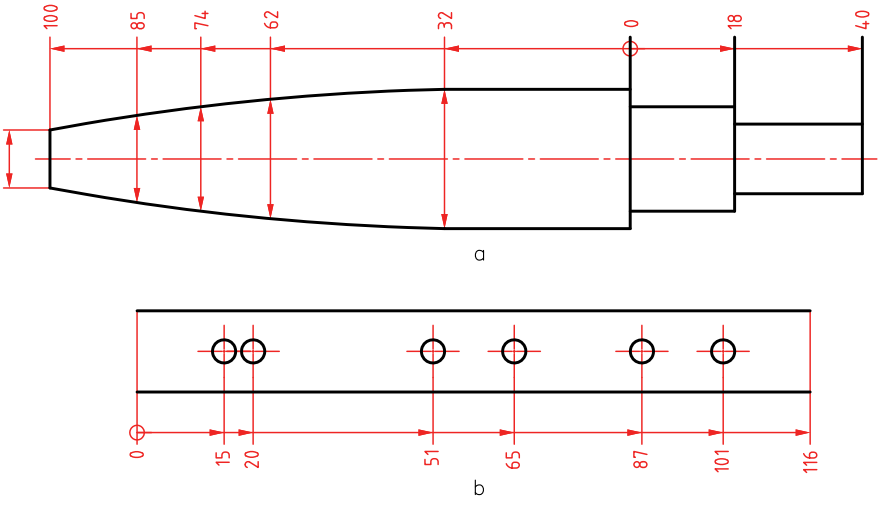
شکل ۳۸

می‌دانیم که در یک نقشه، اندازه‌های اضافی نباید گذاشته شود ولی اگر بنا به ضرورت بخواهیم اندازه‌ای را اضافه بگذاریم باید آن را در پرانتز قرار دهیم.



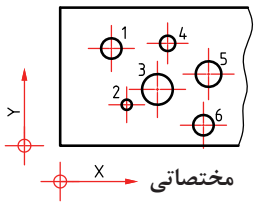
شکل ۳۹

اندازه‌گذاری مبنایی حالت‌های دیگری هم دارد. به دو نمونه از آنها نگاه کنید.



شکل ۴۰

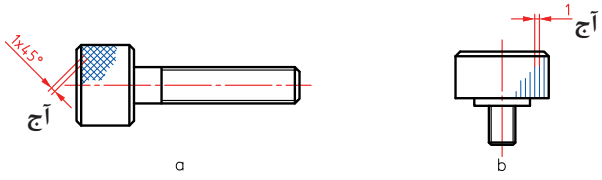
در نمونه دیگر که به مختصاتی معروف است، این کار به کمک جدول انجام می‌شود. در اینجا گوشه کار، مبدأ خواهد بود.



	X	Y	ϕ
1	10	19	4
2	13	8	2
3	19	11	6
4	21	20	3
5	29	14	5
6	28	4	4

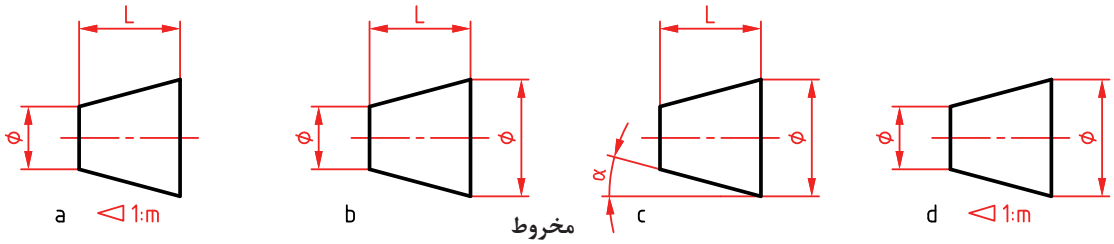
شکل ۴۱

اندازه‌گذاری آج مطابق شکل خواهد بود.



شکل ۴۲

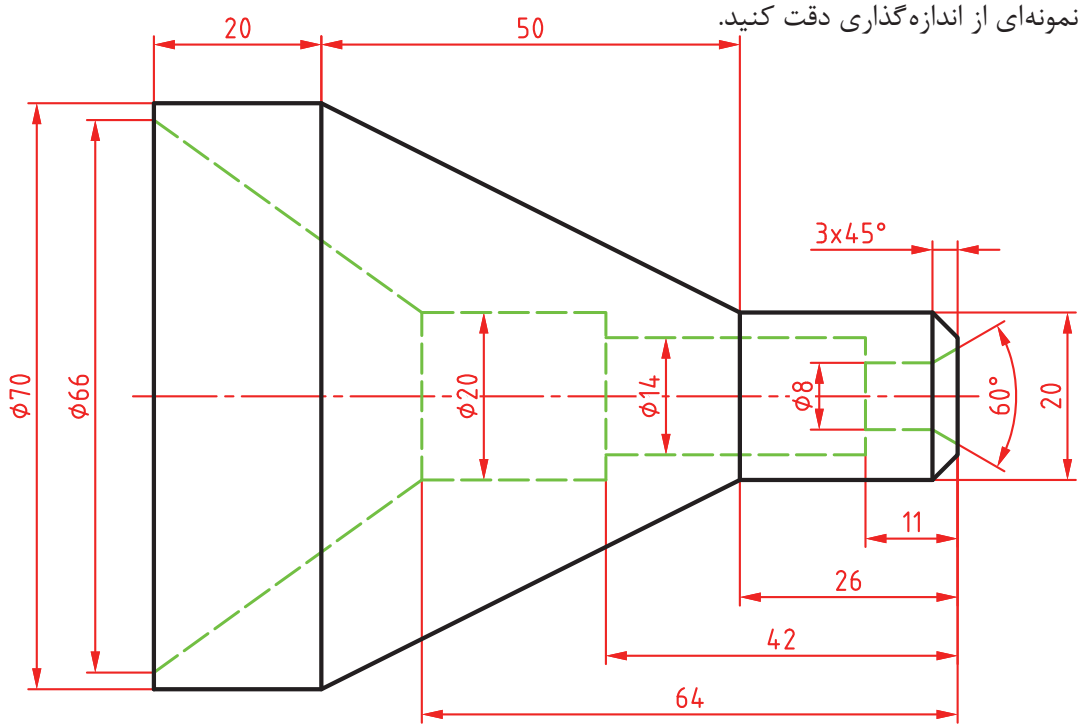
برای اندازه‌گذاری یک مخروط، روش‌های گوناگونی هست.



شکل ۴۳

یادداشت: کسری که در کنار نشانه مثلثی هست را نسبت مخروطی گویند.

به نمونه‌ای از اندازه‌گذاری دقت کنید.



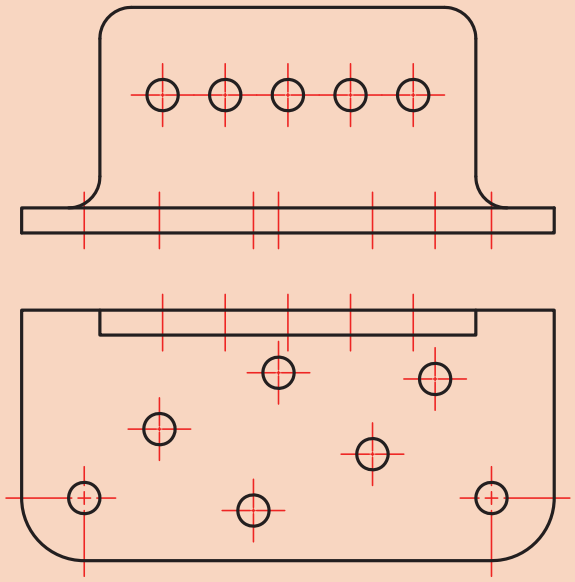
شکل ۴۴

فعالیت ۱۷

یک بار و با دقت، تمام موارد داده شده در اندازه‌گذاری اجرایی را ترسیم کنید و تحویل دهید.

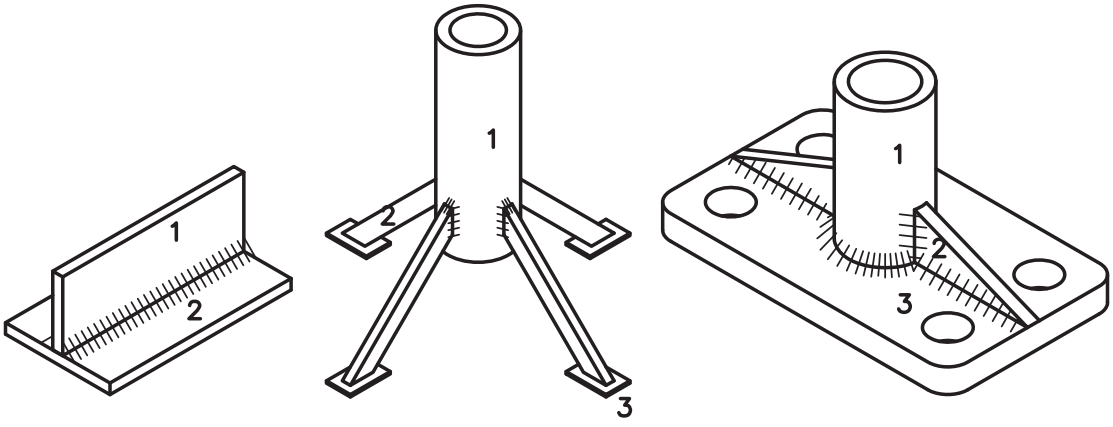
فعالیت ۱۸

نقشه داده شده را با توجه به آنچه که می‌دانید اندازه‌گذاری کنید (روی شکل موجود).



شکل ۴۵

نشانه‌های جوش در نقشه: جوشکاری از زمینه‌های مهم در ساخت است. جوش افزون بر نقشی اساسی که در اتصال دارد (به عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های اتصال دائم) روشی است برای تولید قطعات و سازه‌ها با شکل‌های پیچیده. به شکل‌های زیر نگاه کنید:



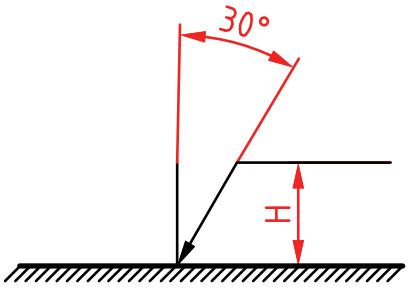
a b c

شکل ۴۶

این قطعات ترکیبی، به کمک جوش به هم وصل شده‌اند. همان طور که می‌دانید برای استحکام بیشتر قطعات جوشکاری شده، نیاز به ایجاد درز جوش است.

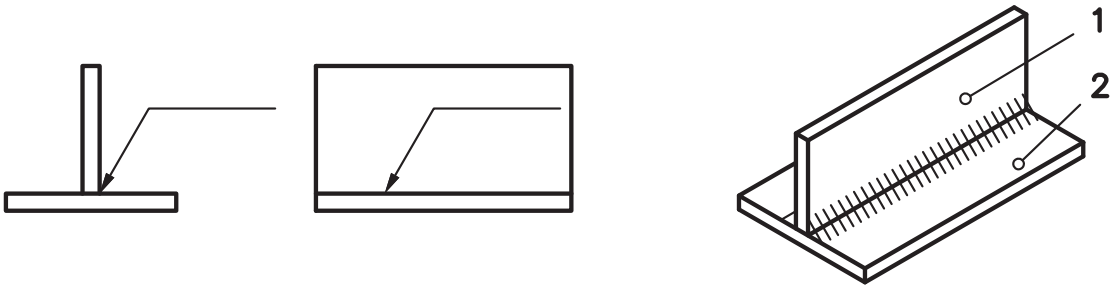
با توجه به انواع درز جوش، باید با دادن کدهای مربوط به آنها، برای سازنده، نوع درز جوش را مشخص کرد.

نشانه اصلی: نشانه مبنا مطابق شکل، از یک خط نازک شیب‌دار، با یک دنباله و یک فلش تشکیل می‌شود.



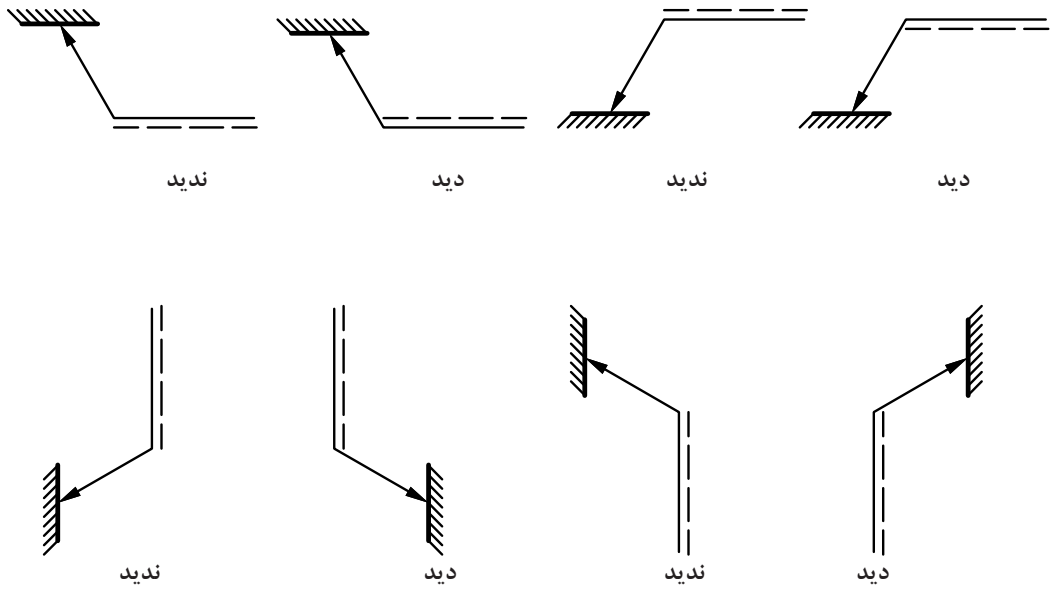
شکل ۴۷

بلندی این علامت از دو برابر بلندی شماره‌های اندازه‌گذاری، کمی بیشتر خواهد بود. این فلش به درز جوش اشاره دارد. می‌توانیم یک درز جوش را با این علامت مشخص کنیم.



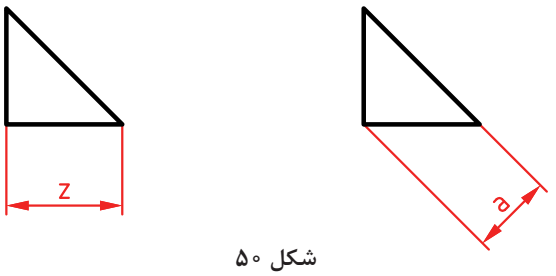
شکل ۴۸

معمولاً یک خط‌چین به این علامت افزوده می‌شود که نشان می‌دهد آیا درز جوش در نمای شامل نماد، در حالت دید است یا دیده نمی‌شود. در مجموع حالت‌های زیر را داریم. که البته برای سطوح شیب‌دار به گونه مناسب، خواهند چرخید.

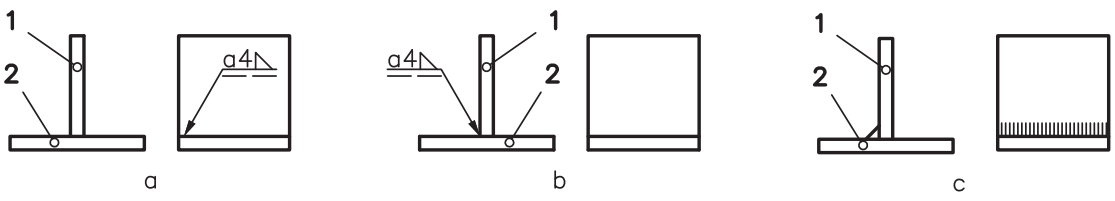


شکل ۴۹

رایج‌ترین گونه از جوش‌ها، درز گلویی می‌باشد. معمولاً مقطع این جوش یک مثلث قائم‌الزاویه متساوی‌الساقین است. بنا بر نظر طراح می‌تواند ضلع این مثلث با نماد Z و یا ارتفاع وارد بر وتر آن با نشانه a مورد سنجش قرار گیرد (معمولاً a به کار می‌رود). به چند نمونه از نقشه‌های جوش نگاه کنید.



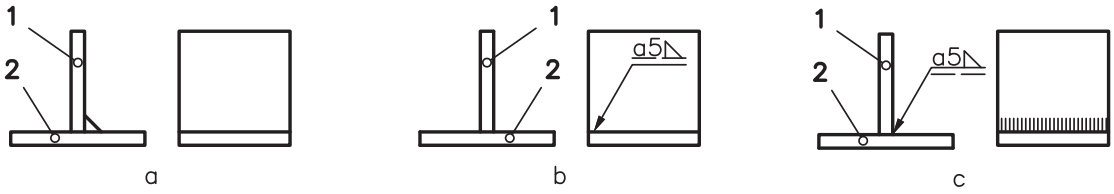
شکل ۵۰



شکل ۵۱

در شکل a، در نمای نیم‌رخ، جوش در حالت دید است و ضخامت آن ۴ می‌باشد. در شکل b، گونه‌ای دیگر جوش درز گلویی مشخص شده است. شکل c، نماهای حقیقی را نشان می‌دهد.

به شکل زیر نگاه کنید:



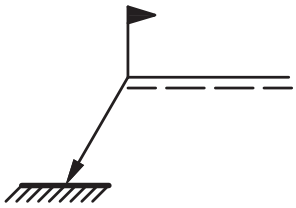
شکل ۵۲

نشانه‌ها از چپ به راست نوشته می‌شوند و به ترتیب a (نوع سنجش ضخامت)، مقدار آن به‌صورت یک عدد (در اینجا ۴) و شکل درز جوش (در اینجا مثلث قائم‌الزاویه که مربوط به جوش درز گلویی است). در شکل بالا حالت a، نماهای حقیقی و نقشه کدگذاری شده به‌صورت b یا c خواهد بود. به چگونگی قرار گرفتن خط‌چین توجه کنید (در شکل b، درز جوش دیده نمی‌شود، اما در شکل c، درز جوش دیده می‌شود).

فعالیت ۱۹

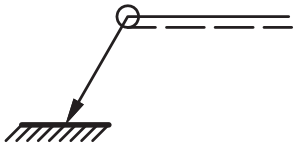
نقشه‌ها و دیگر تصاویری را که در مبحث جوش داده شده را یک بار و با دقت رسم کنید. نقشه‌ها باید اندازه‌گذاری شوند.

کدهای اضافه



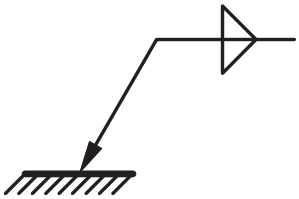
شکل ۵۳

اگر بخواهیم که بگوییم جوشکاری در زمان مونتاژ (قرار گرفتن قطعه در جای مورد نظر) انجام شود، باید یک نشانه پرچم به نشانه مبنا افزود.



شکل ۵۴

می‌خواهیم جوش دورتادور باشد، در این صورت یک نماد دایره افزوده خواهد شد.

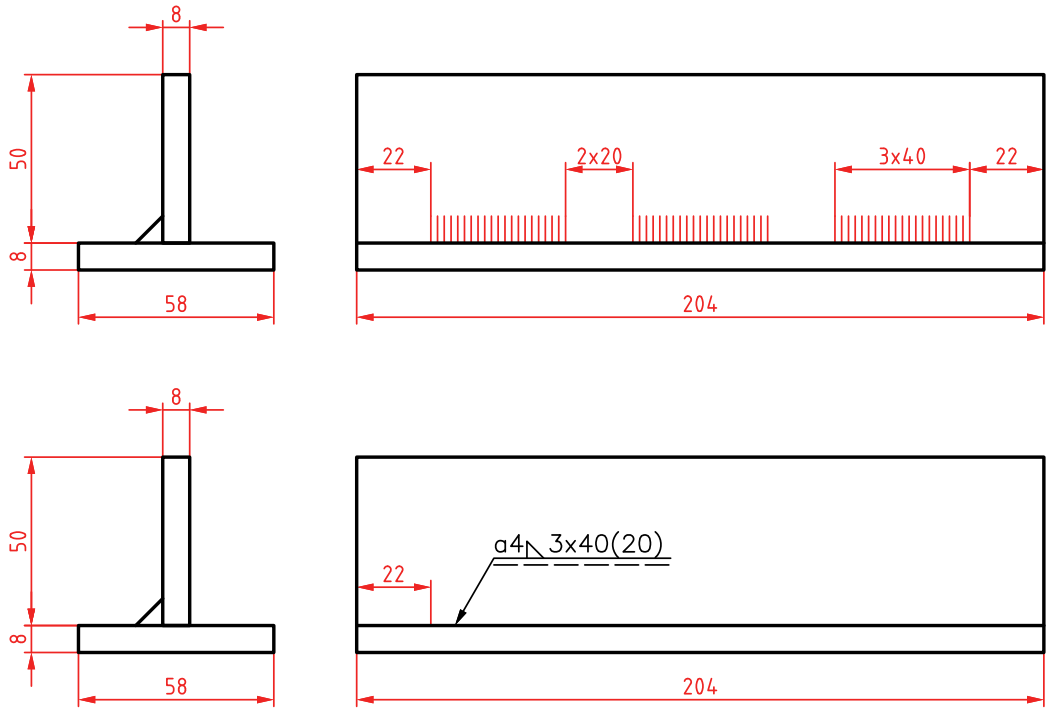


شکل ۵۵

اگر بخواهیم جوش دوطرفه باشد، در این صورت خط‌چین را برمی‌داریم و به جای آن نماد جوش افزوده می‌شود. برای درز گلویی مطابق شکل است.

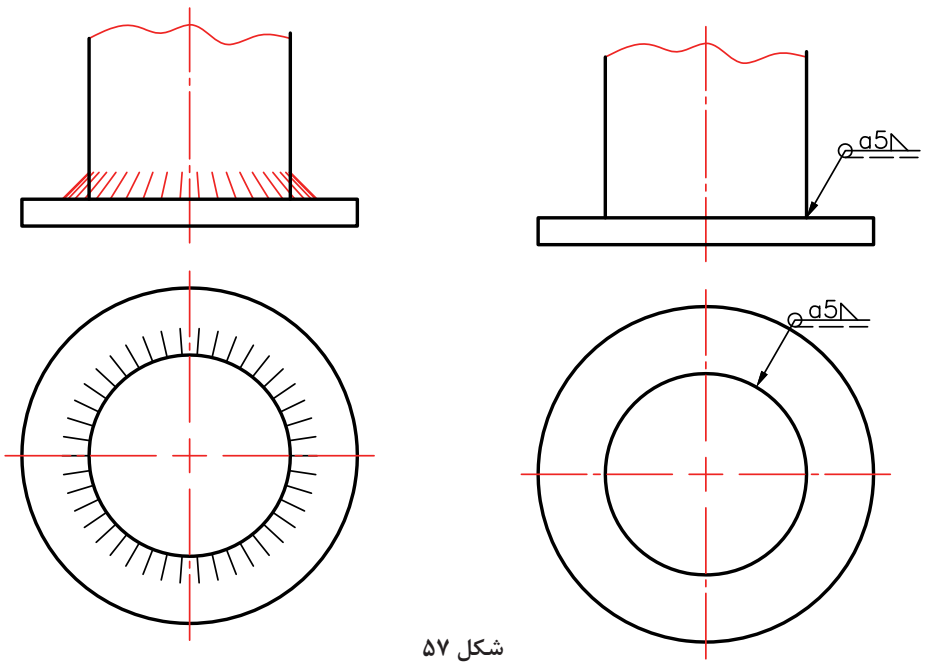
با چند نقشه نمونه برای جوش آشنا شوید.

مفهوم شکل آن است که شروع جوش از فاصله ۲۲، تعداد تکه‌ها ۳ و طول آنها ۴۰ و با فاصله ۲۰ از یکدیگر.



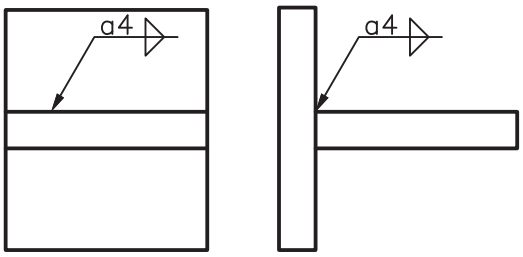
شکل ۵۶

نمادها در شکل به مفهوم جوش دورتادور است.



شکل ۵۷

و در شکل داده شده، جوش دوطرفه و درز گلویی است.



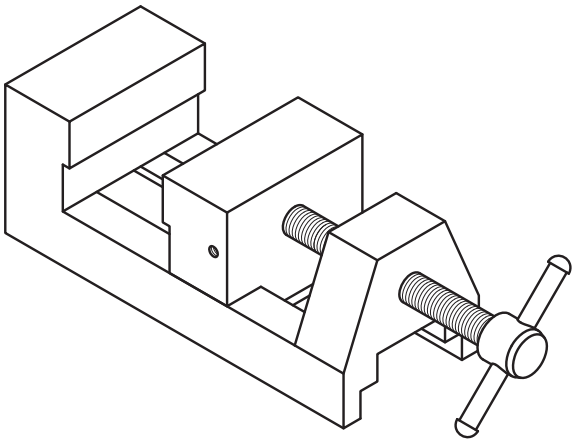
شکل ۵۸

فعالیت ۲۰

کلیه نقشه‌های داده شده (پس از فعالیت ۱۸) را دوباره با دقت رسم کنید.

نقشه اجرایی

اگر هدف ساختن یک گیره مطابق شکل و به‌صورت انبوه باشد، چه نقشه‌هایی را مورد نیاز می‌دانید؟



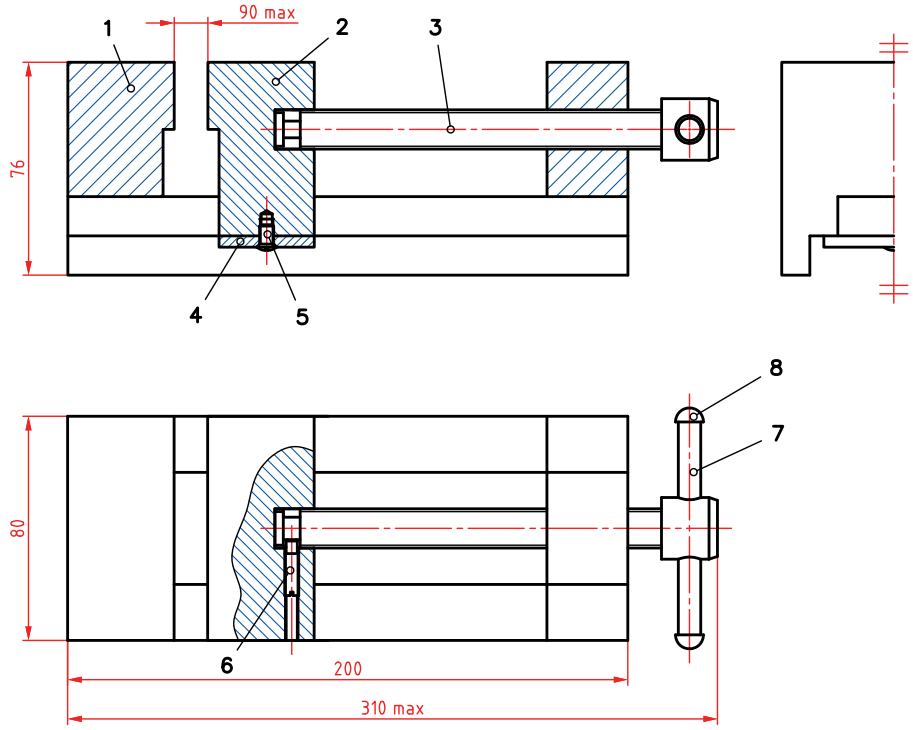
شکل ۵۹

تعریف: نقشه اجرایی، مجموعه‌ای از نقشه است که شامل همه نیازها برای ساخت باشد. پس این نقشه دست‌کم باید شامل موارد زیر باشد:

۱ نقشه ترکیبی با جدول ترکیبی
۲ نقشه انفجاری با جدول ترکیبی
۳ نقشه‌های قطعاتی که باید ساخته شوند (هر کدام روی برگه جدا)
۴ برگه‌های مشخصات فنی برای هر قطعه
۵ نقشه‌های مراحل ساخت (هر مرحله روی یک برگه جدا)
۶ نقشه‌های کنترل کیفی

باز هم تأکید می‌شود که هر نقشه باید برگه و جدول ویژه خود را داشته باشد. به این معنی که جدول ساده برای هر قطعه و جدول ترکیبی (که نمونه‌هایش در ادامه می‌آید) برای مجموعه داده شود. به این ترتیب گروهی از اطلاعات که جایگاهی در خود نقشه ندارند، در جدول داده خواهند شد. اینک موارد موجود در نقشه اجرایی را بررسی می‌کنیم.

نقشه ترکیبی: به شکل نگاه کنید. این نقشه ترکیبی از گیره است.

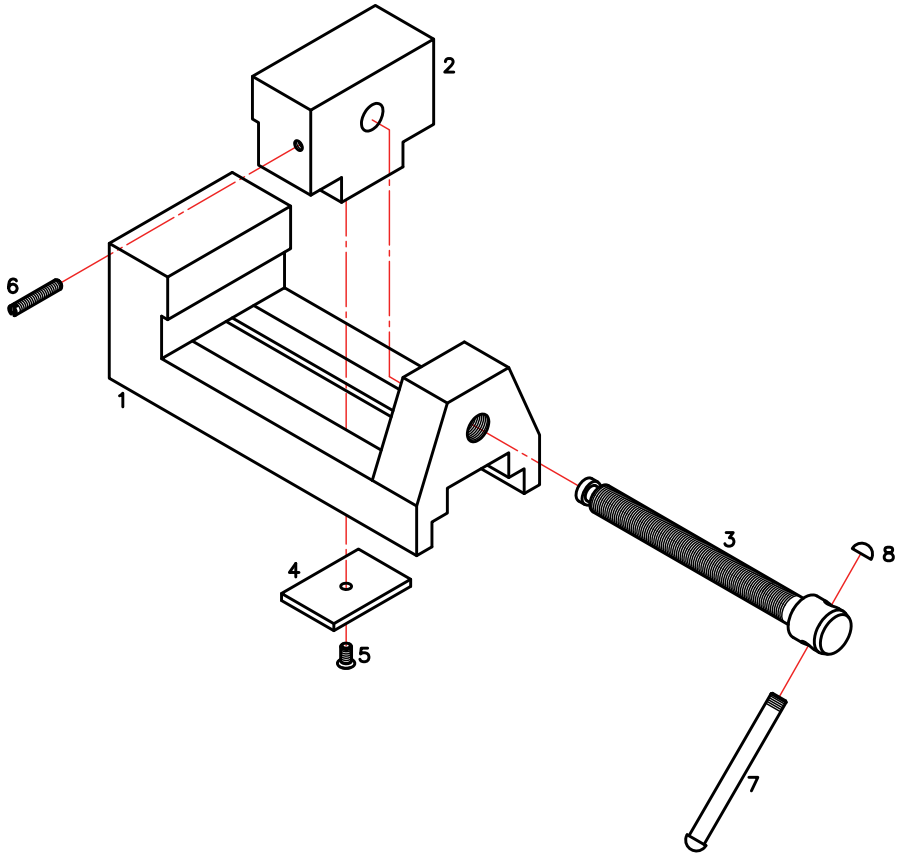


تعداد	شماره	نام	جنس	توضیحات
1	8	ضامن	st 37	
1	7	اهرم	st 37	
1	6	پیچ مغزی	فولاد پیچ	M 5 x 30
1	5	پیچ سرخزینه	فولاد پیچ	M 5 x 10
1	4	نگه دارنده فک	st 37	
1	3	پیچ اصلی	st 37	
1	2	فک متحرک	st 37	
1	1	بدنه	st 37	

جنس :		شماره قطعه :	طراح :
ابعاد :		نام : گیره	رسام :
مقیاس :	1:2	سازنده :	بازبین :
تولرانس :	ISO2768		کد : C2450456

شکل ۶۰

نقشه باز شده (انفجاری): این نقشه تمام قطعات مجموعه (گیره) را به‌صورت سه‌بعدی و باز شده نمایش می‌دهد.



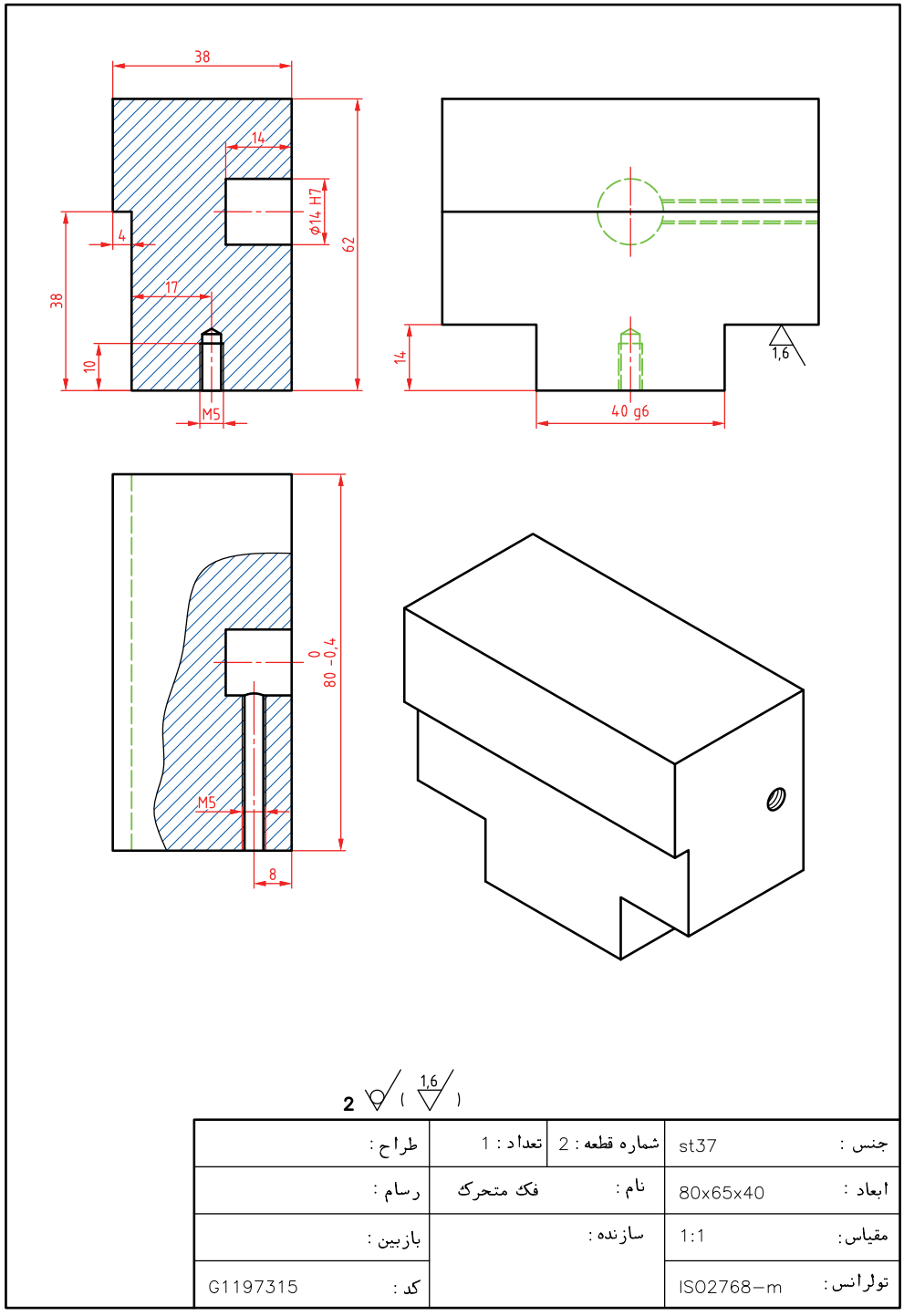
تعداد	شماره	نام	جنس	توضیحات
1	8	ضامن	st 37	
1	7	اهرم	st 37	
1	6	پیچ مغزی	فولاد پیچ	M 5 x 30
1	5	پیچ سرخزینه	فولاد پیچ	M 5 x 10
1	4	نگه دارنده فک	st 37	
1	3	پیچ اصلی	st 37	
1	2	فک متحرک	st 37	
1	1	بدنه	st 37	

جنس :	شماره قطعه :	طراح :
ابعاد :	نام : گیره	رسام :
مقیاس: 1:2	سازنده :	بازبین :
تولرانس : ISO2768		کد : C2450456

شکل ۶۱

این نقشه می‌تواند هرگونه شبهه‌ای در خواندن نقشه قطعات را برطرف نماید.

نقشه قطعات: همان‌گونه که اشاره شد، هر قطعه باید شامل برگه‌ای جداگانه برای خود باشد. قطعه شماره ۲ یا فک متحرک را برای نمونه انتخاب کردیم.

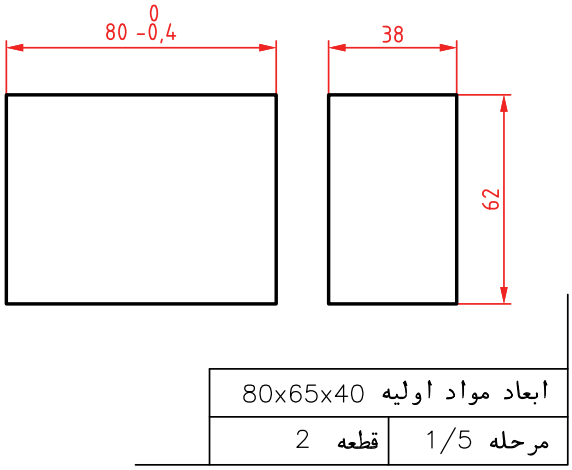


شکل ۶۲

مشخصات فنی

مشخصات فنی برگه‌ای است شامل مشخصاتی از قبیل:
جنس، وزن تمام شده، وزن مواد اولیه، رنگ، نوع آبکاری، روش ساخت، عملیات حرارتی، تعداد، کد مشخصه، نکات فنی ساخت، دقت‌های فنی لازم، نکته‌هایی در مورد عملکرد آن، و موارد مورد نیاز دیگر.

نقشه‌های مراحل کار: اگر قرار است که زمان انجام کار هر چه پایین‌تر باشد، باید هر مرحله کاری به‌وسیله یک نفر انجام شود. در این صورت هر کس باید نقشه کار ویژه خود را داشته باشد.
فرض کنید نقشه مراحل کار برای فک متحرک گیره (شماره ۲)، نیاز به نقشه مراحل کار دارد و طبق برآورد مدیریت تولید، این کار باید در ۵ مرحله اجرا شود.
مرحله ۱ از ۵، (یعنی نقشه اول از مرحله کار)

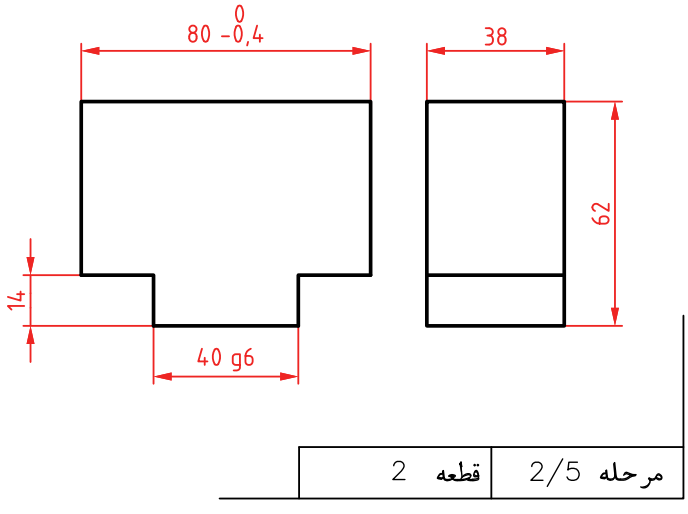


شکل ۶۳

در این مرحله بلوک اولیه از مواد اولیه به دست می‌آید (روی یک برگه جداگانه با جدول کامل شده)

مرحله ۲ از ۵، که طبق شکل زائده ایجاد می‌شود.

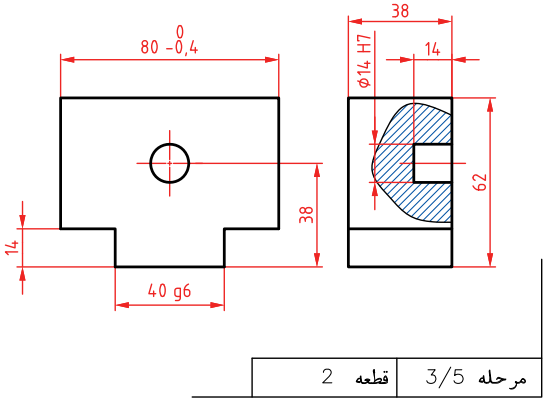
روی یک برگه جداگانه با جدول کامل شده



شکل ۶۴

مرحله ۳ از ۵، که در آن یک سوراخ کف‌تخت زده خواهد شد.

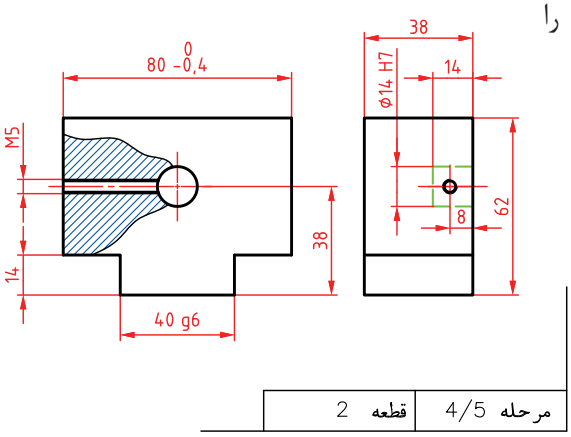
روی یک برگه جداگانه با جدول کامل شده



شکل ۶۵

مرحله ۴ از ۵، در این مرحله می‌توان مهره M۴ را ساخت.

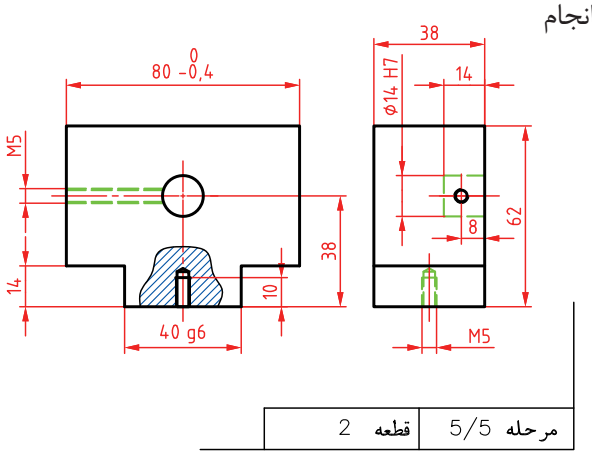
روی یک برگه جداگانه با جدول کامل شده



شکل ۶۶

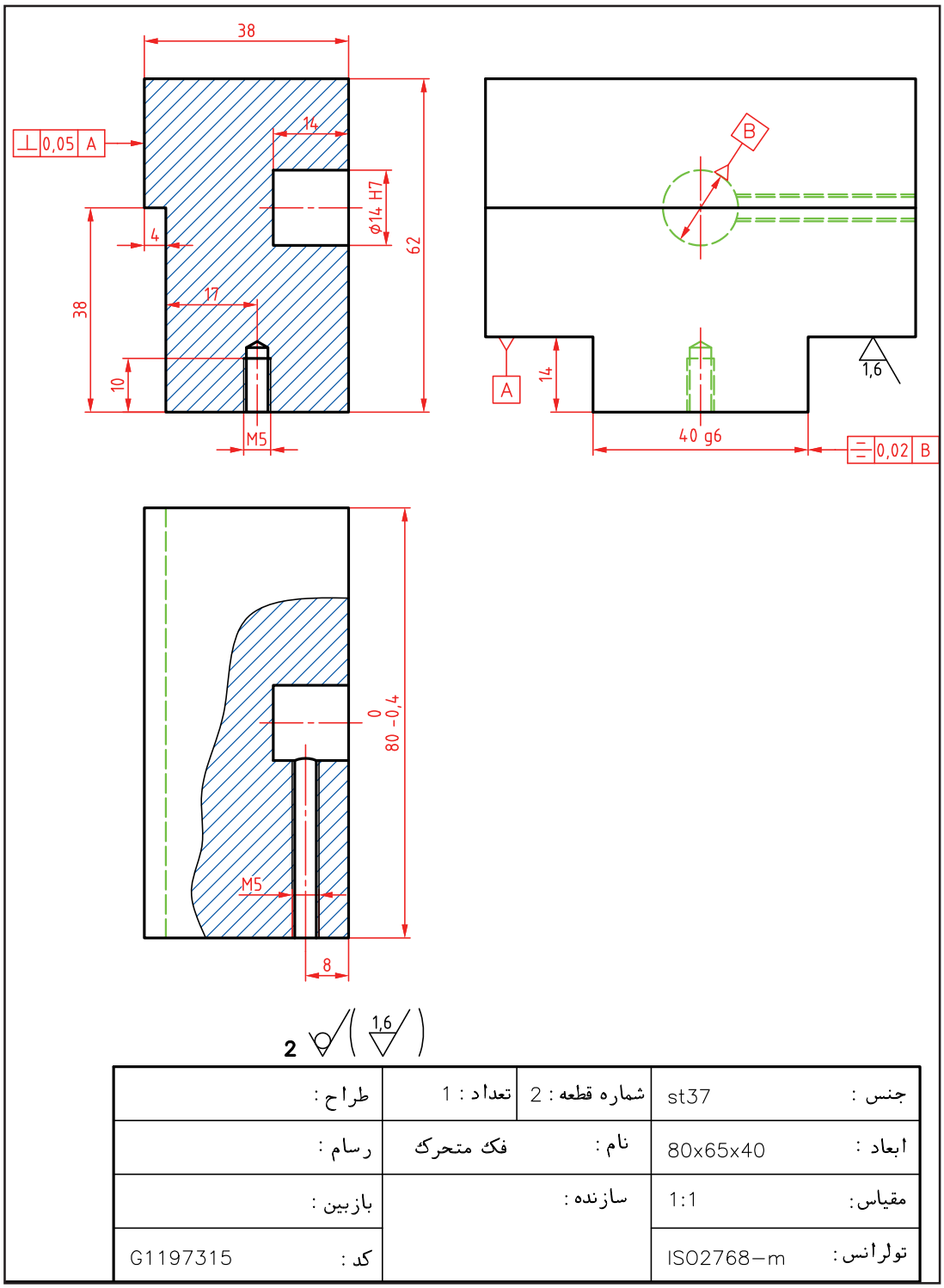
مرحله ۵ از ۵، در این مرحله ساخت مهره M۵ انجام می‌شود.

روی یک برگه جداگانه با جدول کامل شده



شکل ۶۷

نقشه کنترل کیفی: آخرین نقشه که در اختیار کنترل کیفیت قرار می‌گیرد، در حقیقت نقشه کاملی است که بخش کنترل کیفیت، قطعات تولید شده را طبق موازینی که در اختیارش قرار داده می‌شود، بررسی می‌نماید و پس از کنترل‌های لازم، محصول را تأیید یا رد می‌کند.



جنس : st37	شماره قطعه : 2	تعداد : 1	طراح :
ابعاد : 80x65x40	نام : فک متحرک		رسام :
مقیاس : 1:1	سازنده :		بازبین :
تولرانس : ISO2768-m			کد : G1197315

شکل ۶۸

یادداشت: همه نقشه‌های مربوط به گیره (با مراحل کار)، پوشه نقشه اجرایی را تشکیل خواهد داد.

فعالیت ۲۱

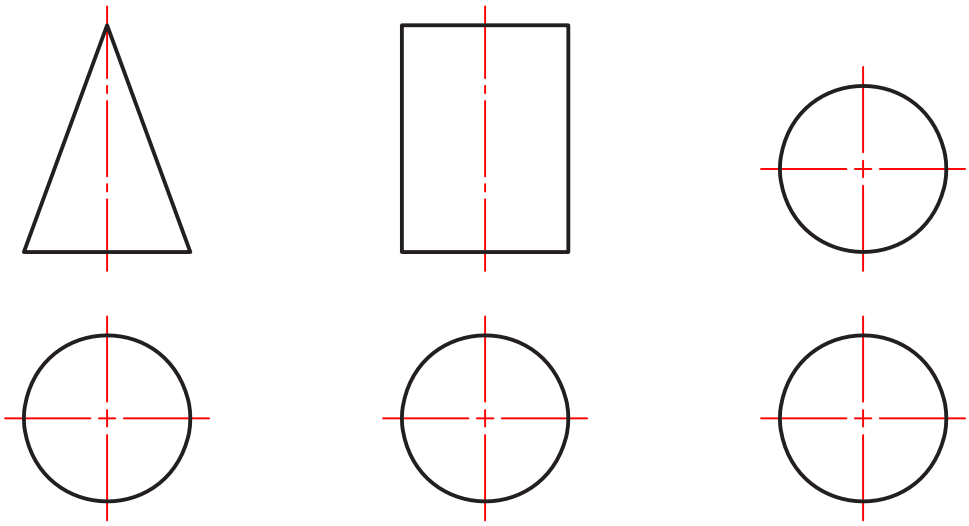
کلیه نقشه‌های داده شده به عنوان اجرایی برای گیره را دوباره و به‌صورت اسکچ ترسیم کنید.

فعالیت ۲۲

نقشه بدنه گیره را دوباره و با دقت رسم کنید. برای آن نقشه کنترل کیفیت را هم ترسیم کنید.

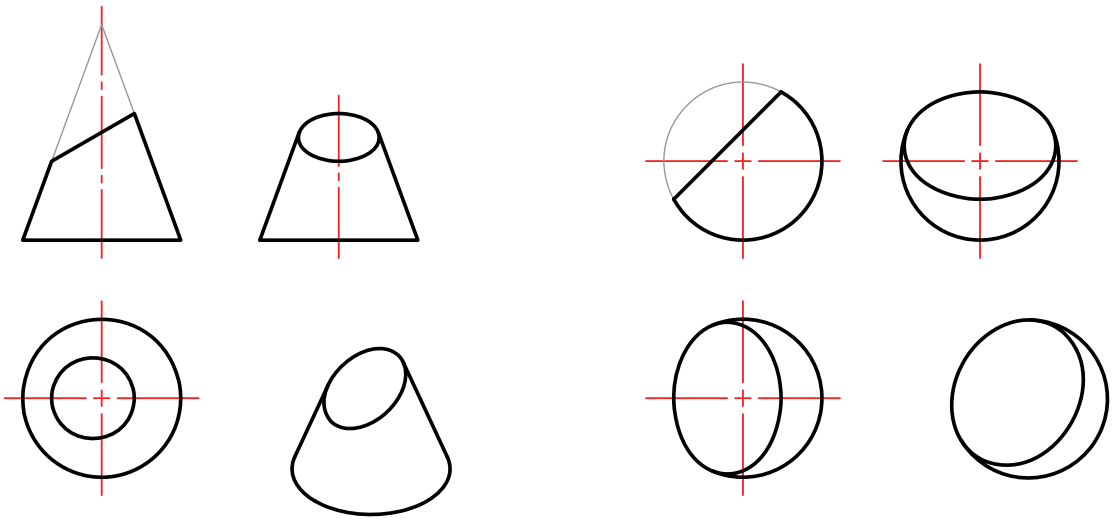
نقشه‌های تداخل

در نقشه‌های صنعتی به مواردی برخورد می‌کنیم که تنها دانستن نقشه‌خوانی و اصول نقشه‌کشی برای ترسیم کامل آنها کافی نیست. به عبارت دیگر توانایی در ترسیم یا خواندن آنها، نیاز به اطلاعات بیشتر دارد. به نقشه‌های زیر نگاه کنید. احجام ساده‌ای را می‌بینید که ترسیم و خواندن آنها آسان است.



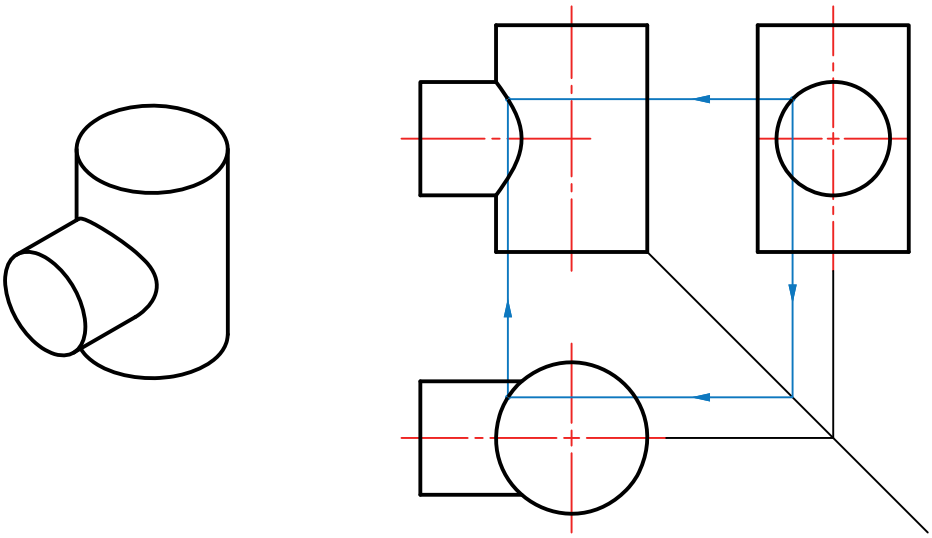
شکل ۶۹

اما اگر به دلایلی بخشی از آنها بریده شود، آن‌گاه ترسیم آنها نیاز به کارهای اضافه دارد. زیرا در اثر بریدن، خط‌های تازه‌ای در آنها به‌وجود می‌آید که مستقیماً با خط‌کش یا پرگار قابل ترسیم نیستند.

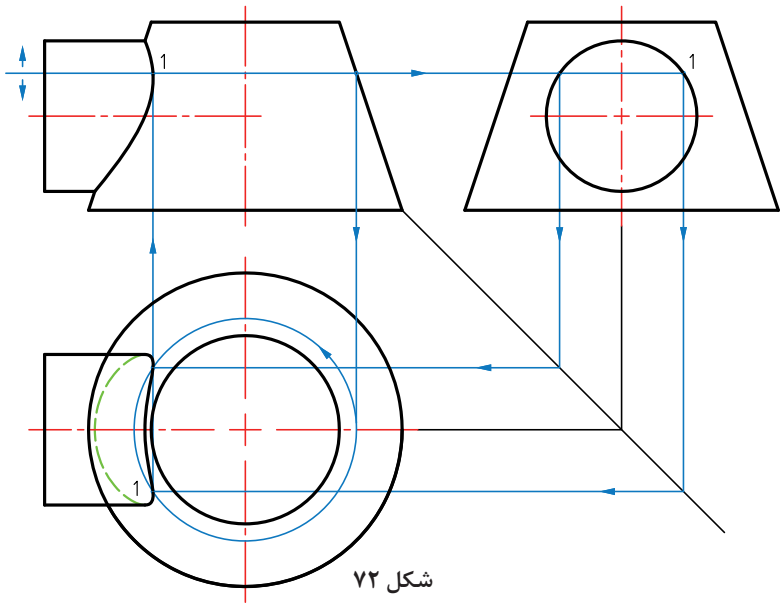


شکل ۷۰

به این منحنی و خطوط تازه، برخورد یا فصل مشترک گویند که در موارد بالا باید نقطه‌یابی شوند. به همین‌گونه است، هنگامی که دو جسم با هم برخورد می‌کنند. برای نمونه اگر بخواهیم از یک لوله استوانه‌ای، یک انشعاب استوانه‌ای دیگر بگیریم. یا یک کانال استوانه‌ای مخروطی، با ورق بسازیم.
به چگونگی ترسیم دو نمونه توجه کنید. این منحنی‌ها (برخورد) را به کمک خط رابط و از سه نما و نقطه به نقطه، به دست می‌آوریم.

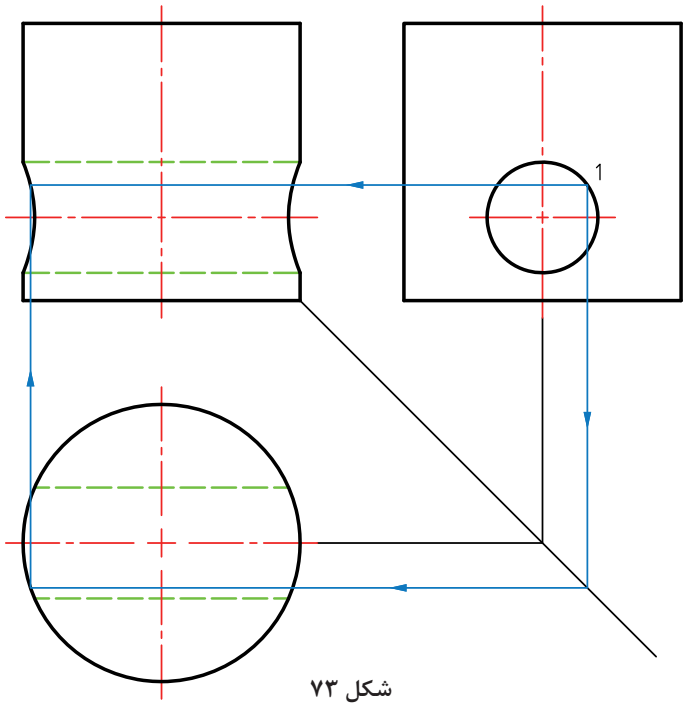


شکل ۷۱ــ نقطه‌یابی برای برخورد دو استوانه



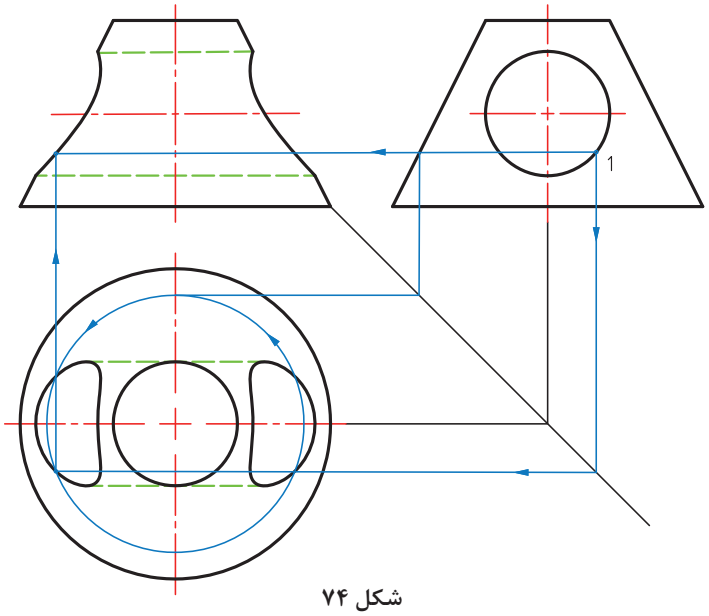
شکل ۷۲

با تغییر نقطه ۱ در نمای نیم‌رخ می‌توان نقطه‌های دیگر به دست آورد تا منحنی کامل شود. دقت کنید که در مورد مخروط، رسم یک دایره کمکی در نمای افقی، برای هر مورد انتخابی (مانند ۱) در نمای نیم‌رخ لازم است. اگر به جای استوانه بیرونی، بر روی استوانه و مخروط، سوراخ‌کاری کنیم، همان منحنی‌ها به دست خواهند آمد. موارد زیادی را در نقشه‌های صنعتی می‌بینید.



شکل ۷۳

نقطه‌های مختلفی مانند ۱، در نمای نیم‌رخ انتخاب می‌شود و به کمک رابط به نمای روبه‌رو منتقل می‌شود.

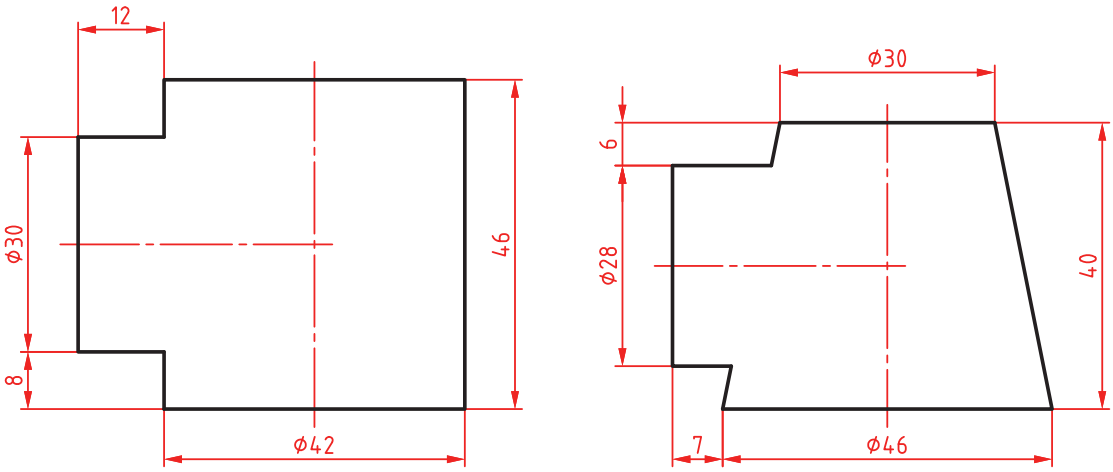


شکل ۷۴

نقطه‌های مانند ۱، در نمای نیم‌رخ انتخاب می‌شود و پس از انتقال به دو نما و با رسم دایره کمکی برای هر مورد، نقطه مورد نظر هم در نمای افقی و هم در نمای روبه‌رو مشخص می‌شود.

فعالیت ۲۳

نقشه‌های برخورد استوانه با استوانه و مخروط با استوانه داده شده را با دقت رسم کنید.



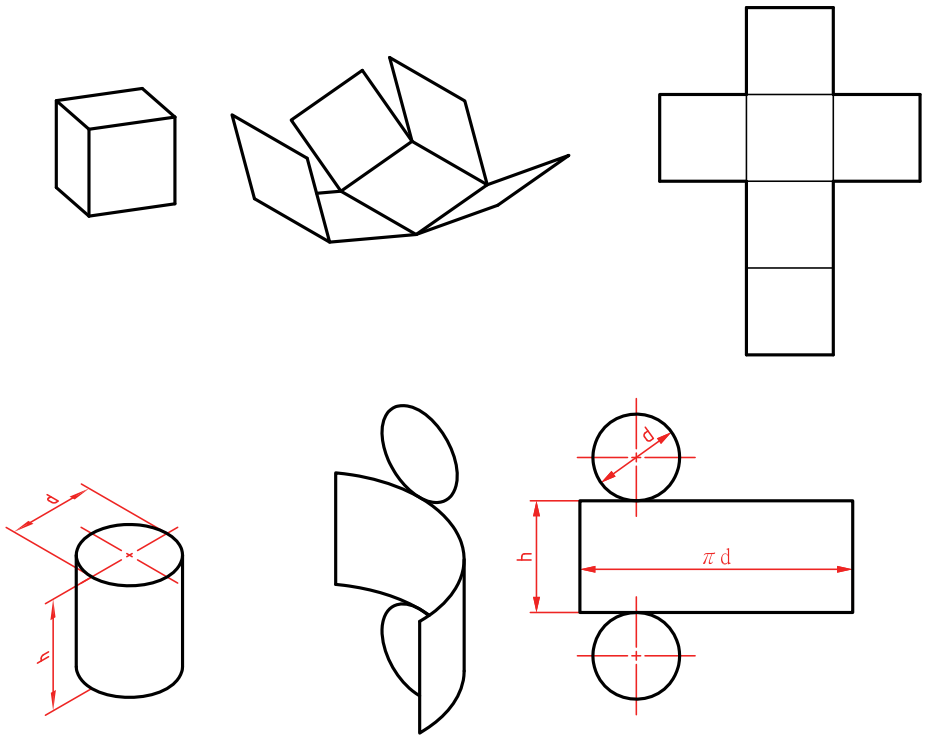
a = برخورد دو استوانه

b = برخورد مخروط و استوانه

شکل ۷۵

گسترش

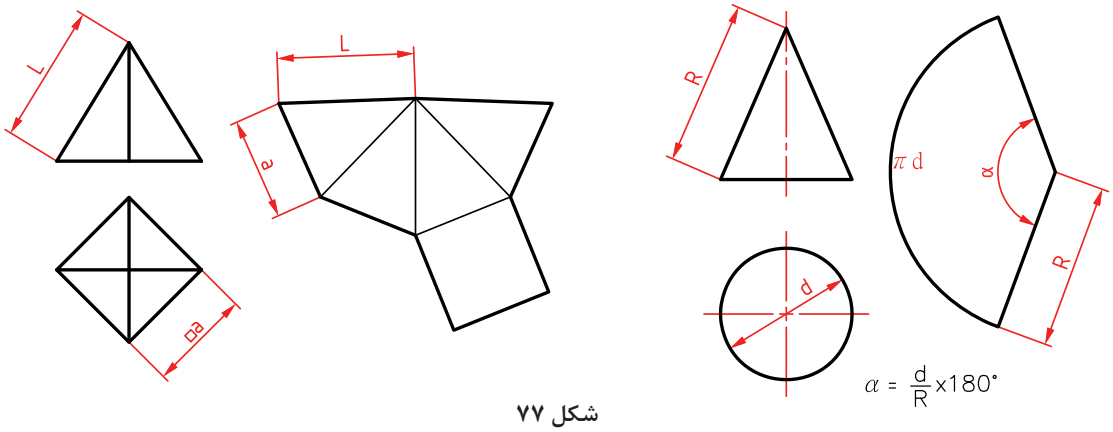
معمولاً برای ساخت یک حجم از ورق، باید ورق را به‌گونه‌ای مناسب برید که پس از تا زدن و خم کردن‌های لازم، به شکل مورد نظر در آید. به شکل نگاه کنید:



شکل ۷۶

تعریف: گسترش عبارت است از ترسیم طرحی دوبعدی روی ورق، که پس از بریدن، تا زدن و خم، به شکل مورد نظر درآید.

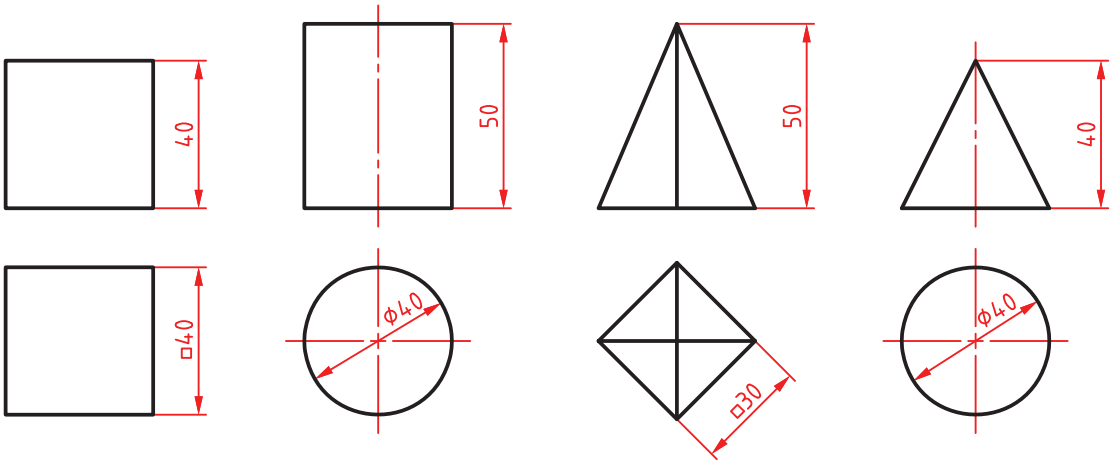
دو نمونه برای ساخت هرم و مخروط را ببینید.



شکل ۷۷

فعالیت ۲۴

گسترش چهار حجم داده شده را رسم کنید. هر کدام روی یک برگ A۴



شکل ۷۸

جداول و نقش آنها در کار فنی

در کارهای فنی و در هر رشته‌ای، محاسباتی وجود دارد که هر فرد فنی باید، در رشته خود با آنها آشنا باشد. اما رسیدن به نتیجه، به کمک محاسبه ممکن است به دلایل مختلف مشکلاتی داشته باشد. بنابراین جدول‌هایی را آماده می‌کنند که محاسبات را قبلاً انجام داده و در آنها نوشته‌اند. از ساده‌ترین آنها می‌توان از جدول تبدیل اینچ به میلی‌متر، محاسبه مساحت دایره و... نام برد. به نمونه‌ای توجه کنید. می‌دانیم که رابطه اینچ و میلی‌متر عبارت است از ۱" =۲۵/۴mm. اگر هدف محاسبه اعداد صحیح اینچ به میلی‌متر باشد (مثلاً تبدیل ۳ اینچ به میلی‌متر)، این محاسبه ساده است و وقت زیادی را نمی‌گیرد. اما آیا محاسبه $3\frac{1}{32}$ in به میلی‌متر هم به همان سادگی است؟ روشن است که برای این کار نیاز به وقت بیشتری داریم. ضمناً در همه اوقات و به‌ویژه در هنگام کار نمی‌توان تمرکز لازم را داشت. پس جدولی آماده می‌شود که این محاسبات را داشته باشد. در این صورت می‌توان برای هر فرمولی جدولی آماده کرد. از طرف دیگر محاسباتی وجود دارد که برای ما امکان‌پذیر نیست. مانند جدول‌های مثلثاتی و بی‌شمار جداول دیگر. نتیجه آن که در کار فنی جدول‌ها نقشی اساسی و انکارناپذیر دارند. دانستیم که جدول برای ساده کردن کار است. تاکنون هم از جدول‌های بسیاری استفاده کرده‌اید. جدول مثلثاتی، جدول تبدیل اندازه‌ها، جدول تولرانس، جدول انطباق، جدول سرعت برش، جدول مساحت و... . از طرف دیگر جدول‌هایی هم هستند که طبق محاسبه به دست نمی‌آیند بلکه اعدادی را بر پایه تجربه‌های صنعتی انتخاب می‌کنند. نمونه‌هایی از این جدول‌ها مربوط به اجزاء ماشین هستند. مانند جدول پیچ و مهره، خار، واشر، چرخ‌دندانه، و از این دست. به نمونه‌هایی از جدول توجه کنید:

جدول مثلثاتی

sin	۰´	۱۰´	۲۰´	۳۰´	۴۰´	۵۰´
۰ درجه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۵
۱ درجه	۰/۰۱۸	۰/۰۲۰	۰/۰۲۳	۰/۰۲۶	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲
۲ درجه	۰/۰۳۵	۰/۰۳۸	۰/۰۴۰	۰/۰۴۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۹

جدولی که بر اساس محاسبات پیچیده به‌دست آمده (خارج از توان ما، در کارگاه).

جدول پیچ‌های اتصال

قطر نامی mm	گام mm	عمق دنده		قطر مته برای مهره mm	آچارخور mm
		پیچ	مهره		
۲	۰/۴	۰/۲۵	۰/۲۲	۱/۶	۴
۳	۰/۵	۰/۳۱	۰/۲۷	۲/۵	۵/۵
۴	۰/۷	۰/۴۳	۰/۳۸	۳/۳	۷

جدولی که بر پایه تجربه تعیین شده است.

جدول مساحت دایره با معلوم بودن قطر

قطر دایره mm	مساحت mm^2	محیط mm
۱	۰/۷۹	۳/۱۴
۲	۳/۱۴	۶/۲۸
۳	۷/۰۷	۹/۴۲

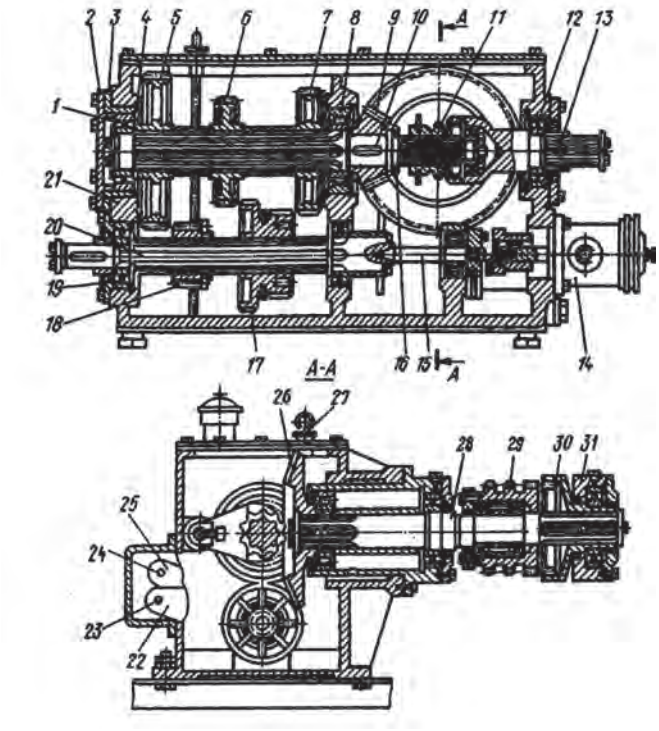
جدولی که می‌توانیم خودمان آن را محاسبه کنیم.

فعالیت ۲۵

با مراجعه به منابع اطلاعاتی که در دسترس دارید (حتی کتاب‌های فنی رشته‌های دیگر) نام دست کم ۲۰ نمونه جدول را که در کارهای فنی کاربرد دارند مشخص نمایید.

نقشه‌های تعمیرات

با وجود آن‌که یک فرد فنی توانمند، فردی است که علاوه بر کاربرد دقیق و حساب شده تجهیزات، به گونه‌ای قانون‌مند و متعهدانه، مسئله سرویس و نگهداری تجهیزات، به‌ویژه ماشین‌آلات را رعایت می‌کند، اما به دلایل مختلف مانند فرسودگی یا اتفاقات دیگر، ماشین‌ها نیاز به تعمیر یا حتی تعویض قطعات پیدا می‌کنند. به همین خاطر همه ماشین‌آلات دارای دفترچه‌های تعمیراتی هستند. برای نمونه نقشه جعبه دندانه یک دستگاه تراش کوچک را ببینید.



شکل ۷۹

تعمیرکاری که به قدر کافی به نقشه‌خوانی تسلط داشته باشد، می‌تواند طبق این نقشه قطعات را پیاده کند تا به قطعه معیوب برسد. اگر این تعمیرکار برای انجام هر کار، ابزار و آچار مخصوص آن را به کار ببرد، بدون کوچک‌ترین صدمه به دیگر قطعات کار را انجام خواهد داد.

فعالیت ۲۶

آیا می‌توانید حداقل ۱۰ مورد از ابزارهایی را که برای تعمیر جعبه دندانه شکل بالا مورد نیاز است را لیست کنید؟

فعالیت ۲۷

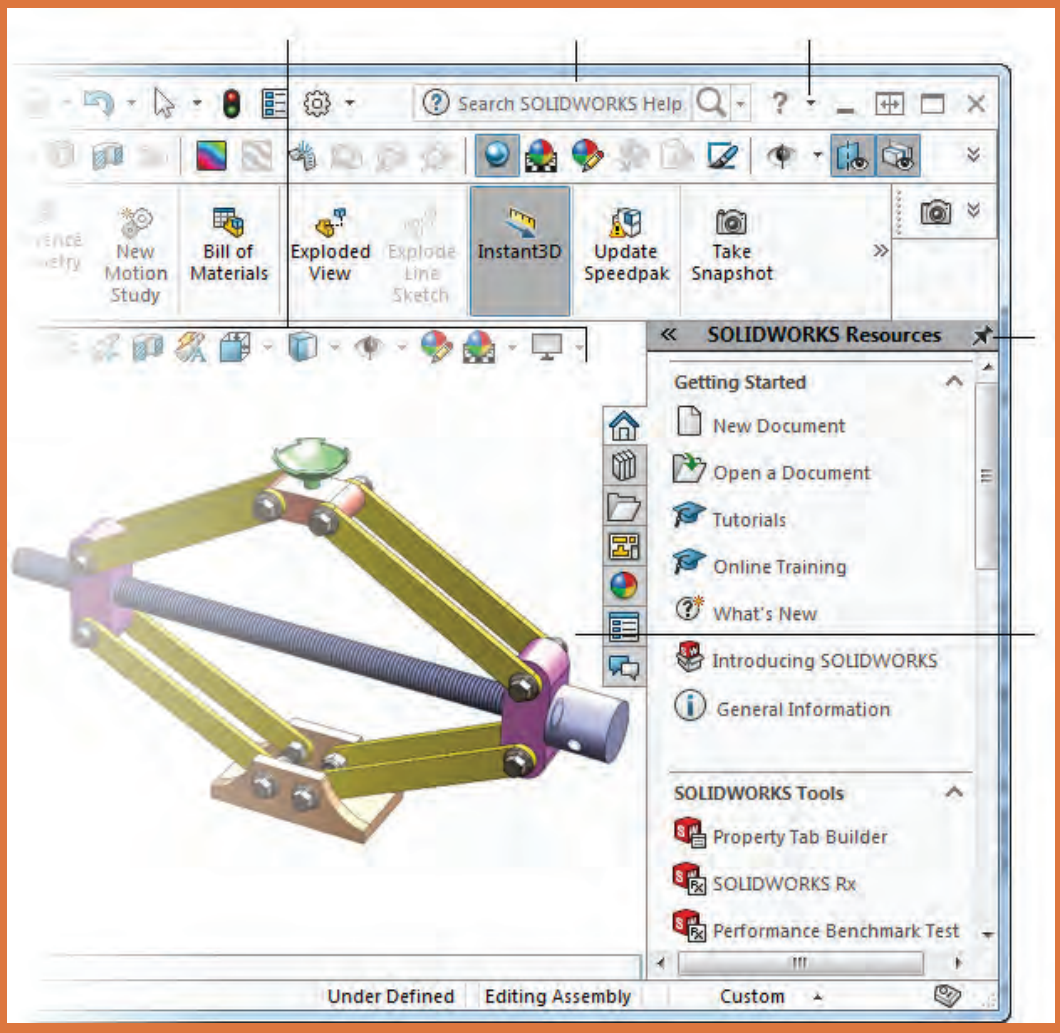
تعیین کنید که چه اجزایی در جعبه دندانه مورد بحث وجود دارد؟ آنها را لیست کنید.

ارزشیابی

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
استخراج اطلاعات از نقشه‌های ترکیبی جهت مونتاژ قطعات	استخراج اطلاعات ساخت و مونتاژ از نقشه‌های ترکیبی قطعات	بالاتر از حد انتظار	۱ـ تهیه لیست قطعات موردنیاز پروژه از روی نقشه ۲ـ تهیه چک‌لیست قطعات برای نقشه ۳ـ انتخاب روش تولید قطعات با توجه به نقشه	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	۱ـ تهیه چک‌لیست قطعات ۲ـ تهیه لیست قطعات مورد نیاز پروژه از نقشه	۲
		پایین‌تر از انتظار (عدم احراز شایستگی)	۱ـ عدم استخراج اطلاعات از نقشه‌های ترکیبی	۱
نمره مستمر از ۵				
نمره شایستگی پودمان از ۳				
نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۳

مدل‌سازی به کمک رایانه (CAD)



مقدمه

نرم‌افزار سالیدورکز (SolidWorks) یکی از نرم‌افزارهای مطرح در زمینه مدل‌سازی رایانه‌ای است که تقریباً تمامی نیازهای یک طراح را پاسخ می‌دهد. سهولت کاربری و آموزش آن در مقایسه با سایر نرم‌افزارهای مدل‌سازی، سرعت بالا و توانایی ارتباط با تمامی نرم‌افزارهای ماشین‌کاری مانند پاورمیل، مسترکم و... از ویژگی‌های بارز آن است.

شرکت سالیدورکز در سال ۱۹۹۳ توسط مؤسسه تکنولوژی ماساچوست تأسیس گردید. اولین محصول خود را در سال ۱۹۹۵ بنام نرم‌افزار سالیدورکز ۹۵ روانه بازار جهانی کرد. در سال ۱۹۹۷ شرکت فرانسوی داسو سیستم که عمده شهرت آن عرضهٔ نرم‌افزار قدرتمند و گران‌قیمت کتیا است با خرید شرکت سالیدورکز آن را در اختیار گرفت.

سالیدورکز دارای سه محیط اصلی قطعه (Part)، مونتاژ (Assembly) و نقشه‌کشی (Drawing) است.



شکل ۱

محیط قطعه (Part): هر مکانیزم یا مجموعه مکانیکی از قطعات و اجزای مختلفی تشکیل شده است. برای طراحی یک مکانیزم باید ابتدا هرکدام از اجزا و قطعات آن را به‌صورت مجزا طراحی کرد. این کار در محیط قطعه صورت می‌گیرد. نقطهٔ شروع کار در این محیط یک ترسیم ساده یا اسکچ است که از آن در عملیات مدل‌سازی استفاده می‌شود.

محیط مونتاژ (Assembly): بعد از این که قطعات به‌صورت مجزا طراحی شدند، آنها را وارد محیط مونتاژ می‌کنیم و با اعمال قیدهای مونتاژ روی هم سوار می‌کنیم.

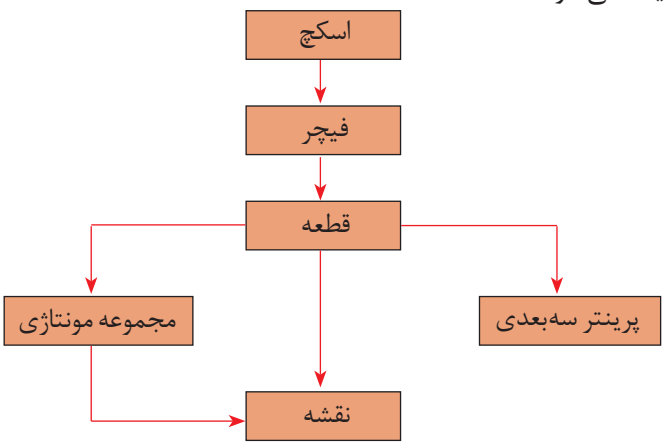
محیط نقشه‌کشی (Drawing): در این محیط علاوه بر توانایی ترسیم نقشه‌ها می‌توان از قطعات و مجموعه‌های دو محیط قبلی استفاده کرد و از آنها نقشه‌های استاندارد تهیه نمود.

سالیدورکز همچنین دارای مجموعهٔ کاملی از قطعات استاندارد است که می‌توان از آنها در مونتاژ و نقشه‌کشی استفاده کرد.

نسخهٔ مورد استفاده در آموزش این کتاب ۲۰۱۸ است اما با نسخه‌های قبلی نیز می‌توان بدون هیچ محدودیتی این آموزش را پیش برد. سیستم موردنیاز برای اجرای این نسخه سالیدورکز، ویندوز ۱۰، ویندوز ۸٫۱ و ویندوز ۷ با سرویس پک ۱ همگی ۶۴ بیتی است.

روند مدل‌سازی در نرم‌افزارهای CAD

هـــر مجموعـــه مکانیکـــی از تعدادی قطعه (و احیاناً زیرمجموعه) تشکیل شده اســت. هر زیرمجموعه دارای یک یا چند قطعه اســـت. قطعات نیز از تعدادی عملیات طراحـــی، که به آنها فیچر (Feature) یا نمایه گفته می‌شود، درست شده‌اند. در هر قطعه حتماً حداقل یک فیچر وجود دارد. طرح‌های دوبعدی یا اسکچ (Sketch) نقطه شروع مدل‌سازی قطعات و مجموعه‌هاست. در نمودار زیر ارتباط کلی بخش‌های مختلف در نرم‌افزارهای CAD دیده می‌شود.



شکل ۲

روند کلی مدل‌سازی قطعات در نرم‌افزارهای CAD و به‌خصوص سالیدورکز به شرح زیر می‌باشد:

۱ـ انتخاب صفحه طراحی
۲ـ ترسیم اسکچ
۳ـ قیدگذاری و اندازه‌گذاری اسکچ
۴ـ ایجاد فیچر اصلی
۵ـ ایجاد فیچرهای تکمیلی (تکرار مراحل ۱ تا ۴)

فعالیت ۱

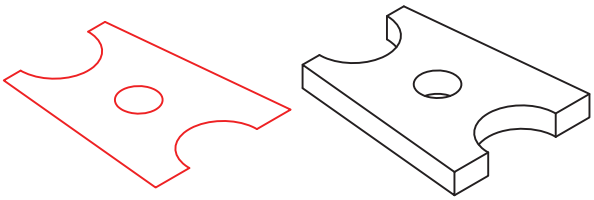
با جست‌وجو در منابع اطلاعاتی و به‌خصوص اینترنت پنج نرم‌افزار مدل‌سازی را نام ببرید و تفاوت آنها را با نرم‌افزار اتوکد که قبلاً یاد گرفته‌اید شرح دهید.

روش‌های اصلی مدل‌سازی در نرم‌افزارهای CAD

مدل‌سازی صلب نوعی شبیه‌سازی قطعه واقعی در رایانه است. بعد از این که قطعه در رایانه مدل شد می‌توان مانند یک قطعه واقعی با آن برخورد کرد. برای مدل‌کردن یک قطعه روش‌های محدودی وجود دارد. در تمام این روش‌ها یک شکل دوبعدی ترسیم می‌شود و به طرق مختلف به آن حجم داده می‌شود. روش‌های مدل‌سازی پایه که حجم اصلی قطعه را تشکیل می‌دهد عبارت‌اند از:

برجسته‌سازی یا اکسترود (Extrude)

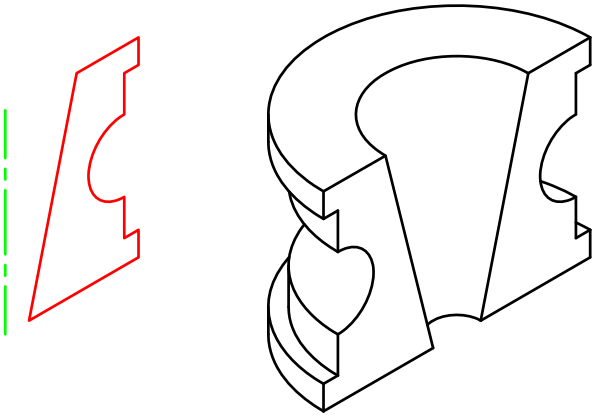
در این روش اسکچ با اندازه‌ای مشخص به یک سمت یا به‌صورت دوطرفه برجسته می‌شود. اکسترود در فیچرهای تکمیلی می‌تواند برجسته یا فرورفته باشد. به عبارت دیگر می‌تواند موجب افزایش حجم و یا کاهش حجم مدل شود.



شکل ۳

دوران یا ری‌ولو (Revolve)

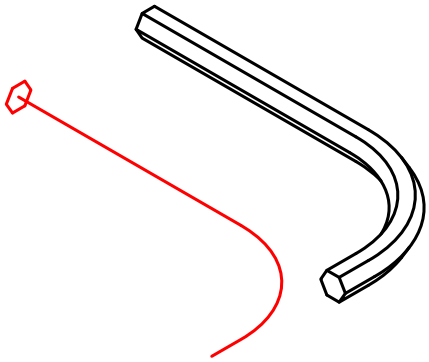
در این روش اسکچ حول یک محور با زاویه‌ای مشخص دوران می‌یابد و حجم اصلی قطعه را تشکیل می‌دهد. ری‌ولو هم مانند اکسترود در فیچرهای تکمیلی می‌تواند پر یا خالی باشد. یک فیچر پر به حجم قطعه افزوده می‌شود و با آن جمع می‌شود اما یک فیچر خالی از حجم قطعه می‌کاهد.



شکل ۴

حرکت در یک مسیر یا سوئیپ(Sweep)

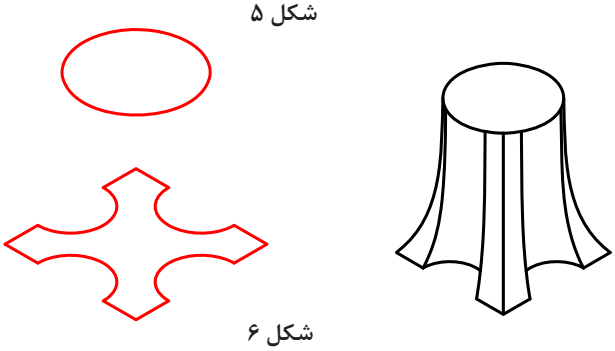
اسکچ در مسیری مشخص حرکت می‌کند و مدل قطعه را ایجاد می‌نماید. مسیر (اسکچ بازی که به‌عنوان مسیر انتخاب می‌شود) می‌تواند یک خط ساده و یا یک شکل سه‌بعدی پیچیده باشد.



شکل ۵

حجم بین مقاطع یا لافت (Loft)

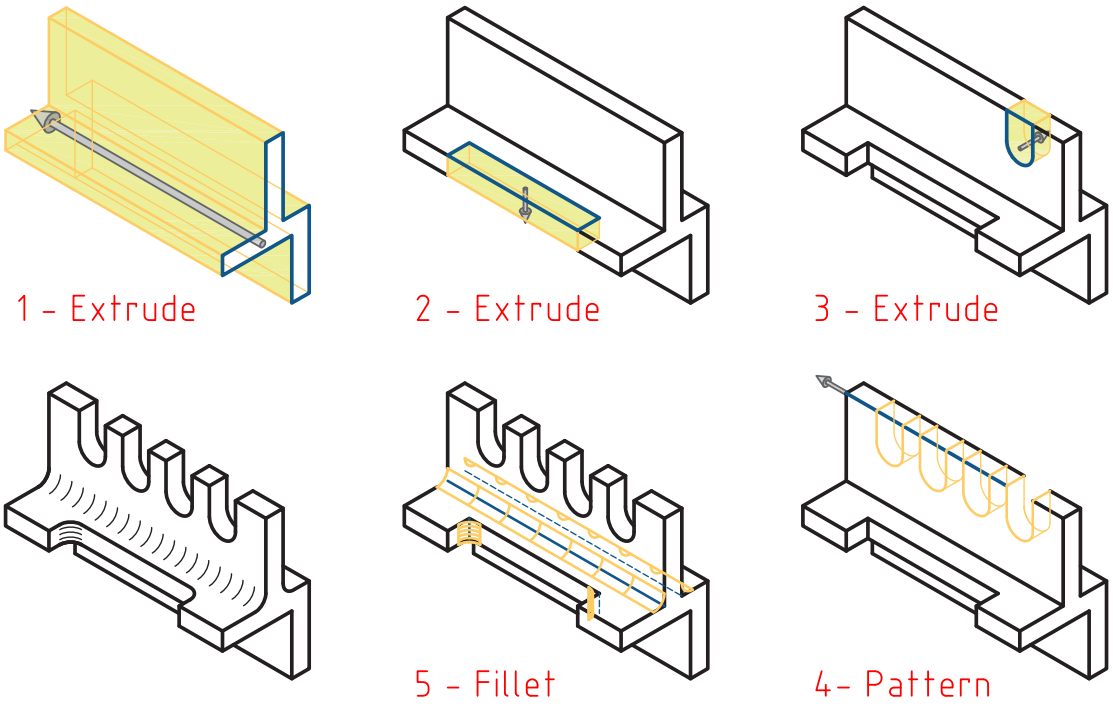
می‌توان اسکچ‌های متعددی را که مقاطع مختلف یک قطعه هستند، در صفحات فضایی مربوطه ترسیم کرد و با پرکردن فضای بین آنها، مدل قطعه را ایجاد نمود.



شکل ۶

بعد از این که حجم اصلی قطعه یا فیچر اصلی ایجاد شد باید باتوجه به هندسه قطعه، فیچرهای تکمیلی را اجرا نمود. فیچرهای تکمیلی یا همین چهار روش اصلی مدل‌سازی هستند و یا ترکیبی از اینها، که تحت نام ابزارهای مشخص در نرم‌افزارهای مختلف ارائه می‌شوند؛ مثلاً Fillet برای گردکردن گوشه‌ها و یا Hole برای ایجاد سوراخ‌کاری‌های مختلف روی مدل قطعه.

در شکل زیر مراحل مدل‌سازی یک قطعه نمایش داده می‌شود.



شکل ۷

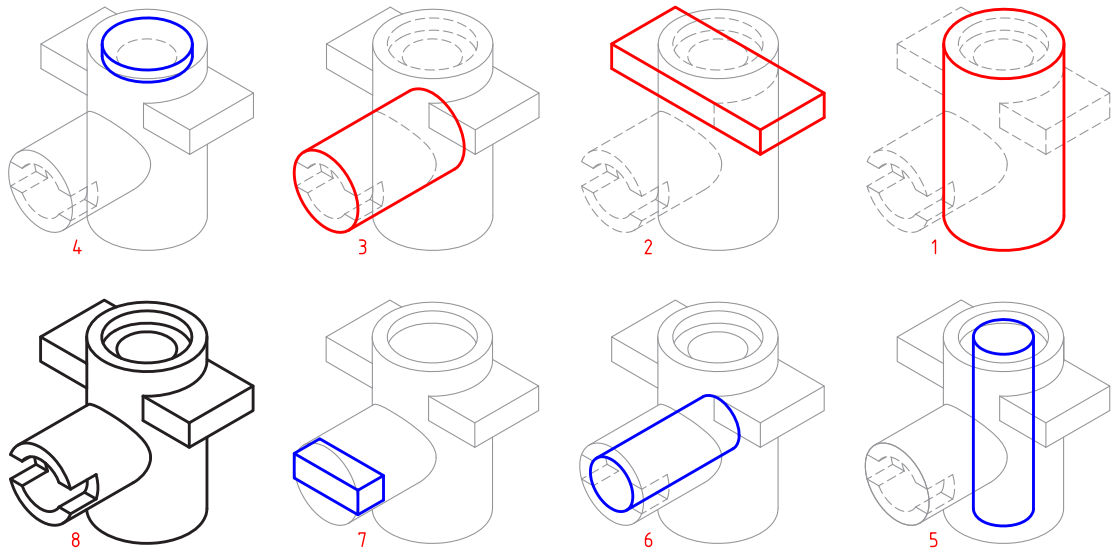
فعالیت ۲

برای هر یک از چهار روش اصلی مدل‌سازی دو قطعه را مثال بزنید و نحوهٔ مدل‌سازی آن را شرح دهید.

تجزیه و تحلیل احجام مرکب

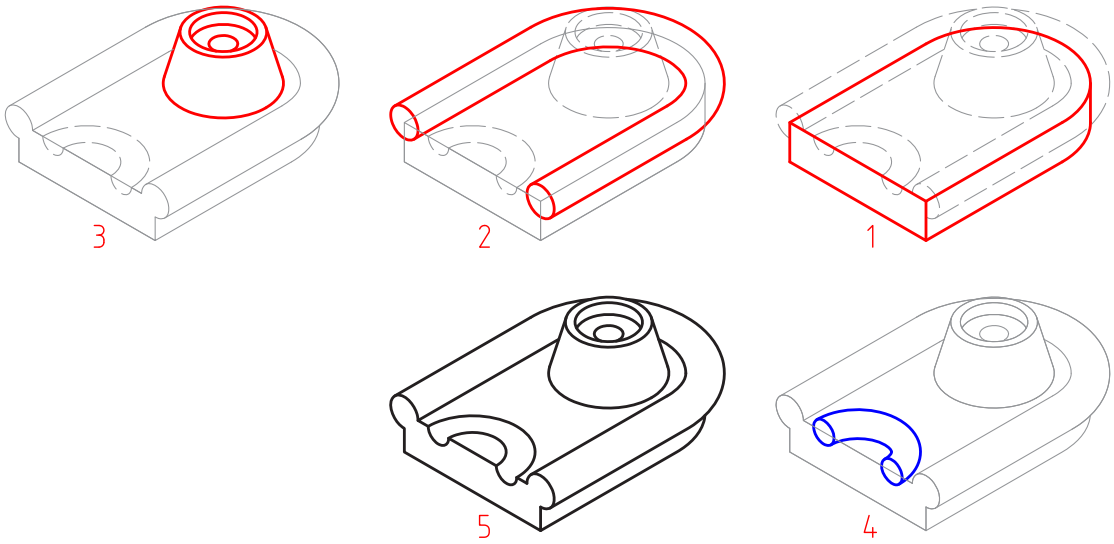
احجام مرکب از احجام ساده تشکیل یافته‌اند. قبل از مدل‌سازی یک قطعه باید به‌خوبی آن را تجزیه و تحلیل نمود و احجام ساده تشکیل‌دهنده آن را تشخیص داد.

ترکیب احجام می‌تواند به‌صورت جمع، تفریق و یا اشتراک باشد. در شکل زیر جمع و تفریق احجام ساده‌ای که شامل استوانه و مکعب‌مستطیل است و ترکیب آنها را مشاهده می‌کنید.



شکل ۸

احجام ساده و تشکیل‌دهندهٔ یک حجم مرکب علاوه بر احجام سادهٔ هندسی، می‌تواند احجامی باشد که با روش‌های اصلی مدل‌سازی ایجاد می‌شوند. در شکل زیر حجم نهایی ترکیبی است از احجامی که با روش‌های متداول ایجاد شده‌اند.



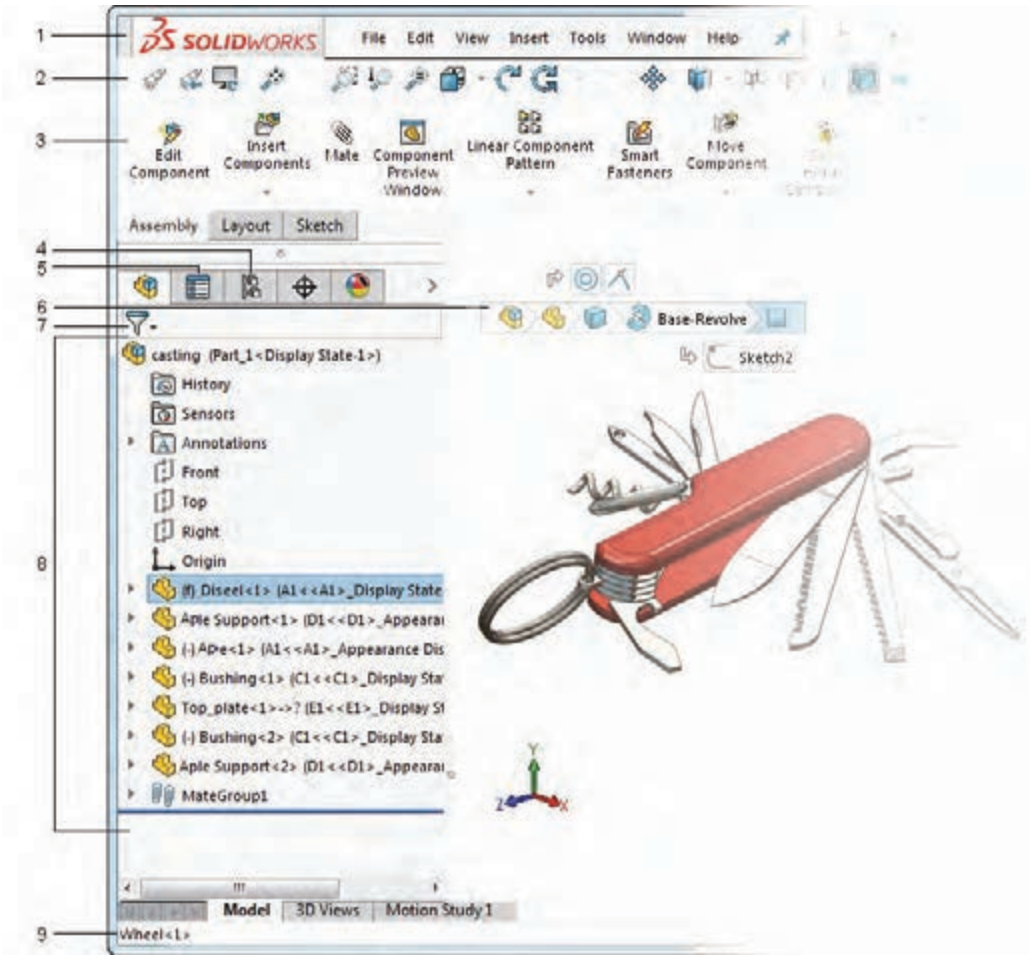
شکل ۹

فعالیت ۳

نام عملیات مدل‌سازی حجم فوق را بنویسید و اسکچ هر کدام را در یک برگ A۴ به‌صورت دستی ترسیم کنید.

رابط کاربر نرم‌افزار سالیدورکز

با اجرای اغلب نرم‌افزارها با رابط کاربر یا اینترفیس (Interface) آن مواجه می‌شویم. ابزارها و دستورهای مختلف در بخش‌های مختلف این رابط گرافیکی تعبیه شده است که برای تسلط بر نرم‌افزار باید به‌خوبی با این بخش‌ها آشنا شد. تصاویر زیر محیط نرم‌افزار سالیدورکز را در حالی که یک مجموعه مونتاژی باز است نشان می‌دهد.



شکل ۱۰

۱ **نوار منو(Menu Bar)**: شامل ابزارهایی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند و منوهای استاندارد سالیدورکز.

۲ **نوار ابزار(Toolbars)**: در نسخه‌های جدید اغلب ابزارها و فرامین در مدیریت فرمان موجود است و نوارهای ابزار به‌صورت پیش‌فرض پنهان هستند.

۳ **مدیریت فرمان(Command Manager)**: این بخش که مانند ریبون در اتوکد عمل می‌کند، دارای ابزارهایی است که نسبت به عملیات جاری حساس است و به‌صورت خودکار متناسب با آن عوض می‌شود.

۴ **مدیریت پیکربندی:** برای ایجاد، انتخاب و مشاهده پیکربندی‌های مختلف از قطعات و مونتاژ از این بخش استفاده می‌شود.

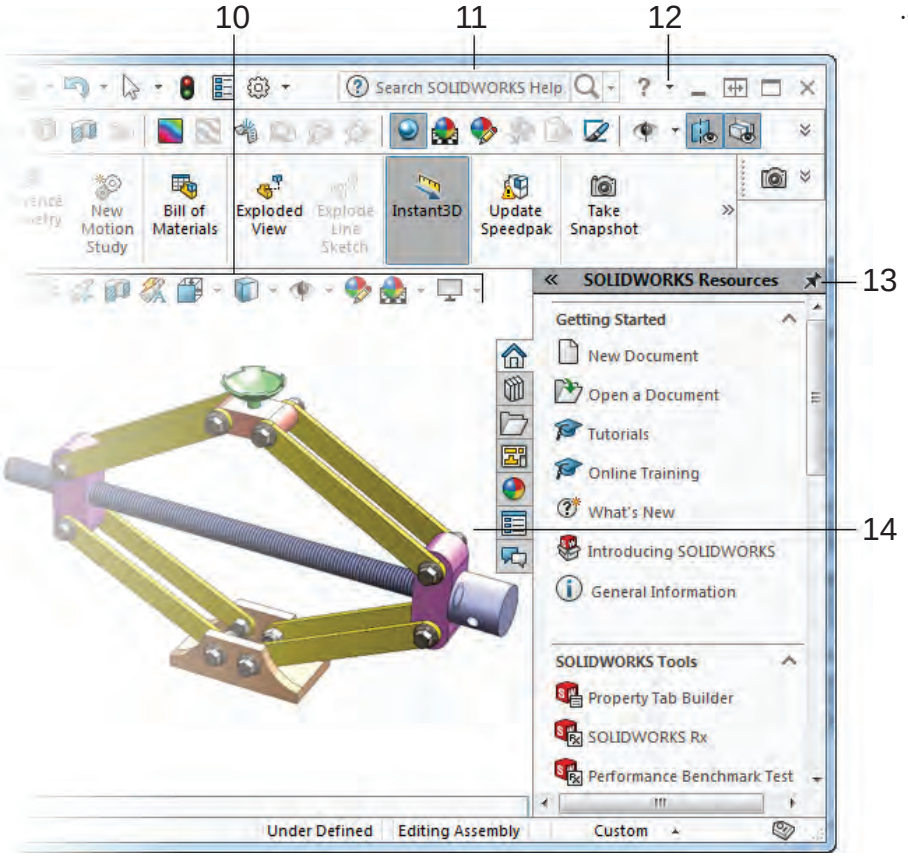
۵ **مدیریت ویژگی‌ها:** تغییر ویژگی‌های عمومی و هندسی و همچنین انتخاب گزینه‌های مختلف ابزار جاری در این بخش انجام می‌شود. زمانی که ابزاری فعال می‌شود، مدیریت ویژگی‌های آن ابزار جایگزین درخت طراحی در سمت چپ صفحه می‌شود.

۶ **نمودار سلسله‌مراتبی:** با انتخاب بخشی از مدل، تمام عناصر قبل و بعد از آن در یک نمودار سلسله‌مراتبی تا مدل قطعه یا مجموعه، در این بخش نمایش داده می‌شود.

۷ **فیلتر انتخاب:** این ابزار به کاربر امکان می‌دهد تا در درخت طراحی عملیات یا جزء خاصی را جست‌وجو کند.

۸ **درخت طراحی(Design Tree)**: هر عملیاتی (فیچر، اسکچ و...) که در محیط قطعه، مونتاژ یا نقشه‌کشی اجرا شود به‌ترتیب در این بخش نمایش داده می‌شود. با مشاهدهٔ این درخت طراحی می‌توان به آسانی نحوهٔ مدل‌سازی قطعه را مشاهده و درک کرد.

۹ **نوار وضعیت(Status Bar)**: در این بخش اطلاعاتی متناسب با عملکرد در حال اجرا نمایش داده می‌شود.



شکل ۱۱

۱۰ **نوار ابزار دید(View Toolbar):** کلیه ابزارهای موردنیاز برای ناوبری و مشاهدهٔ مدل در این نوار شفاف قرار دارد.

۱۱ **نوار جست‌وجو:** در این کادر می‌توان ابزارهای موردنیاز را مانند خط فرمان اتوکد جست‌وجو و اجرا کرد.

۱۲ **منوی راهنما:** در این منو روش‌های دسترسی به کتاب‌های راهنمای سالیدورکز هم به‌صورت آنلاین و هم به‌صورت آفلاین تعبیه شده است. با کمی ممارست و آشنایی نسبی با زبان انگلیسی می‌توان از ابزار SOLIDWORKS Tutorials به‌صورت خودآموز استفاده کرد.

۱۳ **قاب وظیفه(Task Pane):** دسترسی به منابع سالیدورکز از جمله کتابخانه‌های اجزای استاندارد و عناصر طراحی و درگ‌کردن آنها به محیط گرافیکی استفاده کرد.

۱۴ **پنجره گرافیکی:** نمایش مدل، مونتاژ و نقشه‌ها و اجرای عملیات بر روی آنها در این پنجره صورت می‌گیرد.

تغییر نما و نحوهٔ نمایش مدل

برای تغییر نما و نحوهٔ نمایش مدل در پنجرهٔ گرافیکی روش‌های مختلفی وجود دارد. هر کاربر به سلیقه خود می‌تواند از هر کدام از روش‌ها استفاده کند.

الف) نوار ابزار View: در سالیدورکز بسیاری از ابزارهای تغییر نما و نمایش مدل در نوار ابزار View بالای پنجرهٔ گرافیکی در دسترس هستند.



شکل ۱۲

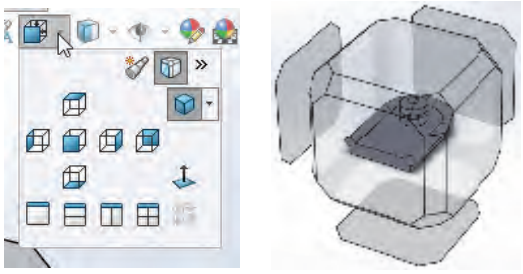
Zoom to Fit مدل را متناسب با ابعاد صفحه نمایشگر بزرگ یا کوچک می‌کند.

Zoom to Area مدل را به اندازهٔ کادری که کاربر ترسیم می‌کند بزرگ می‌کند.

Previous View نمای قبلی را برمی‌گرداند.

Section View نمایش مدل به‌صورت برش‌خورده با انتخاب یک یا چند صفحه اصلی.

View Orientation با اجرای این ابزار مدل در داخل یک جعبهٔ دید نمایش داده می‌شود که می‌توان با انتخاب وجوه این جعبه نماهای مدل و با انتخاب گوشه‌های آن تصاویر مجسم آن را نمایش داد. فشردن کلید Space در صفحه کلید این ابزار را اجرا می‌کند.



شکل ۱۳

با کلیک بر روی مثلث تیره کنار این آیکن پنجرهٔ کوچکی نمایش داده می‌شود که می‌توان در آن نماهای استاندارد را انتخاب کرد. در این پنجره علاوه بر نماهای استاندارد سه نوع تصویر مجسم ایزومتریک، دیمتریک و تریمتریک قابل انتخاب است. چهار آیکن ردیف پایین نیز تعداد دریچه‌های دید را تعیین می‌کند. یعنی می‌توان همزمان نماهای روبه‌رو، جانبی، افقی و تصویر مجسم مدل را نمایش داد.

Display Style سبک نمایش مدل با این ابزار قابل انتخاب است. می‌توان مدل را به‌صورت سیمی (وایرفریم) یا سایه‌پردازی رنگی، با خطوط ندید و یا بدون آن نمایش داد.



شکل ۱۴

ب) ماوس: ماوس در تغییر دید مدل دارای عملکردهای مختلفی است از جمله:

- چرخش چرخ (اسکرول) ماوس باعث زوم به داخل یا زوم به خارج می‌شود.

نکته

در سالیدورکز جهت چرخش چرخ ماوس برعکس اتوکد است. برای تغییر آن می‌توان از منوی Tools > Options > System Options > View گزینه Reverse mouse wheel zoom direction را تیک زد.

- درگ‌کردن چرخ ماوس همراه با Shift نیز عملکرد زوم را دارد (چه تفاوتی با اسکرول دارد؟).
- درگ‌کردن چرخ ماوس همراه با Ctrl موجب جابه‌جایی (Pan) مدل در صفحه می‌شود.
- درگ‌کردن چرخ ماوس به تنهایی موجب چرخش مدل می‌شود.
- دبل‌کلیک چرخ ماوس عملکرد Zoom to Fit را اجرا می‌کند.

نکته

برای چرخش مدل حول یک گوشه، لبه یا صفحه، ابتدا با چرخ ماوس روی آن قسمت کلیک کنید سپس با همان دکمه درگ کنید.

- درگ‌کردن دکمه سمت راست ماوس عملکردی به‌نام Gesture دارد. در این حالت تعدادی ابزار به‌صورت دایره‌ای در اطراف نشانگر ماوس نمایش داده می‌شود که می‌توان آنها را انتخاب کرد. با این روش می‌توان در محیط مدل‌سازی نماهای مختلف یا تصویر مجسم را احضار کرد. مثلاً ترسیم یک خط اریب فرضی به سمت بالا سمت راست با دکمه سمت راست ماوس موجب احضار تصویر مجسم می‌شود.



شکل ۱۵

نکته

ابزارهای Mouse Gesture در محیط اسکچ، قطعه، مونتاژ و نقشه‌کشی متفاوت است. تعداد این ابزارها به‌صورت پیش‌فرض ۴ است. با استفاده از منوی Tools > Customize > Mouse Gestures می‌توان تعداد و نوع ابزارهای مورد استفاده در این عملکرد را تعیین کرد.

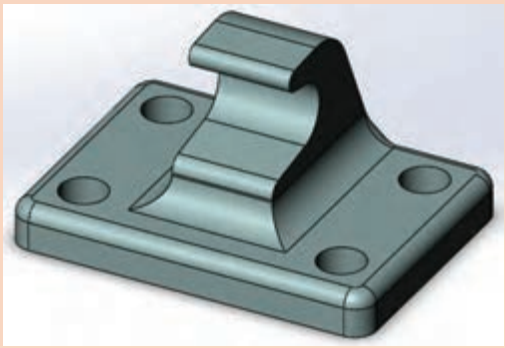
ج) منوی View و نماد سیستم مختصات: روش‌های دیگری نیز برای تغییر نما و نمایش مدل وجود دارد از جمله: استفاده از ابزارهای موجود در منوی View یا استفاده از کلیدهای میانبر مانند z، f و... . همچنین با کلیک‌کردن روی محورهای نماد سیستم مختصات نیز می‌توان نمای موردنظر را نمایش داد.

فعالیت ۴

فایل aw_anchor_plate یا فایلی مشابه را از مسیر زیر:

C:\Users\Public\Documents\SOLIDWORKS\SOLIDWORKS2018\samples\tutorial\cosmosxpress

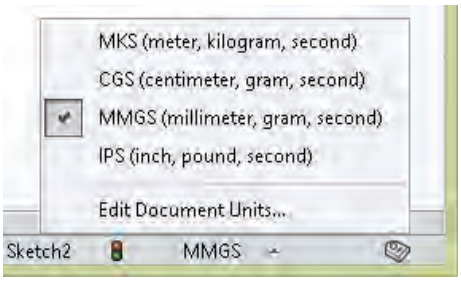
باز کنید.



شکل ۱۶

الف ـ این مدل را در نماهای استاندارد و همچنین تصویر مجسم‌های مختلف نمایش دهید.
ب ـ یک بار به‌صورت آزاد و یک بار حول یکی از لبه‌های عمودی آن را بچرخانید.
ج ـ مدل این قطعه را با سبک‌های مختلف سیمی (وایرفریم) و سایه‌پردازی نمایش دهید.

ترسیم اسکچ



شکل ۱۷

قبل از ترسیم اسکچ دقت کنید که واحد ترسیم مطابق با تصویر زیر میلی‌متر باشد. با استفاده از منوی Tools > Options > Document Options > Units نیز می‌توان واحد ترسیم را تغییر داد.

هشدار: وقتی سالیدورکز برای اولین بار اجرا می‌شود اگر واحد را به‌صورت صحیح انتخاب کنید دیگر مشکلی برای انتخاب واحد نخواهید داشت.

مقایسه اسکچ با نقشه: در قطعاتی که دارای یک فیچر هستند اسکچ با نقشهٔ قطعه تفاوت چندانی ندارد. قطعات پیچیده از چندین فیچر ساخته می‌شوند. هر فیچر می‌تواند یک اسکچ مجزا داشته باشد و تغییری در نمای قطعه ایجاد کند. در این قطعات دیگر اسکچ و نقشه قطعه یکسان نخواهد بود. به‌طورکلی می‌توان گفت که اسکچ شکلی ساده است که می‌تواند بخشی از مدل را تعریف کند. نقشه نسبت به اسکچ پیچیده‌تر است و کل قطعه را تعریف می‌کند. کاربرد اسکچ و نقشه نیز متفاوت است. در جدول زیر برای اسکچ و نقشه چهار ویژگی بنویسید و حداقل دو مورد از تفاوت‌ها و شباهت‌های آنها نیز ذکر کنید.

نقشه	اسکچ
۱- ۲- ۳- ۴-	۱- ۲- ۳- ۴-
شباهت‌ها: ۱- ۲-	
تفاوت‌ها: ۱- ۲-	

ترسیم اسکچ نقطهٔ شروع مدل‌سازی است. فرایند کلی ترسیم اسکچ به قرار زیر است:

۱ در محیط قطعه یک صفحه طراحی یا یکی از سطوح تخت مدل را انتخاب کنید. (این مرحله را می‌توان قبل یا بعد از مرحله ۲ انجام داد.)

۲ برای این که حالت اسکچ فعال شود از یکی از روش‌های زیر استفاده کنید:
الف) انتخاب ابزار Sketch
ب) اجرای یکی از ابزارهای ترسیم مانند خط، دایره یا مستطیل
پ) اجرای یکی از فیچرها مانند اکسترود یا ری‌ولو
۳ ترسیم اسکچ
۴ قیدگذاری هندسی و ابعادی

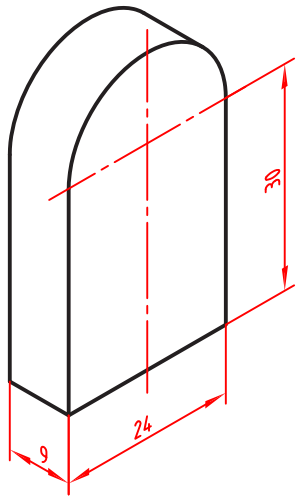
نکته

سه صفحهٔ طراحی Front_Top_ Right به‌صورت پیش‌فرض وجود دارد. انتخاب این صفحات در درخت طراحی نیز مقدور است.

اسکچ می‌تواند یک شکل ساده مانند یک دایره باشد و یا یک شکل پیچیده و پر از خط و کمان. هر چه اسکچ‌ها ساده‌تر باشند تعداد عملیات مدل‌سازی بیشتر می‌شود. به‌طور کلی توصیه می‌شود به‌جای اسکچ‌های پیچیده از اسکچ‌های ساده‌تر استفاده کنید. زیرا یک اسکچ ساده را می‌توان به‌راحتی ترسیم کرد، قیدگذاری و اندازه‌گذاری کرد، ویرایش کرد و هندسه و ابعاد آن را فهمید.
در موقع رسم اسکچ بسیاری از قیدهای هندسی مانند افقی یا عمودی‌بودن یک خط، به‌صورت خودکار به اسکچ افزوده می‌شود. قیدگذاری دستی در ادامه توضیح داده می‌شود.

ابزارهای ترسیمی

ابزارهای ترسیم در نرم‌افزارهای نقشه‌کشی و طراحی یکسان است اما ممکن است برخی ابزارها در یک نرم‌افزار و یا نحوهٔ اجرای آن با نرم‌افزارهای دیگر کمی متفاوت باشد. بسیاری از ابزارهای ترسیم در کتاب نقشه‌کشی فنی رایانه‌ای سال دهم یاد گرفته‌اید. برای یادآوری و تفاوت‌های اجرای ابزار Line با مثال زیر توضیح مختصری برای آن ارائه می‌شود.
اسکچ این قطعه در نمای روبه‌رو کشیده می‌شود. بنابراین ابزار Sketch را فعال کنید و صفحه طراحی Front را انتخاب کنید. جهت دید موازی با صفحه روبه‌رو تغییر می‌کند.

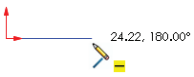
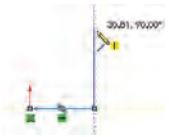
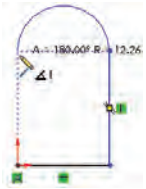


شکل ۱۸

نکته

ابزارهای مهم ترسیم اسکچ در ریبون یا مدیریت فرمان و در بخش اسکچ قرار دارد. البته در منوی Tools > Sketch Entities نیز تمامی ابزارهای ترسیم اسکچ موجود است. در همین منو و بخش Sketch Tools نیز تمامی ابزارهای ویرایش اسکچ قرار دارد.

Line: برای ترسیم این اسکچ ابزار Line را که با کلید میانبر (L) نیز قابل اجراست فعال کنید؛ نشانگر ماوس به شکل یک مداد ( ) تبدیل می‌شود. کل این اسکچ با ابزار Line ترسیم می‌شود. ابعاد اسکچ نزدیک به ابعاد واقعی قطعه است اما دقیق نیست.

					
۱	۲	۳	۴	۵	۶

۱ نشانگر را به نقطه مبدا نزدیک کنید. به محض این که این نقطه رنگی شد کلیک کنید.

۲ نشانگر ماوس را به سمت راست ببرید و زمانی که عدد کنار نشانگر به ۲۴ نزدیک شد کلیک کنید. دقت کنید شکل قید افقی (—) دیده شود.

۳ نشانگر ماوس را به سمت بالا ببرید و زمانی که عدد نزدیک به ۳۰ شد کلیک کنید. دقت کنید شکل قید عمودی دیده (|) شود.

۴ نشانگر ماوس را روی خط عمودی برده و بدون این که کلیک کنید بعد از رنگی‌شدن خط، به آرامی به بالا و سمت چپ ببرید تا یک نیم‌دایره در راستای خط عمودی ترسیم شود. دقت کنید تا خط‌چین افقی از نقطه شروع کمان و خط‌چین عمودی در راستای نقطه مبدا نمایش داده شود.

۵ نشانگر را به سمت پایین و نقطه مبدا نزدیک کنید. به محض این که این نقطه رنگی شد کلیک کنید. به محض بسته‌شدن شکل، داخل آن رنگی می‌گردد و ابزار Line آماده ترسیم یک خط جدید می‌شود.

۶ برای خروج از محیط اسکچ و برگشت به محیط مدلسازی روی آیکن فلش مانند آبی‌رنگ در گوشه بالا سمت راست کلیک کنید.

نکته

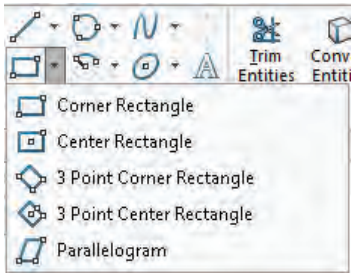
با اجرای هر ابزاری از جمله ابزار Line پنجره مدیریت ویژگی‌ها در سمت چپ صفحه نمایش داده می‌شود. در مورد ابزار Line می‌توان ویژگی‌های خط ترسیمی از جمله افقی یا عمودی‌بودن، زاویه، اندازه، نوع خط از نظر اصلی یا ساختاری‌بودن، و همچنین تعیین نقطهٔ شروع خط در وسط آن تعیین کرد.

فعالیت ۵

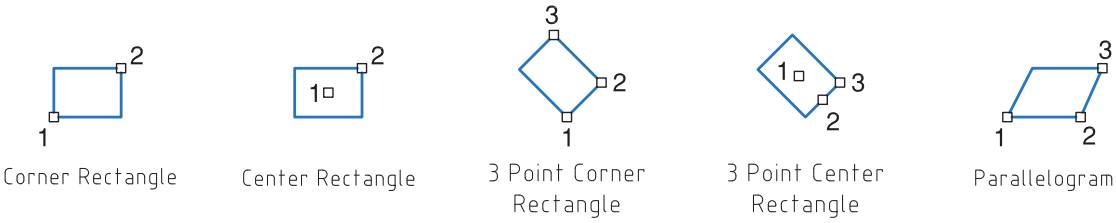
اسکچ مثال فوق را به ترتیب شرح داده شده ترسیم کنید.

Circle: در سالیدورکز دو روش برای ترسیم دایره تعبیه شده است: روش معمول ترسیم دایره، با تعیین نقطه مرکز و شعاع و دایره سه نقطه‌ای با تعیین سه نقطه روی دایره.

Rectangle: برای ترسیم مستطیل و متوازی‌الاضلاع از این ابزار استفاده می‌شود. این ابزار حالت‌های مختلفی دارد که با تعیین دو یا سه نقطه می‌توان مستطیل یا متوازی‌الاضلاع موردنظر را ترسیم کرد. این حالت‌ها و ترتیب تعیین نقاط در شکل زیر نمایش داده شده است.

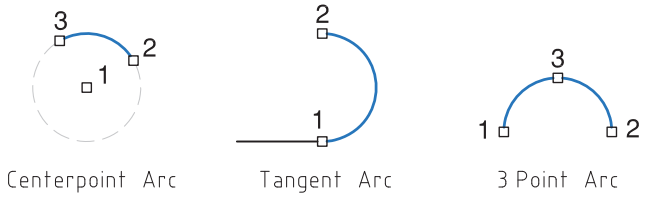


شکل ۱۹



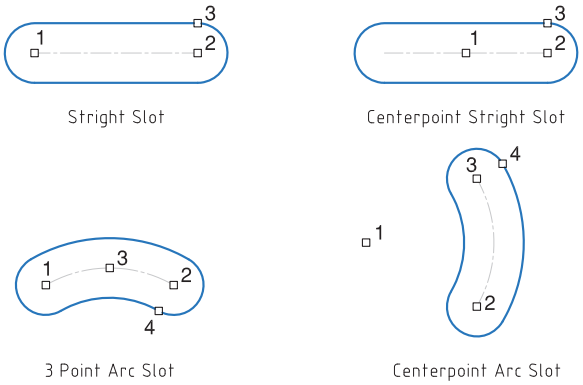
شکل ۲۰

Arc: در سالیدورکز برای ترسیم کمان سه روش تعبیه شده است که ترتیب تعیین نقاط در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۲۱

Slot: در سالیدورکز برای ترسیم شیارهای خطی و قوس‌دار ابزاری خاص وجود دارد که می‌توان از آن در چهار حالت روبه‌رو برای رسم انواع شیارها استفاده کرد. به ترتیبِ انتخاب نقاط در حالت‌های مختلف رسم شیار دقت کنید.



شکل ۲۲

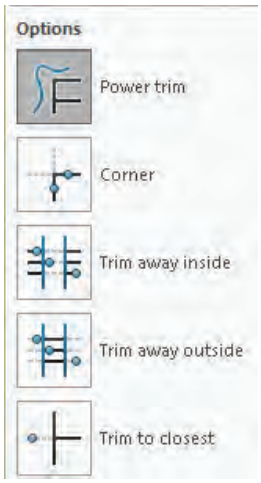
Polygon: به‌صورت پیش‌فرض می‌توان با استفاده از این ابزار و با تعیین مرکز و یک گوشه، یک شش‌ضلعی ترسیم کرد. می‌توان تعداد اضلاع را در بخش Parameters در پنجره مدیریت ویژگی‌ها تعیین کرد.

فعالیت ۶

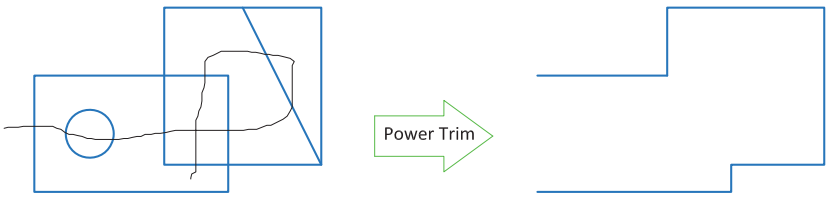
با اجرای ابزارهای Spline, Ellipse, Point, Fillet, Chamfer و Text، روش اجرای آنها را توضیح دهید.

Trim: در سالیدورکز Trim حالت‌های مختلفی دارد که می‌توان با استفاده از آنها، خطوط و کمان‌ها یا بخشی از آنها را حذف کرد یا امتداد داد.

الف) Power Trim: می‌توان به سادگی روی آن بخش‌هایی از اسکچ که می‌خواهید حذف شوند درگ کنید. در شکل زیر این عملکرد نشان داده شده است.



شکل ۲۳



شکل ۲۴

نکته

در این حالت با کلیک‌کردن روی یک موضوع می‌توان آن را تا یک موضوع دیگر امتداد داد؛ بخشی از آن را که با یک موضوع دیگر برخورد دارد حذف کرد و یا با کلیک در یک فضای خالی طول آن را تغییر داد.

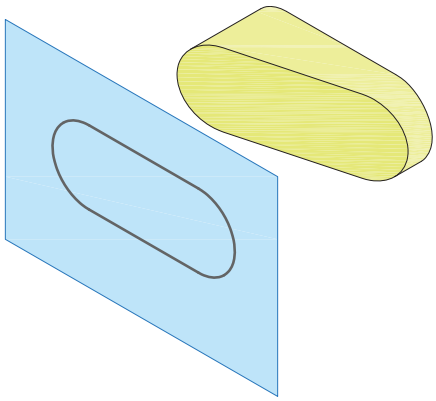
ب) **Corner**: با انتخاب دو موضوع می‌توان آنها را به هم رساند و یا بخش‌های اضافی آنها را حذف کرد.
ج) **Trim Away Inside**: با انتخاب دو موضوع می‌توان موضوعات بین آنها یا بخش داخلی موضوعاتی که دو موضوع مرزی را قطع کرده باشند را حذف کرد.
د) **Trim Away Outside**: با انتخاب دو موضوع می‌توان موضوعات بیرون آنها یا بخش بیرونی موضوعاتی که دو موضوع مرزی را قطع کرده باشند را حذف کرد.
ه) **Trim to Closest**: با این ابزار می‌توان هر موضوع یا بخشی از آن را تا نزدیک‌ترین مرز حذف کند. برای کسانی که با اتوکد آشنا هستند شاید این حالت کاربرد بیشتری داشته باشد.

نکته

عملکرد حالت Trim to Closest مانند عملکرد Trim در اتوکد است.

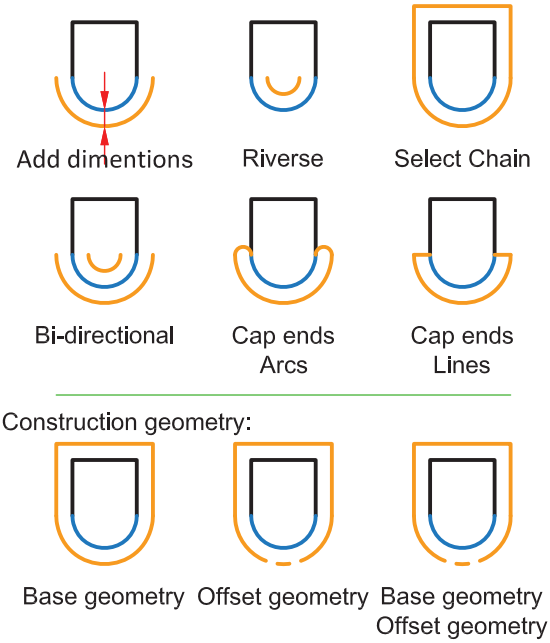
Extend: با این ابزار می‌توان موضوعات انتخابی را تا نزدیک‌ترین مرز امتداد داد.

Convert: با این ابزار می‌توان بخش‌هایی از مدل را به‌صورت خط و کمان در صفحهٔ ترسیم تبدیل کرد. بخش‌هایی که می‌توان برای تبدیل انتخاب کرد عبارتند از لبه‌ها و وجوه مدل و اسکچ‌های خارج از صفحه ترسیم.



شکل ۲۵

Offset: با این ابزار می‌توان لبه‌های مدل یا موضوعاتی در اسکچ را به‌صورت موازی با فاصله‌ای معین کپی کرد. موضوعات آفست شده یا موضوعات اصلی می‌تواند به‌صورت خطوط ساختاری باشند. تاثیر انتخاب گزینه‌های مختلف این ابزار در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۲۶

Mirror: ابتدا موضوعات موردنظر را انتخاب کنید سپس با کلیک‌کردن در بخش Mirror about و فعال‌کردن آن خط تقارن را انتخاب کنید. برای خط تقارن می‌توان از لبه‌های مدل یا صفحات مرجع استفاده کرد.

فعالیت ۷

با مشورت با همکلاسی‌های خود و اجرای ابزار Dynamic Mirror از منوی Tools > Sketch Tools سعی کنید عملکرد آن را درک کنید سپس آن را برای هنرآموز خود توضیح دهید.



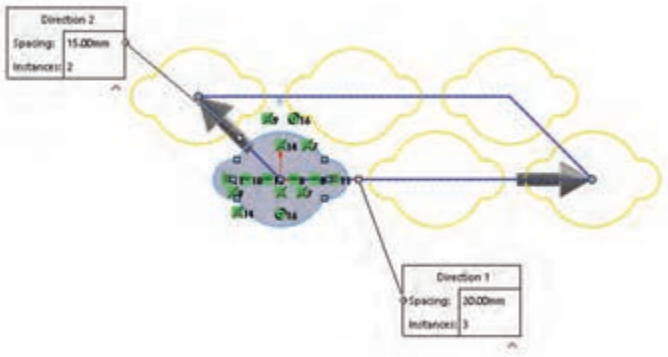
انتخاب موضوع

خط تقارن

شکل ۲۷

الگوها یا آرایه‌ها

الگوی خطی (Linear Pattern): الگوی خطی می‌تواند در یک یا دو جهت دارای تعدادی عضو با فواصل معین باشد. هر کدام از جهت‌ها می‌تواند زاویهٔ مشخصی داشته باشد. مثلاً الگوی زیر در جهت اول یعنی محور X با زاویهٔ صفر درجه دارای ۳ عضو با فاصله ۲۰ و در جهت دوم با زاویه ۱۳۵ درجه دارای ۲ عضو با فاصله ۱۵ است.



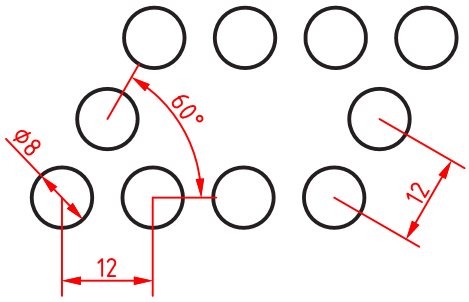
شکل ۲۸

نکته

با فعال‌کردن Instances to Skip می‌توان برخی از اعضای آرایه را حذف کرد.

فعالیت ۸

به الگوی روبه‌رو توجه کنید. ابتدا پارامترهای موردنیاز برای ترسیم را معین کنید سپس آن را رسم نمایید.



شکل ۲۹

الگوی دایره‌ای (Circular Pattern): مرکز الگوی دایره‌ای به‌صورت پیش‌فرض مبدأ مختصات است اما می‌توان مختصات X و Y آن را وارد کرد و یا نقاط موجود در اسکچ و یا نقطه‌ای که با ابزار Point ایجاد شده است را انتخاب کرد.

نکته

با راست‌کلیک روی اعضای یک الگو و انتخاب Edit Circular Pattern می‌توان الگو را ویرایش کرد.

فعالیت ۹

با اجرای ابزارهای Scale, Rotate, Copy, Move و Stretch، روش اجرای آنها را توضیح دهید. تفاوت و شباهت این ابزارها با دستورهای مشابه در اتوکد را بنویسید.

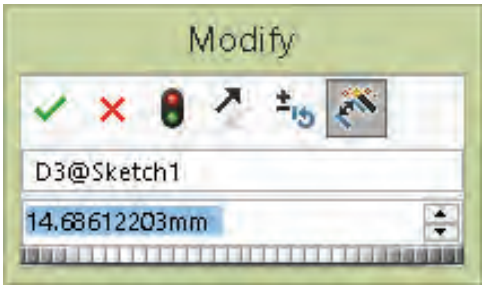
اندازه‌گذاری اسکچ

ابزار اصلی اندازه‌گذاری در محیط اسکچ، Smart Dimension است. انواع اندازه‌های یک اسکچ را می‌توان با این ابزار درج کرد. موضوع انتخابی نوع اندازه‌گذاری را تعیین می‌کند. مثلاً با انتخاب دو خط، چنان‌چه خطوط با هم موازی باشند، فاصله بین آنها و چنانچه متقاطع باشند، زاویهٔ بین آنها اندازه‌گذاری می‌شود. در جدول زیر نوع اندازه‌گذاری در ارتباط با انتخاب موضوع نشان داده شده است.

موضوع انتخاب شده	خط	دایره	کمان	کمان و نقاط انتهایی آن
نوع اندازه‌گذاری	افقی ـ عمودی ـ هم‌راستا	قطری ـ خطی	شعاعی	طول کمان

موضوع انتخاب شده	دو خط موازی	دو خط متقاطع	خط و نقطه	دو نقطه
نوع اندازه‌گذاری	فاصله عمودی	زاویه	فاصله عمودی	فاصله
موضوع انتخاب شده	دایره و خط	دو دایره	نقطه و خط محور	سه نقطه
نوع اندازه‌گذاری	فاصله خط تا مرکز دایره	فاصله بین مرکزهای دایره‌ها	فاصله ـ فاصله دوبرابر	زاویه

بعد از انتخاب موضوع و تعیین محل درج متن اندازه، پنجره کوچکی نمایش داده می‌شود که می‌توان عدد اندازهٔ موردنظر را در آن وارد کرد.



شکل ۳۰

با کلیک‌کردن روی عدد اندازه‌های درج شده نیز می‌توان اندازه آنها را ویرایش نمود.

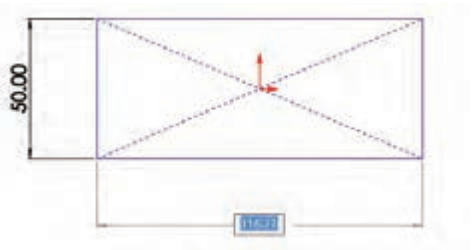
هشدار: اگر بعد از درج اندازهٔ پنجره Modify نمایش داده نشد باید از مسیر
Options > System Options > General
گزینهٔ Input Dimension Value را تیک بزنید.

اندازه‌گذاری در اتوکد ابعاد موضوعات ترسیمی را نمایش می‌دهد اما در سالیدورکز اندازه‌گذاری ابعاد موضوعات را تعیین می‌کند. به عبارت دیگر می‌توان شکل موردنظر را به‌صورت تقریبی ترسیم کرد سپس با اندازه‌گذاری ابعاد آن را تصحیح نمود.

نکته

برای حذف صفرهای بعد از ممیز در اندازه‌های طولی (مثلاً 50.00)، گزینه Remove را برای Options>Document Properties>Dimension>Zeroes>Trailing Zeroes>Dimensions انتخاب کنید.

بسیاری از کاربران اتوکد تمایل دارند که همزمان با ترسیم اسکچ اندازه‌های آن را وارد کنند. این ویژگی که در اتوکد به آن ورود فعال اطلاعات (Dynamic Input) می‌گویند، در سالیدورکز به‌صورت پیش‌فرض غیرفعال است. برای فعال‌کردن آن باید گزینهٔ Enable on screen numeric را در مسیر Tools > Options > System Options > Sketch فعال کنید. با انتخاب گزینهٔ Sketch Numeric Input از منوی راست کلیک نیز همین عملکرد را دارد. با فعال‌کردن این عملکرد موقع ترسیم موضوعات ترسیمی مثلاً خط، کادری عددی در کنار نشانگر ماوس ظاهر می‌شود که می‌توان طول خط را در آن وارد کرد. برای درج اندازه همزمان با ترسیم اسکچ نیز باید گزینهٔ Create Dimension only when value is entered در همان مسیر فعال کرد.



شکل ۳۱

نکته

با انتخاب موضوع و استفاده از گزینه Auto Insert Dimension در نوار ابزار بالای منوی راست کلیک (یا در نوار ابزار شفاف انتخاب موضوع) نیز می‌توان موضوعات را اندازه‌گذاری کرد.



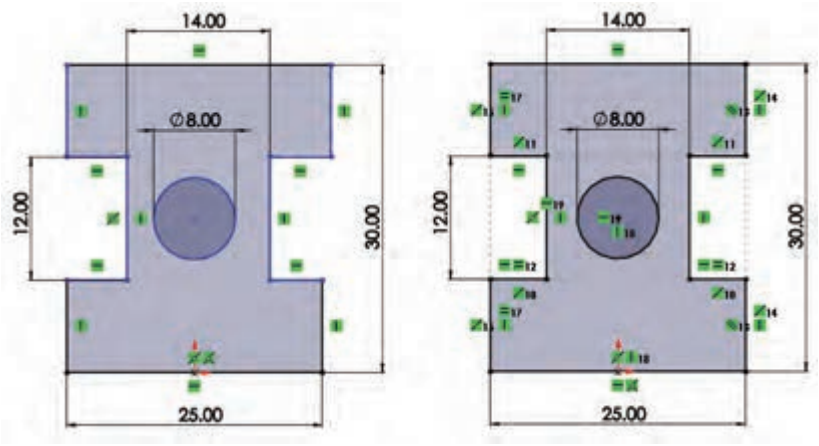
شکل ۳۲

قیدگذاری اسکچ

قید قانونی است که یک جزء را وادار می‌کند تا حالت، موقعیت، راستا، ارتباط یا اندازهٔ خود را حفظ کند. قیدها از درجات آزادی موضوعات می‌کاهند. به عبارت دیگر برای این که قطعه در حین مراحل مدل‌سازی دچار تغییرات ناخواسته نشود باید اسکچ‌ها را کاملاً مقید کرد. در سالیدورکز از اسکچ‌هایی که مقید نشده باشند نیز می‌توان در مراحل مدل‌سازی استفاده کرد اما به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود.

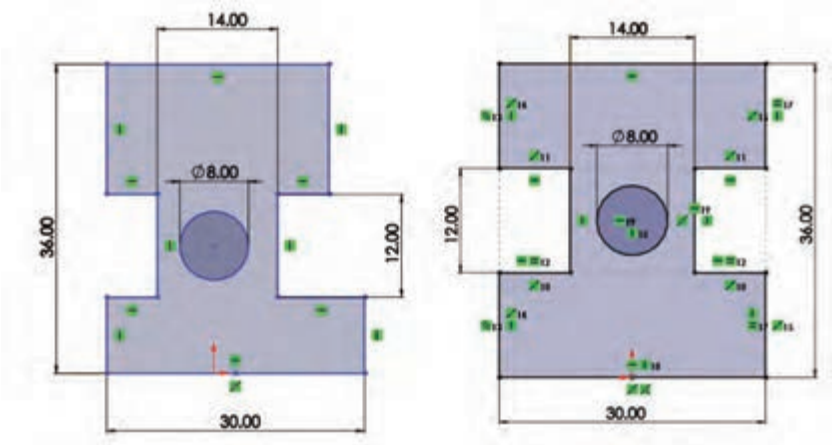
چرا قیدگذاری؟

شاید این سؤال به ذهن خطور کند که چرا باید اسکچ کاملاً مقید و تعریف شده باشد. به دو شکل زیر که ابعاد و هندسهٔ یکسانی دارد نگاه کنید. شکل سمت راست به‌صورت کامل قیدگذاری شده است اما شکل سمت چپ فقط دارای قیدهای ابعادی و برخی قیدهای هندسی که نرم‌افزار به‌صورت خودکار اعمال کرده است، می‌باشد.



شکل ۳۳

حال اگر به دلایلی مجبور به تغییر برخی اندازه‌ها شویم هندسهٔ اسکچ چه تغییری می‌کند؟ در شکل زیر این اسکچ‌ها را بعد از تغییر اندازه‌های ۲۵ و ۳۰ مشاهده می‌کنید.

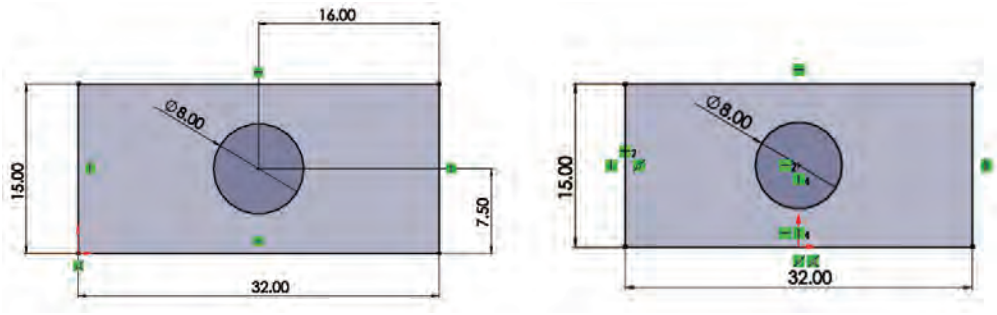


شکل ۳۴

افزایش ارتفاع در شکل سمت چپ موجب شده است که دایره و شیارها پایین‌تر از وسط جسم قرار بگیرد. افزایش طول نیز در این شکل موجب شده است که طول اسکچ در بالا و پایین با هم متفاوت شود.

پرسش: به نظر شما چه عامل یا قیدی موجب شده است که شکل سمت راست بعد از تغییر اندازه، هندسهٔ خود را حفظ کند؟

اندازه نیز نوعی قید است. چرا به جای قیدگذاری هندسی، اسکچ را با اندازه‌گذاری به‌صورت کامل تعریف نکنیم؟ باز هم به شکل زیر نگاه کنید. در این شکل یک دایره در وسط یک مستطیل مدنظر است. شکل سمت راست به‌صورت صحیح قیدگذاری شده است اما در شکل سمت چپ موقعیت سوراخ با استفاده از اندازه‌گذاری در وسط مستطیل تعریف شده است.



شکل ۳۵

در اینجا هم با تغییر ابعاد مستطیل در اسکچ سمت راست مشکلی ایجاد نمی‌شود اما در اسکچ سمت چپ باید موقعیت سوراخ را مجدداً تعریف کرد. (چرا؟)
فرض کنید در قطعه‌ای تعداد زیادی سوراخ یکسان وجود دارد. اندازه‌گذاری تک‌تک این سوراخ‌ها کاری اشتباه است. باید این قطعه را طوری طراحی کرد که با تغییر یک اندازه بتوان تمامی سوراخ‌ها را تغییر داد. وقتی اسکچی با ابعاد و هندسهٔ مناسب ایجاد کردید نباید اجازه دهید با تغییر یک جزء هندسه کلی اسکچ به هم بخورد. بنابراین قیدگذاری صحیح می‌تواند ابعاد و هندسه مدل را در ویرایش‌های بعدی حفظ کند.

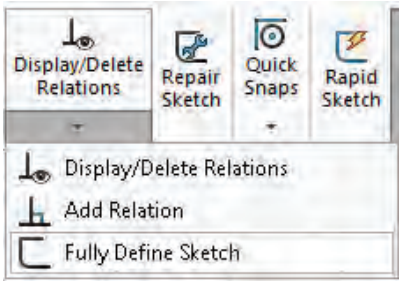
نکته

همیشه اسکچ را از نقطهٔ مبدأ شروع کنید. اگر شکل متقارن است، حتی‌المقدور نقطه مبدأ را در وسط شکل قرار دهید.

بسیاری از قیدها موقع ترسیم اسکچ به‌صورت خودکار اعمال می‌شود. با کمی ممارست می‌توان اسکچ‌هایی ترسیم کرد که نیاز کمی به قیدگذاری دستی داشته باشد. با اعمال هر قید به یک موضوع علامت کوچکی روی آن ظاهر می‌شود که نشان‌دهنده نوع قید اعمالی است.

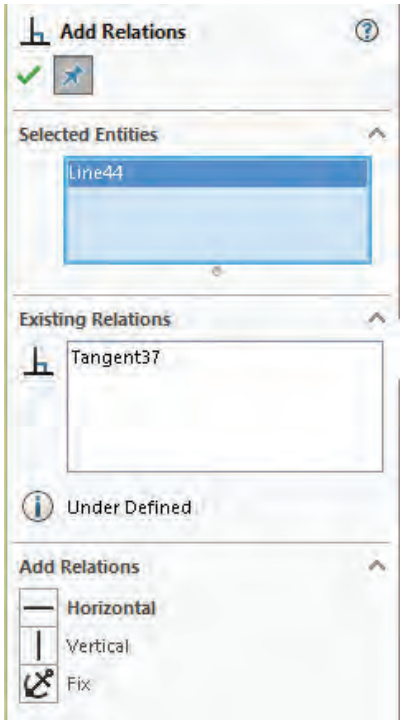
قیدگذاری دستی

شکل برای اعمال قید بر موضوعات هم می‌توان ابتدا موضوعات موردنظر را انتخاب کرد و یا ابتدا ابزار Add Relation را اجرا و سپس موضوعات را انتخاب کرد.



شکل ۳۶

با استفاده از ابزار Add Relation و انتخاب موضوعات در مدیریت ویژگی‌ها، قیدهای موجود و قیدهای قابل اعمال بر موضوع انتخابی نمایش داده می‌شود. تصویر زیر ویژگی‌های یک خط را نمایش می‌دهد. تنها قیدی که بر این خط اعمال شده است قید مماس (Tangent) است و قیدهای افقی (Horizontal)، عمودی (Vertical) و فیکس (Fix) نیز قابل انتخاب و اعمال هستند.



شکل ۳۷

یادآوری: برای انتخاب بیش از یک موضوع باید دکمه کنترل (Ctrl) در صفحه کلید را بگیرید.

نکته

با انتخاب موضوع اگر لحظه‌ای نشانگر ماوس را تغییر ندهید نوار ابزار شفافی ظاهر می‌شود که قیدهای قابل اعمال را نمایش می‌دهد. این نوار ابزار در بالای منوی راست کلیک نیز قابل مشاهده است.



شکل ۳۸

انواع قیدهای هندسی

قیدهای هندسی را می‌توان بر یک یا چند موضوع ترسیمی یا اجزای مدل اعمال نمود.

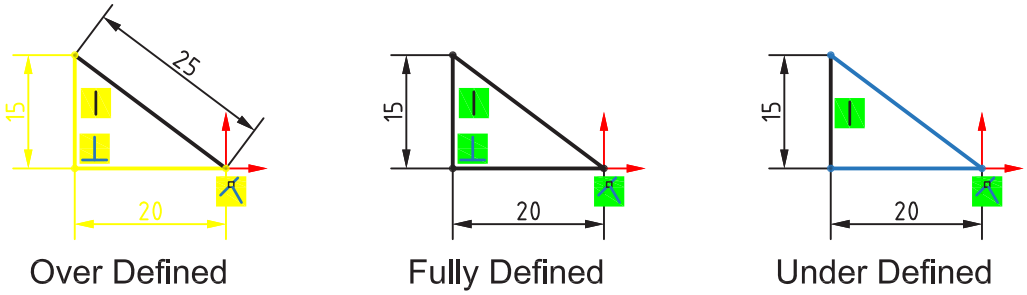
شکل قید	نوع قید	نام قید	توضیح قید
	قید افقی	Horizontal	این قید را می‌توان بر یک یا چند خط اعمال کرد. با انتخاب دو نقطه نیز می‌توان قید افقی‌بودن بر آنها اعمال نمود. علاوه بر نقاط معمولی از نقطه مبدأ مختصات، نقاط مرکز، انتها یا میانی نیز می‌توان استفاده کرد.
	قید عمودی	Vertical	این قید را نیز می‌توان مانند قید افقی بر خطوط و نقاط اعمال کرد.
	قید همراستایی	Collinear	با این قید می‌توان دو خط را هم‌راستا کرد.
	قید تعامد	Perpendicular	با این قید می‌توان دو خط را نسبت به هم عمود کرد.
	قید توازی	Parallel	با این قید می‌توان دو خط را با هم موازی کرد.
	قید مماس	Tangent	با این قید می‌توان یک منحنی (دایره، کمان، بیضی، کثیرالمنحنی) را با یک خط یا منحنی دیگر مماس کرد.
	قید همراستایی منحنی	Coradial	با این قید می‌توان دو دایره یا کمان را هم‌مرکز و هم‌شعاع نمود.
	قید هم‌مرکزی	Concentric	با این قید می‌توان دو دایره یا کمان را هم‌مرکز نمود. از نقطه، گوشه‌های مدل و لبه‌های گرد نیز می‌توان برای هم‌مرکزی استفاده کرد.
	قید تساوی	Equal	با این قید می‌توان طول دو خط را برابر کرد. اگر این قید را روی دایره یا کمان اعمال کنیم، آنها هم‌شعاع می‌شوند.
	قید انطباق نقطه برخورد	Intersection	با این قید می‌توان یک نقطه را با محل برخورد دو خط منطبق کرد.
	قید انطباق	Coincident	با این قید می‌توان یک نقطه را بر یک خط یا منحنی منطبق نمود.
	قید انطباق نقطه میانی	Midpoint	با این قید می‌توان یک نقطه را با نقطهٔ وسط یک خط منطبق کرد.
	قید تقارن	Symmetric	با این قید می‌توان دو موضوع را نسبت به یک خط محور متقارن کرد.
	قید تثبیت	Fix	می‌توان موقعیت یک نقطه، خط یا کمان را با این قید تثبیت نمود. طول خط یا کمانی که فیکس شده باشد را می‌توان تغییر داد.
	قید ادغام	Merge	با این قید می‌توان دو نقطهٔ انتهای موضوعات را با هم ادغام نمود و دو موضوع را به هم متصل کرد.
	قید تساوی طول کمان	Equal Curve Length	با این قید می‌توان طول کمان‌ها را با هم یکسان کرد.

در جدول زیر قیدهای قابل اعمال بر موضوعات انتخاب شده به‌صورت تصویری نشان داده شده است:

یک یا چند خط	Horizontal	Vertical	Fix	
خط و نقطه	Coincident	Midpoint		
خط و خط	Perpendicular	Parallel	Collinear	Equal
نقطه و نقطه	Horizontal	Vertical	Collinear	
کمان و کمان	Tangent	Coradial	Concentric	Equal
کمان و نقطه	Concentric	Coincident		
کمان و خط	Tangent	Equal Curve Length		
نقطه و دو جزء متقاطع	Intersection			
دو جزء و خط محور	Symmetric			

حالت‌های مختلف اسکچ:

به تصاویر زیر دقت کنید. چه تفاوتی با هم دارند؟



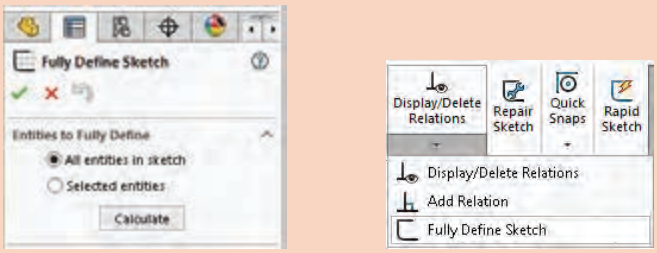
شکل ۳۹

حالت‌های مختلف اسکچ در نوار وضعیت نمایش داده می‌شود. این حالت‌ها عبارتند از:

Fully Defined: اگر اسکچ کاملاً تعریف شده یا مقید باشد آن را Fully Defined می‌نامند. چنین اسکچی صفر درجه آزادی دارد و با تغییر یک اندازه، اندازه‌های دیگر و هندسه آن به‌صورت ناخواسته تغییر نمی‌کند. در سالیدورکز رنگ اسکچ Fully Defined سیاه است.

نکته

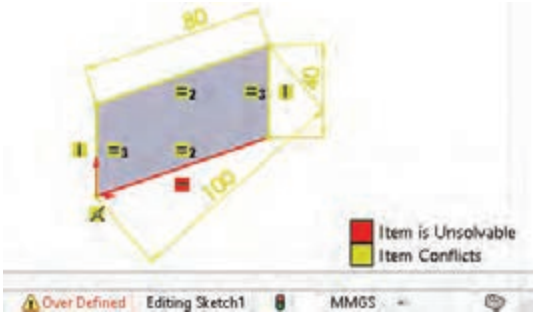
با انتخاب ابزار Fully Define Sketch می‌توان بررسی و محاسبه اسکچ یا بخشی از آن را به نرم‌افزار سپرد و قیدها و اندازه‌های موردنیاز را به‌صورت خودکار درج نمود.



شکل ۴۰

Under Defined: اگر اسکچ کاملاً تعریف و مقید نشده باشد و دارای یک یا چند درجه آزادی باشد به آن Under Defined می‌گویند. با افزودن اندازه یا قیدهای هندسی باید این اسکچ را Fully Defined کرد. رنگ اسکچ یا بخشی از آن که Under Defined باشد آبی است.

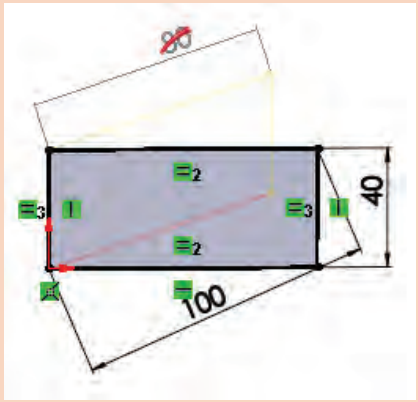
Over Defined: اگر اسکچ بیش از حد موردنیاز دارای قید یا اندازه باشد به آن Over Defined گفته می‌شود. قیدهای اضافی و یا قیدهایی که ناسازگار هستند را باید حذف کرد. اسکچ Over Defined به رنگ زرد دیده می‌شود. قیدهای غیرقابل حل قرمز هستند.



شکل ۴۱

نکته

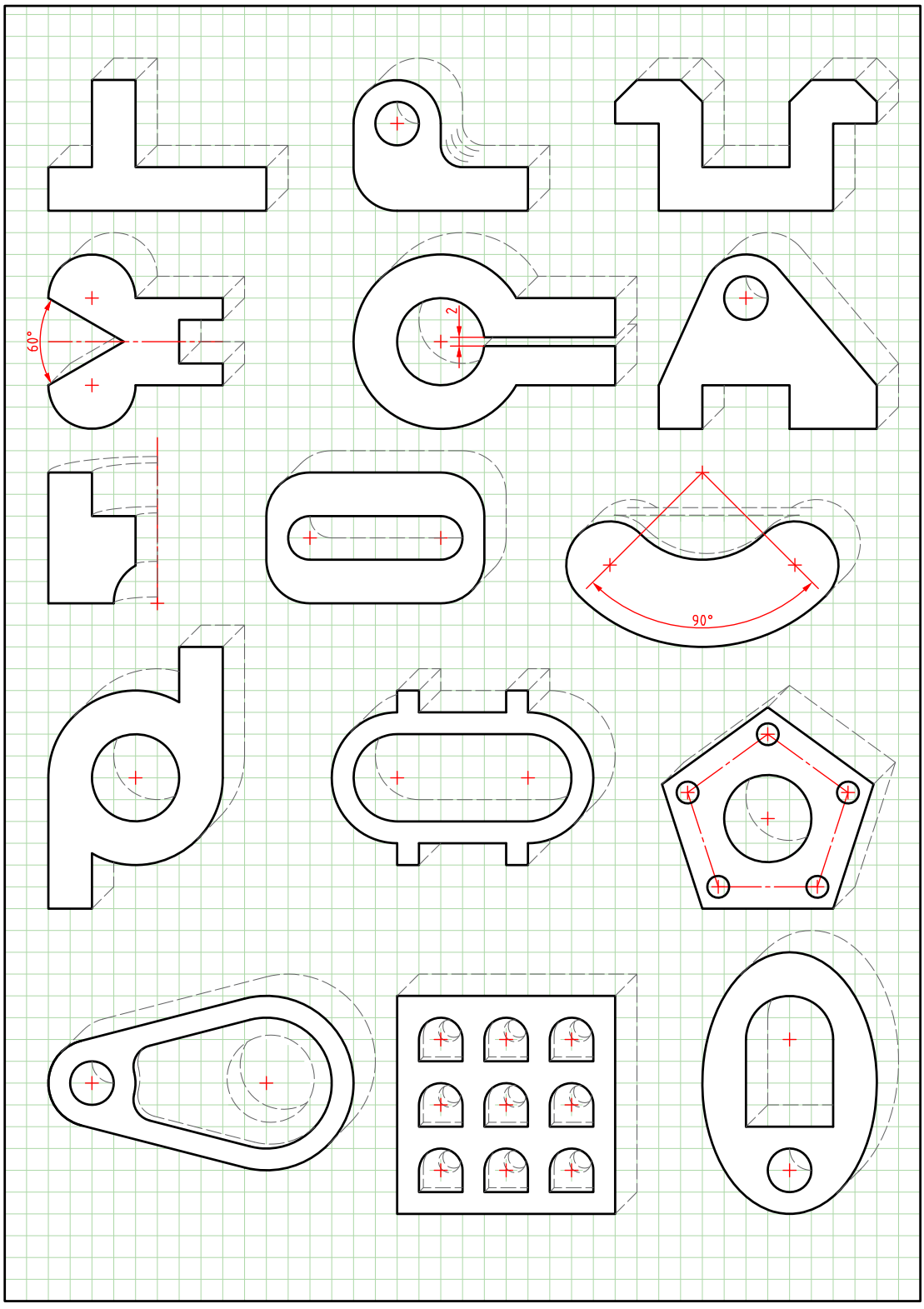
برای اصلاح خودکار این اسکچ باید روی ابزار Over Defined در نوار وضعیت دابل کلیک کرد. در پنجرهٔ سمت چپ روی Diagnose کلیک کنید تا اسکچ را اصلاح کرده و اصلاحات را نمایش دهد. برای پذیرش اصلاحات روی Accept کلیک کنید.



شکل ۴۲

فعالیت ۱۰

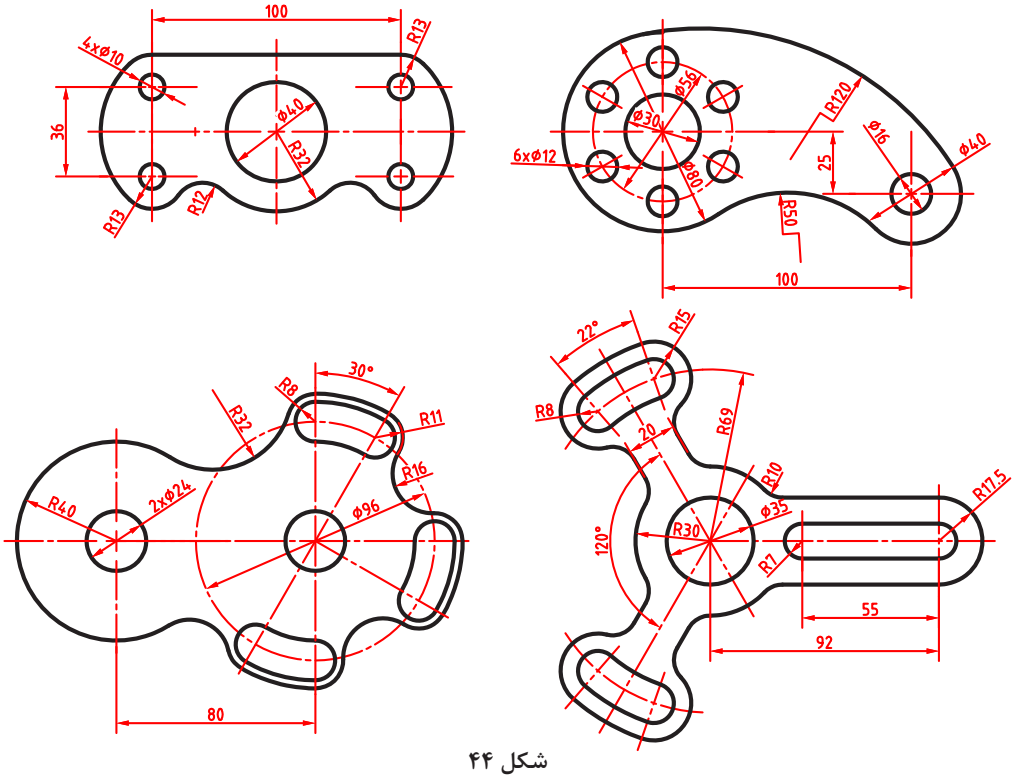
اسکچ شکل‌های صفحه بعد که هر کدام نمای اصلی یک قطعه هستند را ترسیم کنید و بعد از اندازه‌گذاری و قیدگذاری به‌صورت مجزا ذخیره نمایید.



شکل ۴۳

فعالیت ۱۱

اسکچ شکل‌های زیر را ترسیم کنید و بعد از اندازه‌گذاری و قیدگذاری به‌صورت مجزا ذخیره کنید.



شکل ۴۴

نکته

برای ترسیم اسکچ به نکات زیر توجه کنید:

۱ اسکچ را از نقطه مبدأ شروع کنید.

۲ برای خروج از اسکچ روی آیکن فلش در گوشه بالا سمت راست () کلیک کنید و یا یکی از فیچرها را اجرا کنید.

۳ برای تغییر صفحه اسکچ روی آن در درخت طراحی راست کلیک کنید و Edit Sketch Plane را انتخاب کنید.

۴ برای تغییر اسکچ ترسیم شده روی آن در درخت طراحی راست کلیک کنید و Edit Sketch را انتخاب کنید.

۵ برای تغییر اندازه‌های اسکچ می‌توان روی اسکچ کلیک کرده و روی متن اندازه مورد نظر کلیک کنید.

۶ برای استفاده از یک اسکچ در فیچرهای مختلف روی آن راست‌کلیک کنید و Show را انتخاب کنید تا اسکچ دیده شود. بعد از استفاده از آن می‌توان دوباره آن را پنهان (Hide) کرد.

۷ اسکچ باید حداقل یک محدوده بسته داشته باشد.

۸ اسکچ باز برای مدل‌سازی صلب مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و از آن می‌توان در مدل صفحه‌ای استفاده کرد.

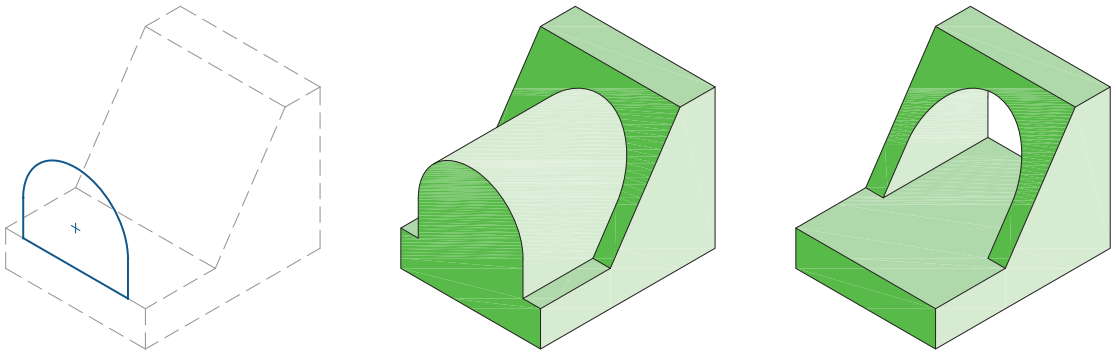
مدل‌سازی با استفاده از اکسترود (Extrude)

از اکسترود برای بعد دادن به یک اسکچ (یا محدوده مشخصی از آن) استفاده می‌شود. به طور معمول اسکچ در صفحه موردنظر ترسیم می‌شود سپس ابزار اکسترود اجرا می‌گردد. البته می‌توان ابتدا اکسترود را اجرا نمود سپس صفحه موردنظر را انتخاب و اسکچ آن را ترسیم کرد.

اکسترود می‌تواند افزایشی یا کاهشی باشد. در حالت افزایشی بخشی به مدل افزوده می‌شود و در حالت کاهشی بخشی از مدل کاسته می‌شود. در سالیدورکز از ابزارهای مجزایی برای اکسترود افزایشی (Extruded Boss/Base) و کاهشی (Extruded Cut) استفاده می‌شود. البته فیچر اول یا فیچر پایه حتماً افزایشی است.

نکته

تمامی فیچرها علاوه بر مدیریت فرمان در منوی Insert > Features نیز قابل دسترس است.



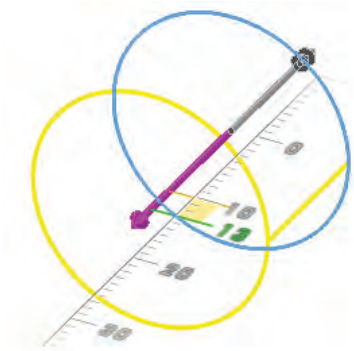
اسکچ | اکسترود افزایشی (Extruded Boss/Base) | اکسترود کاهشی (Extruded Cut)

شکل ۴۵

حجم اصلی اغلب قطعات با بعددادن به یک اسکچ ایجاد می‌شود. با اجرای اکسترود از محیط اسکچ خارج شده و وارد محیط مدل‌سازی می‌شویم. همچنین پیش‌نمایشی از فیچر ایجاد شده با گزینه‌های پیش‌فرض در نمای سه‌بعدی نمایش داده می‌شود.



شکل ۴۶

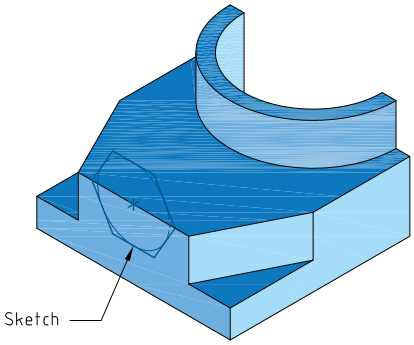


شکل ۴۷

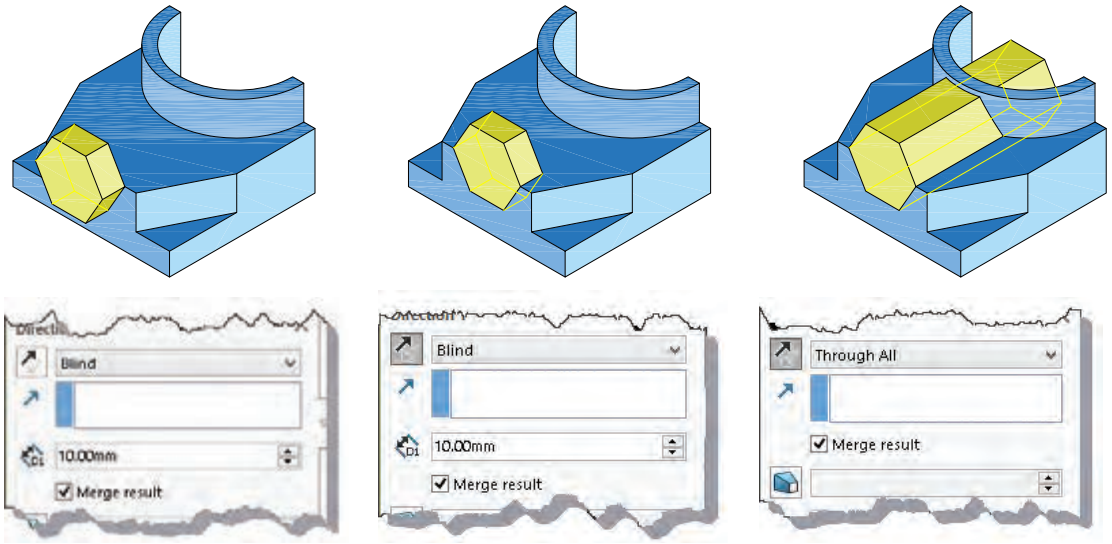
به‌صورت پیش‌فرض و در حالت ساده با واردکردن عددی به‌عنوان عمق یا ارتفاع (Depth) در بخش Direction ۱ می‌توان اسکچ را اکسترود نمود. توجه داشته باشید که ممکن است تمام گزینه‌های اکسترود در اولین فیچر قابل دسترس نباشد. با درگ‌کردن میلهٔ راهنما در مدل نیز می‌توان عمق یا ارتفاع اکسترود و جهت آن را تعیین کرد.

حالت‌های مختلف پایان‌دهی اکسترود

علاوه بر تعیین عمق یا ارتفاع به‌صورت عددی در یک یا دو جهت، حالت‌های دیگری نیز وجود دارد. در تصاویر روبه‌رو برخی از حالت‌های مختلف پایان‌دهی همراه با تنظیمات آن برای اسکچ مشخص شده نمایش داده شده است.



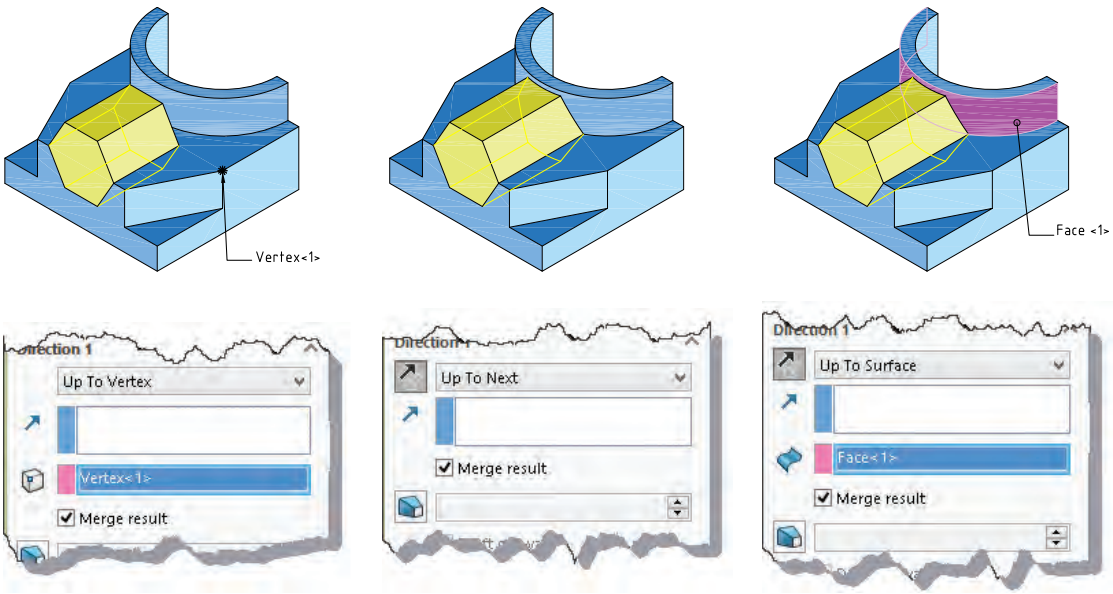
شکل ۴۸



Blind
اکسترود یک‌طرفه با تعیین عمق

Blind - Reverse Direction
تغییر جهت در اکسترود

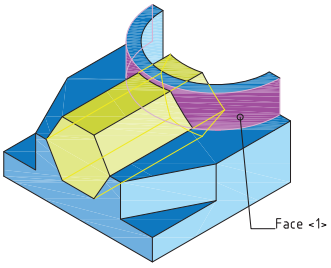
Through All
اکسترود سرتاسری تا انتهای قطعه

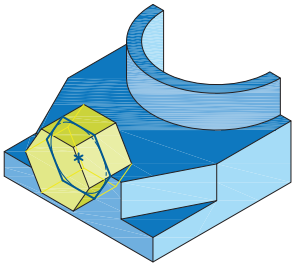


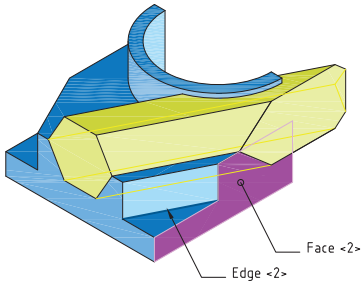
Up To Surface
اکسترود تا یک گوشه مشخص

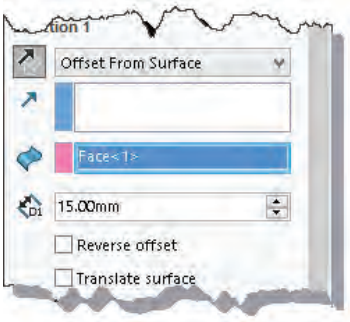
Up To Next
اکسترود تا اولین سطحی که اسکچ با آن مواجه می‌شود

Up To Vertex
اکسترود تا یک صفحه مشخص



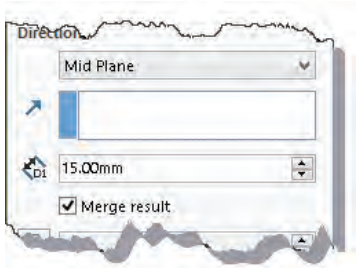






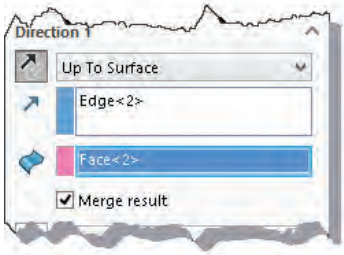
Offset From Surface

تعیین فاصله با صفحه‌ای مشخص



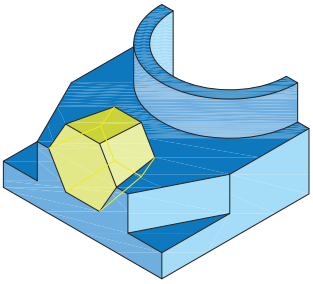
Mid Plane

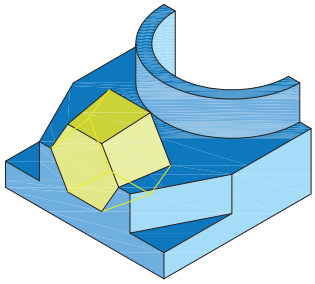
اکسترود دوطرفه متقارن

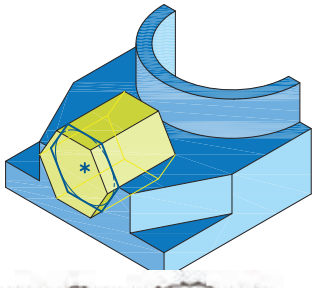


Direction Of Strucsion

اکسترود مایل هم‌راستا با لبه‌ای مشخص









Draft

فعال کردن زاویه باریک‌شدگی



Draft – Draft Outward

معکوس کردن جهت زاویه باریک‌شدگی



Direction ۱ & Direction ۲

اکسترود دوطرفه نامتقارن

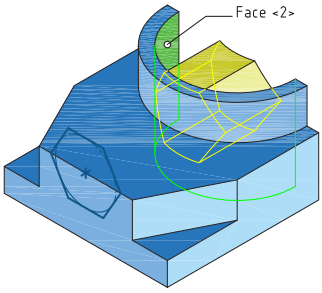
نکته

با استفاده از منوی راست‌کلیک نیز می‌توان به گزینه‌های مختلف حالت‌های پایان‌دهی اکسترود دست یافت.

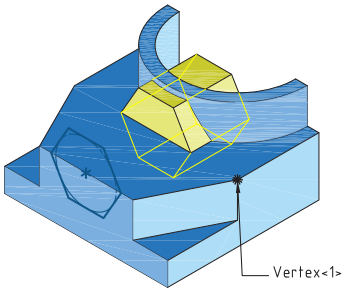
نکته

در اکسترود دوطرفه بر خلاف Mid Plan که ویژگی‌های هر دو سمت آن یکسان است می‌توان در هر سمت گزینه‌های متفاوتی استفاده کرد. مثلاً در جهت ۱ اکسترود به‌صورت Blind با عمق ۱۰ و در جهت ۲ با زاویه باریک‌شدگی ۱۰ درجه و Up To Surface باشد.

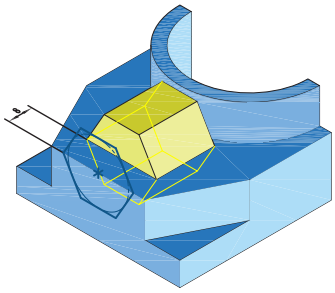
حالت‌های مختلف شروع اکسترود: اکسترود از صفحه ترسیم اسکچ شروع می‌شود اما بنا به نیاز طراحی می‌توان نقطهٔ شروع آن را تغییر داد. حالت‌های مختلف شروع را می‌توان در بخش From مشاهده کرد. حالت پیش‌فرض Sketch Plane است. در تصاویر زیر حالت‌های دیگر شروع برای یک اکسترود یک‌طرفه به عمق مشخص نمایش داده شده است.



Surface/Face/Plane
شروع از یک صفحهٔ مشخص



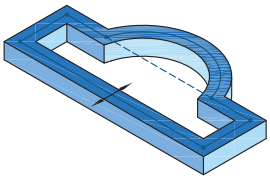
Vertex
شروع از یک گوشهٔ مشخص



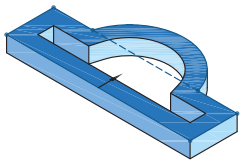
Offset
شروع از یک فاصلهٔ مشخص نسبت به صفحهٔ ترسیم اسکچ

اکسترود دیواره‌ای یا نازک

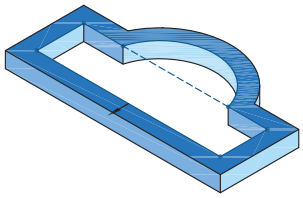
می‌توان با فعال‌کردن گزینهٔ Thin Feature به‌جای بعددادن به کل یک ناحیه تنها لبه‌های اسکچ را با یک ضخامت دیواره‌ای مشخص نمود. ضخامت می‌تواند در یک سمت لبه‌های اسکچ قرار گیرد و یا به‌صورت دوطرفه متقارن و نامتقارن در دو سمت لبه‌ها ضخامت مشخصی را تعیین کرد. فعال کردن گزینه Cap ends نیز موجب افزودن سرپوش با ضخامتی مشخص به اکسترود می‌شود. تصاویر زیر حالت‌های مختلف اکسترود دیواره‌ای یا نازک را نمایش می‌دهند.



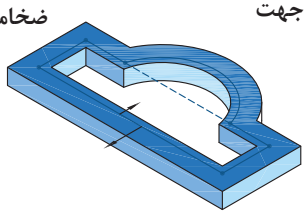
Mid Plane
ضخامت دوطرفه متقارن



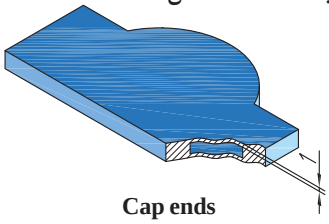
Reverse Direction
تعویض جهت



Direction-One
یک‌طرفه با ضخامت مشخص



Direction_Two
ضخامت دوطرفه نامتقارن



Cap ends
افزودن سرپوش با ضخامت مشخص

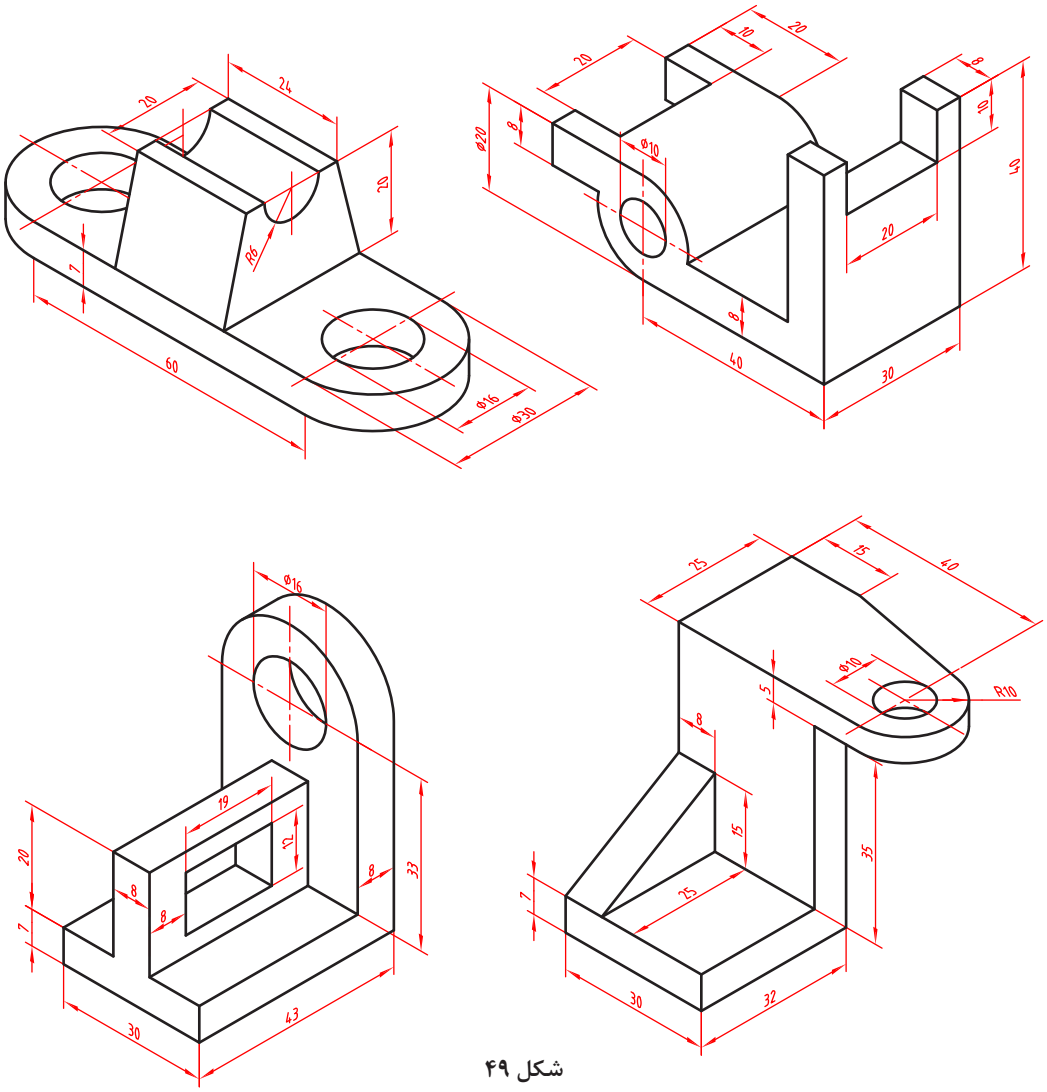
هشدار: ضخامت سرپوش به ارتفاع اکسترود افزوده نمی‌شود بنابراین نباید ضخامت سرپوش از نصف ارتفاع اکسترود بیشتر باشد.

نکته

اگر اسکچ بازی برای اکسترود انتخاب شود به‌صورت پیش‌فرض گزینه Thin Feature فعال می گردد.

فعالیت ۱۲

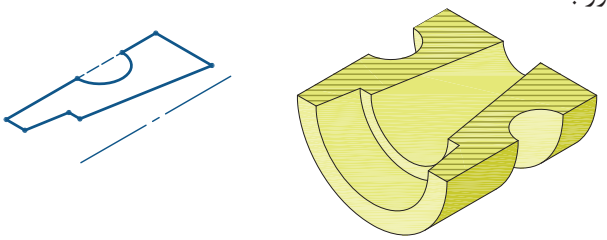
احجام زیر را با استفاده از ابزارهای اکسترود افزایشی و کاهشی مدل‌سازی کنید.



شکل ۴۹

مدل‌سازی احجام دوار (Revolve)

یکی دیگر از روش‌های بعددادن به اسکچ، دوران آن حول یک محور است. دوران می‌تواند یک دور کامل (۳۶۰ درجه) یا بخشی از یک دور باشد.

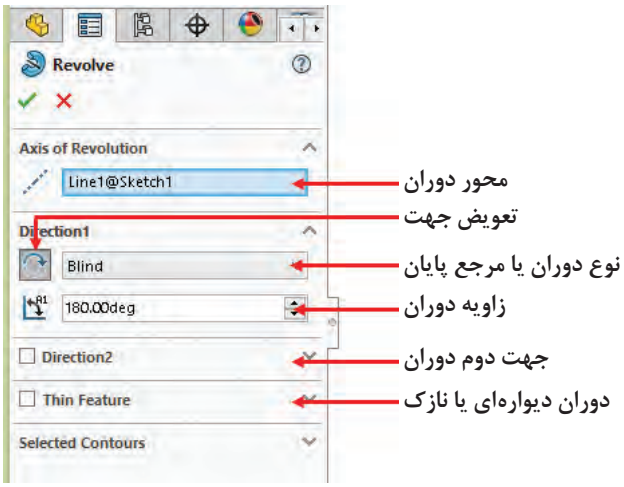


شکل ۵۰

دوران نیز مانند اکسترود می‌تواند به‌صورت افزایشی (Revolved Boss/Base) یا کاهشی (Revolved Cut) باشد. البته فیچر اول یا پایه حتماً افزایشی است.

نکته

علاوه بر خط محور از لبه‌های مدل و خطوط اسکچ نیز می‌توان به عنوان محور دوران استفاده کرد.

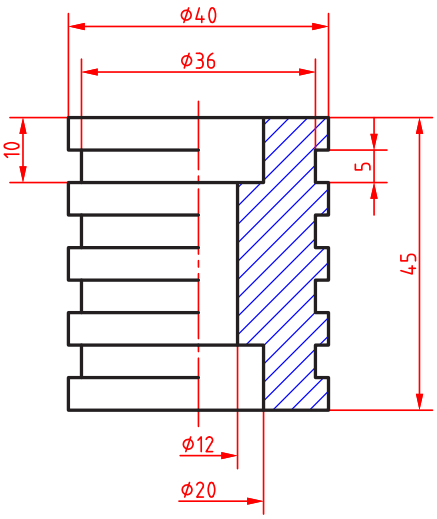


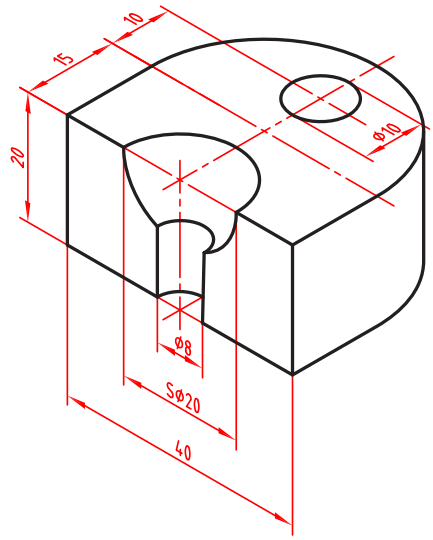
شکل ۵۱

اغلب گزینه‌های Revolve با گزینه‌های اکسترود یکسان است و نیازی به توضیح دوباره ندارد.

فعالیت ۱۳

احجام زیر را با استفاده از ابزارهای اکسترود و/یا ری‌ولو مدل‌سازی کنید.

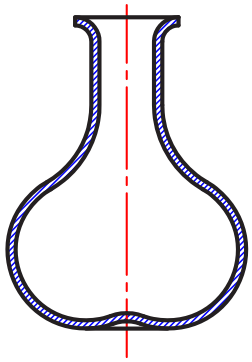




شکل ۵۲

فعالیت ۱۴

یک حجم دوار مانند گلدان را به سلیقه خود طراحی و مدل‌سازی کنید.



شکل ۵۳

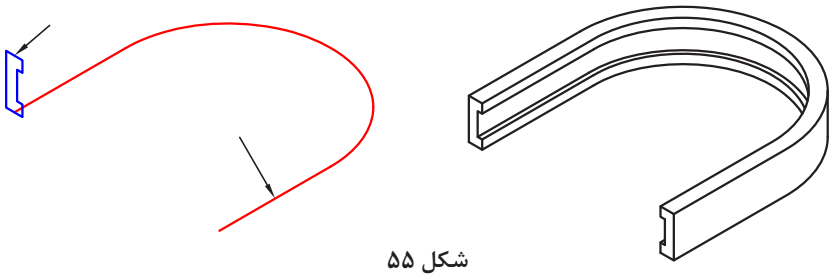
راهنمایی: برای خالی‌شدن داخل گلدان می‌توانید از یک اسکچ باز به روش Thin Feature استفاده کنید.

مدل‌سازی با استفاده از اکسترود پروفیل در یک مسیر (Sweep)



شکل ۵۴

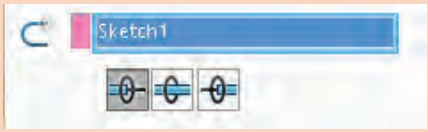
این روش مدل‌سازی که با استفاده از ابزار Swept Boss/Base انجام می‌شود، نیاز به دو اسکچ مختلف دارد که اسکچ پروفیل باید عمود بر اسکچ مسیر باشد. چنان‌چه از حالت Circular Profile استفاده کنید، دیگر نیازی به ترسیم اسکچ پروفیل نیست و تنها باید قطر دایره پروفیل را تعیین کنید. مسیر می‌تواند یک اسکچ باز یا بسته باشد. پروفیل حتماً باید اسکچ باشد اما از لبه‌های مدل می‌توان به عنوان مسیر استفاده کرد.



شکل ۵۵

نکته

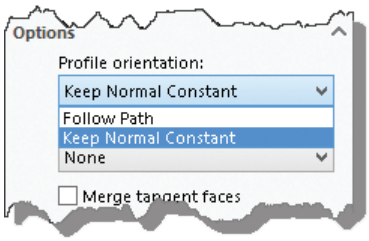
لازم نیست پروفیل با مسیر تماس داشته باشد اما باید در صفحه عمود بر آن باشد. در مسیر باز، صفحهٔ ترسیم پروفیل باید در نقطهٔ شروع یا پایان مسیر باشد. چنان‌چه مسیر در دو طرف پروفیل ادامه داشته باشد، سه گزینهٔ تصویری در پنجرهٔ سمت چپ افزوده می‌شود که می‌توان یک سمت مسیر یا دو طرف آن را انتخاب کرد.

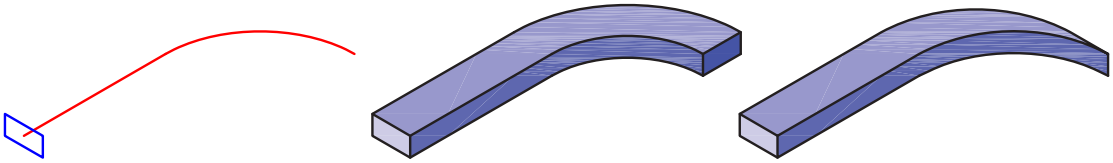


شکل ۵۶

تغییر جهت پروفیل در مسیر

به‌صورت پیش‌فرض پروفیل متناسب با مسیر تغییر جهت می‌دهد (Follow Path) اما می‌توان پروفیل را وادار کرد که در مسیر تغییر جهت ندهد (Keep Normal Constant). تصاویر زیر مقایسه این دو حالت را نشان می‌دهد.





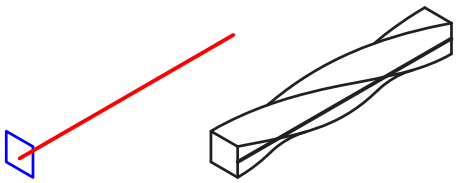
Follow Path **Keep Normal Constant**

شکل ۵۷

چرخش پروفیل در مسیر

می‌توان پروفیل را وادار کرد تا در طی مسیر دور خودش بچرخد. برای استفاده از این گزینه باید در بخش Profile Twist گزینهٔ Specify Twist Value را انتخاب کرد و زاویهٔ چرخش را وارد نمود.



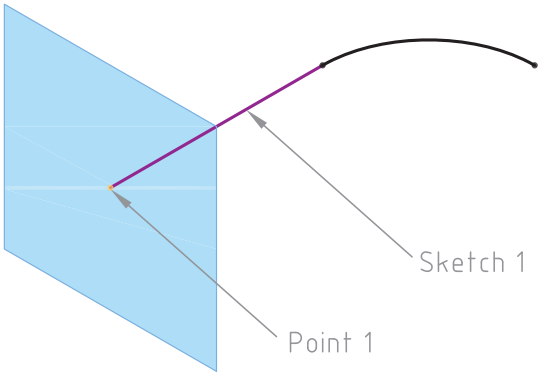


شکل ۵۸

ایجاد صفحه کاری عمود بر مسیر

در مواقعی که نیاز به ترسیم در صفحه‌ای غیر از صفحات اصلی و صفحات مسطح مدل است و یا برای پایان‌دادن به عملیات مدل‌سازی نیاز به سطح تعریف شده‌ای باشد، از صفحات کاری استفاده می‌کنیم. این صفحات کاملاً پارامتریک و در هر مرحله‌ای قابل ویرایش است. برای ایجاد صفحات کاری از ابزار Plane در زیرمجموعه Reference Geometry استفاده می‌شود.

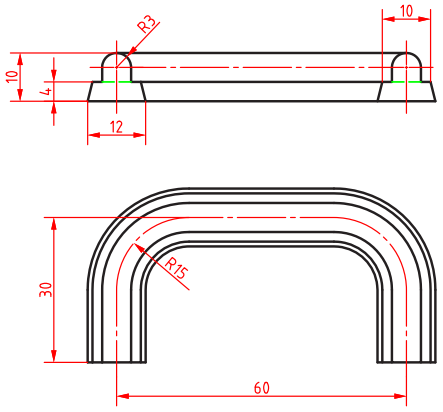
برای تعریف یک صفحه نیاز به دو یا سه پارامتر است. برای تعریف صفحهٔ عمود بر یک مسیر باید ابتدا نقطهٔ شروع مسیر و سپس خود اسکچ مسیر انتخاب شود.

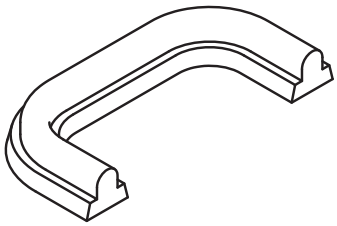


شکل ۵۹

فعالیت ۱۵

قطعه زیر را مدل‌سازی کنید.

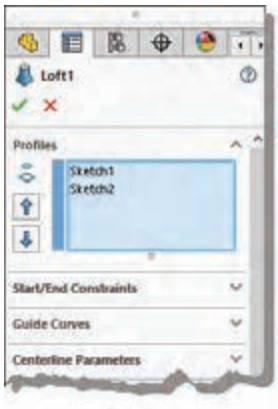




شکل ۶۰

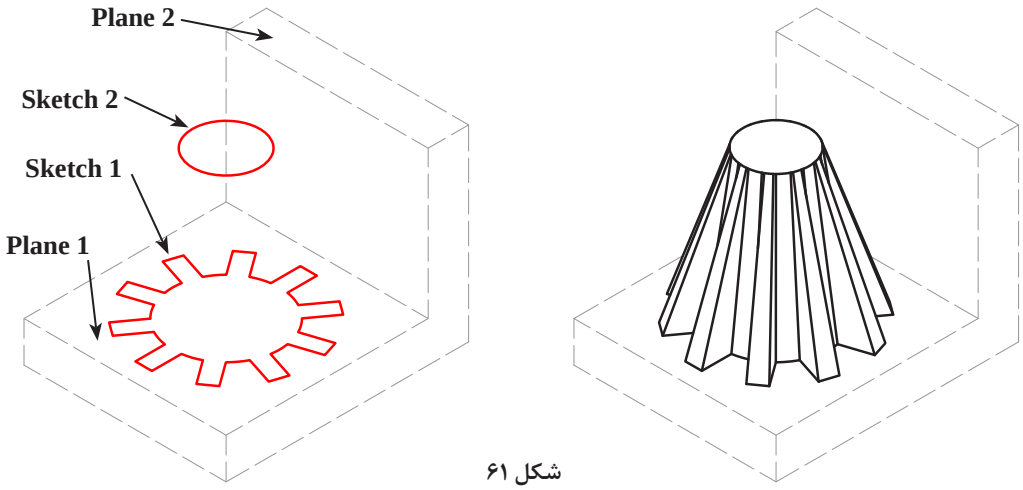
مدل‌سازی بین مقاطع (Loft)

چنان‌چه دو یا چند مقطع در صفحات مختلف وجود داشته باشد می‌توان با استفاده از ابزار Lofted Boss/ Base حجم بین آنها را مدل‌سازی کرد. مقطع می‌تواند شامل اسکچ، نقطه و یا وجوه مدل باشد.



نکته

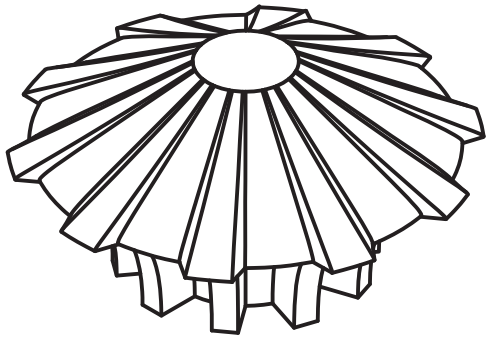
در مدل‌سازی بین مقاطع ترتیب انتخاب مقاطع اهمیت دارد و نتیجهٔ آنها یکسان نیست.



شکل ۶۱

اگر لازم باشد که شرایط ابتدا و انتهای مدل بین مقاطع تغییر کند باید از بخش Start/End Constraints گزینهٔ موردنظر را انتخاب کرد و زاویه و طول مماس مقطع اول یا آخر مدل را تعیین نمود. تصویر زیر همان مدل بین مقاطع مثال بالاست که شرایط ابتدا و انتهای آن تغییر کرده است.

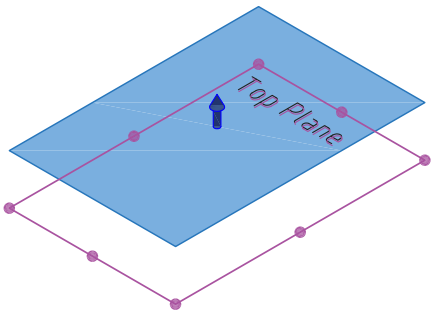




شکل ۶۲

ایجاد صفحهٔ کاری موازی با یک صفحه

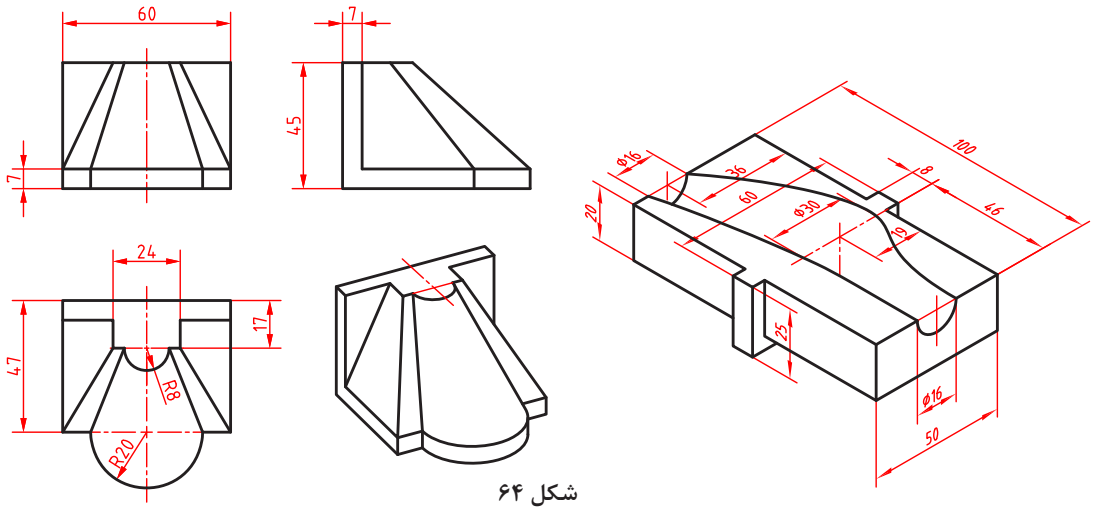
با استفاده از ابزار Plane می‌توان صفحه‌ای موازی با صفحات موجود یا سطوح تخت مدل (مثلاً صفحهٔ Top) و با فاصله‌ای معین تعریف کرد. برای این کار بعد از اجرای ابزار Plane ابتدا روی مدل یا در درخت طراحی صفحهٔ موردنظر (در اینجا Top Plane)را انتخاب کنید سپس در بخش Offset distance فاصلهٔ موردنظر را وارد کنید.



شکل ۶۳

فعالیت ۱۶

قطعات صفحه بعد را مدل‌سازی کنید.



شکل ۶۴

راهنمایی: در قطعه سمت راست که از مدل‌سازی بین مقاطع کاهشی استفاده شده است، سه اسکچ دایره به قطرهای ۱۶ و ۳۰ در صفحات مناسب ترسیم کنید و شرایط مقطع اول در مدل‌سازی بین مقاطع را به Normal To Profile تغییر دهید. طول مماس و زاویهٔ مقطع اول ۲ میلی‌متر و صفر درجه است.

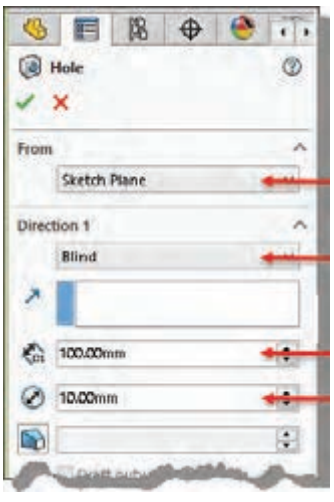
سوراخ‌کاری (Hole)

با اینکه بسیاری از سوراخ‌های ساده را می‌توان با ابزار اکسترود ایجاد کرد اما به دلیل اهمیت سوراخ‌کاری، در اغلب نرم‌افزارهای مدل‌سازی ابزار خاصی برای آن تعبیه شده است. با این ابزار می‌توان شیارها و سوراخ‌هایی مطابق با سوراخ‌های ایجاد شده توسط ابزارهای ماشین‌کاری واقعی ایجاد کرد.

سوراخ‌کاری ساده (Simple Hole)

با این ابزار می‌توان سوراخ‌های استوانه‌ای در سطوح تخت مدل ایجاد کرد. این ابزار در منوی Insert > Feature قابل دسترس است.

بعد از اجرای این ابزار باید سطحی که بناست سوراخ شود انتخاب کنید تا گزینه‌های سوراخ‌کاری قابل انتخاب شود. در سوراخ‌کاری ساده بعد از تعیین مرجع شروع و انتهای سوراخ که در فیچرهای قبل توضیح داده شد، باید عمق و قطر سوراخ تعیین کرد. بعد از تأیید مشخصات سوراخ باید اسکچ زیرمجموعه سوراخ را در درخت طراحی ویرایش کرد و موقعیت دقیق سوراخ را مقید و اندازه‌گذاری کرد.



مرجع شروع سوراخ

مرجع پایان سوراخ

عمق سوراخ

قطر سوراخ

شکل ۶۵

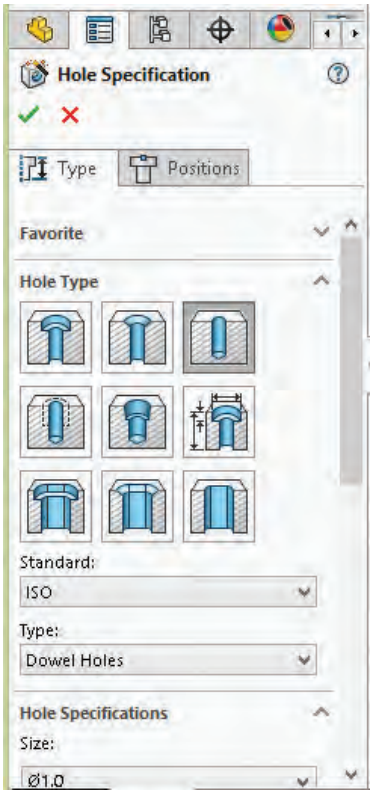
نکته

اسکچ‌هایی که کاملاً تعریف شده و مقید نباشند در درخت طراحی با پیشوند (-) نمایش داده می‌شوند.

سوراخ‌کاری استاندارد (Hole Wizard)

این ابزار امکانات بیشتری برای طراحی انواع سوراخ‌های استاندارد دارد. تمام ویژگی‌های سوراخ را می‌توان تعیین کرد.

- در بخش Favorite می‌توان لیستی از سوراخ‌هایی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌دهید را تعریف کنید تا راحت‌تر به آنها دسترسی داشته باشد.
- در بخش Positions باید ابتدا صفحه سوراخ‌کاری سپس موقعیت سوراخ را تعیین کنید. در موقعیت سوراخ یک نقطه قرار داده می‌شود که می‌توان در همین مرحله آن را مقید و اندازه‌گیری کرد.



شکل ۶۶

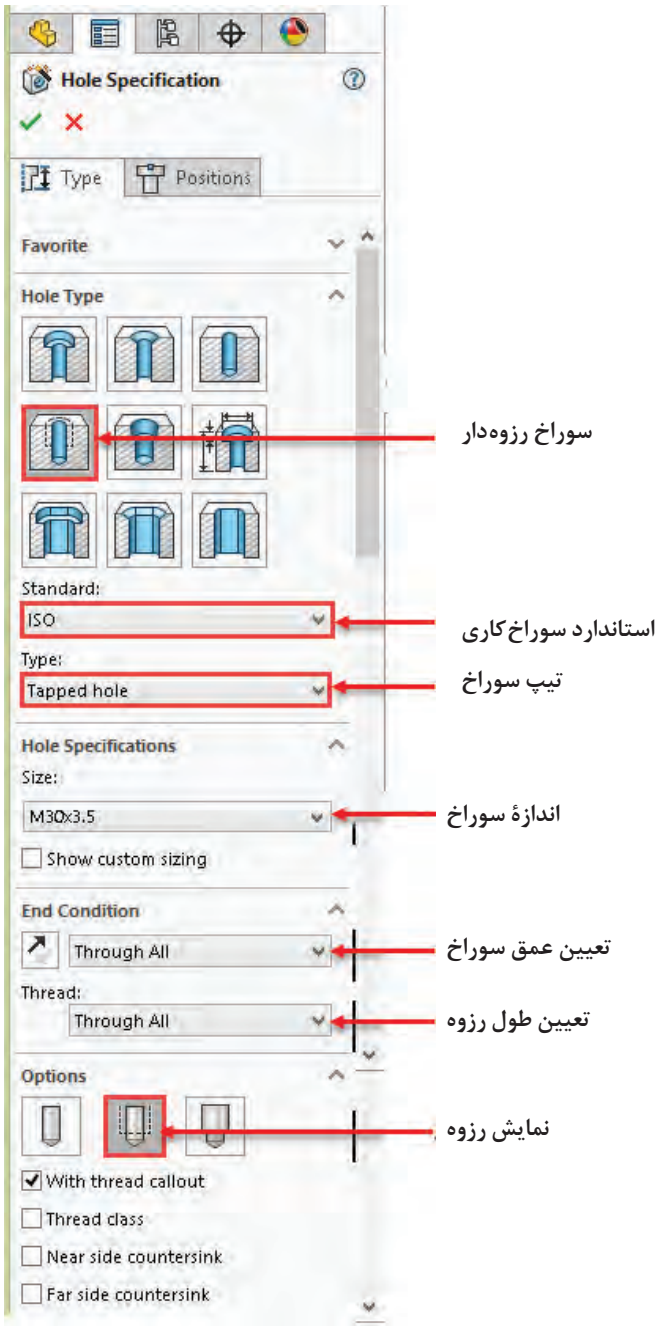
نکته

در درخت طراحی برای این ابزار دو اسکچ درنظر گرفته می‌شود که یکی از آنها اسکچ شکل سوراخ و دیگری اسکچ موقعیت سوراخ است.

- در بخش Hole Type باید نوع و شکل سوراخ یا شیار را انتخاب کنید. سپس استاندارد و تیپ سوراخ را مشخص کنید. در ردیف اول سوراخ ساده، سوراخ با خزینه مخروطی و سوراخ با خزینهٔ استوانه‌ای قرار دارد. در ردیف وسط
- متناسب با نوع و استاندارد سوراخ گزینه‌هایی برای تعیین مشخصات سوراخ در بخش Hole Specifications قابل دسترس است.
- در بخش End Condition نیز باید مرجع پایان سوراخ را تعیین کنید.

ویژگی سوراخ‌های استاندارد متناسب با نوع اتصالی است که در داخل سوراخ قرار می‌گیرد. برای تعریف پارامترهای سوراخ توسط کاربر باید گزینهٔ Show custom sizing را تیک بزنید و اندازه‌های سوراخ را خودتان مشخص کنید.

ایجاد سوراخ رزوه‌دار: برای ایجاد سوراخ رزوه‌دار باید در Hole Wizard گزینهٔ Straight Tap را انتخاب کنید. در این حالت باید استاندارد موردنظر را انتخاب و تیپ سوراخ نیز Tapped hole قرار دهید. در تصویر روبه‌رو مشخصات یک سوراخ رزوه‌دار نشان داده شده است.



شکل ۶۷

نکته

سوراخ‌های رزوه‌دار در نماگیری به‌صورت استاندارد نمایش داده می‌شوند.

گرد کردن لبه‌های مدل (Fillet)

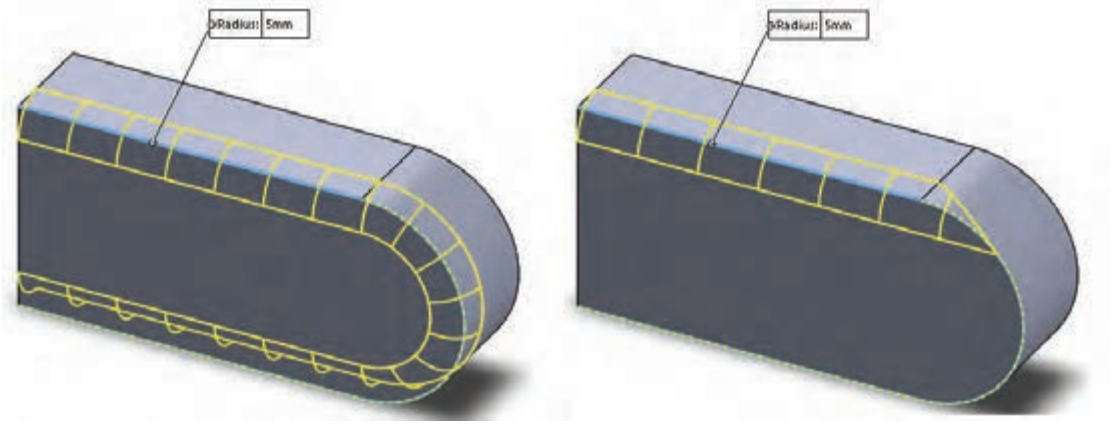
نکته

در سالیدورکز گزینه‌های زیادی برای گردکردن لبه‌های مدل وجود دارد اما در اینجا صرفاً گردکردن ساده با شعاع ثابت توضیح داده می‌شود.

بعد از اجرای فیچر Fillet باید لبه‌ها یا سطوح موردنظر را انتخاب کنید و شعاع فیلت را نیز در بخش Radius تعیین نمایید.
به‌صورت پیش‌فرض با انتخاب یک لبه، تمام لبه‌های مماس با آن نیز انتخاب می‌شوند. درصورتی که منظور انتخاب یک لبه بدون لبه‌های مماس با آن باشد باید گزینهٔ Tangent propagation تیک نداشته باشد.



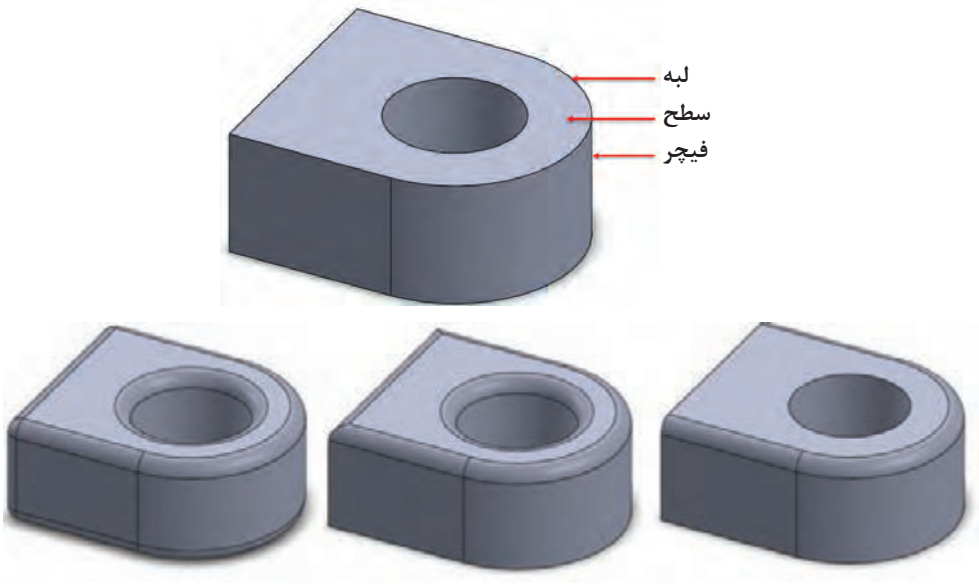
شکل ۶۸



☑ Tangent propagation ☐ Tangent propagation

شکل ۶۹

علاوه بر انتخاب لبه برای گردکردن می‌توان سطح و یا فیچر نیز انتخاب کرد. تصاویر زیر تأثیر انتخاب موضوع در Fillet نمایش می‌دهد.



شکل ۷۰

پخ زدن لبه‌های مدل (Chamfer)

پخ متقارن ۴۵ درجه (Distance Distance)

پخ متقارن علاوه بر انتخاب گزینهٔ Symmetric تنها یک پارامتر دارد. بعد از انتخاب لبه باید طول پخ را مشخص کنید.

پخ نامتقارن با دو طول مختلف (Distance Distance)

در این نوع پخ باید گزینهٔ Asymmetric انتخاب کنید و دو پارامتر طولی برای لبه‌های پخ تعیین نمایید.

پخ با تعیین طول و زاویه (Angle Distance)

در این نوع پخ باید پارامترهای طول و زاویهٔ پخ را تعیین نمایید.

پخ گوشه (Vertex)

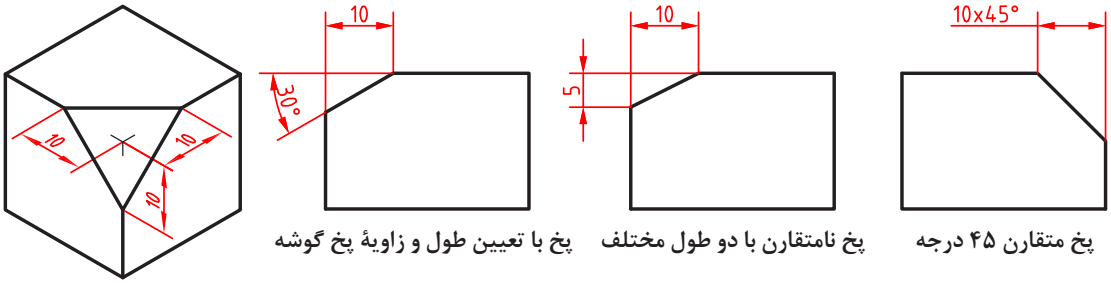
پخ گوشه دارای سه پارامتر طولی است که هر کدام روی یکی از لبه‌های تشکیل‌دهنده گوشه قرار می‌گیرد. البته می‌توان با فعال‌کردن گزینهٔ Equal distance تنها یک پارامتر وارد کرد که در این صورت طول پخ روی تمامی لبه‌ها یکسان است.



شکل ۷۱

نکته

در Chamfer نیز مانند Fillet می‌توان علاوه بر لبه، سطح و فیچر نیز انتخاب کرد.

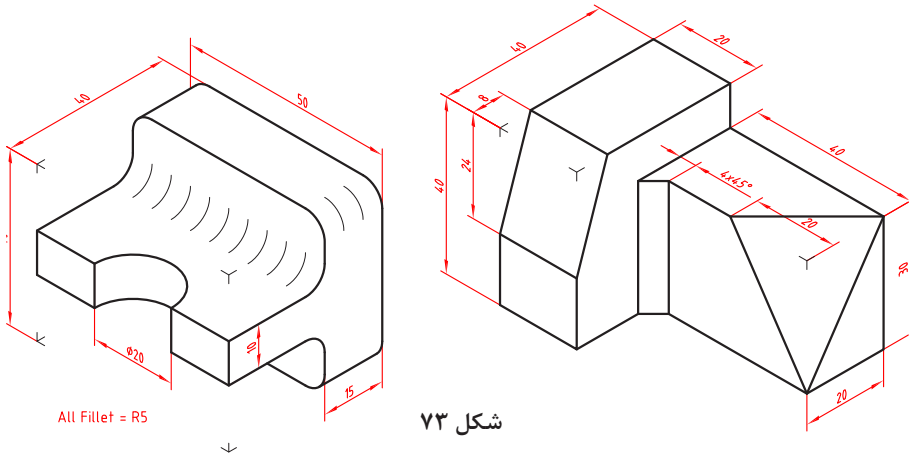


پخ متقارن ۴۵ درجه — پخ نامتقارن با دو طول مختلف — پخ با تعیین طول و زاویهٔ پخ گوشه

شکل ۷۲

فعالیت ۱۷

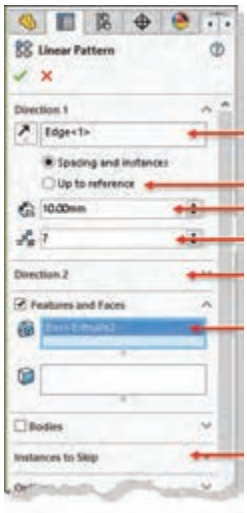
احجام زیر را مدل‌سازی کنید.



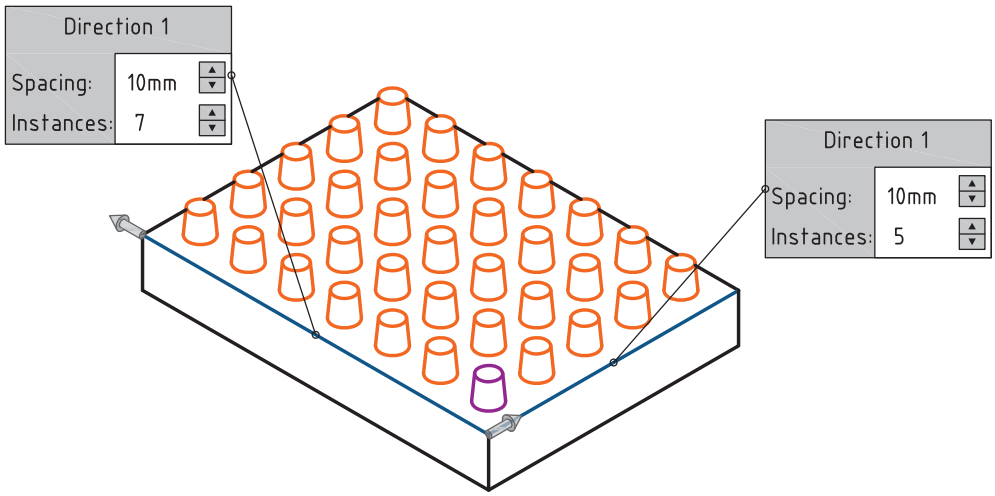
شکل ۷۳

ایجاد الگوی خطی (Linear Pattern)

تکرار فیچرها به‌صورت یک الگوی خطی در یک یا دو جهت با استفاده از این ابزار صورت می‌گیرد. عملکرد این ابزار مانند الگوی خطی در ترسیم اسکچ است. بعد از اجرای این ابزار باید روی یک یا دو لبه به‌عنوان جهت‌های اول و دوم کلیک کنید. تعداد اعضا و فاصله بین آنها نیز در هر جهت باید مشخص شود. فیچرهای موردنظر برای شرکت در الگو در بخش Features to Pattern قابل انتخاب است.



انتخاب لبه برای جهت اول
تعیین مرجع برای انتهای جهت
فاصلهٔ بین اعضا در جهت اول
تعداد اعضا در جهت اول
جهت دوم
انتخاب فیچرها
حذف اعضا



شکل ۷۴

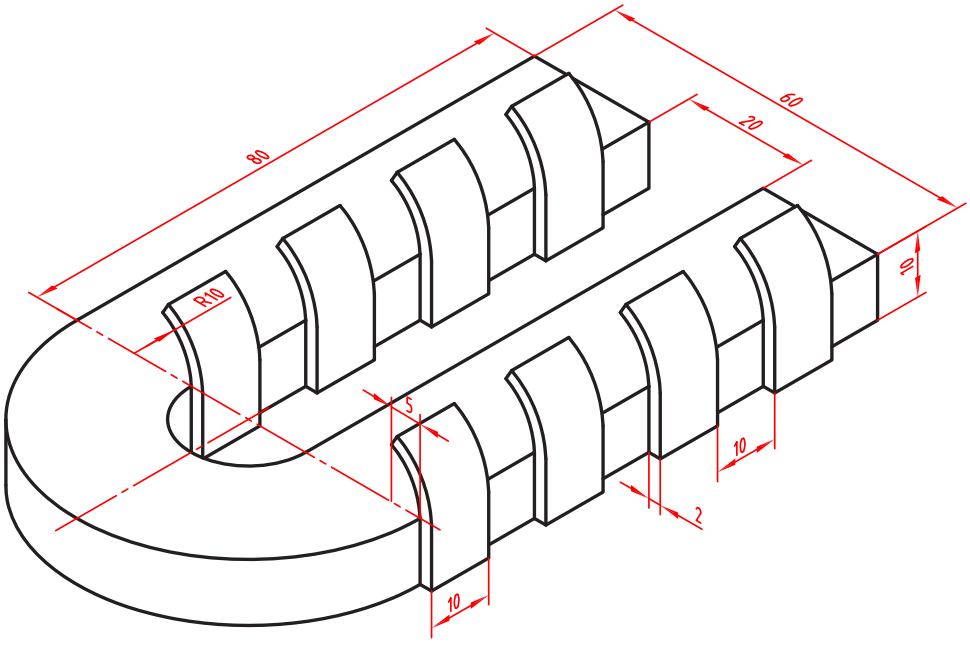
نکته

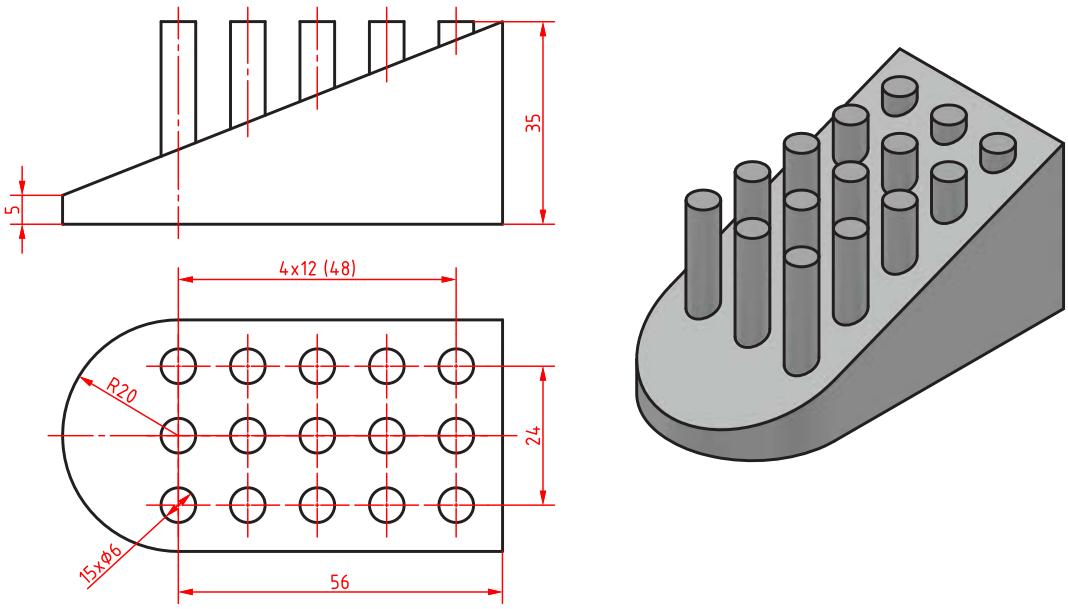
می‌توان تعداد اعضای الگو و یا فاصله بین آنها را با انتخاب مراجع هندسی مانند گوشه، لبه یا صفحه مشخص کرد. برای این کار باید گزینهٔ Up to reference را فعال نمایید و مرجع موردنظر را انتخاب کنید.

برای حذف برخی از اعضای الگو باید آنها را در بخش Instances to Skip انتخاب کنید.

فعالیت ۱۸

احجام زیر را مدل‌سازی کنید.

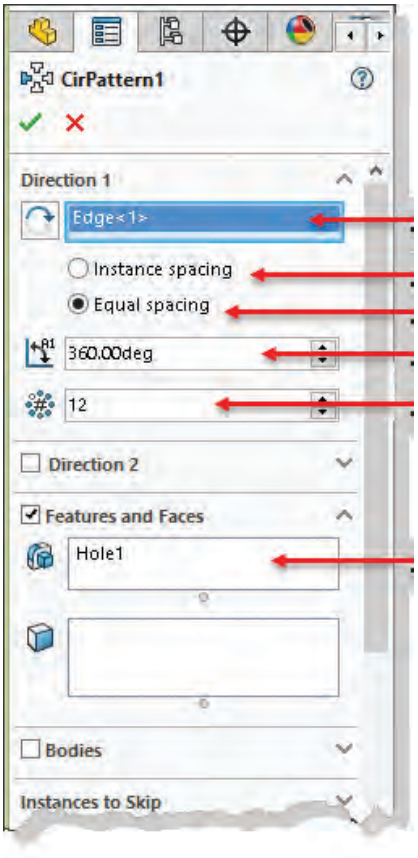




شکل ۷۵

ایجاد الگوی دایره‌ای (Circular Pattern)

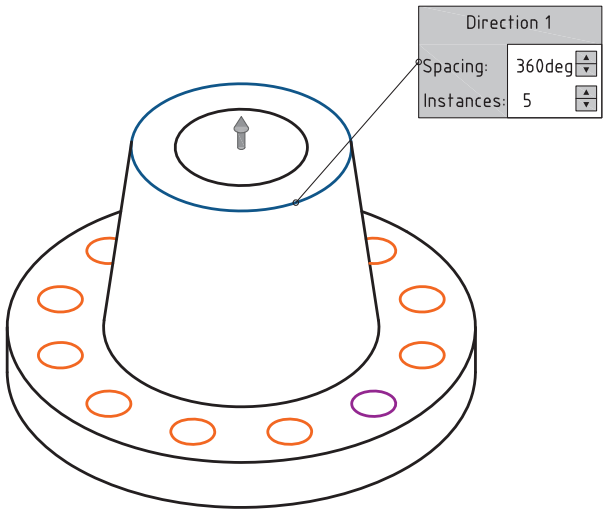
در الگوی دایره‌ای باید یک لبه دایره‌ای یا یک محور به‌عنوان لبه انتخاب شود. در حالت Instance spacing باید تعداد اعضا و فاصله بین آنها وارد شود. درحالی که درحالت Equal spacing باید زاویه کل الگو تعیین شود. برای ایجاد یک الگوی کامل باید زاویه کل ۳۶۰ درجه باشد.



هشدار: تنها در نسخه ۲۰۱۷ به بعد می‌توان الگو را در دو جهت با تعداد و زوایای متفاوت بسط داد.

نکته

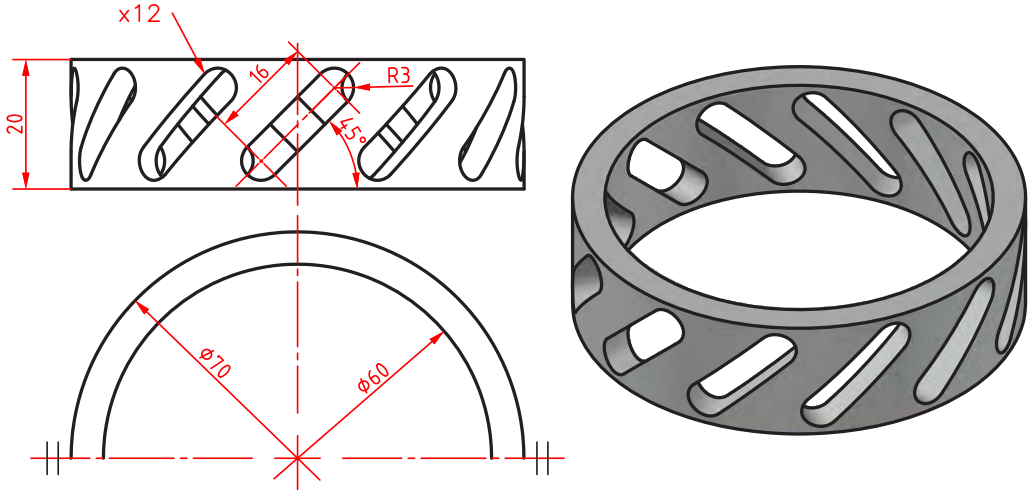
در کادرهای متنی روی لبه‌های انتخاب شده نیز می‌توان تعداد و زاویه را مشخص کرد. با کلیک‌کردن روی فلش‌ها نیز می‌توان جهت بسط الگو را عوض کرد.



شکل ۷۶

فعالیت ۱۹

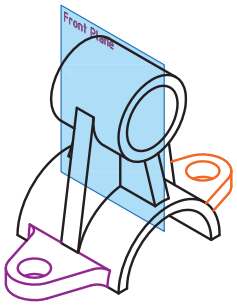
حجم زیر را مدل‌سازی کنید.



شکل ۷۷

تقارن در مدل‌سازی (Mirror)

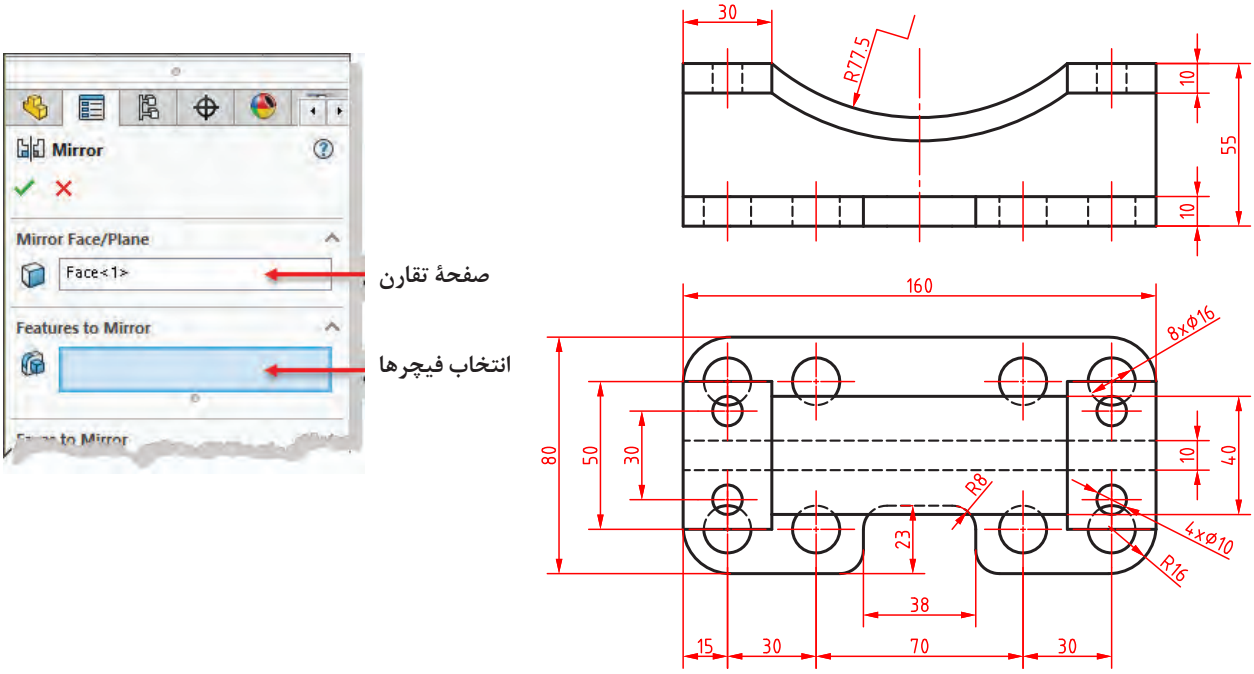
تقارن در مدل‌سازی مانند تقارن در ترسیم اسکچ است. از این ابزار برای ایجاد یک کپی متقارن از فیچرها در مدل‌سازی استفاده می‌شود. صفحهٔ تقارن می‌تواند یکی از سطوح تخت مدل و یا یک صفحهٔ مرجع باشد. انتخاب صفحهٔ تقارن یا فیچرهای موردنیاز و حتی هر دو قبل از اجرای ابزار نیز امکان‌پذیر است.



شکل ۷۸

فعالیت ۲۰

حجم زیر را مدل‌سازی کنید.



شکل ۷۹

ایجاد تیغه‌های تقویتی (Rib)

با استفاده از اسکچ‌های باز (یا بسته) می‌توان تیغه‌های نازک تقویتی در مدل ایجاد کرد. معمولاً اسکچ باید در صفحهٔ وسط تیغه ترسیم شود اما می‌توان ضخامت تیغه را در یک سمت صفحه درنظر گرفت.

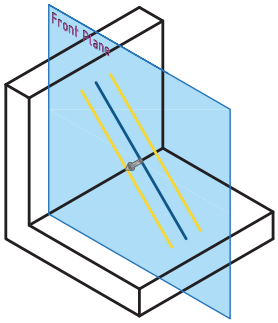
هشدار: اسکچ تیغه باید طوری ترسیم شود که تیغه به صفحات مدل برخورد کند.



شکل ۸۰

نکته

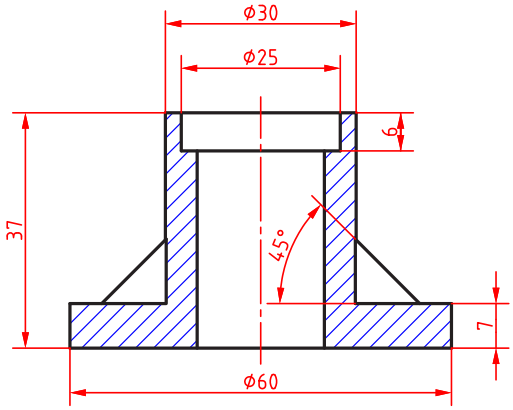
در صفحهٔ گرافیکی به فلش تعیین سمت ایجاد تیغه دقت کنید که به سمت داخل قطعه باشد.

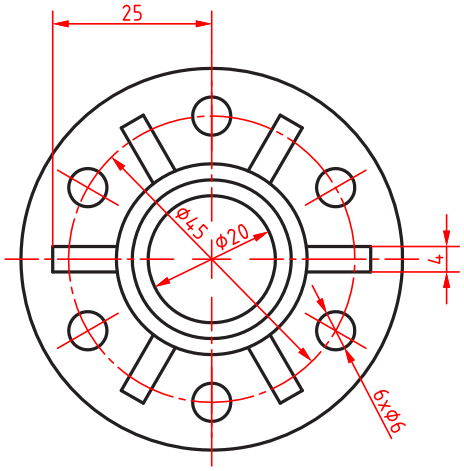


شکل ۸۱

فعالیت ۲۱

حجم زیر را مدل‌سازی کنید.





شکل ۸۲

ایجاد پوسته و توخالی‌کردن مدل (Shell)

از این ابزار برای توخالی‌کردن مدل با ضخامت مشخص و برداشتن یک یا چند وجه استفاده می‌شود. بعد از اجرای ابزار باید ضخامت پوسته را تعیین کنید و سطوحی را که باید برداشته شوند انتخاب نمایید.

هشدار: اگر هیچ سطحی برای برداشتن انتخاب نشود، مدل توخالی می‌شود اما ظاهر آن هیچ تغییری نمی‌کند.

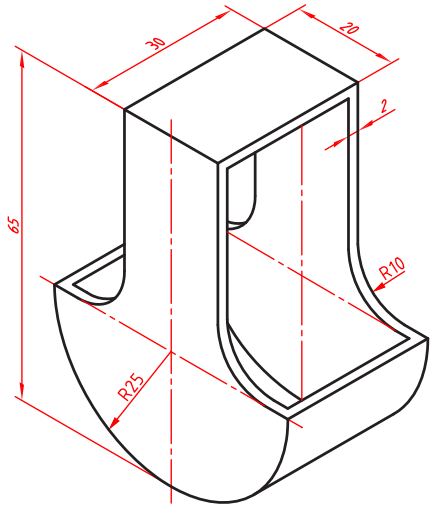


شکل ۸۳

با فعال‌کردن گزینهٔ Shell outward ضخامت تعیین شده به ابعاد کلی مدل افزوده می‌شود و مدل بزرگ‌تر می‌شود.

فعالیت ۲۲

حجم زیر را مدل‌سازی کنید.



شکل ۸۴

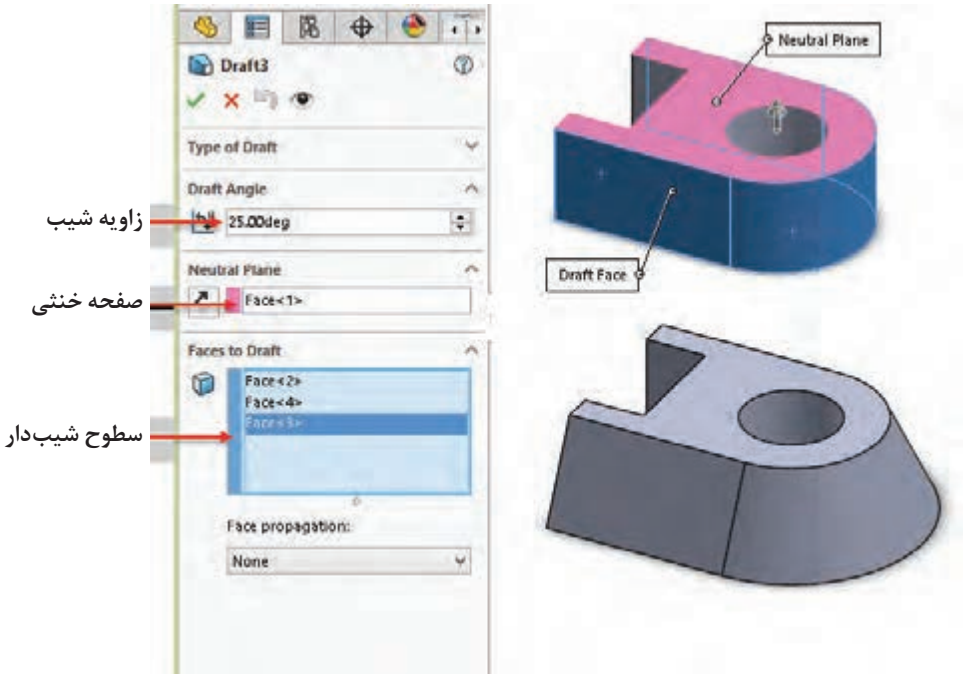
شیب‌دارکردن سطوح مدل (Draft)

می‌توان یک یا چند سطح را نسبت به یک سطح مدل شیبدار کرد. صفحه‌ای که سطوح دیگر نسبت به آن شیب‌دار می‌شوند، صفحه خنثی یا Neutral Plane نامیده می‌شود و سطوح شیب‌دار نیز Draft Face هستند.

نکته

برای شیب‌دارکردن سطوح مدل از ابزار Draft در حالت دستی (Manual) استفاده کنید.

تصویر زیر صفحهٔ خنثی و سطوح شیب‌دار را نمایش می‌دهد.



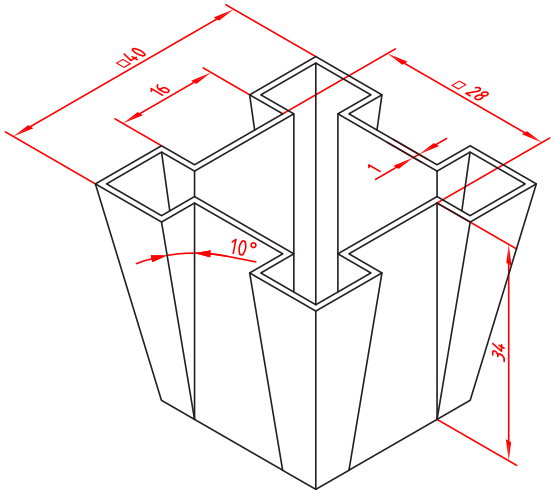
شکل ۸۵

نکته

برای معکوس‌کردن جهت شیب از گزینهٔ Reverse Direction در پنجرهٔ مدیریت ویژگی‌ها یا فلشی که روی صفحهٔ خنثی قرار می‌گیرد استفاده کنید.

فعالیت ۲۳

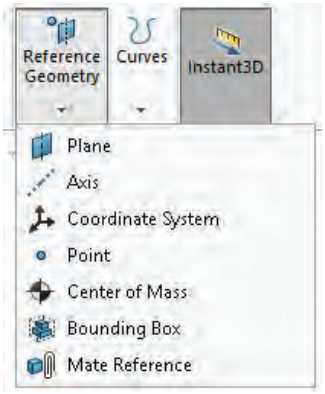
حجم زیر را مدل‌سازی کنید.



شکل ۸۶

عناصر مرجع در سالیدورکز

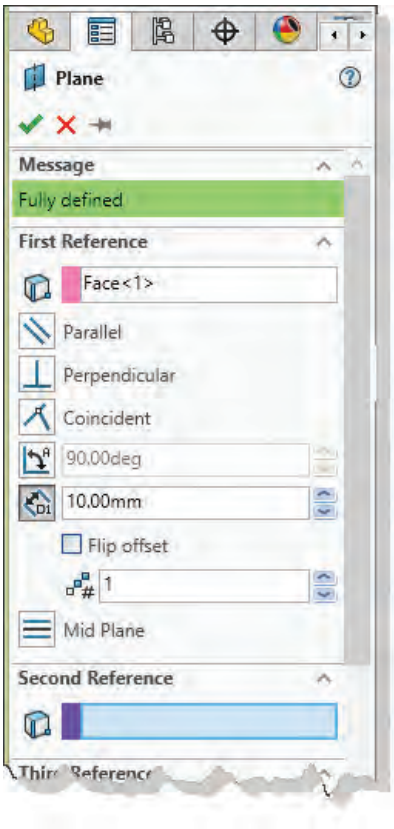
عناصر مرجع یا عناصر کاری عناصری هستند که برای اهداف مختلفی از جمله ترسیم اسکچ یا به‌عنوان مرجع پایان‌دهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. عناصر مرجع شامل نقطه، محور و صفحه هستند. عناصر مرجع در زیرمجموعه Reference Geometry در مدیریت فرمان قرار دارند.



شکل ۸۷

صفحهٔ مرجع (Plane)

اغلب قطعات از چندین فیچر ساخته می‌شوند. برخی از فیچرها و از جمله فیچر اول قطعه نیاز به اسکچ دارد. در شروع کار و به‌صورت پیش‌فرض سه صفحه Top، Front و Right قابل انتخاب هستند که می‌توان از آنها برای ترسیم اسکچ استفاده کرد. در اسکچ‌های بعدی علاوه بر این سه صفحه مرجع از سطوح تخت مدل نیز می‌توان استفاده کرد. با این حال گاهی نیاز است که اسکچ در صفحه‌ای غیر از اینها ترسیم شود. برای تعریف یک صفحهٔ مرجع که بتوان از آن در ترسیم اسکچ استفاده کرد روش‌های مختلفی وجود دارد. هرکدام از این روش‌ها به یک، دو یا حداکثر سه مؤلفه نیاز دارد. این مؤلفه‌ها می‌تواند شامل صفحهٔ مرجع، سطوح مدل، لبه‌های مدل، خطوط مرجع، خطوط اسکچ، گوشه‌های مدل و نقطهٔ مرجع باشد. در زیرمجموعهٔ هر یک از این مؤلفه‌ها می‌توان قید آن نیز تعریف کرد.



شکل ۸۸

یادآوری: ایجاد صفحه عمود و صفحه موازی را قبلاً یاد گرفته‌اید اما در اینجا به‌صورت کامل مجدداً توضیح داده می‌شود.

تعریف صفحه موازی با یک صفحهٔ مشخص

با انتخاب یک صفحه گزینهٔ Offset Distance به‌صورت پیش‌فرض فعال می‌شود که می‌توان فاصله صفحهٔ مرجع را تعیین کرد.

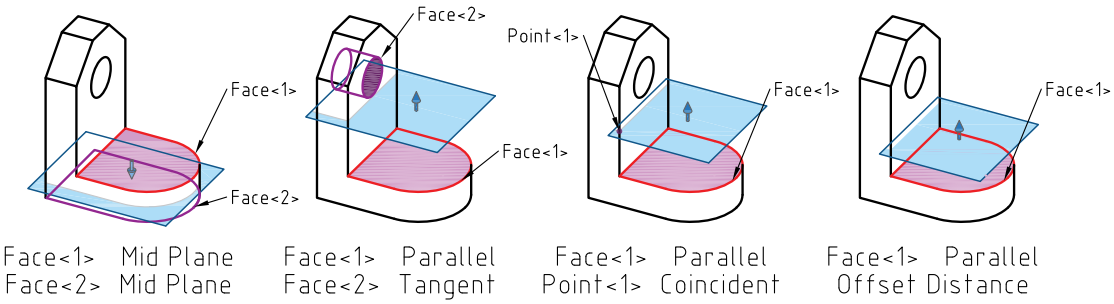
نکته

با تیک‌زدن گزینهٔ Flip offset صفحهٔ موردنظر در آن طرف صفحه ایجاد می‌شود.

به‌صورت معمول تنها یک صفحه تعریف می‌شود اما می‌توان با تعیین عددی در فیلد Number of Planes to Create به همان تعداد، صفحه با فاصله مشخص شده ایجاد کرد.

- اگر یک گوشه مدل به‌عنوان مؤلفه دوم انتخاب شود، می‌توان صفحه‌ای تعریف کرد که از آن گوشه گذشته و با صفحهٔ انتخاب شده موازی باشد.
- اگر یک سطح منحنی به عنوان مؤلفه دوم انتخاب شود، می‌توان صفحه‌ای تعریف کرد که با آن مماس باشد.
- اگر یک سطح موازی با صفحه اول به‌عنوان مؤلفه دوم انتخاب شود، می‌توان صفحه‌ای تعریف کرد که درست بین آن دو صفحه باشد.

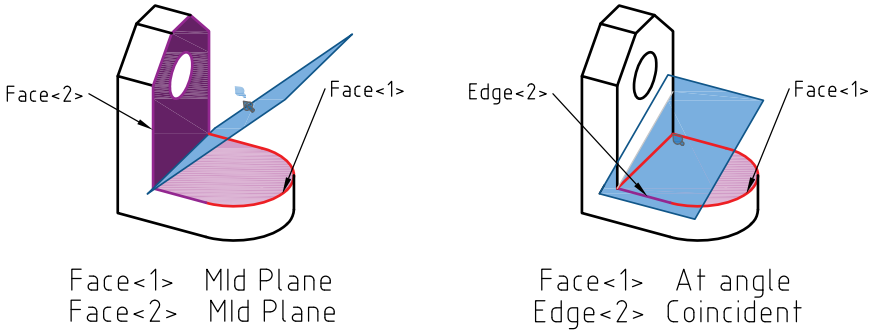
شکل زیر چهار حالت تعریف صفحهٔ موازی نمایش داده شده است.



شکل ۸۹

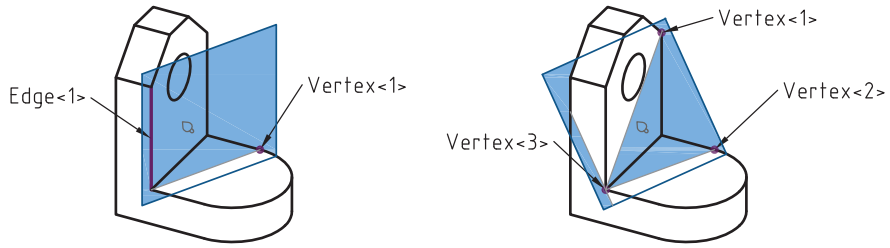
تعریف صفحه زاویه‌دار: با انتخاب یک صفحه و یک لبهٔ موازی با آن و همچنین تعیین زاویه در گزینهٔ At Angle صفحه‌ای زاویه‌دار تعریف می‌شود.

با انتخاب دو صفحهٔ غیرموازی می‌توان صفحه نیمساز آنها را تعریف کرد. تعریف این دو نوع صفحهٔ زاویه‌دار در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۹۰

تعریف صفحه با استفاده از سه نقطه: چنان‌چه سه نقطه یا گوشه مدل به‌عنوان مؤلفه‌های اول تا سوم انتخاب شود، صفحه‌ای تعریف می‌شود که از این سه نقطه می‌گذرد. می‌توان به جای سه نقطه یک خط و یک نقطه انتخاب کرد. تعریف صفحه‌ای که از سه نقطه و یا یک خط و یک نقطه می‌گذرد در شکل زیر نمایش داده شده است.

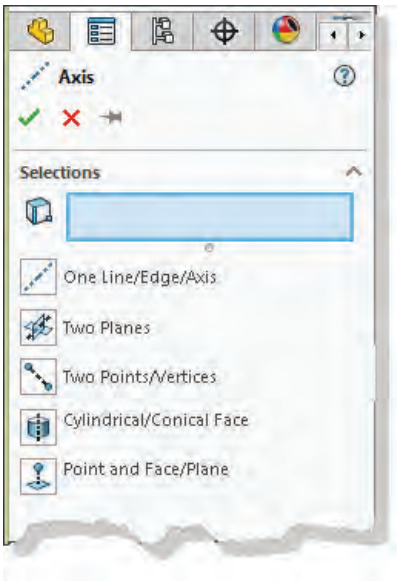


شکل ۹۱

محور مرجع (Axis)

از محورهای مرجع به‌عنوان تعیین مؤلفه برای تعریف صفحه زاویه‌دار و همچنین برای تعیین جهت و مرکز الگوهای دایره‌ای استفاده می‌شود. روش‌های تعریف محور مرجع عبارتند از:

۱. منطبق بر خط یا لبه
۲. منطبق بر فصل مشترک دو صفحه متقاطع
۳. منطبق بر دو نقطه یا گوشه
۴. منطبق بر محور استوانه یا مخروط
۵. عمود بر یک صفحه از یک نقطه مشخص

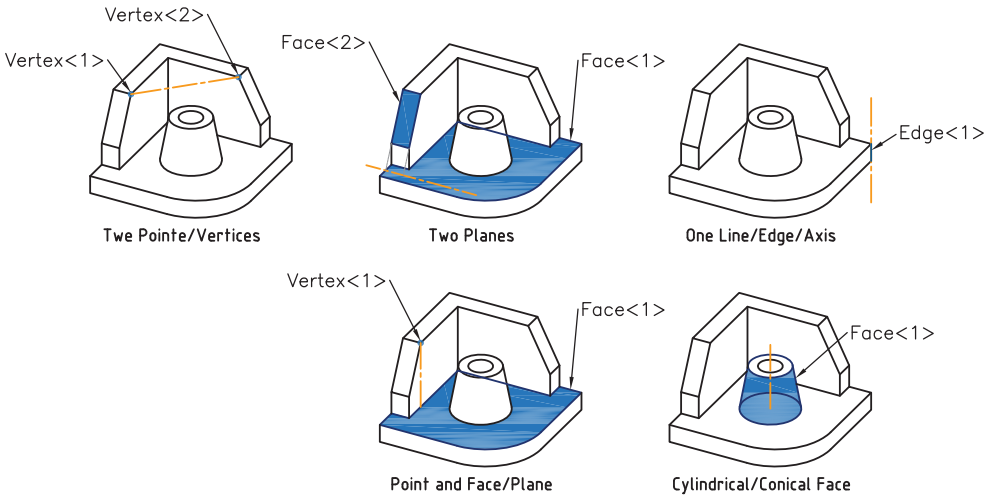


شکل ۹۲

نکته

نیازی به انتخاب روش نیست و بسته به انتخاب یک یا دو مؤلفه، روش متناسب انتخاب می‌شود.

در شکل‌های زیر تعریف محور مرجع با استفاده از مؤلفه‌های مختلف نشان داده شده است.

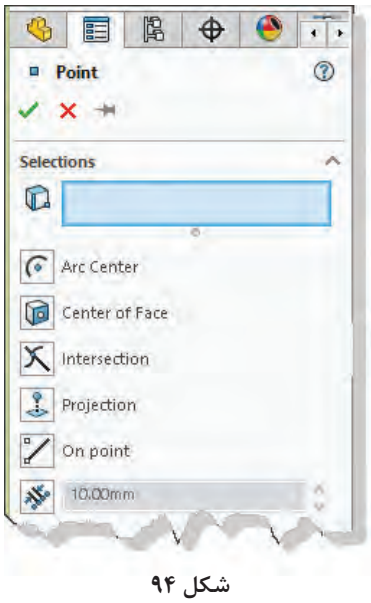


شکل ۹۳

نقطه مرجع

از نقطه مرجع برای تعریف محور و صفحهٔ مرجع و همچنین برای سوراخ‌کاری استفاده می‌شود. روش‌های مختلفی برای تعریف نقطه مرجع باتوجه به انتخاب مؤلفه‌ها وجود دارد:

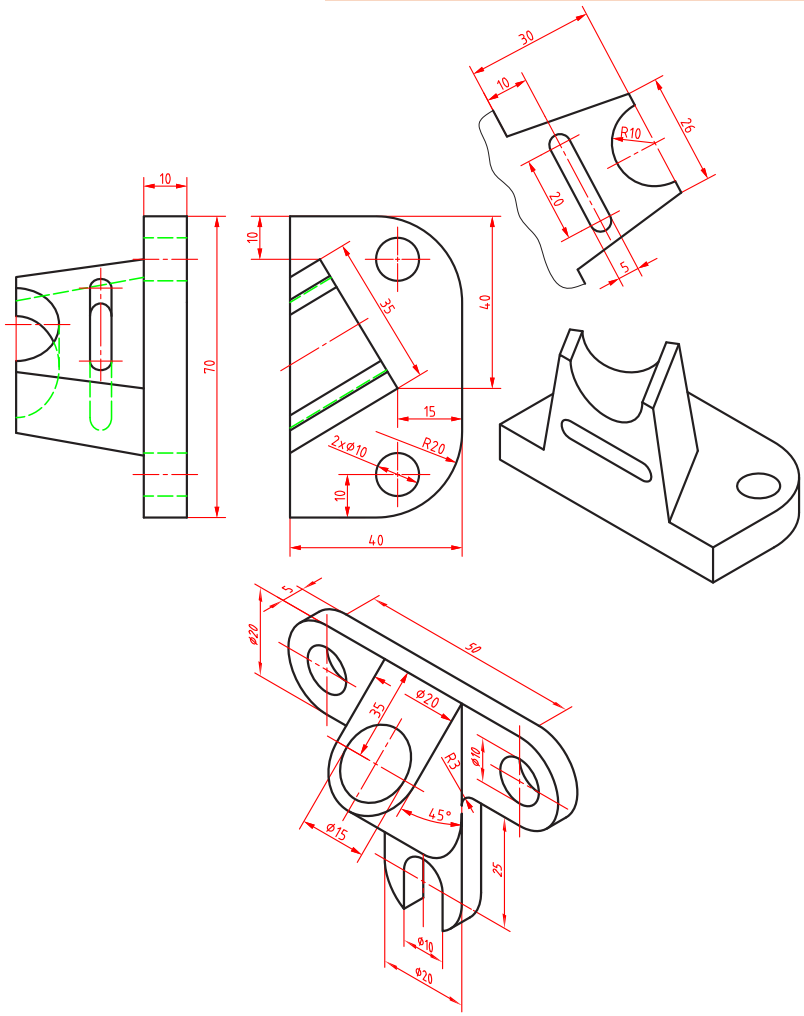
۱ مرکز کمان
۲ نقطه وسط یا مرکز صفحه
۳ نقطه برخورد دو خط و لبه
۴ تصویر یک نقطه روی یک صفحه
۵ منطبق بر نقاط اسکچ
۶ روی یک لبه با فاصله مشخص



شکل ۹۴

فعالیت ۲۴

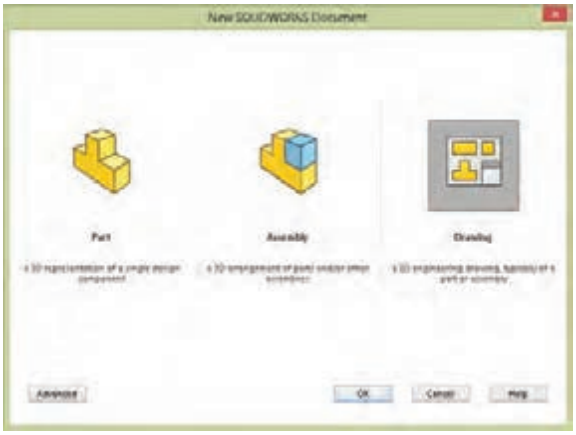
احجام زیر را مدل‌سازی کنید.



شکل ۹۵

نماگیری از مدل

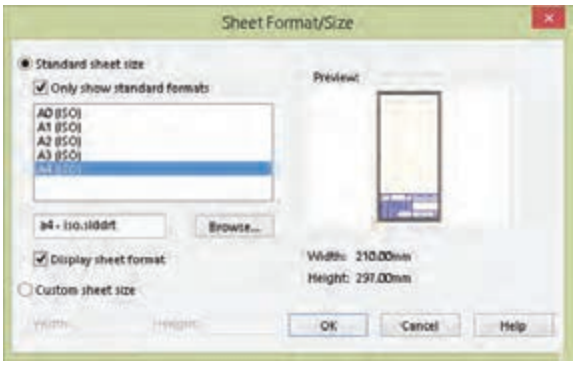
منظور از نماگیری یا نقشه، نمایش مهندسی مدل بر روی کاغذ است. در سالیدورکز نماگیری در محیط Drawing انجام می‌شود. برای رفتن به محیط Drawing باید در فرمان New الگوی Drawing را انتخاب کنید.
با فعال‌شدن محیط Drawing باید قطع کاغذ نقشه‌کشی و نوع استاندارد را تعیین کنید. بسته به انتخاب شما یک فایل الگو انتخاب می‌شود.



شکل ۹۶

نکته

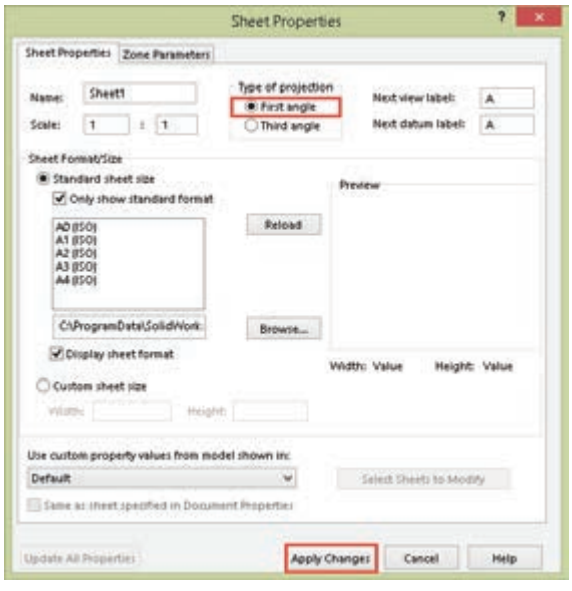
اگر گزینهٔ Only show standard formats تیک نداشته باشد، تمامی استانداردهای نصب شده قابل انتخاب است.



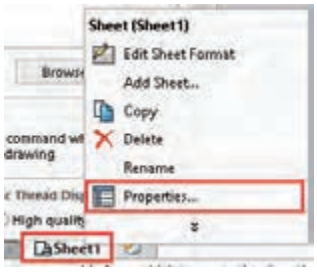
شکل ۹۷

تعیین فرجه و روش نماگیری

در سالیدورکز به‌صورت پیش‌فرض نماگیری در فرجه سوم انجام می‌شود. نماگیری در فرجه سوم به روش آمریکایی معروف است. نماگیری در فرجهٔ اول که به روش اروپایی شناخته می‌شود در ایران استفاده می‌شود. برای تعیین فرجهٔ اول روی Sheet ۱ در نوار وضعیت راست‌کلیک و Properties را انتخاب کنید. در پنجرهٔ Sheet Properties گزینهٔ First angle را انتخاب کنید و برای اعمال این تغییر روی Apply changes کلیک نمایید.

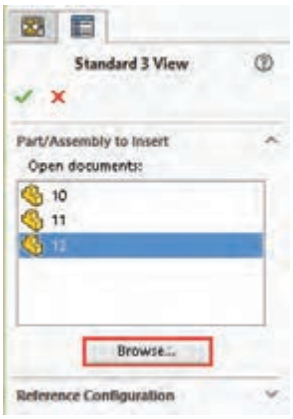


شکل ۹۸



نماگیری با استفاده از ابزار Standard 3 View

با این ابزار و مشخص‌کردن فایل مدل می‌توان سه نمای روبه‌رو، جانبی و افقی را به‌صورت هم‌زمان درج کرد. فایل‌هایی که باز باشد در بخش Open documents قابل انتخاب هستند. برای نماگیری باید روی فایل موردنظر دابل‌کلیک کنید. برای نماگیری از فایل‌های دیگر باید روی دکمه Browse کلیک کنید و آدرس فایل موردنظر را تعیین کنید. بعد از تعیین فایل سه نمای استاندارد روبه‌رو، جانبی و افقی به‌صورت خودکار درج می‌شود.



شکل ۹۹

نکته

سه نمای درج شده هم‌تراز هستند و با جابه‌جایی یکی، بقیه نیز جابه‌جا می‌شوند. ممکن است موقعیت نماها در صفحه از نظر جانمایی مناسب نباشد، برای جابه‌جایی هر نما کافی است آن را انتخاب و درگ کرد.

نماگیری با استفاده از ابزار Model View

از این ابزار برای درج نمای اصلی و نماهای وابسته به آن استفاده می‌شود. بعد از اجرای آن باید روی فایل نقشه دابل کلیک کنید سپس موقعیت نمای اصلی که معمولاً نمای روبه‌روست را در صفحه مشخص نمایید. نمای اصلی درج می‌شود اما ابزار همچنان فعال است. با حرکت نشانگر به سمت راست نمای روبه‌رو می‌توان نمای جانبی را درج کرد. بعد از این که نمای جانبی در موقعیت موردنظر قرار گرفت باید کلیک کنید تا درج آن نهایی شود. همین مراحل را برای نمای بالا و یا هر نمای ارتوگرافیک دیگر تکرار کنید. برای درج نمای ایزومتریک نشانگر را به سمت گوشه‌های نمای روبه‌رو ببرید و تصویر مجسم ایزومتریک را درج کنید.

نکته

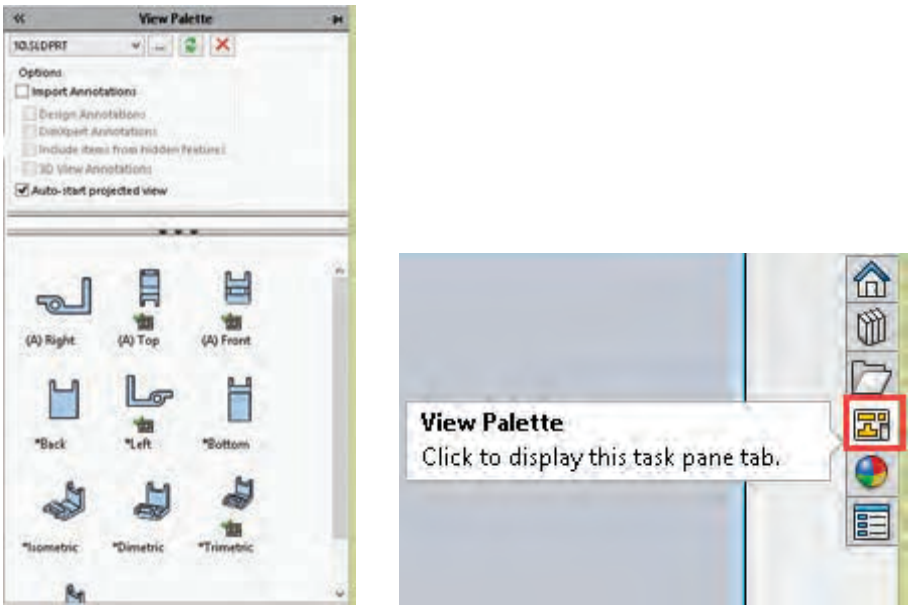
برای درج تصویر مجسم ایزومتریک دید از جنوب شرقی که ایزومتریک مناسب‌تری است باید نشانگر را به سمت گوشه بالا سمت چپ ببرید و تصویر مجسم را درج کنید.

نماگیری با استفاده از View Palette

تمامی نماهای فایل‌های باز در View Palette نمایش داده می‌شود. می‌توان با درگ‌کردن نماهای موردنیاز اقدام به نماگیری کرد.

نکته

با استفاده از کلید سه نقطه (Browse) می‌توان فایل‌های موردنظر را برای نماگیری احضار کرد.



شکل ۱۰۰

نماگیری با استفاده از نماهای موجود (Projected View)

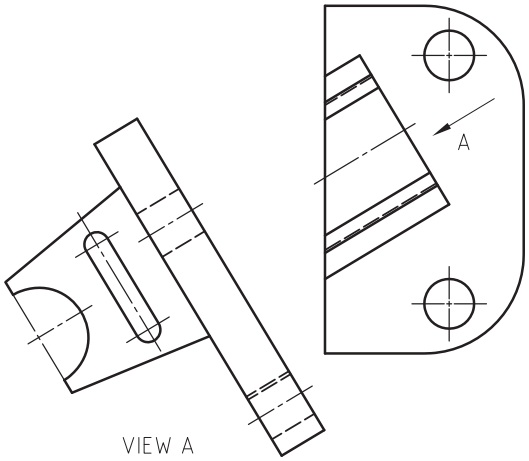
بعد از درج یک نما می‌توان با ابزار Projected View و انتخاب یک نمای موجود، با بردن نشانگر به چهار طرف آن چهار نمای ارتوگرافیک و با بردن نشانگر به چهار گوشه آن چهار تصویر مجسم ایزومتریک از آن درج کرد. نماهای ارتوگرافیک از مشخصات نمای اصلی تبعیت می‌کنند و با آن هم‌تراز هستند.

نکته

چنانچه بخواهید نمای درج شده هم‌تراز با نمای اصلی نباشد کلید Ctrl را نگه دارید و نما را در جای مناسب درج کنید.

ایجاد نمای کمکی (Auxiliary View)

اگر بخشی از قطعه در نماهای استاندارد غیرحقیقی باشد از نمای کمکی برای نمایش حقیقی آن استفاده می‌شود. بعد از فعال‌کردن این ابزار باید روی لبه اریب یک نمای موجود کلیک کنید و نشانگر را به یک سمت آن ببرید تا نمای کمکی عمود بر آن لبه درج شود.



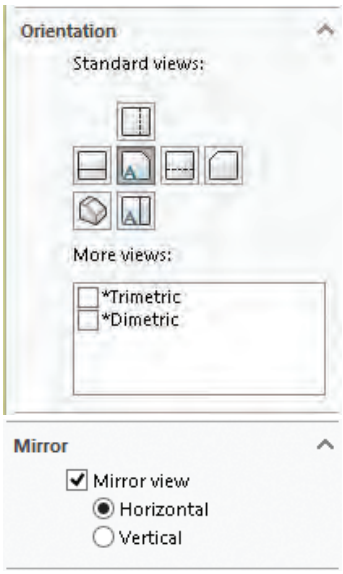
شکل ۱۰۱

ویرایش نماها

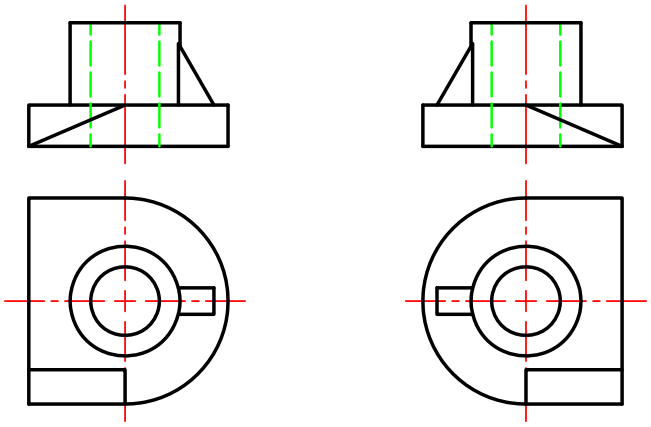
با انتخاب یک نمای اصلی می‌توان برخی از ویژگی‌های آن را تغییر داد. از جمله تغییراتی که می‌توان روی نماهای اصلی اعمال کرد عبارتند از:

تغییر نما (Orientation): نماهای اصلی موجود را می‌توان تغییر داد. مثلاً نمای روبه‌رو را به نمای جانبی تبدیل کرد تا بقیه نماهای زیرمجموعهٔ آن متناسب با آن تغییر کنند. شش نمای ارتوگرافیک و سه تصویر مجسم ایزومتریک، دیمتریک و تری‌متریک قابل انتخاب هستند.

تقارن نما (Mirror): گاهی در یک مجموعه دو قطعه نسبت به هم متقارن هستند. برای نماگیری از چنین قطعاتی نیازی به مدل‌سازی هر دوی آنها نیست. می‌توان یکی از آنها را مدل‌سازی و به‌صورت معمول نماگیری کرد. و برای قطعه دوم از تقارن‌نما استفاده کرد.



شکل ۱۰۲

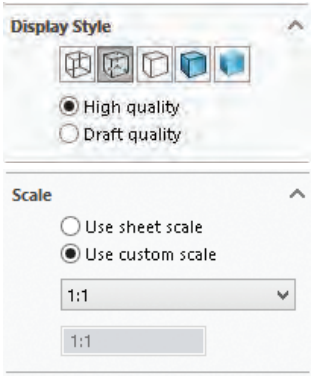


قطعهٔ شمارهٔ ۱ اصلی — قطعهٔ شمارهٔ ۲ متقارن

شکل ۱۰۳

تغییر سبک نمایش (Display Style): برای نمایش یا عدم نمایش خطوط ندید و همچنین رنگی‌کردن تصویر مجسم از این بخش استفاده می‌شود.

تغییر مقیاس (Display Style): به‌صورت پیش‌فرض مقیاسی که در پنجره Sheet Properties تعیین کرده‌اید انتخاب می‌شود. برای تغییر مقیاس متناسب با قطع کاغذ یکی از مقیاس‌های استاندارد را انتخاب کنید.



شکل ۱۰۴

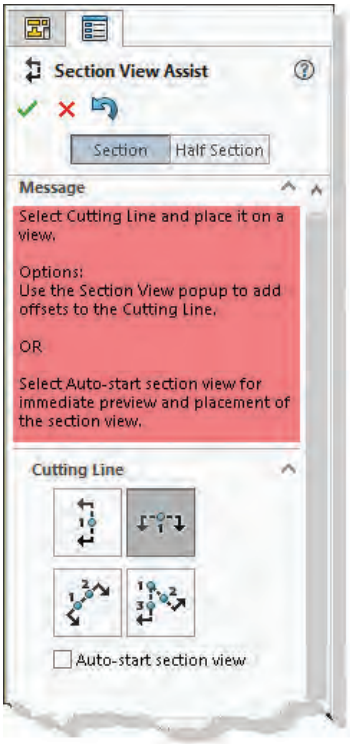
نکته

برای تعیین یک مقیاس غیراستاندارد مثلاً ۲:۳ گزینهٔ User Defined را انتخاب کنید و عبارت ۲:۳ را در کادر مربوطه وارد کنید.

هشدار: تغییر مقیاس نمای اصلی مقیاس بقیه نماها را نیز تغییر می‌دهد. برای تغییر نمای تولید شده از یک نمای اصلی باید ابتدا گزینهٔ Use parent scale را غیرفعال کنید.

ایجاد برش از نماهای موجود (Section View)

برش کامل: بعد از اجرای ابزار Section View نمای اصلی را برای تعیین مسیر برش انتخاب کنید. یک خط افقی که معرف صفحهٔ برش است ضمیمه نشانگر می‌شود. چنان‌چه مسیر برش افقی مدنظر شما نیست و می‌خواهید مسیر برش به‌صورت عمودی باشد روی گزینهٔ Vertical در مدیریت ویژگی‌ها کلیک کنید.
با حرکت نشانگر، مسیر برش نیز جابه‌جا می‌شود. برای تثبیت مسیر برش روی نقطه مناسب کلیک کنید. بعد از تعیین مسیر برش یک نوار ابزار جهشی ظاهر می‌شود که باید روی دکمه OK (تیک سبز رنگ) کلیک کنید.

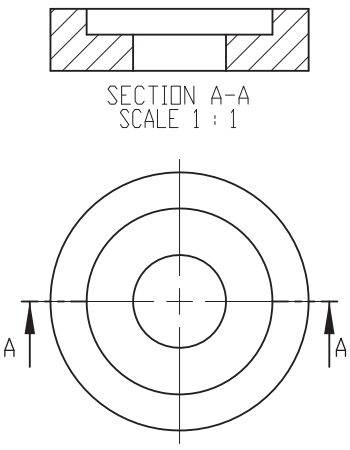


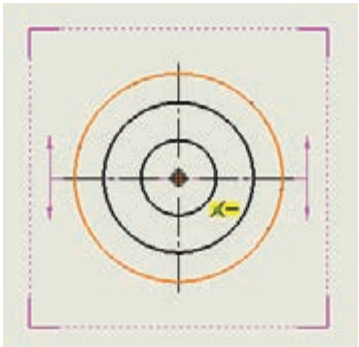
شکل ۱۰۵



شکل ۱۰۶

بعد از تثبیت مسیر برش یک تصویر برش‌خورده ضمیمه نشانگر می‌شود که باید روی موقعیت مناسب برای درج آن کلیک کرد.





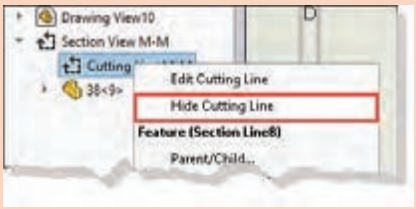
شکل ۱۰۷

نکته

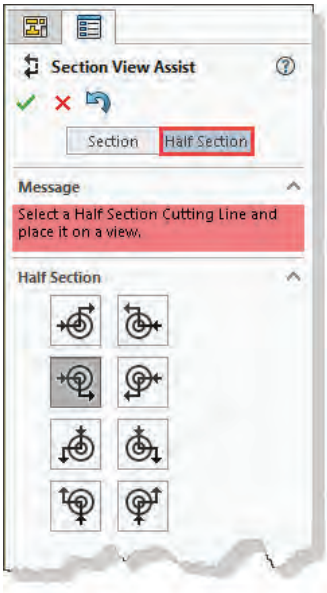
با انتخاب تصویر برش می‌توان نام برش، مسیر برش، هاشور و مقیاس آن را ویرایش کرد.

نکته

برای حذف مسیر برش می‌توان روی Cutting Line از زیرمجموعهٔ Section View راست کلیک کرد و گزینهٔ Hide Cutting Line را انتخاب کرد.



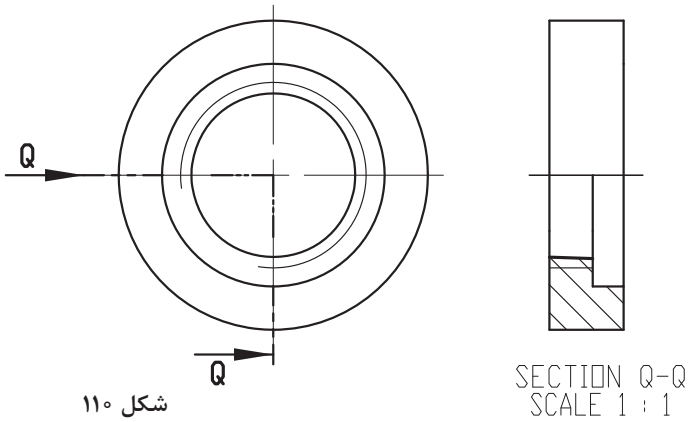
شکل ۱۰۸



شکل ۱۰۹

نیم‌برش: برای ایجاد نیم‌برش با استفاده از ابزار Section View ابتدا تب Half section در بالای مدیریت ویژگی‌ها را فعال کنید و متناسب با نقشه یکی از مسیرهای برش انتخاب نمایید. نیم‌برش معمولاً در قطعات متقارن استفاده می‌شود و برای تعیین موقعیت مسیر برش باید مرکز قطعه را انتخاب کنید.

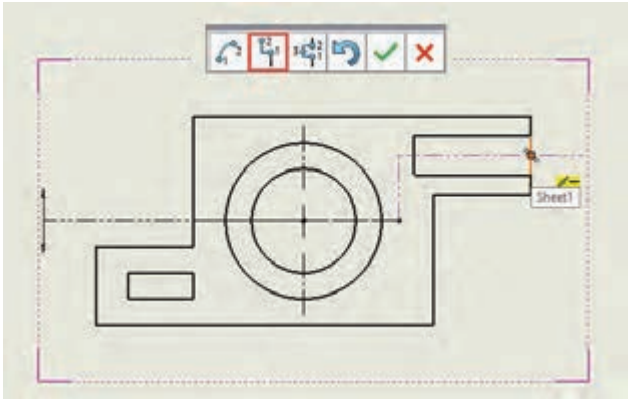




شکل ۱۱۰

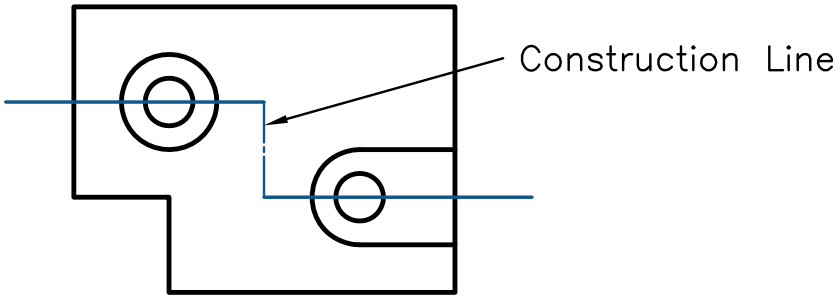
برش شکسته

الف) ایجاد شکستگی در مسیر برش: در برش معمولی می‌توان با استفاده از گزینهٔ Single Offset در نوار ابزار جهشی یک شکستگی در مسیر برش ایجاد کرد. بعد از فعال کردن این گزینه باید نقطه‌ای روی مسیر برش انتخاب کنید و موقعیت جدید آن بخش از مسیر را تعیین نمایید. در تصویر زیر ایجاد یک شکستگی در مسیر برش نشان داده شده است.



شکل ۱۱۱

ب) ترسیم مسیر برش به‌صورت دستی: مسیر برش شکسته را با خط به‌صورت یک اسکچ روی نما ترسیم کنید. بعد از ترسیم مسیر برش آن را انتخاب کنید و ابزار Section View را اجرا نمایید. در ترسیم مسیر برش خطوط عمود بر جهت دید باید به‌صورت خطوط ساختاری باشد تا بین بخش‌های مختلف برش خط ایجاد نشود.



شکل ۱۱۲

اندازه‌گذاری اجرایی

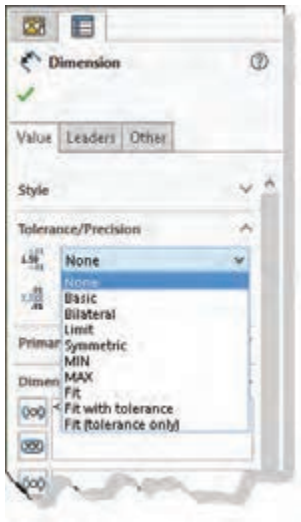
قبل از اندازه‌گذاری در بخش Options>Document Options>Dimension می‌توان تنظیمات برخی از اجزای اندازه‌گذاری مانند فلش، فاصله‌ها، واحد اندازه‌گیری و دقت اندازه را مطابق با نیاز تغییر داد.

درج تولرانس ابعادی و انطباق

نقشه را به‌صورت معمول با استفاده از Smart Dimension اندازه‌گذاری و اندازه موردنظر را انتخاب کنید. در بخش Tolerance/Precision حالت تولرانس یا انطباق موردنیاز را انتخاب کنید و مقدار تولرانس را وارد نمایید. در شکل صفحه بعد حالت‌ها و مقادیر مختلف تولرانس ابعادی و انطباق نمایش داده شده است.

نکته

می‌توان با استفاده از ابزار Model Items اندازه‌گذاری و یادداشت‌نویسی‌های موجود در مدل را به نقشه وارد کرد.



شکل ۱۱۳

22±0.02 Symmetrical + 0.02	22.02 21.97 Limit + 0.02 - 0.03	+0.02 22-0.03 Bilateral + 0.02 - 0.03	22 Basic	22 None
+0.04 22+0.02 Fit (Tolerance only) Shaft Fit: n6	+0.04 22 n6 +0.02 Fit with tolerance Shaft Fit: n6	22 H7 Fit Hole Fit: H7	22 max. MAX	22 min. MIN

درج علامت کیفیت سطح

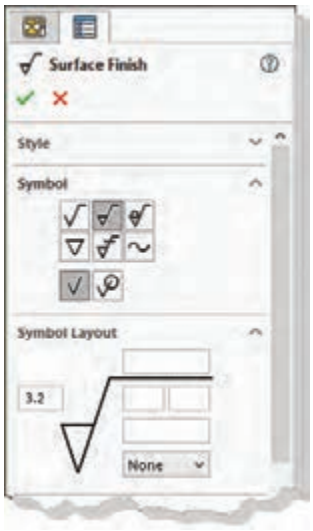
نکته

علائم نقشه‌کشی عموماً در تب Annotation قرار دارند.

برای درج علامت کیفیت سطح باید ابزار Surface Finish را فعال کنید. یک علامت ساده کیفیت سطح ضمیمه نشانگر می‌شود که می‌توان آن را روی لبهٔ موردنظر درج کرد. تنظیمات علامت کیفیت سطح در بخش مدیریت ویژگی‌ها انجام می‌شود.

شکل علامت کیفیت سطح را در بخش Symbol مشخص کنید.

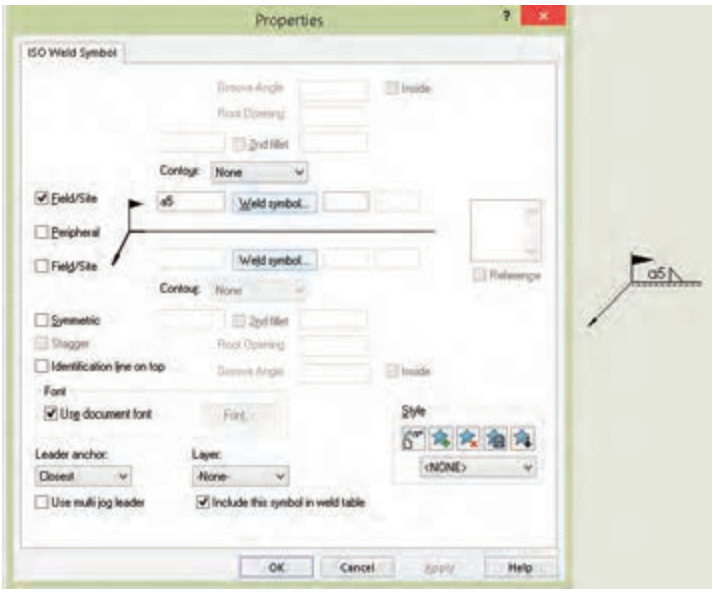
مقدار پرداخت سطح و نشانه‌های اضافی و تکمیلی در بخش Symbol Layout قابل انتخاب است.



شکل ۱۱۴

درج علامت جوش

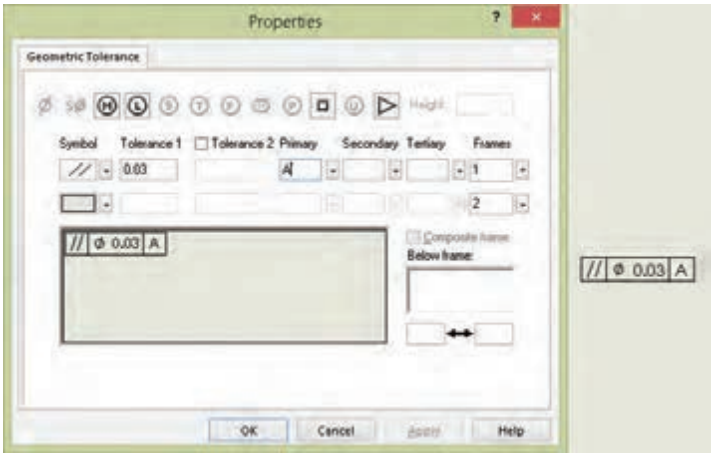
با اجرای Weld Symbol مطابق با استاندارد نقشه پنجره Properties ظاهر می‌شود. هم‌زمان با تعیین نشانه‌های تکمیلی موردنظر، علامت جوش با نشانه‌های تعیین شده ضمیمه نشانگر می‌شود که می‌توان روی لبه یا سطح موردنظر آن را درج کرد.



شکل ۱۱۵

تولرانس گذاری هندسی

برای درج تولرانس هندسی از ابزار Geometric Tolerance استفاده می‌شود که با اجرای آن مطابق با استاندارد نقشه پنجرهٔ Properties ظاهر می‌شود. علامت و نشانه‌های مختلف علامت تولرانس هندسی را تعیین کنید و روی سطح یا لبه موردنظر آن را درج نمایید.



شکل ۱۱۶

بعد از تعیین لبهٔ موردنظر روی نقشه، علامت تولرانس هندسی با استفاده از یک خط راهنما به آن افزوده می‌شود که می‌توان موقعیت علامت را تنظیم کرد.

نکته

برای درج علامت مبنا از ابزار Datum Feature استفاده کنید و نام مبنا را در Label Settings تعیین نمایید.



درج متن

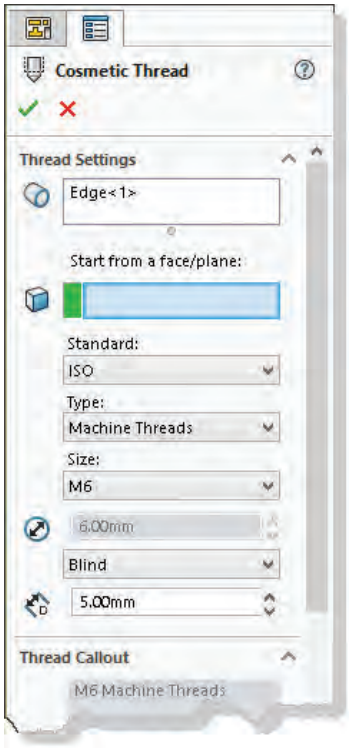
متن می‌تواند با خط راهنما و یا بدون آن باشد. متنی که به یک نما ضمیمه شود همراه با آن تغییر می‌کند. چنانچه یک لبه برای درج متن انتخاب کنید متن با خط راهنما درج می‌شود، در غیر این صورت شناور خواهد بود. بعد از اجرای ابزار Note و تعیین موقعیت متن، نوار ابزار Formatting ظاهر می‌شود که می‌توان سایز، نوع قلم و دیگر ویژگی‌های متن را تعیین کرد.



شکل ۱۱۷

رزوه در نقشه

می‌توان سوراخ مهره و میله پیچ را به‌صورت بدون رزوه مدل‌سازی کرد و در نقشه رزوه موردنظر را به آن افزود. برای این کار سوراخ مهره را با قطر مته متناسب با آن مدل‌سازی کنید. مثلاً برای ایجاد یک سوراخ M۱۰ آن را به قطر ۸٫۵ سوراخ کنید. قطر میله M۱۰ نیز باید ۱۰ میلی‌متر باشد. ابزار موردنیاز برای درج رزوه Cosmetic Thread است که باید آن را از منوی Insert > Annotation اجرا کنید. بعد از اجرای ابزار باید ابتدا لبه سوراخ یا میله را در یکی از نماها انتخاب کنید. سپس ویژگی‌های رزوه مانند استاندارد، نوع رزوه، سایز و طول رزوه را تعیین کنید.



شکل ۱۱۸

نکته

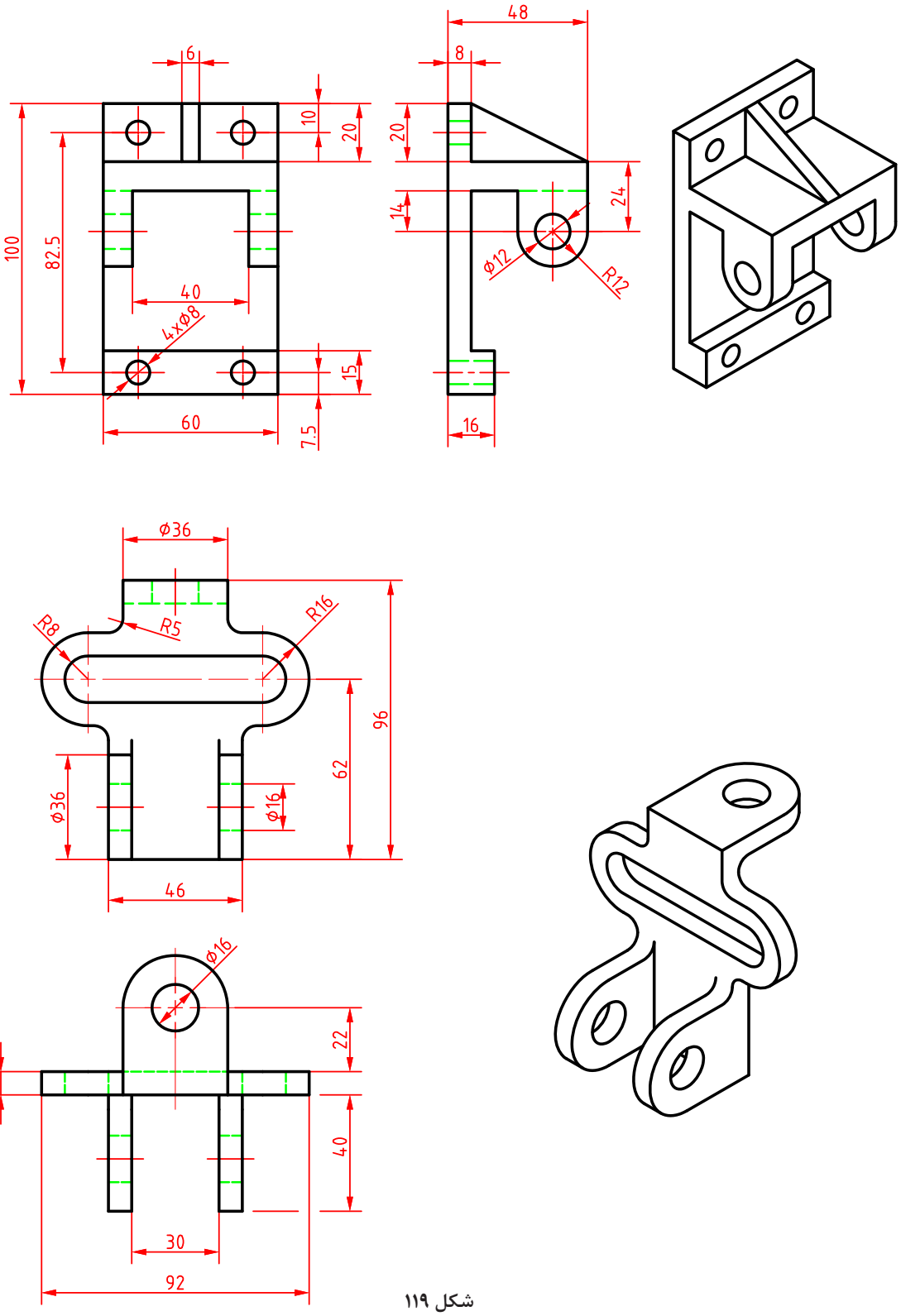
با درج رزوه در یک نما، در بقیه نماها نیز درج می‌شود.

فعالیت ۲۵

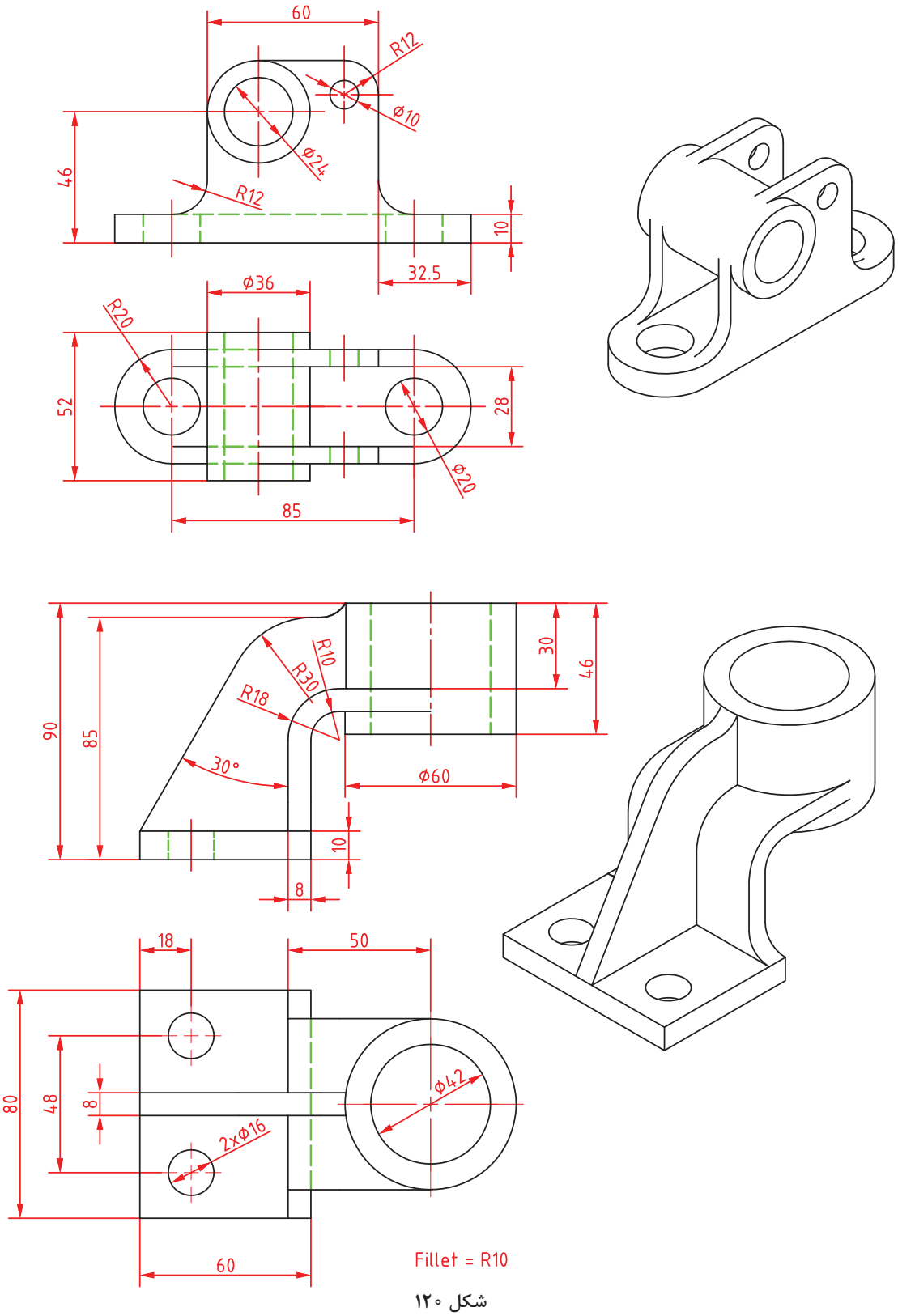
تمامی قطعاتی که تاکنون مدل‌سازی کرده‌اید، نماگیری نمایید.

فعالیت ۲۶

احجام صفحه بعد را مدل‌سازی کنید سپس آنها را به نقشه اجرایی تبدیل نمایید.


6
10
20
100
82.5
40
4xØ8
15
60
7.5
48
8
20
14
24
Ø12
R12
16
Ø36
R8
R5
R16
96
62
Ø36
Ø16
46
Ø16
22
8
40
30
92

شکل ۱۱۹


60
R12
Ø10
Ø24
46
R12
10
32.5
Ø36
R20
52
28
Ø20
85
30
46
R10
R30
R18
90
85
30°
Ø60
10
8
18
50
80
48
8
Ø42
2xØ16
60
Fillet = R10

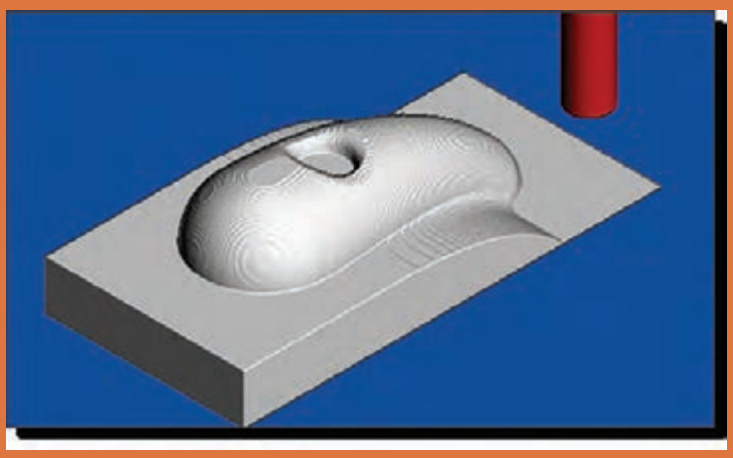
شکل ۱۲۰

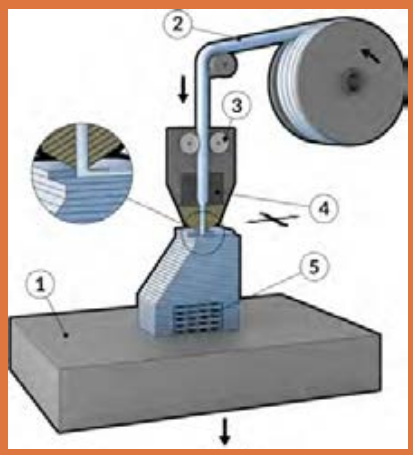
ارزشیابی

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
مدل‌سازی سه‌بعدی به کمک رایانه	تهیه مدل سه‌بعدی از روی نقشه‌های قطعات در محیط نرم‌افزار سالیدورکز و تهیه نقشه‌های اجرایی مورد نیاز	بالاتر از حد انتظار	۱ـ مدل‌سازی قطعات پیچیده در محیط سالیدورکز ۲ـ تهیه نقشه‌های اجرایی برای قطعات پیچیده از نرم‌افزار سالیدورکز	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	۱ـ مدل‌سازی قطعات ساده در محیط سالیدورکز ۲ـ تهیه نقشه اجرایی قطعات مساوی با استفاده از نرم‌افزار سالیدورکز	۲
		پایین‌تر از انتظار (عدم احراز شایستگی)	مدل‌سازی قطعات ساده در محیط سالیدورکز	۱
نمره مستمر از ۵				
نمره شایستگی پودمان از ۳				
نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۴

روش‌های ساخت به کمک رایانه (CAM)





واحد یادگیری ۱

پاورمیل

مقدمه

با پیشرفت روزافزون تکنولوژی در حوزه صنعت، از نرم‌افزارهای زیادی در زمینه ساخت به‌کمک رایانه استفاده می‌شود که به آنها نرم‌افزارهای CAM گفته می‌شود. برخی از این نرم‌افزارها عبارتند از: Surf CAM, Edge CAM, Solid CAM, Master CAM, ... در این واحد یادگیری می‌خواهیم شما را با مراحل تهیه برنامه ماشین‌کاری فرز CNC با سه محور کنترل توسط یکی از نرم‌افزارهای پرکاربرد بنام پاورمیل آشنا کنیم.

استاندارد عملکرد

تهیه برنامه ماشین‌کاری برای فرز CNC سه محور کنترل توسط نرم‌افزارپاورمیل

پیش‌نیاز و یادآوری

برای یادگیری این واحد، هنرجو باید مهارت‌های زیر را قبلا کسب کرده باشد.

- توانایی و مهارت کار با رایانه و سیستم عامل Windows
- توانایی و مهارت کار با یکی از نرم‌افزارهای مدل‌سازی مانند سالید ورکز، کتیا، اینونتور
- توانایی و مهارت کار با دستگاه فرز معمولی و شناخت ابزارهای عمومی‌آن

نرم‌افزار (PowerMill)

آشنایی با فرز CNC سه محورکنترل

دستگاه فرز CNC سه محور کنترل یکی از ماشین‌آلات پرکاربرد است که در صنایع قالب‌سازی و قطعه‌سازی استفاده می‌شود. کدهای تهیه شده به‌صورت دستی یا به کمک نرم‌افزار CAM تهیه و به ماشین ارسال می‌شود. کنترلرهای دستگاه مانند یک رایانه کدها و دستورات را خوانده و آنها را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل و با ارسال فرمان‌های الکتریکی به سرور موتورها باعث حرکت و هدایت محورها و اسپیندل در مسیرهای تعریف شده می‌شوند. میکروسویچ‌ها و خط‌کش‌های دیجیتال بازخوردهای مورد نیاز را جهت ادامه فرایند به کنترلر ارسال می‌کنند. کنترلرهای نصب شده در فرزهای سی ان سی سه محورکنترل، قادر به کنترل دقیق حرکت میز دستگاه در دو جهت محور X و Y و همچنین محور (اسپیندل) آن در راستای محور Z می‌باشد. حرکت این محورها دقیقاً مانند فرز معمولی‌اند با این تفاوت که درفرز CNC اسپیندل حرکت در راستای محور Z را انجام می‌دهد. (میز این نوع دستگاه‌ها حرکت دورانی ندارد.) بیشتر فرزهای CNC مجهز به دستگاه تعویض خودکار ابزار یا Tool Change می‌باشند و کنترلر باتوجه به برنامه تهیه شده فرمان تعویض ابزار را ارسال می‌کند.

کنترلرهای مختلفی برای این دستگاه‌ها توسط شرکت‌هایی مانند فانوک،هایدن‌هاین، زیمنس، فاگور، میتسوبیشی و... طراحی و تولید می‌شوند. در شکل‌های ۱ نمونه‌هایی از کنترلرهای CNC نشان داده شده است.





شکل ۱

نقاط صفر و مرجع

برای کنترل عملیات ماشین‌کاری در ماشین‌های CNC، پارامترهای موقعیت، سرعت و نیرو اندازه‌گیری می‌شود. همچنین به‌منظور داشتن حرکت‌های دقیق ابزار و میز ماشین، تنظیم سیستم اندازه‌گیری ماشین و ساده‌تر شدن برنامه نویسی باید یک سری نقاط به‌عنوان نقاط مرجع تعریف شود. این نقاط عبارتند از :

نقطه صفر ماشین (M)

این نقطه که توسط شرکت سازنده بر روی دستگاه تعریف می‌شود ثابت بوده زمانی که دستگاه روشن می‌شود محور Z و میز به‌صورت خودکار به‌موقعیت صفر ماشین منتقل می‌شوند.

نقطه صفر ماشین در ماشین‌های فرز معمولاً در گوشه پایین و سمت چپ میز تعریف شده است.

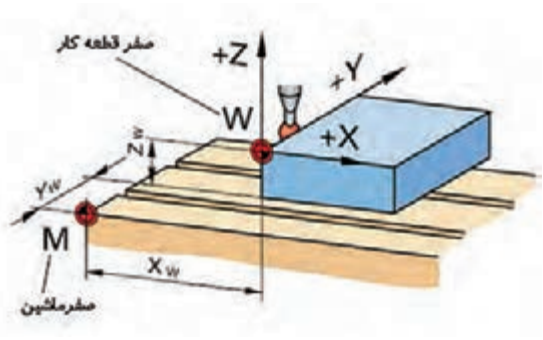
نقطه صفر قطعه کار (W)

این نقطه به‌منظور سهولت درتهیه برنامه ماشین‌کاری توسط برنامه‌نویس یا اپراتور پاورمیل تعیین می‌شود. چنانچه این نقطه تعریف نشود، برنامه تهیه شده براساس صفر ماشین خواهد بود (عملیات برنامه‌نویسی

مشکل‌تر می‌شود.)
در شکل ۲ نقاط صفر ماشین (M) و صفر قطعه کار (W) نشان داده شده است.

نقطه صفر ابزار (T)

نقطه صفر ابزار(Point Reference Tool): این نقطه در موقعیت خاصی از ابزار گیر تعریف شده است و جبران و تصحیح طول و شعاع ابزار در راستای هریک از محورهای X ،Y و یا Z نسبت به این نقطه محاسبه می‌شود. نقطه صفر ابزار با حرف T مشخص می‌شود. در شکل ۳ موقعیت این نقطه با حرف T نشان داده شده است.



شکل ۲



شکل ۳

ضرورت استفاده از نرم‌افزارهای CAM

در ماشین‌های سی ان سی از قبیل تراش و فرز، برنامه نویس باید کدهای خاصی به‌منظور تبدیل زبان برنامه‌نویسی برای ماشین‌کاری قطعات را با توجه به شکل هندسی و فرم قطعه بنویسد، برنامه‌نویسی دستی قطعات تراشکاری و با وجود سایکل‌های آماده برای اعمالی مانند پیچ تراشی، شیارتراشی و غیره معمولاً کار پیچیده‌ای نیست. اما در فرزکاری کار برنامه‌نویسی خصوصاً برای قطعاتی که دارای اجزا و فرم‌های پیچیده می‌باشد بسیار سخت و زمان‌بر می‌باشد و تعداد خطوط برنامه بسیار زیاد خواهد شد، دراین موارد نرم‌افزارهای CAM مانند پاورمیل، با اعمال تعاریف و تنظیمات خاصی، این کدها را به‌صورت خودکار ایجاد می‌کنند.

معرفی نرم‌افزار پاورمیل (PowerMill)

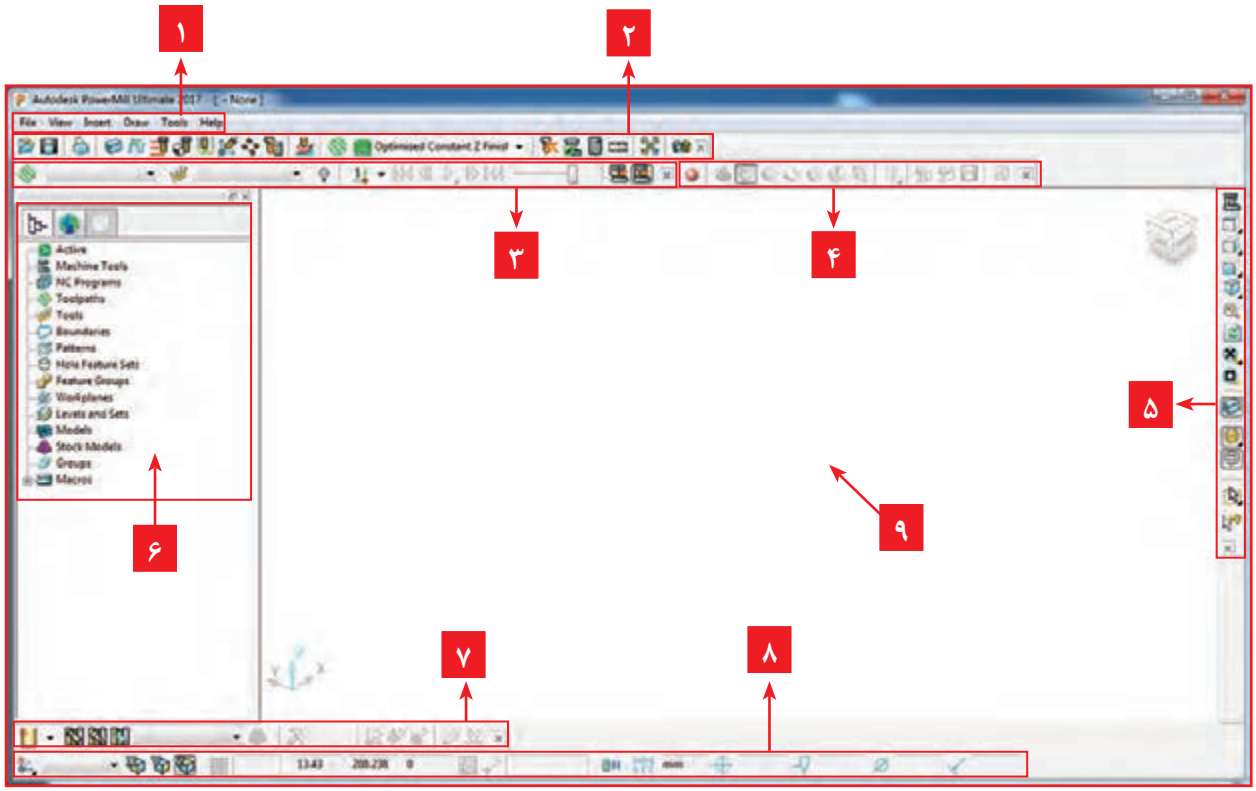
نرم‌افزار پاورمیل (ورژن ۲۰۱۷) که متعلق به‌شرکت اتودسک (AutoDesk) می‌باشد، یک نرم‌افزار بسیار پرکاربرد و قدرتمند است که در صنایع مختلفی نظیر قالب سازی و خدمات CNC مورد استقبال و استفاده گسترده قرارگرفته است. نرم‌افزار پاورمیل با داشتن امکانات قدرتمندی در زمینه استراتژی‌های فرزکاری قطعات ساده تا پیچیده درگستره وسیعی از دستگاه‌های CNC تا پنج محورکنترل کاربرد دارد. در ورژن‌های جدید مانند ۲۰۱۷ بخش تراشکاری (Training) نیز به آن اضافه شده تا بر قابلیت‌های این نرم‌افزار قدرتمند بیافزاید.

برخی ویژگی‌های برجسته پاورمیل عبارتند از :

- به‌کارگیری تکنیک‌ها و استراتژی‌های مختلف در زمینه خشن‌کاری، پرداخت‌کاری، سوراخ‌کاری و سایرعملیات ماشین‌کاری
- امکان به‌کارگیری و تعریف انواع ابزارهای براده برداری
- امکان به‌کارگیری این نرم‌افزار در اکثر دستگاه‌های CNC با کنترلرهای مختلف تا پنج محور
- پردازش قدرتمند جهت کاهش زمان ماشین‌کاری، افزایش کیفیت سطح، کنترل برخوردها و...
- گستردگی استفاده از این نرم‌افزار در صنایع مختلف کشورمان

آشنایی با محیط نرم‌افزار:

قبل ازشروع بهتر است با محیط نرم‌افزارپاورمیل ۲۰۱۷ آشنا شویم. پس از دبل کلیک بر روی عنوان نرم‌افزار، پنجره آن به شکل زیر بازمی‌شود. در شکل ۴ نام برخی نوار ابزارها و نواحی مختلف نمایش داده شده است.



شکل ۴

نوار ابزارها و نواحی مهم نرم‌افزار پاورمیل

۱ **نوارمنو(Menu Bar)**: شامل کلیه دستورات و تنظیمات نرم‌افزار پاورمیل و help برنامه می‌باشد.

۲ **نوار ابزار اصلی (Main Bar)**: مهم‌ترین نوار ابزار پاورمیل که تعاریف و تنظیمات اصلی مانند تعریف بلوک خام، نوع و مقدار ارتفاع نشست و برخاست‌های ابزار، فواصل ایمن، نقاط شروع و انتهای ماشین‌کاری و غیره از طریق این نوار ابزار انجام می‌شود.

۳ **نوار شبیه‌سازی(Simulation)** : پس از ایجاد مسیر ماشین‌کاری و تنظیمات پارامترهای مربوط به آن و قبل ازتهیه برنامه ماشین‌کاری می‌توان با نوار ابزار Simulation مسیر ماشین‌کاری را شبیه سازی کرد و اشکالات آن را برطرف کرد.

۴ **نوار ابزار View Mill:** برای نمایش بلوک و مدل در حالات مختلف جهت عملیات شبیه‌سازی کاربرد دارد.

۵ **نوار ابزار Viewing**: پس از ورود مدل به نرم‌افزار و یا درحین کار با قسمت‌های مختلف نرم‌افزار جهت داشتن دید مناسب می‌توان نمای دید مدل را از طریق این نوار ابزار تغییر داد.

۶ **پنجره Explorer**: تاریخچه عملیات انجام شده مانند تعاریف و تنظیمات بلوک خام، ابزارها، استراتژی‌ها، تعریف؛ workplan ها، Boundary و برنامه‌های تهیه شده ماشین‌کاری و غیره در این پنجره قابل مشاهده و تغییر است.

۷ **نوار تعریف ابزار (Tool Toolbar)** : برای تعریف ابزارهای مناسب برای انجام انواع عملیات‌های ماشین‌کاری استفاده می شود.

۸ **نوار ابزار وضعیت (Statues)**: این نوار ابزار، وضعیت صفر قطعه‌کار فعال (Workplane)، قطر ابزار، تولرانس، مختصات ماوس وغیره را نشان می‌دهد.

۹ **پنجره گرافیکی**: در این پنجره مدل، بلوک خام، ابزارها و مسیرهای ماشین‌کاری (Toolpath)، به‌صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود.

نکته

در شروع کار با نرم‌افزار، همواره این پنجره بر محور Z دستگاه مختصات عمود است.

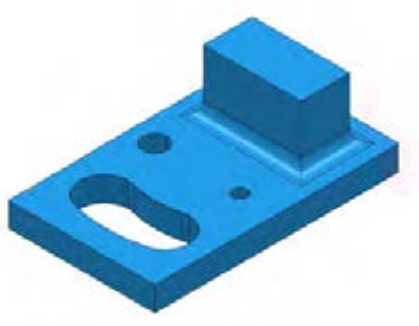
برای اضافه کردن نوار ابزارها به محیط پاورمیل، باید ازمنوی View گزینه Toolbar را کلیک کنید و سپس از لیست باز شده نوار ابزار مورد نظر را تیک بزنید.

فعالیت ۱

نوار ابزارهایی که دربالا به آن اشاره شد را از محیط حذف و دوباره آنها را برگردانید.

مراحل کار در نرم‌افزار پاورمیل

قطعه شکل ۵ را درنظربگیرید، اگر بخواهید آن را با یک دستگاه فرز معمولی ماشین‌کاری (فرزکاری) کنید، چگونه انجام می‌دهید؟ مسلماً ابتدا باید ماده خامی بزرگ‌تر از ابعاد اصلی قطعه تهیه کنید. پس از بستن و ساعت کردن قطعه کار، باید با بستن ابزار مناسب، مماس کردن ابزار و صفر کردن ورنیه‌های



شکل ۵

دستگاه، تنظیم عده دوران و پیشروی مناسب، خشن‌کاری اولیه قطعه کار را انجام دهید. اکنون این سؤال پیش می‌آیدکه آیا فقط از یک ابزار برای فرزکاری آن استفاده می‌کنید، برای فرزکاری شیار باید ابزار دیگری استفاده کرد، سوراخ ها توسط مته و درصورت نیاز برقوکاری می‌شوند. برای فرزکاری گوشه‌های گرد نمی‌توانید از فرز انگشتی سر تخت استفاده کنید و باید از ابزاری که سرآن گرد است کمک بگیرید.

در اکثر نرم‌افزارهای CAM مانند پاورمیل روند کارنیز تقریباً به‌همین‌گونه است. یعنی باید بلوک ماده خام، ابزارهای مناسب، پارامترهای ماشین‌کاری مانند سرعت برشی، عده دوران، فاصله‌های ایمن ابزار، استراتژی‌های مناسب ماشین‌کاری برای رسیدن به قطعه نهایی تعریف گردد و در نهایت G کد آن توسط نرم‌افزار پاورمیل تهیه و به دستگاه CNC ارسال می‌شود.

اپراتور پاورمیل جهت گرفتن خروجی برنامه ماشین‌کاری، تعاریف، تنظیمات و اقدامات خاصی را انجام می‌دهد، در اینجا برای آموزش بهتر نرم‌افزار پاورمیل آن را در نه گام توضیح می‌دهیم. البته به این معنی نیست که این مراحل حتماً باید به‌روال زیرانجام گیرد. در ورژن‌های جدید مانند ۲۰۱۷ بسیاری از مراحل زیر در پنجره تعریف استراتژی قابل تعریف و تنظیم می‌باشد.

نگاهی به مراحل کار در نرم‌افزار پاورمیل

گام اول : واردکردن مدل طراحی شده از نرم‌افزارهای مدل سازی به محیط پاورمیل

گام دوم : بررسی مدل در نماهای مختلف و اصلاح وضعیت و موقعیت آن نسبت به محورمختصات جهت تعیین نقطه صفرقطعه کار.

گام سوم : تعریف نقطه صفر قطعه کار یا Workplane

گام چهارم : تعریف بلوک ماده خام اولیه جهت ماشین‌کاری

گام پنجم : تعیین و تعریف ابزارهای ماشین‌کاری

گام ششم : تعیین استراتژی‌های مناسب ماشین‌کاری(Toolpath Strategies) و شبیه‌سازی (Simulation)

گام هفتم : تنظیم پارامترهای ماشین‌کاری

گام هشتم : تهیه برنامه ماشین‌کاری (NC Program) و رایت کردن برنامه (Write)

گام نهم : ارسال برنامه به دستگاه از طریق نرم‌افزارهای انتقال فایل مانند (نرم‌افزار CIMCO)

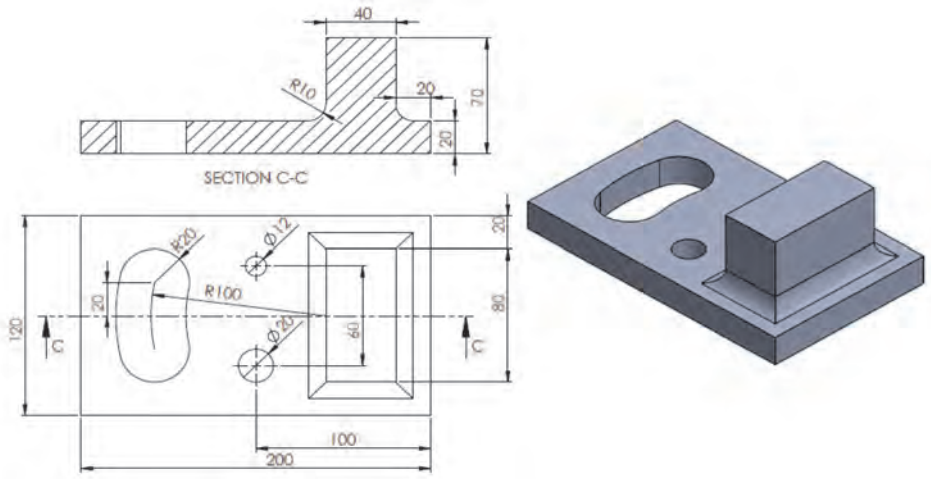
اینک به تشریح هر یک از مراحل می‌پردازیم.

گام اول : واردکردن مدل در نرم‌افزار پاورمیل

فرمت استاندارد کاردر محیط پاورمیل فایل‌های با پسوند dgk می‌باشد. نرم‌افزارهای مدل سازی مانند سالیدورکز وکتیا قادرند مدل را با فرمت‌هایی مانند stp , igs که پرکاربردترین فرمت‌های قابل استفاده در نرم‌افزارهای CAM هستند ذخیره کنند. لذا بهتر است بعد از طراحی مدل در نرم‌افزارهای مدلسازی فایل مدل خود را به یکی از فرمت‌های فوق ذخیره کنیم. البته پاورمیل قادراست فایل‌های با فرمت استاندارد نرم‌افزارهای مدل‌سازی را نیز با روش‌هایی که ذکر می‌کنیم تبدیل فرمت و باز کند.

فعالیت عملی ۱

مدلی را که نقشه آن در شکل ۶ آورده شده است را در نرم‌افزار سالیدورکز طراحی و آن را با نام Model ۱ درمسیر دلخواه (یا Desktop) ذخیره کنید. (نمای روبرو در صفحه Front رسم شود).

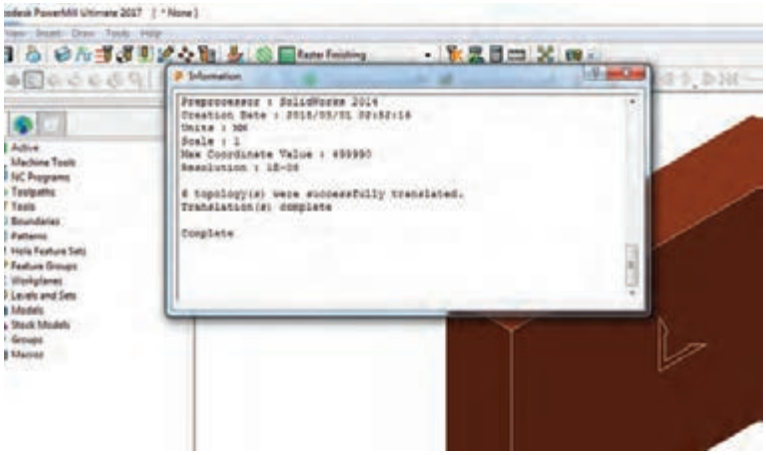


شکل ۶

اکنون می‌خواهیم مدل رسم شده را در نرم‌افزار پاورمیل وارد کنیم.

روش‌های وارد کردن مدل

۱ استفاده ازگزینه Import Model از منوی File : از منوی **File** گزینه open را انتخاب و سپس روی نام مدل در مسیر ذخیره شده کلیک کنید و بر روی دکمه open کلیک کنید چنانچه پسوند فایل غیر از dgk باشد پس از انجام عملیات ترجمه فایل و نشان دادن فرم Information (شکل ۷) مدل را باز می‌کند. با عمل درگ کردن فایل مدل به درون نرم‌افزارپاورمیل نیز مدل تبدیل فرمت و باز می‌شود. (اگر نرم‌افزارپاورمیل قادر به باز کردن مدل نشد، مدل خود را در Desktop ذخیره کنید).



شکل ۷

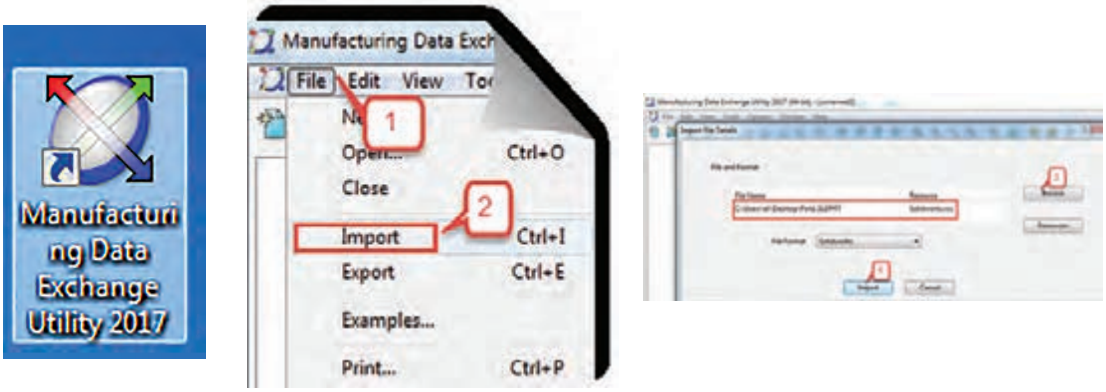
فعالیت عملی ۲

مدلی را طراحی و با فرمت Igs ذخیره کنید.

فعالیت عملی ۳

مدل طراحی شده در فعالیت ۱ (Model ۱) را به روش Import Model در پاورمیل باز کنید.

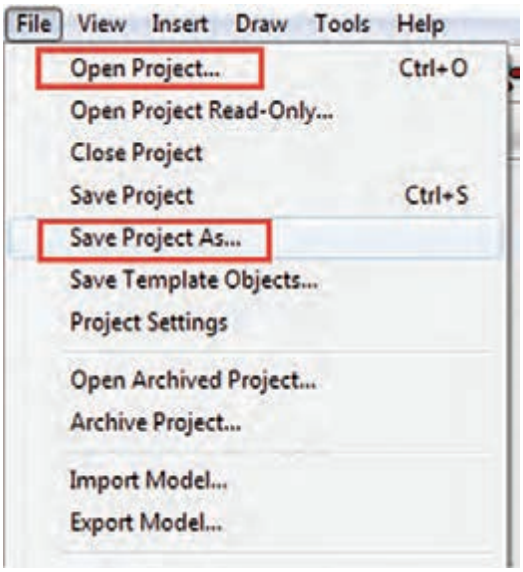
۲ استفاده از نرم‌افزار کمکی Manufacturing Data Exchange Utility که همراه با نرم‌افزار پاورمیل نصب می‌شود. درمواردی که فرمت فایل توسط نرم‌افزار پاورمیل قابل شناسایی نباشد به‌کمک این برنامه جانبی و دستورات Import و Export که در منوی File این برنامه واقع شده، می‌توانید فرمت فایل مدل را به فرمت dgk تبدیل کنید (شکل ۸).



شکل ۸

ذخیره کردن و بازکردن پروژه

پروژه چیست ؟ تمامی‌تعاریف و تنظیمات انجام شده بر روی مدل (از قبیل تعریف بلوک خام، ابزار، استراتژی ماشین‌کاری، پارامترهای ماشین‌کاری و غیره) در قالب یک فایل پروژه ذخیره می‌شود. برای ذخیره‌سازی کارهای انجام شده تحت نام یک پروژه کافی‌است از طریق منوی File دستور Save Project as... را انتخاب کنید و پس از نام‌گذاری پروژه و تعیین مسیر ذخیره‌سازی با کلیک بر روی دکمه Save ، پروژه را ذخیره نمایید. ضمناً جهت باز کردن پروژه‌های ذخیره شده، از دستور Open Project استفاده کنید. (شکل ۹)



شکل ۹

فعالیت عملی ۴

فرمت مدل طراحی شده در فعالیت ۱ را با استفاده از نرم‌افزار Manufacturing Data Exchange. با روش اول به فرمت dgk تبدیل کنید و سپس آن را در محیط پاورمیل باز کنید. اکنون مدل بازشده را با نام Project ۱ در پاورمیل ذخیره کنید.

گام دوم : بررسی مدل درنماهای مختلف

هنگامی‌که مدلی را در پاورمیل باز می‌کنید آن را با استفاده از نوارابزار View در نماهای مختلف، بررسی کرده تا بتوانید موقعیت آن را نسبت به دستگاه مختصات با موقعیت مناسب قطعه کار روی میز دستگاه CNC تطبیق دهید. (وضعیت مدل در پاورمیل با وضعیت بستن قطعه روی میز ماشین یکی باشد.)

نوار ابزار(View) : همانطور که گفته شد پس ازباز شدن نرم‌افزار پاورمیل، پنجره گرافیکی عمود برمحورZ است، برای مشاهده مدل در نماهای مختلف از نوار ابزار View استفاده می‌شود. (شکل ۱۰)

مربوط به شکل شماره ۱۰ می‌باشد.



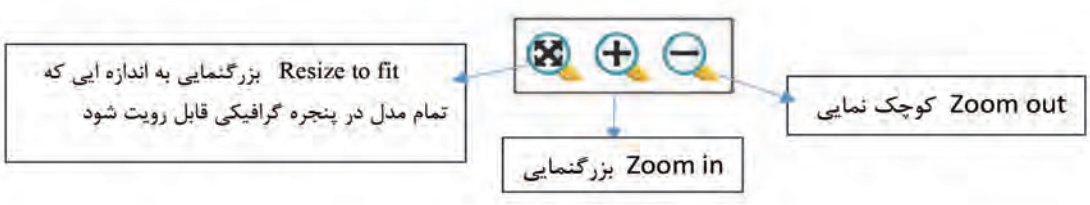
شکل ۱۰

عملکرد این ابزارها مشابه نرم‌افزار سالیدورکز می‌باشد.

فعالیت عملی ۵

فایل Project ۱ را باز کرده با کلیک بر روی آیکون‌های فوق مدل را در نماهای مختلف قرارداده و شکل هندسی آن را به لحاظ ظاهری بررسی کنید.

دستوراتZoom : برای زوم کردن (بزرگ نمایی و کوچک نمایی) مدل از این دستورات استفاده می‌شود. (شکل ۱۱)



شکل ۱۱

فعالیت عملی ۶

با استفاده از دستورات فوق عملیات بزرگنمایی و کوچک‌نمایی مدل وارد شده (Project ۱) را تمرین کنید.

کار با ماوس و صفحه کلید:

Zoom » می‌توان با چرخاندن کلید **چرخان ماوس** عمل **بزرگنمایی یا کوچک نمایی** مدل را انجام داد.

Pan» می‌توان با نگه داشتن همزمان کلید **چرخان ماوس** (Scorall) و کلید Shift و جابجا کردن ماوس به اطراف عمل **جابجایی** مدل را انجام داد.

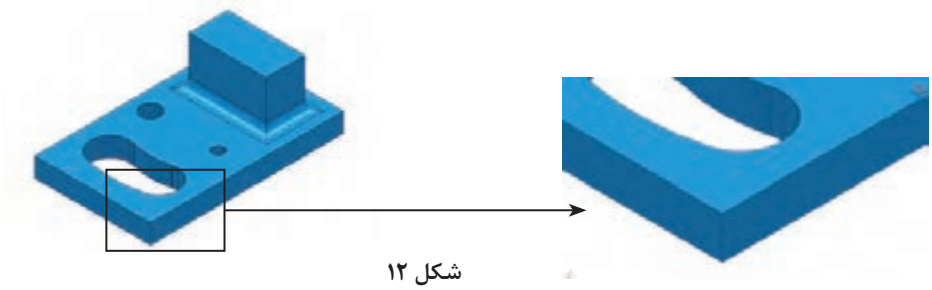
Rotate» می‌توان با نگه داشتن کلید **چرخان ماوس** و حرکت چرخشی ماوس عمل **دوران** مدل را انجام داد.

فعالیت عملی ۷

توسط ماوس و کلید Shift وکلید چرخان ماوس، اعمال Zoom, Pan , Rotate را روی مدلی که قبلاً باز کرده‌اید تمرین کنید تا مهارت کافی کسب نمایید.

دستور Zoom to Box

از این دستور برای بزرگنمایی بخشی از مدل استفاده می‌شود، بدین منظور کافی است با نگه داشتن کلیک چپ و رسم یک کادر حول قسمتی از مدل که مدنظرتان است به بزرگ‌نمایی آن قسمت دست یابید. (شکل ۱۲)



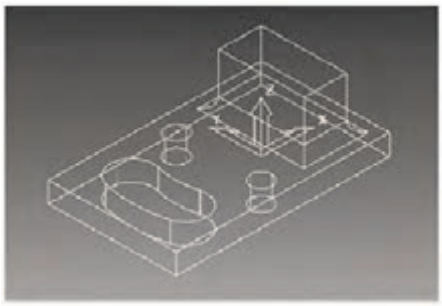
شکل ۱۲

فعالیت عملی ۸

گوشه‌ای از مدل را با دستور Zoom to Box بزرگنمایی کنید و سپس با دستور Resize to Fit به حالت اول برگردانید.

دستور Wireframe

جهت نمایش مدل بصورت سیمی و بدون رنگ‌آمیزی، جهت دید بهتر اجزای مخفی مدل به‌کار می‌رود. (شکل ۱۳)



شکل ۱۳

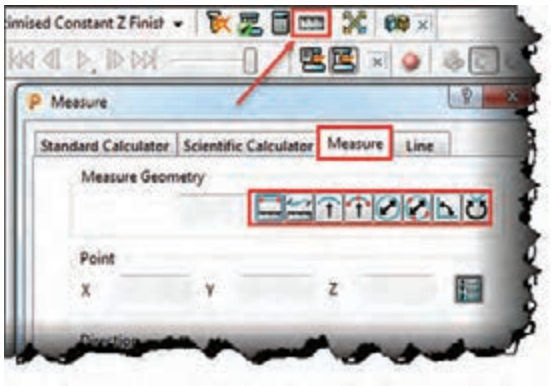
Plane Shade : مدل به‌صورت رنگ شده نمایش داده می‌شود. از این دستور برای مشاهده و شناسایی سطوح مختلف مدل (مانند سطوح با شیب منفی) استفاده می‌شود که با رنگ‌های مختلف نمایش داده می‌شود.

Block: از این دستور برای نمایش یا عدم نمایش بلوک در محیط گرافیکی استفاده می‌شود. گاهی اوقات لازم است برای انتخاب راحت‌تر سطوح مدل، بلوک نمایش داده نشود (اصطلاحاً خاموش شود.)

توجه: مشابه این دستور در نوار ابزار اصلی نیز وجود دارد که عملکرد آن تعریف بلوک خام است ولی در اینجا منظور، آیکونی است که در نوار ابزار Viewing قرار دارد.

دستور Measure

در پاورمیل هنگام کار برروی مدل، (خصوصاً بر روی مدل‌هایی که نقشه اندازه‌های آن را در اختیار نداریم)، می‌توان از این دستور مانند یک ابزار اندازه‌گیری، برای اندازه‌گیری ابعاد اجزای مدل استفاده کرد. با اجرای این دستور در نوار ابزار اصلی کادر محاوره ای شکل ۱۴ باز می‌شود.



این دستورات می توانند اندازه‌هایی مانند قطر یا شعاع دایره سوراخ‌ها، طول اضلاع و فاصله بین دونقطه، را نشان دهند.

شکل ۱۴

مثال ۱ : فرض کنید می‌خواهید قطر سوراخی را که مقدار آن را نمی‌دانید، اندازه بگیرید.

نحوه اندازه‌گیری قطر دایره سوراخ :

۱ مدل را در وضعیت دید از بالا قرار دهید.

۲ دستور Measure را از نوار ابزار اصلی اجرا کنید.

۳ از تب Measure گزینه Diameter from tree point را انتخاب کنید.

۴ بوسیله کلیک چپ ماوس سه نقطه دلخواه روی محیط دایره بالای سوراخ کلیک کنید تا قطر دایره درکادر Diameter نشان داده شود. شکل ۱۵



شکل ۱۵

مثال ۲ : فرض کنید می‌خواهید ارتفاع دیواره پایین مدل را اندازه بگیرید.

نحوه اندازه گیری فاصله بین دو نقطه :

۱ مدل را در وضعیت مناسب قرار دهید بطوریکه نقاط مورد نظر قابل انتخاب باشد.

۲ دستور Measure را اجرا کنید.

۳ از تب Measure اولین گزینه یعنی Distance between two point را انتخاب کنید.

۴ به‌وسیله کلیک چپ ماوس به‌ترتیب دو نقطه‌ای که فاصله بین آنها مدنظرتان است انتخاب کنید تا مقدار آن در کادر Distance درج شود. (شکل ۱۶)



شکل ۱۶

با روش سعی و خطا و باکمک هنرآموز خود عملکرد سایرگزینه‌های دستور Measure را بررسی کنید شکل ۱۷.



شکل ۱۷

دستور Transform

همانطورکه گفتیم پس از وارد کردن مدل در پاورمیل باید موقعیت آن را نسبت به دستگاه مختصات محیط نرم‌افزار پاورمیل، با موقعیت مناسب قطعه کار روی میز دستگاه CNC تطبیق دهیم. بهترین نما برای تشخیص موقعیت فعلی مدل و اصلاح آن نمای دید از بالاست، زیرا مشابه ایستادن فرد روبروی میز فرز CNC و از بالا نگاه کردن به قطعه کاراست. در بسیاری از موارد بهتر است طول مدل در راستای محور X دستگاه قرارگیرد، مگرآنکه قطعه یا گیره دیگری بر روی سمتی از میز بسته شده باشد و احتمال برخورد ابزار با آن وجود داشته باشد و یا شکل، اندازه و تعداد قطعات بسته شده روی میز، سبب شود بلوک خام در راستای دیگری روی میز مهار شود.

چنانچه کار مدل‌سازی قطعه را خودتان انجام می‌دهید بهتر است موارد بالا را درحین کار با نرم‌افزارهای

CAD مانند سالیدورکز رعایت کنید. اما اگر مدل توسط شخص دیگری (کارفرما) طراحی شده باشد، باید با استفاده از دستور Transform اصلاحات لازم را در وضعیت آن انجام دهید.

مثال۳ : می‌خواهیم فایل project ۱ را باز کرده، سپس وضعیت آن را از شکل ۱۸ به وضعیت شکل ۱۹ تبدیل کنیم.



شکل ۱۸



شکل ۱۹

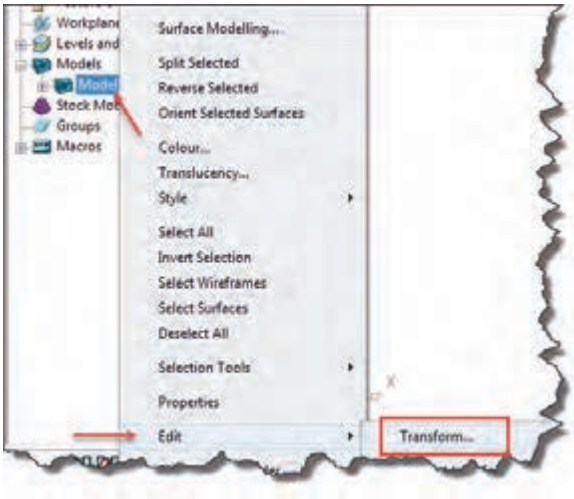
برای این کار باید در پاورمیل مطابق با مراحل زیرمدل را بچرخانید. (فایل ۱ Project را باز کنید.)

۱ بر روی علامت + کنار عبارت Model در پنجره Explorer کلیک کنید تا زیر شاخه آن بازشود.

۲ بر روی نام مدل (model ۱) کلیک راست کنید.

۳ از زیر منوی باز شده گزینه Edit و سپس گزینه Transform را انتخاب کنید تا کادر محاوره‌ای آن مانند شکل ۲۱ باز شود.

مراحل ۱ تا ۳ در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۲۰

در کادر محاوره‌ای Transform Model برای جابجا کردن، چرخاندن و تغییر مقیاس مدل در راستای محورها، مطابق توضیحات شکل ۲۱ عمل می‌شود.



در این قسمت با وارد کردن مقدار فاصله جابه‌جایی درکادر **Distance** و هربار کلیک برروی هرکدام از محورهای X، Y Z مدل به اندازه این عدد در راستای محور کلیک شده جابه‌جا شود.

در این قسمت با وارد کردن مقدار زاویه دوران در کادر **Angle** و هر بار کلیک برروی هرکدام از محورهای X، Y Z مدل به اندازه این زاویه، حول محور کلیک شده دوران می‌کند.

در این قسمت با وارد کردن مقدار مقیاس در کادر **Scale** و هربار کلیک برروی هرکدام از محورهای X، Y Z به اندازه این عدد در راستای محور کلیک شده تغییر مقیاس می‌دهد.

شکل ۲۱

دراین مثال باید مدل را ۹۰ درجه حول محور X دوران دهید. برای این کار :
۴ـ در کادر Rotate عدد ۹۰ درجه را وارد و یک‌بار بر روی محور X کلیک کنید تا مدل ۹۰ درجه بچرخد و در وضعیت شکل ۱۹ قرار بگیرد.

نکته

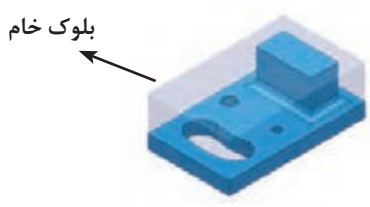
ـ اگر بخواهید مدل در راستای خاصی جابجا شود، کافیست مقدار جابجایی را (مثلاً ۵۰) را در کادر Distance وارد و بر روی محور مورد نظر(مثلاً Y) یک بار کلیک کنید تا مدل در راستای محورy جابجا شود. (دراین مثال نیازی به جابجایی مدل نداریم)
ـ با واردکردن اعداد به‌صورت منفی، جابجایی، دوران و مقیاس به‌صورت معکوس انجام می‌شود.

فعالیت عملی ۹

ـ فایل Project ۱ را به وضعیت شکل ۱۹ درآورید و دوباره آن را با همان نام Project ۱ ذخیره کنید.
ـ مدل را به اندازه ۲۰ میلی‌متر در راستای محور X و سپس ۳۵ـ میلی‌متر در راستای محور Y جابجا کنید و دوباره به مکان قبلی باز گردانید.
ـ مقیاس مدل را در تمام جهات دو برابرکنید و سپس به حالت قبل برگردانید.

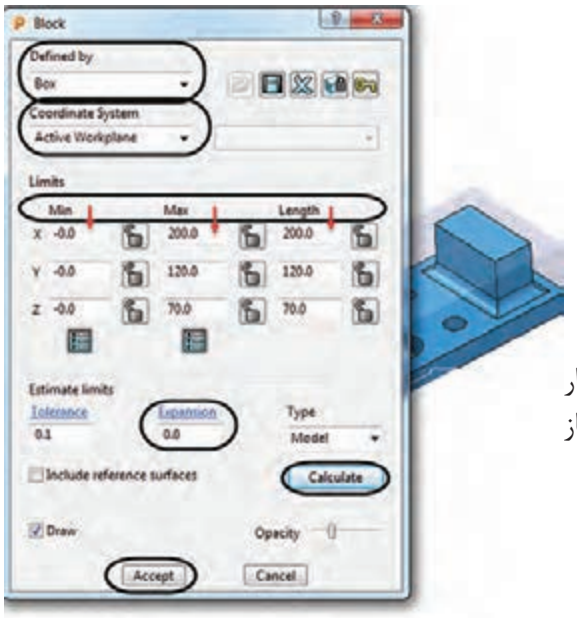
گام سوم : تعریف بلوک خام اولیه (Block)

بلوک خام اولیه به ماده خامی‌گفته می‌شود که پس از عملیات ماشین کاری، قطعه نهایی از آن حاصل می‌شود. (شکل۲۲)



شکل ۲۲

برای تعریف بلوک روی دستور Block در نوار ابزار اصلی (Main Tool) کلیک نمایید تا پنجره آن باز شود.(شکل ۲۳)



شکل ۲۳

توضیحات کادر محاوره‌ای شکل ۲۳

● درکادر Defined by، نوع بلوک (جهت کاهش دور ریز مواد خام) تعیین می‌شود، که انواع آن عبارتند از :

۱ Box » برای قطعاتی که شکل آنها را می‌توان از یک بلوک خام به شکل مکعب بدست آورد. مانند شکل ۲۲

۲ Picture » تعریف بلوک برای قطعاتی که دارای مقاطع خاصی هستند. بدین منظور ابتدا باید مقطع مدل را در یک نرم‌افزار Cad طراحی کرده و با فرمت pic ذخیره کنیم و در پاورمیل ازآن برای تعریف بلوک استفاده کنیم. (به help برنامه مراجعه کنید)

۳ Triangles » از این روش برای تعریف بلوک برای ماشین‌کاری قطعاتی که به‌روش ریخته‌گری، پیش تولید شده‌اند،استفاده می‌شود. شکل بلوک شبیه مدل نهایی ولی درمقیاس بزرگتر تعریف می‌شود.

۴ Boundary » جهت تعریف بلوک برای ماشین‌کاری قسمت خاصی از مدل استفاده می‌شود (شکل ۲۴).



شکل ۲۴

۵ Cylinder» تعریف بلوک به‌شکل استوانه و برای قطعاتی که فرم آن به استوانه شبیه است (مانند شکل۲۵).



شکل ۲۵

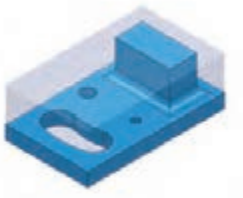
● کادرCoordinate System» از این قسمت برای تعیین سیستم مختصات دهی استفاده می‌شود که معمولا گزینه Active Workplane (صفرقطعه فعال) کاربرد بیشتری دارد.

● در کادرهای Length , Max , Min از بخش Limits به ترتیب ازچپ به راست مقادیر کمترین، بیشترین و طول بلوک می‌باشد، که پس ازکلیک بر روی دکمه Calculate توسط خود نرم‌افزار محاسبه می‌شود.

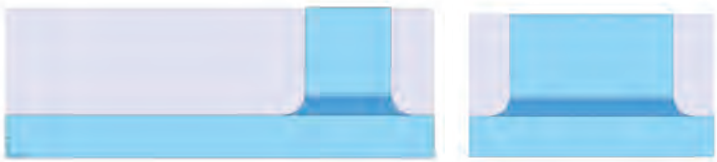
● Expansion » اضافه طول: چنانچه عددی در این کادر وارد شود و سپس بر روی دکمه Calculate کلیک کنید، این مقدار به ابعاد بلوک در تمام جهت‌ها اضافه می‌شود. به عنوان مثال اگر عدد ۱۰ را در این کادر وارد کنید، بلوک درتمام جهت‌های مثبت و منفی، ۱۰ میلی‌متر بزرگ‌تر خواهد شد. (طول، عرض و ارتفاع هرکدام ۲۰ میلی‌متر افزایش می‌یابند. چرا؟)

آیکن قفل که در کنار کادرها دیده می‌شود برای ثابت نگه‌داشتن اندازه‌های بلوک در راستای خاصی است. با قفل کردن هر جهت و وارد کردن مقدار Expansion وکلیک بر روی Calculate مدل در همه جهت‌ها به‌غیر از جهت‌های قفل شده افزایش می‌یابد.

درشکل‌های ۲۶ و۲۷ اندازه‌های بلوک براساس ابعاد قطعه و مقدار اضافی Expansion = ۱۰ را در تمام جهت‌ها، و در نماهای مختلف مشاهده می‌کنید.



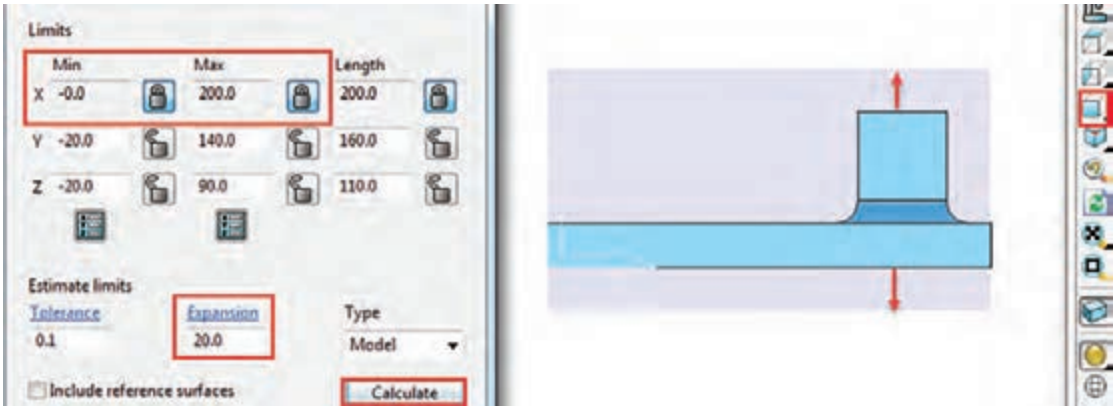
شکل ۲۶

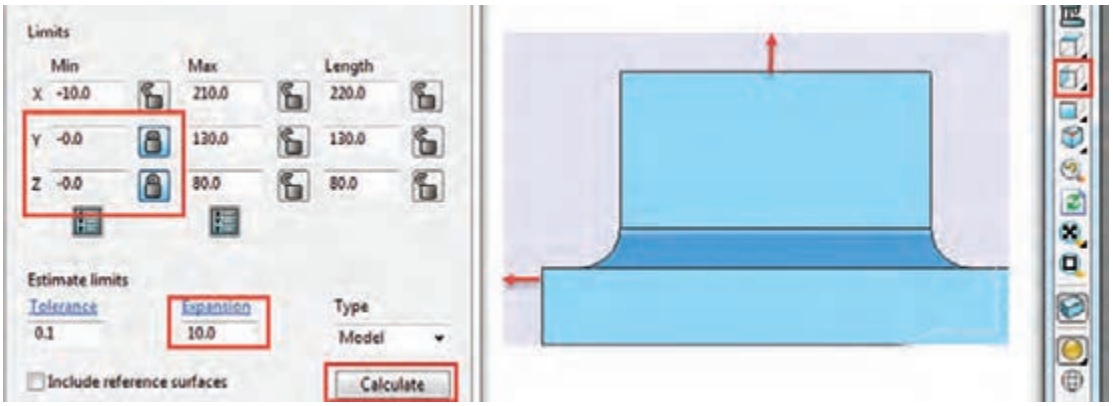


شکل ۲۷

تمرین

باکمک هنرآموز خود تغییرات ابعاد بلوک‌های نشان داده شده در شکل‌های ۲۸ را درکادر زیرآن بنویسید.





شکل ۲۸

نکته

اگر بخواهید اندازه بلوک را در راستای مشخصی تغییر بدهید، پس از وارد کردن مقدارآن، درکادر مورد نظر باید روی دکمه Accept کلیک کنید. کلیک برروی Calculate سبب می‌شود مدل دوباره براساس اندازه‌های قطعه (به اضافه مقدار Expansion) محاسبه شود.

فعالیت عملی ۱۰

ـ فایل Project ۱ را باز کنید. روی دستور Block از نوار ابزار اصلی کلیک کنید. روی دکمه Calculate کلیک کنید تا بلوک خام براساس ابعاد مدل محاسبه شود. فایل را با همان نام Project ۱ ذخیره کنید.

دوباره دستور Block را اجرا کرده، طول و عرض و ارتفاع بلوک را مشاهده و یادداشت کنید. اکنون مقدار Max z را به ۱۸۵ تغییر دهید و بر روی دکمه Accept کلیک کنید و نتیجه کار را مشاهده و با مقادیر قبلی مقایسه کنید.

دوباره دستور Block را اجرا و پس از وارد کردن عدد ۱۸۵ این بار بر روی دکمه Calculate کلیک کنید. نتیجه را با حالت قبل مقایسه کنید و با دوستان و هنرآموز محترم خود درمورد آن بحث کنید.

ـ یکی از مدل‌هایی که در پودمان قبلی (سالیدورکز) طراحی کرده، به محیط پاورمیل وارد کرده، بلوک خام را براساس اندازه‌های مدل محاسبه کنید، سپس به ابعاد مدل در راستای Max Z و Min X ، ۱۲ میلی‌متر اضافه کنید. سایر راستاها بدون تغییر بماند.

ـ دوباره بلوک را بر اساس ابعاد قطعه محاسبه کرده (کافیست مقدار Expansion = 0 و در ادامه بر روی Calculate کلیک کنید). این بار ابعاد بلوک را در تمام جهت‌ها به‌استثنای Min X به اندازه ۲۰ میلی‌متر اضافه و ۱۰ میلی‌متر از راستای Max Y کم کنید.

پرسش : درهنگام تعریف مجدد بلوک نباید سطحی از مدل درحالت انتخاب باشد. چرا؟

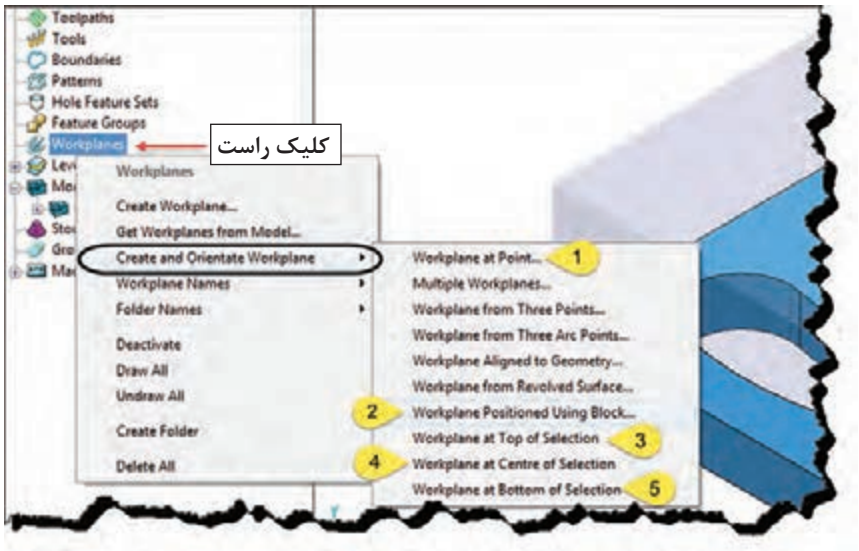
گام چهارم : تعریف نقطه صفرقطعه کاریا Workplane

یکی از نکات اصلی در فرایند برنامه‌نویسی CNC تعریف نقطه صفر قطعه کار می‌باشد. درپاورمیل به چند روش می‌توان این نقطه را تعریف نمود. اما ساده ترین روش برای تعریف نقطه صفر قطعه کار، تعریف Workplane می‌باشد که به توضیح آن می‌پردازیم.

۱ـ ابتدا فایل Project ۱ را باز کنید.

۲ـ برای تعریف Workplane بر روی گزینه Workplane در ناحیه Explorer کلیک راست کنید.

۳ـ سپس روی گزینه Create and Orientatate Workplane کلیک کنید تا لیستی از روش‌های تعریف Workplane باز شود (شکل ۲۹).

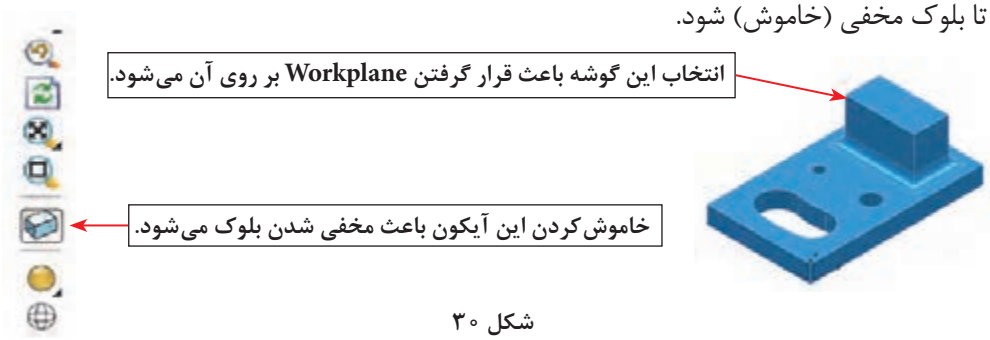


شکل ۲۹

اکنون به شرح مختصری از ۵ روش پرکاربرد که در شکل ۲۹ مشخص شده‌اند می‌پردازیم.

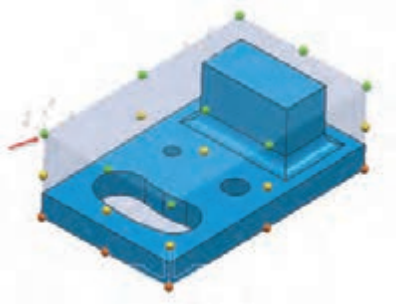
۱ گزینه Workplane at Point ...

چنانچه بخواهیم نقطه صفر قطعه کار بر روی گوشه یا نقطه‌ای از مدل قراربگیرد، این روش مناسب است. پس از انتخاب این گزینه کافیست برروی نقطه یا گوشه‌ای از مدل کلیک کنید. (شکل ۳۰)
برای اینکه بتوانید به‌راحتی نقاط مدل را انتخاب کنید، بر روی دستور Block از نوار ابزار Viewing کلیک کنید تا بلوک مخفی (خاموش) شود.



شکل ۳۰

۲ گزینه Workplane Positioned Using Block ...



شکل ۳۱

یکی ازساده ترین روش‌های تعیین نقطه صفر قطعه کار، زمانی است که می‌خواهید نقطه صفر برروی یکی ازگوشه‌های بلوک و یا مرکز وجوه بلوک خام تعریف شده قرارگیرد، لذا پس از تعریف بلوک و انتخاب این گزینه مدل و بلوک به شکل ۳۱ در می‌آید، اکنون با انتخاب هریک از نقاط رنگی، نقطه صفر قطعه کار درآنجا قرار می‌گیرد. (بلوک باید روشن باشد)

۳ گزینه Workplane at Top of Selection

اگربخواهیم مرکز یک سطح انتخاب شده به عنوان صفر قطعه کار تعریف شود از این گزینه استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال اگر بخواهیم صفرقطعه کاریا Workplane درمرکزسطح آبی رنگ باشد، کافیست سطح فوق را با کلیک چپ ماوس انتخاب و سپس با انتخاب گزینه Workplane at Top of Selection صفر قطعه کار به‌مرکز این سطح منتقل می‌شود. (شکل ۳۲ـ الف)

اگر دیواره سوراخ یا شیار لوبیایی درشکل ب را انتخاب کنید (کلید Shift را نگه داشته تمام دیواره‌ها را با کلیک چپ ماوس انتخاب کنید) پس از انتخاب روش ۳، صفر قطعه کار در مرکز و بالای سوراخ یا حفره لوبیایی قرار می‌گیرد. (شکل ۳۲ـ ب)



ب الف

شکل ۳۲

۳ گزینه Workplane at Center of Selection ...

این گزینه در این مثال مرکز استوانه سوراخ را به عنوان نقطه صفرتعریف می‌کند.(پس از انتخاب دیواره داخلی یک سوراخ)

۳ گزینه Workplane at of Selection ...

این گزینه مرکز سوراخ و درسطح زیرین قطعه را به عنوان صفرتعریف می‌کند.

فعالیت عملی ۱۱

فایل Project ۱ را باز کنید و خواسته‌های زیر را بر روی آن انجام دهید.

۱ یک Workplane در وسط وجه بالایی بلوک ایجاد کنید.

۲ یک Workplane درگوشه پایین سمت چپ بلوک ایجادکنید.

۳ یک Workplane در بالای سوراخ سمت راستی مدل ایجاد کنید. (بهتراست بلوک را از نوار ابزار Viewing خاموش کنید.)

۴ یک Workplane درگوشه پایین سمت چپ مدل ایجادکنید.

نکته

در یک پروژه می‌توان چند Workplane برای استراتژی‌های مختلف تعریف کرد ولی برای تعریف بلوک یا استراتژی باید فقط یک Workplane را فعال یا Active کرد.



شکل ۳۳

برای فعال کردن Workplane باید بر روی نام Workplane مورد نظر در پنجره Explorer کلیک راست کرده گزینه Active را تیک بزنید. اگر برروی Workplane تعریف شده کلیک راست کنید، گزینه‌های زیر قابل تنظیم است (شکل ۳۳).

- Active» فعال کردن Workplane
- Rename» تغییر نام Workplane
- Delete Workpalne» پاک کردن Workplane

فعالیت عملی ۱۲

Workplane اول درفعالیت ۱۱ را Active کنید. فایل را با نام Project ۲ ذخیره کنید.

نکته

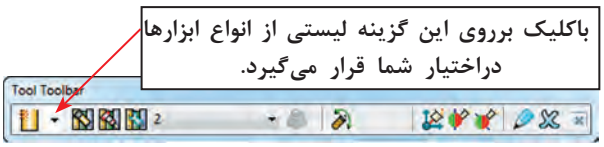
توجه داشته باشید پس از، جابجایی مدل و تغییر Workplane یا صفر قطعه کار، باید یک بار برروی دکمه Calculate کلیک کنید تا مکان جدید بلوک خام دوباره محاسبه شود. تا زمانی که این کار را انجام ندهید بلوک خام نسبت به وضعیت جدید مدل به روز یا Update نمی‌شود. (بلوک روی مدل قرار نمی‌گیرد)

گام پنجم : تعریف ابزار

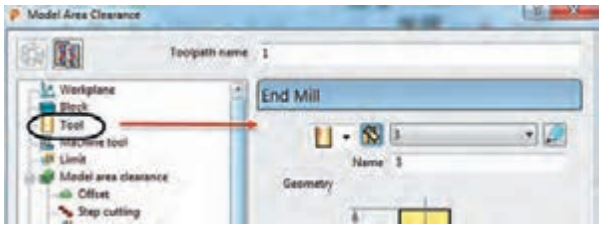
درپاورمیل می‌توان انواع ابزارها را براساس نوع استراتژی و شکل قطعه تعریف کرد. دراینجا به روشهای تعریف ابزار و معرفی سه نوع از ابزارهای پرکاربرد می‌پردازیم.

روش‌های تعریف ابزار

- استفاده از نوار ابزار Tool (شکل ۳۴)
- تعریف ابزاراز طریق پنجره ToolpathStrategies (شکل ۳۵)



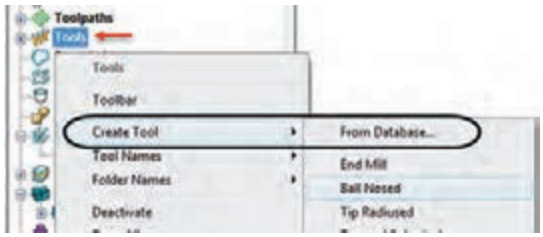
شکل ۳۴



شکل ۳۵

● کلیک راست بر روی گزینه Tool از پنجره Explorer، کلیک بر گزینه Create Tool و انتخاب ابزار مورد نظر از لیست ظاهر شده.(شکل ۳۶)
نوار ابزار Tool معمولاً در قسمت پایین نرم‌افزار پاورمیل وجود دارد، در غیر اینصورت می توان به روش زیر آن را فراخواند.

View ⇨ Toolbar ⇨ Tool



شکل ۳۶

معرفی ابزارهای پرکاربرد در پاورمیل

End Mill» تیغه فرز انگشتی سرتخت :
این ابزار درخشن کاری و پرداخت کاری سطوح کاملاً تخت یا دیواره کاملاً عمودی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۳۷ نوع ساده و اینسرتی این ابزار نشان داده شده است.



شکل ۳۷

Ball Noised» تیغه فرز انگشتی سرگرد:
ایـن ابـزار صرفـاً در عملیـات پرداخت‌کاری اسـتفاده می‌شود (شکل ۳۸).



شکل ۳۸

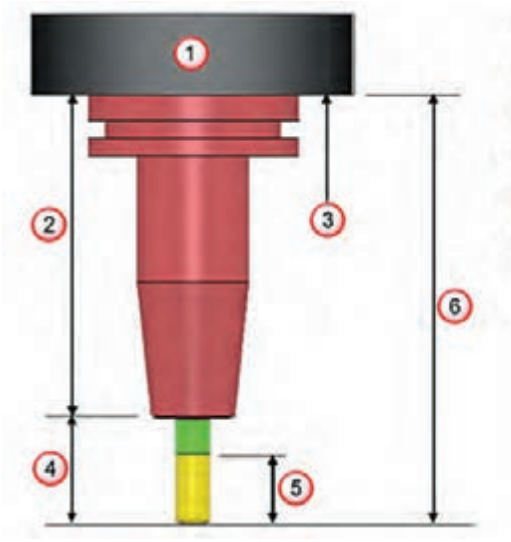
Tip Radiused » تیغه فرز انگشتی سر تخت با گوشه‌های گرد : این ابزار بیشتر در پرداخت کاری، همچنین ماشین‌کاری گوشه‌های گرد، کاربرد دارد. (شکل ۳۹) از نوع تیغچه‌دار آن در خشن‌کاری نیز استفاده می‌شود.



شکل ۳۹

تعریف ابزار، ساق(دنباله) ابزار و نگهدارنده درپاورمیل

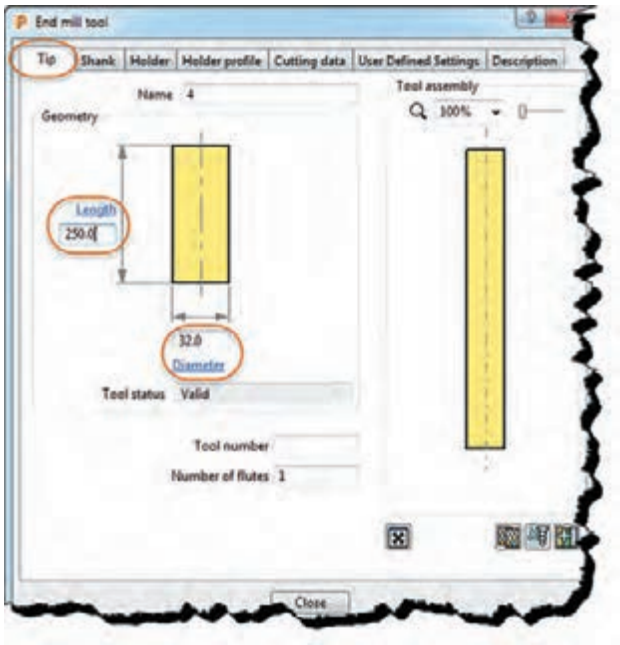
در شکل ۴۰ ابزار به همراه ساق (Shank)و نگهدارنده یا ابزارگیر (Holder) نشان داده شده است.
اکنون می‌خواهیم یک فرز انگشتی سرتخت End Mill تعریف نماییم.



۱ـ اسپیندل
۲ـ طول نگه دارنده
۳ـ سطح زیرمحور(اسپیندل)
۴ـ طولی از ابزار که بیرون از هولدر است
۵ـ طول قسمت برشی ابزار
۶ـ طول ابزار و ابزارگیر

شکل ۴۰

ابزار از نوع End Mill را ازنوار ابزار Tool انتخاب کنید تا کادر شکل ۴۱ باز شود. درتب Tip مانند شکل ۴۱ می‌توانید نام ابزار(Name)، طول (Length) و قطر ابزار(Diameter)، شماره ابزار (Tool Number) و تعداد لبه ابزار (Number of flutes) را تعریف کنید.



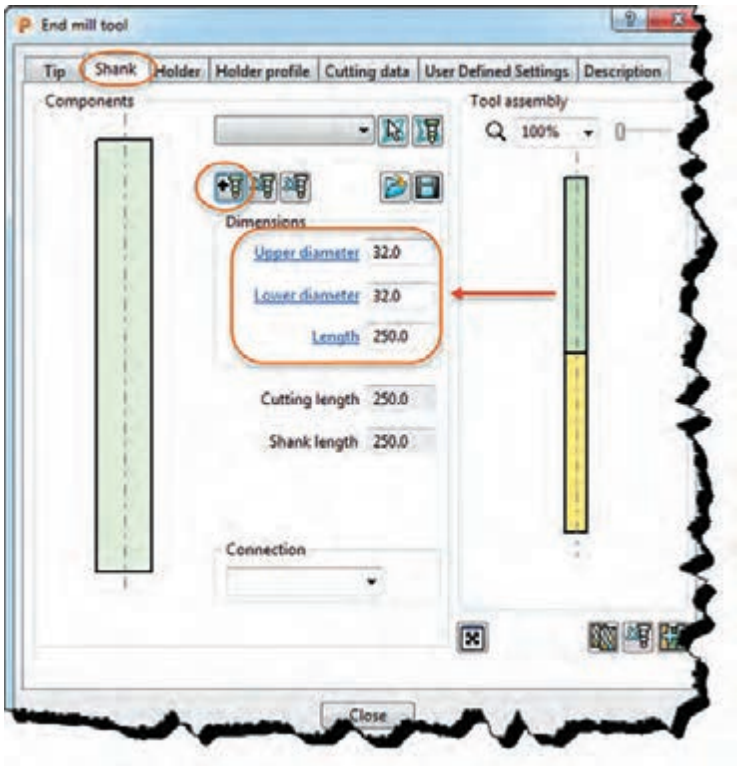
- «Name» تعریف نام ابزار
- «Length» تعریف طول ابزار
- «Diameter» تعریف قطر ابزار
- «Tool Status» کلمه Value به معنی صحیح بودن ابعاد ابزار
- «Tool number» شماره ابزار
- «Number of flutes» تعداد لبه‌های برشی

شکل ۴۱

فعالیت عملی ۱۳

فایل Project ۲ را باز کرده یک ابزار با قطر ۴۰ و طول ۱۰۰ میلی‌متر از نوع سرتخت (End Mill) با نام آن ۴۰e تعریف کنید. پروژه را با همان نام Project ۲ ذخیره کنید.

برای تعریف ساق ابزار یا Shank از تب دوم (Shank) استفاده می‌شود.(شکل ۴۲)



شکل ۴۲

- Add a shank component» اضافه کردن ساق ابزار : با هر بار کلیک بر روی این گزینه یک ساق اضافه می‌شود.
- Remove a shank component » حذف کردن ساق ابزار، با هر بار کلیک بر روی این گزینه یک ساق ابزارکم می‌شود.
- Upper diameter » تعریف قطر بالایی ساق ابزار
- Lower diameter » تعریف قطر پایینی ساق ابزار

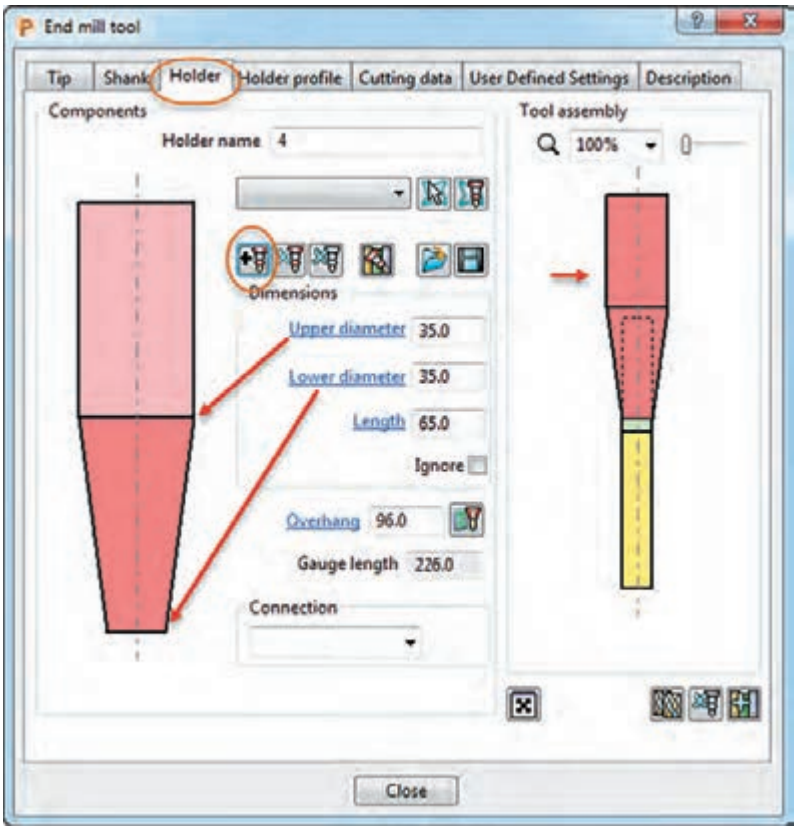
درصورت متفاوت بودن مقادیر دو پارامتر بالا، ساق ابزار به شکل مخروطی و درصورت یکسان بودن به شکل استوانه تعریف می‌شود.

- Lenght» تعریف طول ساق ابزار
- Cutting Length» طول قسمت برشی ابزارکه در تب Tip تعریف شده است.
- Shank Length» طول ساق ابزار

فعالیت عملی ۱۴

برای ابزار تعریف شده در فعالیت قبل یک ساق استوانه‌ای بطول ۶۰ و قطر ۴۰ تعریف نمایید. با همان نام ذخیره کنید.

برای تعریف نگهدارنده، ابزار گیر یا هولدر از تب سوم(Holder) استفاده می‌شود.(شکل ۴۳)



شکل ۴۳

- «Remove holder component» اضافه کردن هولدر ابزار : با هر بار کلیک بر روی این گزینه یک هولدر اضافه می‌شود. در شکل ۴۳ یک هولدر دو قسمتی (یک قسمت مخروطی و یک قسمت ساده) ایجاد شده است.
- «Remove holder component» حذف کردن هولدر ابزار : با هر بار کلیک بر روی این گزینه قسمتی از هولدر ابزار حذف می‌شود.
- «Upper diameter» تعریف قطر بالایی ساق ابزار
- «Lower diameter» تعریف قطر پایینی ساق ابزار

یکسان نبودن مقادیر دو پارامتر بالا باعث مخروطی شدن هولدر می‌شود.

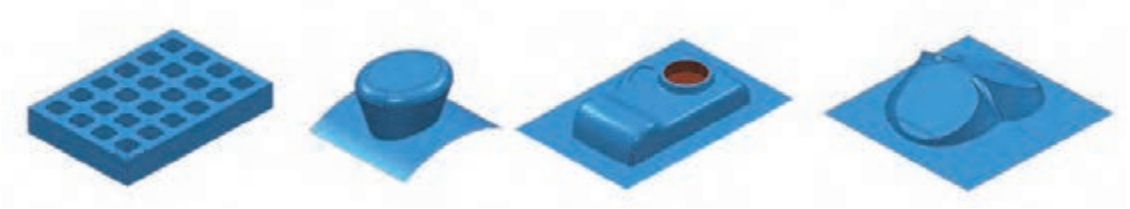
- «Length» تعریف طول ساق ابزار
- «Cutting Length» طول قسمت برشی ابزارکه در تب Tip تعریف شده است.
- «Shank Length» طول ساق ابزارکه در تب Shank تعریف شده است.

فعالیت عملی ۱۵

برای ابزار تعریف شده در فعالیت عملی ۱۸ یک هولدر دو قسمتی (ساده و مخروطی) با ابعاد دلخواه ایجاد کنید. از شکل ۴۳ کمک بگیرید.

گام ششم : تعریف استراتژی ماشین‌کاری (Toolpath Strategies)

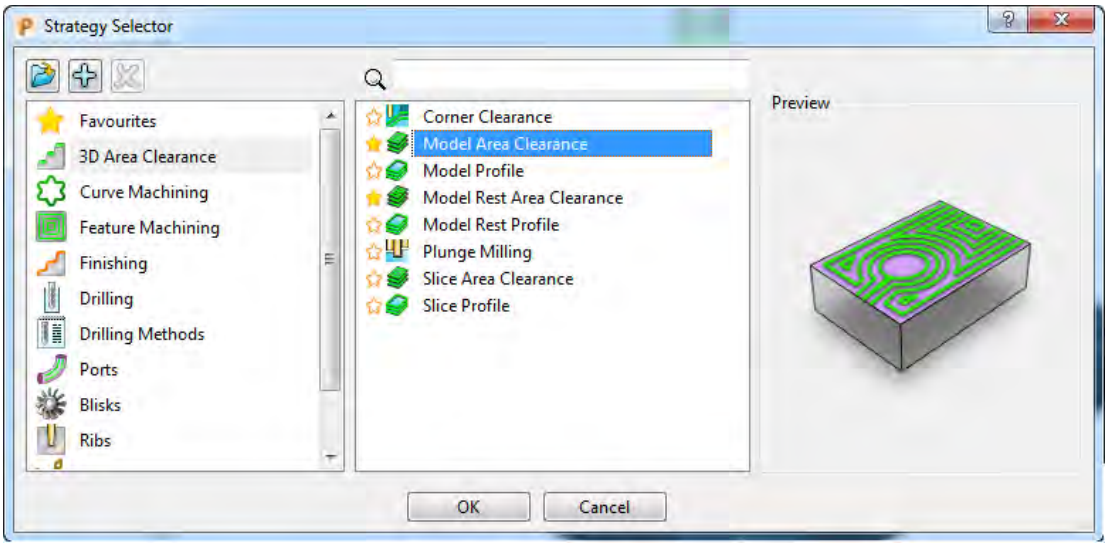
استراتژی ماشین‌کاری چیست؟ به نوع مسیر حرکت ابزار بر روی بلوک یا قطعه که منجر به عملیات براده برداری و رسیدن به قطعه نهایی می‌شود استراتژی ماشین‌کاری یا استراتژی مسیر ابزارگفته می‌شود. به شکل‌های زیر نگاه کنید. آیا برای فرزکاری آن می‌توان از یک روش استفاده کرد. یک قطعه ممکن است دارای سطوح صاف، شیبدار یا منحنی ساده و پیچیده ، شیار، سوراخ، گوشه پخ‌دار، گرد و غیره باشد، در پاورمیل روش‌های متنوعی برای فرزکاری این موضوعات وجود دارد. برخی ازآنها برای خشن کاری و برخی برای پرداخت‌کاری استفاده می‌شود. برخی از استراتژی‌ها برای فرزکاری سطوح تخت و برخی برای فرزکاری دیواره‌ها وبرخی دیگر برای سطوح منحنی مناسبند. بیشتر مواقع برای رسیدن به فرم نهایی قطعه، بایداز چند استراتژی مختلف استفاده شود. در این پودمان قصد داریم شما را با برخی از استراتژی‌های مهم آشنا کنیم.



دستور Toolpath Strategies

پس از وارد کردن مدل، تعیین Workplane و تعریف بلوک خام می‌توانید بر روی دستور Toolpath Strategies در نوار ابزار اصلی کلیک کنید تا پنجره تعریف استراتژی مطابق شکل ۴۴ باز شود.

این پنجره از دو قسمت تشکیل شده است. در سمت چپ دسته بندی استراتژی ها و در سمت راست انواع استراتژی‌های هر دسته انتخاب شده مشاهده می‌شود. (شکل ۴۴)



شکل ۴۴

شرح مختصر:

- «Favourites» مجموعه استراتژی‌های منتخب
- «3D Area clearance» مجموعه استراتژی‌های خشن کاری
- «Curve Machining» مجموعه استراتژی‌های فرم تراشی دو بعدی، پخ زنی و فرزکاری سطوح تخت
- «Finishing» مجموعه استراتژی‌های پرداخت‌کاری
- «Drilling» مجموعه استراتژی‌های سوراخ‌کاری
- «Blisks» استراتژی‌های ویژه برای فرزکاری سطوح پیچیده مانند پره‌های توربین (فرزهای بیش از سه محورکنترل)
- «Rib» استراتژی شیارزنی
- «Turning» مجموعه استراتژی‌های تراش‌کاری

اصطلاحات و تنظیمات مشترک استراتژی‌ها

در بسیاری از استراتژی‌هایی که به آنها خواهیم پرداخت پارامترهای مشترکی وجود دارد که لازم است با آنها آشنا شوید.

Cut Direction : جهت براده برداری

جهت براده‌برداری که دو نوع است :

۱ براده برداری همراه Climb (ابزار سمت چپ ناحیه ماشین‌کاری شده)،

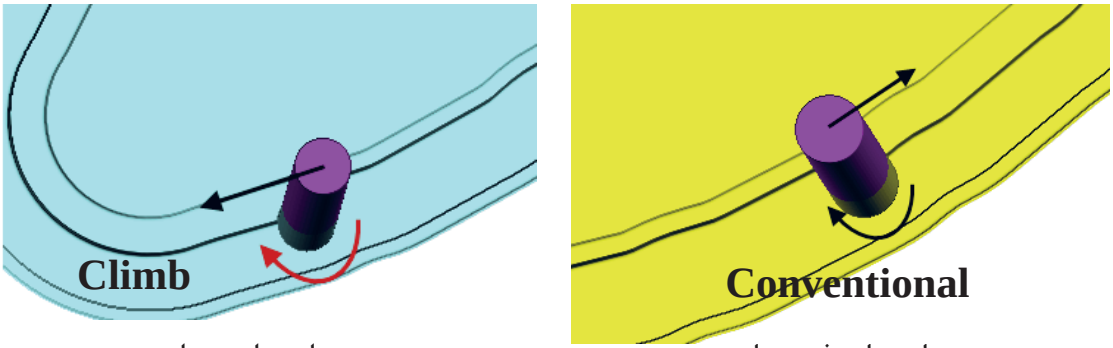
۲ براده‌برداری غیرهمراه Conventional (ابزار سمت راست ناحیه ماشین‌کاری شده)

در شکل ۴۵ هر دو روش نشان داده شده است.

نکته

جهت براده برداری با توجه به نوع استراتژی (خشن کاری یا پرداخت کاری) و کیفیت سطح تعیین می‌گردد.

انتخاب گزینه Any در تنظیمات نرم‌افزار، بدین معنی است که روش براده‌برداری به‌عهده نرم‌افزارپاورمیل گذاشته می‌شود، تا از هردو روش بسته به فرم مدل استفاده کند.

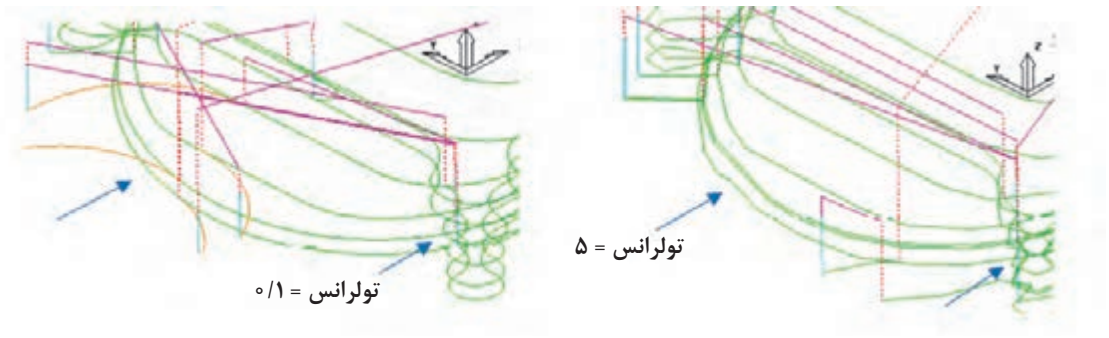


براده‌برداری همراه — براده‌برداری غیر همراه

شکل ۴۵

Tolerance (تولرانس): مفهوم تولرانس درپاورمیل با آنچه در نقشه خوانی آموختید متفاوت است. در پاورمیل هنگام تهیه برنامه ماشین‌کاری، منحنی‌های موجود در مسیر ابزار به چند صدضلعی‌های منتظم تقسیم می‌شود و خطوط مسیرابزار بر روی گوشه‌های این چند ضلعی قرار می‌گیرد، حال هر چه مقدار تولرانس عدد بزرگ‌تری باشد تعداد اضلاع آن کمتر می‌شود. به‌عنوان مثال اگر یک منحنی به شعاع ۱۰ میلی‌متر با تولرانس ۵ میلی‌متر ماشین کاری شود، چند ضلعی‌های به‌وجود آمده دراثر براده‌برداری با چشم کاملاً مشهود است. ولی اگر تولرانس ۰/۱ میلی‌متر باشد چند ضلعی با چشم قابل مشاهده نخواهد بود، بلکه به شکل یک منحنی تقریباً واقعی دیده می‌شود و کیفیت سطح بهتری ایجاد می‌شود، ولی در عوض تعداد خطوط برنامه زیادتر می‌شود.

در شکل‌های ۴۶ تفاوت مسیرهای ایجاد شده (خطوط سبز) با تولرانس‌های ۵ و ۰/۱ میلی‌متر را مشاهده می‌کنید.



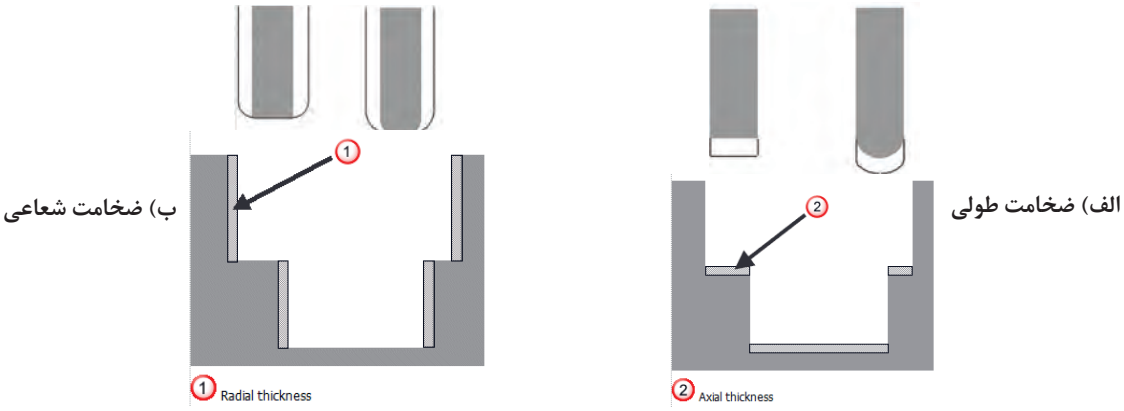
شکل ۴۶

نکته

در استراتژی‌های خشن‌کاری معمولاً تولرانس در حدود ۰/۲ یا ۰/۳ میلی‌متر ولی در پرداخت‌کاری در حدود چند صدم میلی‌متر تنظیم می‌شود.

Thickness: ضخامت باقی مانده: به مقدار بار ماشین کاری باقی مانده برای ماشین‌کاری مرحله بعدی (مانند پرداخت کاری) Thickness گفته می‌شود. به عبارتی همواره درخشن کاری باید مقداری ازضخامت قطعه برای مراحل بعدی باقی بماند. مثلاً اگر مقدار آن را ۲ میلی‌متر تعیین کنیم ابزار تا ارتفاع ۲ میلی‌متر مانده به سطح نهایی عمل ماشین‌کاری را انجام می‌دهد. در اصل نرم‌افزار پاورمیل فرض می‌کند قطر و یا طول ابزار ۲ میلی‌متر بزرگ‌تر است. در فرزکاری سطوح مختلف یک قطعه با توجه به نوع ابزار و شکل و فرم قطعه باید این مقادیرتعیین گردد.

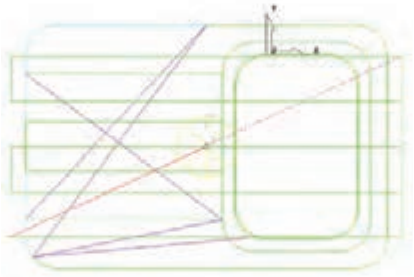
در شکل ۴۷ـ الف: مقادیر ضخامت طولی (Axial Thickness) و در شکل ۴۷ـ ب: مقادیرضخامت شعاعی (Radial Thickness) در دو ابزار End Mill و Ball Noised و ضخامت باقی مانده از قطعه پس از ماشین‌کاری نشان داده شده است.



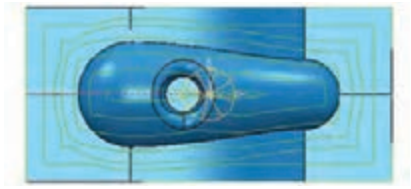
شکل ۴۷

فعالیت عملی ۱۶

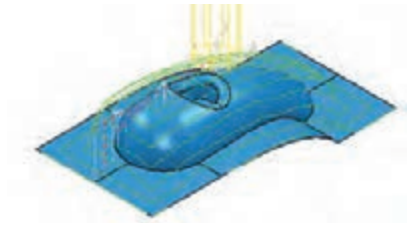
تحقیق کنید اگربخواهیم شیاری به عرض ۳۰ میلی‌متر را با ابزار ۲۰ میلی‌متر فرزکاری کنیم، چنانچه Thickness = ۶mmشعاعی، وارد شود، آیا استراتژی قادر به انجام آن می‌باشد؟



شکل ۴۸



شکل ۴۹

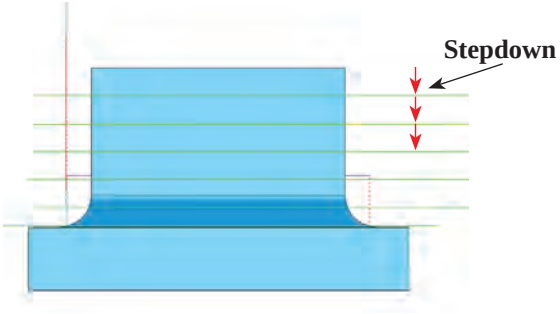


شکل ۵۰

Stepover گام ابزار: درخشن کاری مقدار پیشروی ابزار در راستای شعاعی (جابجایی عرضی ابزار) را Stepover گویند. این جابجایی‌ها یا پاس‌ها در خشن‌کاری یکسان و منظم است.مقدار Stepover معمولاً حداکثر ۸۰ ٪ قطر ابزارهای سرتخت End Mill یا قطرمؤثر ابزار Tip Radiused درنظرگرفته می‌شود، تا هر مسیر حرکت ابزار، بخشی از پاس قبلی را هم‌پوشانی کند. مثلاً اگر قطر ابزار ۲۰ باشد مقدار Stepover را می‌توان حدود ۱۶ میلی‌متر در نظرگرفت. شکل ۴۸ (خطوط سبز، مسیر ابزار یا همان Toolpath می‌باشد.)

اما در استراتژی‌های پرداخت‌کاری (به‌غیر از استراتژی Constant Z finishing)، از آنجایی که مسیر ابزار همواره بر روی سطوح تصویر می‌شود لذا عملاً فاصله پاس‌های ماشین‌کاری تصویر شده روی سطوح تخت یکسان و منظم ولی درسطوح شیب‌دار یا قوس‌دار متغیر است. این موضوع در افزایش کیفیت سطح در عملیات پرداخت کاری مؤثر است.

در شکل ۴۹ قطعه با یک استراتژی پرداخت کاری و Stepover = ۱۰ ماشین‌کاری شده است. به فواصل نامنظم ماشین‌کاری برروی سطوح تخت و منحنی دقت کنید. درحالی که در شکل ۵۰ در نمای سه بعدی فواصل یکسان به‌نظر می‌رسد.



شکل ۵۱

Stepdown عمق بار: به‌میزان نفوذ ابزار در راستای محور Z یا همان عمق بار، Stepdown گفته می‌شود. مقدار آن بر اساس جنس قطعه کار، توان ماشین، پیشروی و... تعیین می‌شود. از آنجایی که اساس کار در CNC بار کم و سرعت زیاد است، مقدارآن درخشن تراشی حداکثر ۰/۵ میلی‌متر و درپرداخت کاری حدود صدم میلی‌متر تعیین می‌شود(شکل ۵۱).

خط چین‌های قرمز نشست و برخاست‌های ابزار از روی کار است.

اکنون برخی از استراتژی‌های مهم در پاورمیل را توضیح می‌دهیم.

استراتژی‌های خشن‌کاری 3D Area Clearance

از استراتژی‌های این گروه عموماً در خشن کاری یا ماشین‌کاری اولیه بلوک خام استفاده می‌شود.

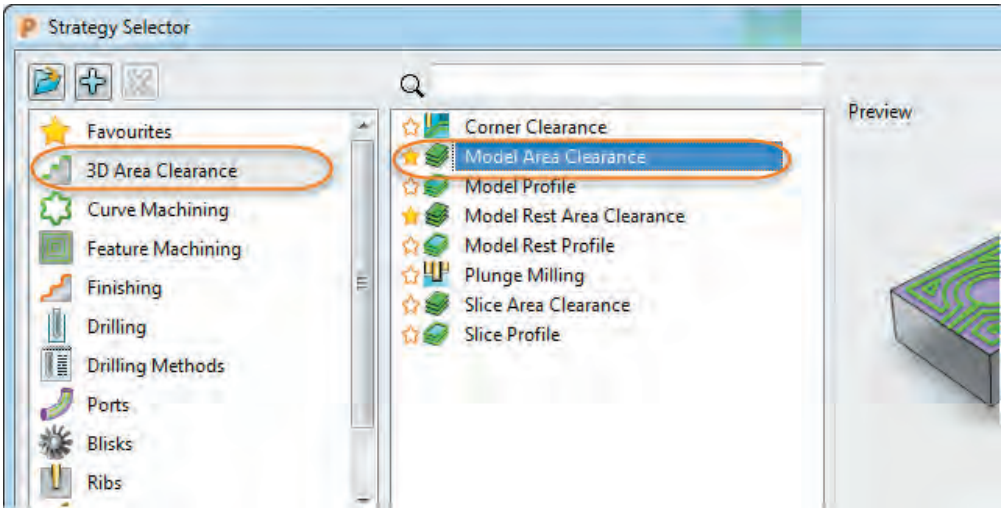
استراتژی Model Area Clearance

از جمله استراتژی‌های خشن‌کاری است که در آن مسیر ابزار یا Toolpath تابع فرم مدل می‌باشد. به‌طور کلی در پاورمیل مرکز ابزارهمواره از مرز بلوک تعریف شده خارج نمی‌شود و در داخل بلوک از شکل هندسی مدل تبعیت می‌کند. (مگر توسط اپراتور تنظیمات خاصی انجام شده باشد.)

از دیگر نکات مهم در خشن کاری و قبل از عملیات پرداخت کاری این است که با تعریف استراتژی‌های مناسب تا حد امکان بلوک را تا رسیدن به فرم اولیه قطعه کار (با لحاظ مقدار Thickness) ماشین‌کاری کنیم و در نهایت آن را با استراتژی‌های پرداخت‌کاری به سطح مطلوب نهایی برسانیم.

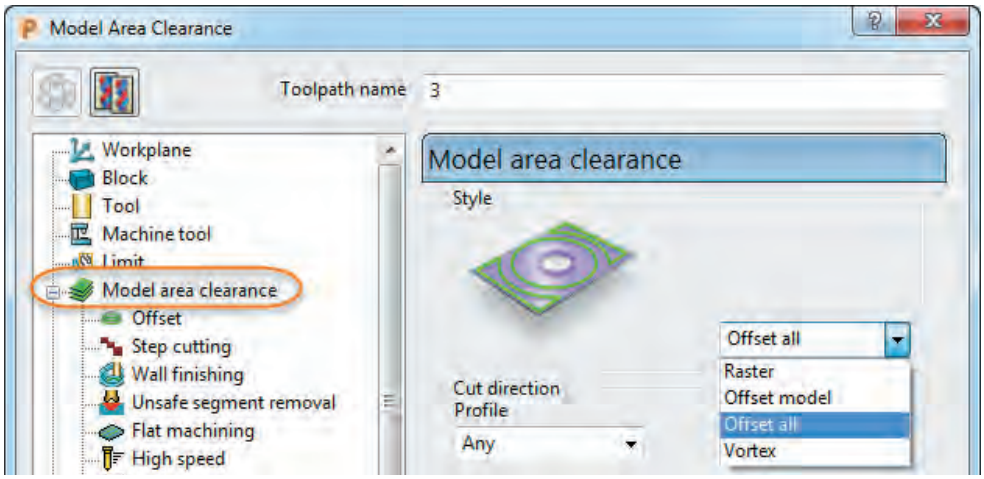
کار را با مدل طراحی شده در فعالیت اول دنبال می‌کنیم.

۱ـ فایل Project 2 را باز کنید، بر روی دستور Toolpath Strategies از نوار ابزار اصلی کلیک نمایید، تا کادر محاوره‌ای مطابق شکل ۵۲ باز شود.



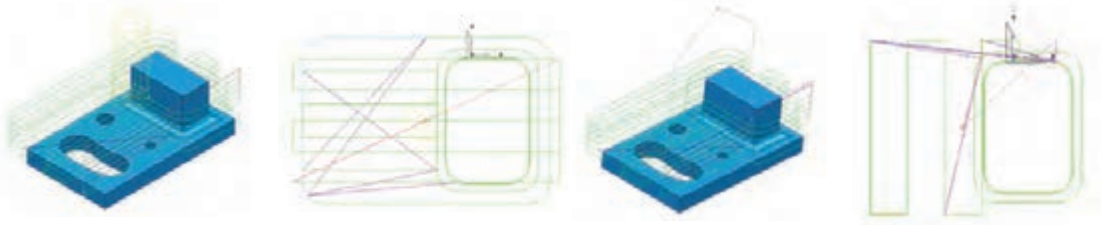
شکل ۵۲

۲ـ از کادر سمت چپ گروه 3D Area Clearance و از سمت راست گزینه Model Area Clearance را کلیک کنید تا کادر آن مانند شکل ۵۳ باز شود.
۳ـ از سمت چپ این کادر گزینه Model Area Clearance را انتخاب کنید تا پنجره تعریف استراتژی در سمت راست ظاهر شود. مقادیر استراتژی را مانند شکل ۵۳ تنظیم کنید.



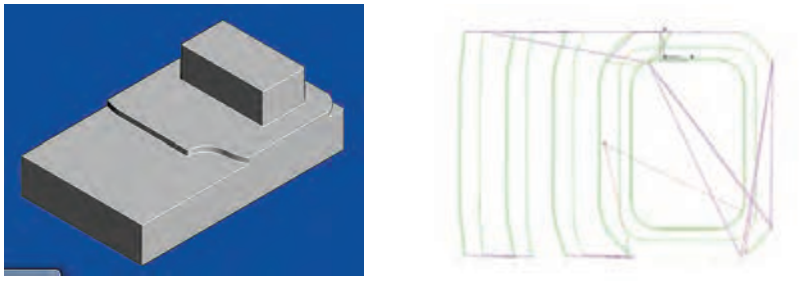
شکل ۵۳

تشریح گزینه‌های کادر استراتژی Model Area Clearance :
۳ـ درقسمت Style روش‌های زیر قابل انتخاب است :
Raster: مسیر ابزار به شکل رفت و برگشتی و معمولاً در راستای طول مدل (Angle = ۰) یا عرض مدل (Angle = ۹۰) است (شکل‌های ۵۴).



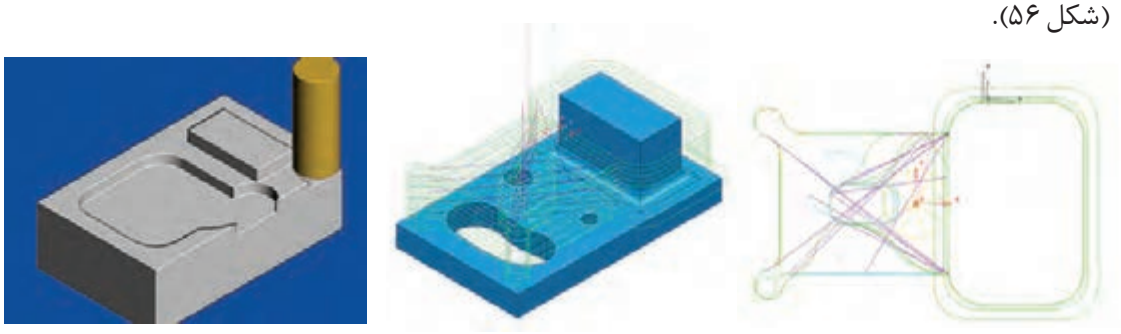
شکل ۵۴

Offset model: در این روش مسیر ابزار(Toolpath) به‌صورت آفست‌های متوالی از فرم هندسی کل مدل ایجاد می‌شود (شکل ۵۵).



شکل ۵۵

Offset all: در این روش مسیر ابزار به‌صورت آفست‌های متوالی در اطراف اجزای مدل ایجاد می‌شود (شکل ۵۶).



شکل ۵۶

در این مثال گزینه Offset all را انتخاب کنید.

۴ـ در قسمت Cut Direction جهت براده برداری را Any انتخاب کنید، تا تعیین جهت براده‌برداری توسط پاورمیل به‌صورت خودکار انجام شود.

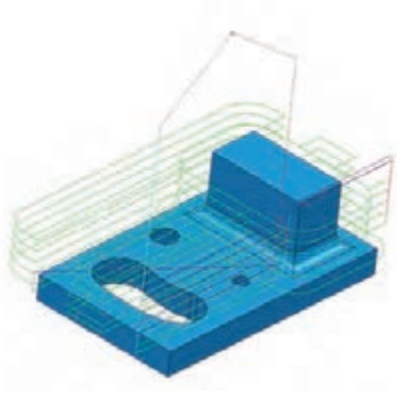
۵ـ در کادر Tolerance ، تولرانس را ۰/۱ میلی‌متر وارد کنید.

۶ـ درکادر Thickness عدد ۰/۵ میلی‌متر را وارد کنید تا ماشین‌کاری ۰/۵ میلی‌متر باقی مانده به سطح نهایی انجام شود.

۷ـ از آنجایی که قطر ابزار ۴۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده مقدار Stepover را، ۳۲ میلی‌متر وارد کنید.(۸۰٪ قطر ابزار)

۸ـ مقدار Stepdown را ۰/۳ میلی‌متر وارد کنید. (در شکل ۵۷ برای نمایش بهترمسیر ابزار، مقدار ۱۰ میلی‌متر وارد شده است.)

۹ـ بر روی دکمه Calculate کلیک کنید تا مسیر ماشین‌کاری محاسبه، ایجاد و نمایش داده شود.



شکل ۵۷

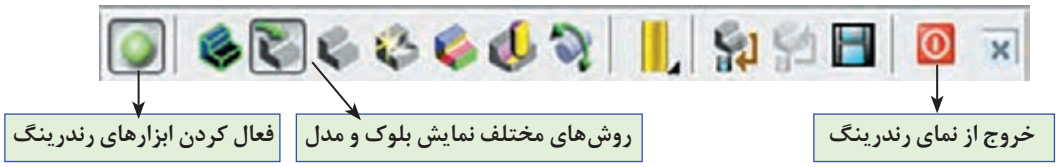
همانطورکه در شکل ۵۷ می‌بینید سطح بالایی و دیواره‌های کناری پایین هیچ مسیر ابزاری وجود ندارد و عملاً این قسمت‌ها براده‌برداری نشده است. فکر می‌کنید دلیل آن چیست ؟

گام هفتم : شبیه سازی وکاربا نوارابزارهای View Mill , Simulation

پس از ایجاد مسیر ماشین کاری یا Toolpath می‌توانید عملیات ماشین‌کاری را شبیه‌سازی کنید. بدین منظور از دو نوار ابزار فوق استفاده می‌شود. چنانچه این دو نوار ابزار را در محیط پاورمیل نمی‌بینید، از مسیر زیر آنها را تیک بزنید تا ظاهر شوند.

View – Toolbar – View Mill/Simulation

با کلیک بر روی اولین دستور نوار View Mill می‌توانیم سایر ابزارهای آن را فعال یاروشن کنیم. پس ازآن، یکی از روش‌های نمایش بلوک و مدل (رندرینگ) را انتخاب کنید. شکل ۵۸



شکل ۵۸

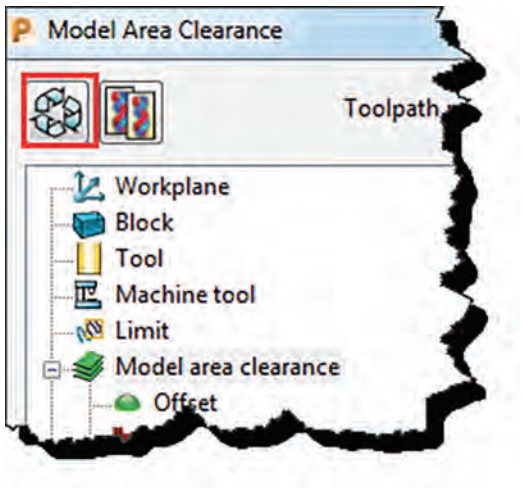
اکنون در نوار ابزار Simulation نام استراتژی و نام ابزاری که قبلاً تعریف کرده اید را به‌ترتیب درکادر اول و دوم انتخاب کنید سپس بر روی دکمه Play کلیک کنید تا عملیات شبیه‌سازی (Simulation) شروع شود (شکل ۵۹).



شکل ۵۹

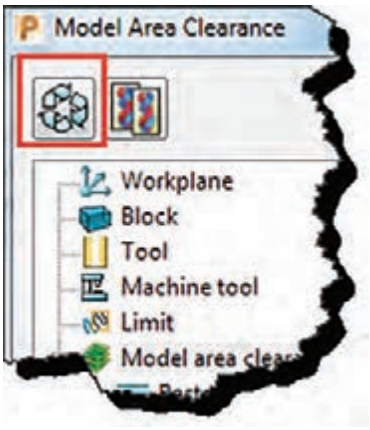
ماشین کاری دیواره‌ها: در پاسخ به این سؤال که چرا سطح بالایی و دیواره‌های کناری پایین مدل ماشین‌کاری نشده، باید گفت از آنجایی که دراین قسمت‌ها بلوکی برای ماشین‌کاری وجود ندارد و مرکز ابزار نمی‌تواند از مرز بلوک خارج شود لذا مسیر ابزار یا Toolpath ایجاد نمی‌شود. اگربخواهیم این قسمت‌ها نیز ماشین‌کاری شود باید ابعاد بلوک را با دستور Block بزرگ ترکنیم. (البته این به این معنی نیست که ابعاد واقعی ماده خام را بزرگ‌تر کنیم بلکه فقط بصورت نرم‌افزاری این کار را انجام می‌دهیم).

- برای این‌کار لیست Toolpath در ناحیه Explorer را با کلیک برروی علامت + ، بازکرده بر روی نام استراتژی موردنظر (در این مثال ۱) کلیک راست کنید،
- ابتدا گزینه Active را تیک زده تا فعال شود و سپس گزینه Setting را انتخاب کنید تا پنجره استراتژی باز شود (شکل ۶۰).



شکل ۶۰

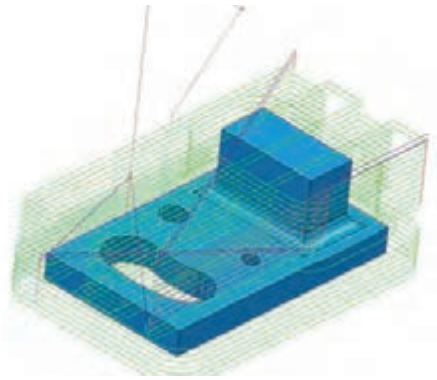
● اکنون بر روی دکمه Edit Toolpath کلیک کنید تا بتوانید تنظیمات را تغییر دهید (شکل ۶۱).



شکل ۶۱

● برروی عبارت Block که درسمت چپ پنجره تنظیمات استراتژی ظاهر می‌شود کلیک کنید. در سمت راست با قفل کردن Min Z و واردکردن عدد ۱۰ در کادر Expansion و کلیک برروی Calculate، بلوک جدید درتمام راستاها به غیر از راستای سطح پایین (Z) به اندازه ۱۰ میلی‌متر افزایش می‌یابد.

● بر روی دکمه Calculate مربوط به استراتژی کلیک کنید تا Toolpath جدید محاسبه شود. همان‌طور که در شکل ۶۲ می‌بینید این بار برای سطح بالا و دیواره‌ها مسیر ماشین‌کاری یا Toolpath ایجاد شده است.



شکل ۶۲

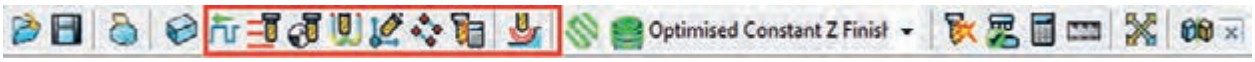
نکته

توجه داشته باشید که درعمل دیواره‌های پایین ممکن است در گیره بسته شده باشد و امکان ماشین کاری آن وجود نداشته باشد. در این موارد معمولاً قبل از ماشین‌کاری اصلی، دیواره ها ماشین‌کاری وگونیا می‌شوند.

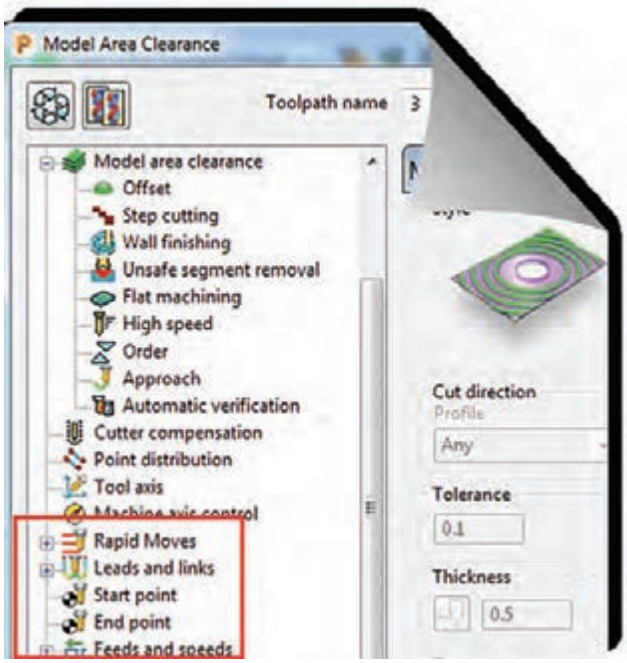
پس از انجام تنظیمات استراتژی و قبل از کلیک بر روی Calculate و محاسبه مسیر ماشین‌کاری لازم است یکسری پارامترهای ماشین کاری تعریف گردد. لذا درگام هشتم با این پارامترها و تنظیم آنها آشنا می‌شوید و سپس سایر استراتژی‌ها بیان خواهد شد.

گام هشتم : تعریف پارامترهای ماشین‌کاری

یکی از مهم‌ترین کارها در پاورمیل تعریف و تنظیم پارامترهای ماشین‌کاری است. پارامترهایی از قبیل عده دوران، سرعت حرکت سریع (G00)، سرعت پیشروی ماشین‌کاری (G01)، نحوه ورود و خروج ابزار، ارتفاع ایمن ابزار و غیره که همگی از طریق نوار ابزار Main (شکل ۶۳) یا از داخل پنجره استراتژی‌ها قابل انجام است (شکل ۶۴) ،که روش دوم به‌دلیل اعمال پارامترها بر روی استراتژی فعال بهتر است.



شکل ۶۳ ــ نوار ابزار اصلی



شکل ۶۴

دستور Feeds and Speeds: از این دستور برای تعریف پارامترهای زیر استفاده می‌شود.با کلیک بر روی آیکون این دستور کادر محاوره ای ازآن باز می‌شود.گزینه‌های آن به شرح زیر است (شکل ۶۵).

- **Type»** تعیین نوع ماشین کاری، خشن‌کاری (Roughing) و یا پرداخت کاری (Finishing)
- **Operation»** تعیین نوع عملیات : عمومی (General)، شیارتراشی (Slotting) ، فرم تراشی (Profiling) فرزکاری سطح (Face Milling) ، فرزکاری عمودی (Plunge Milling)، سوراخ‌کاری (Drilling)
- **Coolant»** نوع ماده خنک کاری (مایع خنک کننده، هوا وغیره)
- و سایر پارامترهای اصلی دیگرکه در شکل توضیح داده شده است.



شکل ۶۵

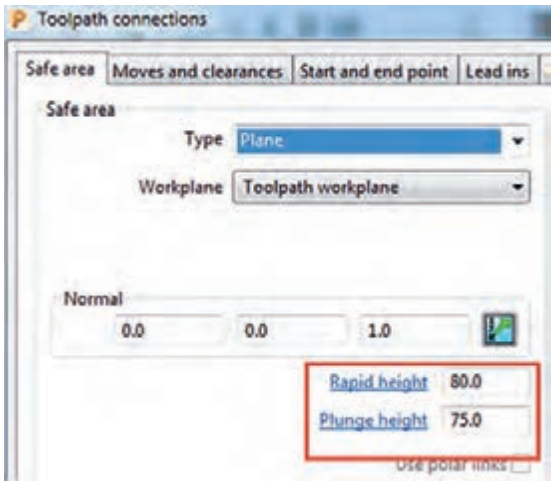
مقادیر فوق بر اساس نوع عملیات، نوع، قطر وجنس ابزار، نوع استراتژی و.... تعیین می‌گردد. (معمولاً اطلاعات بخش سمت راست وارد می‌شود.)

Plunging feed rate: پس از آن که ابزار با سرعت سریع (G00) به ارتفاع پلانج (در صفحه بعد توضیح داده شده است) می‌رسد، از آنجا تا زمان نفوذ ابزار به قطعه با این سرعت حرکت می‌کند.

Skim feed rate: ابزار در حین عملیات ماشین‌کاری مرتباً از روی کار بلند شده تا به موقعیت پاس بعدی برود، به این مسیر Skim گفته می‌شود، که در کادر بالا سرعت آن تعیین می‌شود (G00).

دستور Rapid Move Height

با کلیک برروی این دستور کادر محاوره‌ای Toolpath Connection باز می‌شود در تب Safe Area دو مقدار مهم زیرتعریف می‌شود (شکل۶۶).



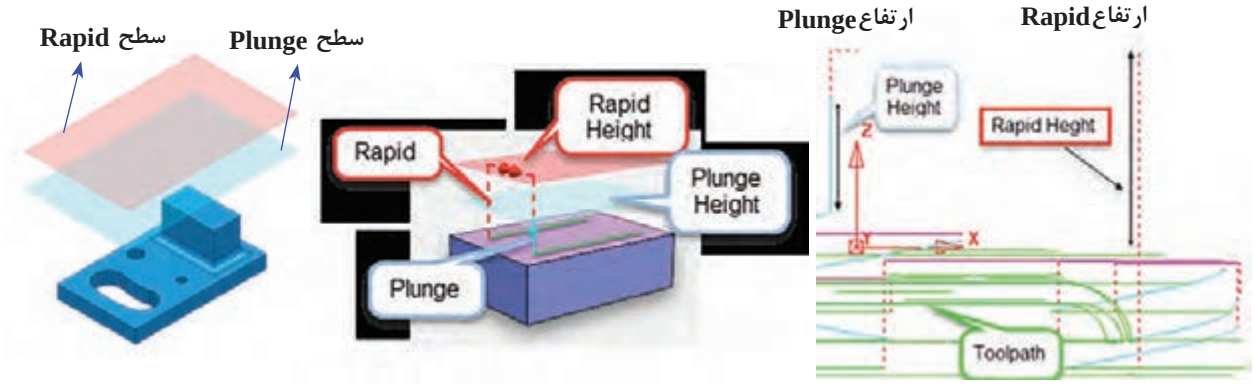
شکل ۶۶

- **Rapid height**

زمانی که ابزاردر حین عملیات ماشین‌کاری از روی کار بلند می‌شود تا به پاس بعدی برود تا ارتفاعی که دراین کادر تنظیم می‌شود بالا می‌رود (با حرکت سریع Rapid).

- **Plunge height**

ابزار هنگام شروع پاس بعدی با حرکت سریع (G00) تا ارتفاعی که دراین کادرتنظیم می‌شود پایین می‌آید و سپس با سرعت پلانج (سرعت نفوذ در کار) که در کادر فرم شکل ۶۵ تعیین شده به کار نزدیک می‌شود (شکل ۶۷).

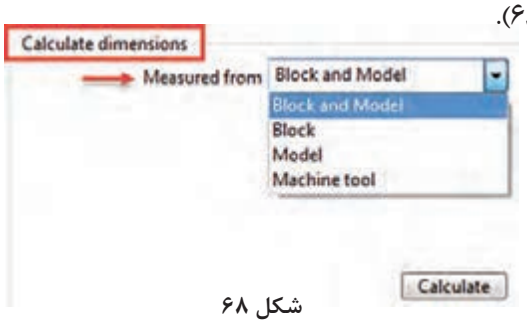


شکل ۶۷

نکته

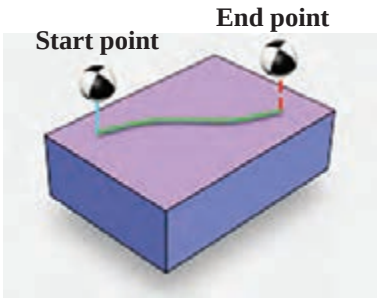
نکته مهم : تنظیم صحیح این مقادیر از برخورد ابزار با بلوک جلوگیری می‌کند، درعین حال زیاد بودن این مقادیر باعث طولانی شدن فرآیند ماشین‌کاری می‌شود. (در شکل‌های ۶۶ و۶۷ این مقادیر اغراق‌آمیز و به‌منظور دید بهتر تنظیم شده).

درکادر Measured from از قسمت Calculatedimension باتعیین ملاک محاسبه (نسبت به ماشین، بلوک، مدل یا هر دو)، همچنین وارد کردن دو پارامتر Rapid / Plunge Clearance و کلیک برروی دکمه Calculate دو ارتفاع Rapid / Plunge height توسط نرم‌افزار پاورمیل محاسبه می‌شود و در دو کادربخش نرمال درج می‌شود (شکل ۶۸).



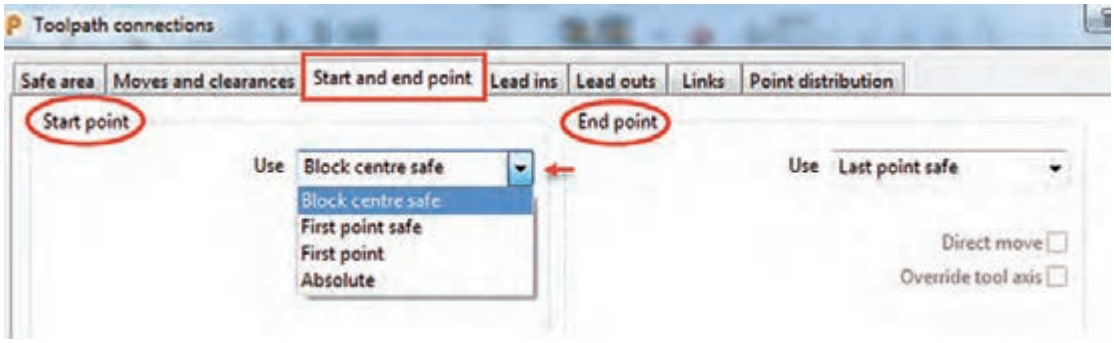
شکل ۶۸

Start and End Point: از دیگر پارامترهای مهمی که باعث جلوگیری از برخورد ابزار با بلوک، قطعه کار و یا میز می‌شود ارتفاع نقاط شروع و پایان ماشین‌کاری است. ابزار با اجرای استراتژی با حرکت سریع به نقطه شروع ایمن (Start Point) رفته و سپس با سرعت پلانج به کار نفوذ می‌کند. در پایان عملیات ماشین‌کاری نیز ابزار با حرکت سریع از روی کار بلند شده به نقطه پایان ایمن(End point) می‌رود (شکل ۶۹).



شکل ۶۹

با اجرای این دستور کادر محاوره‌ای Toolpath Connection مطابق شکل ۷۰ باز می‌شود. تب Start point and End point را انتخاب کنید.



شکل ۷۰

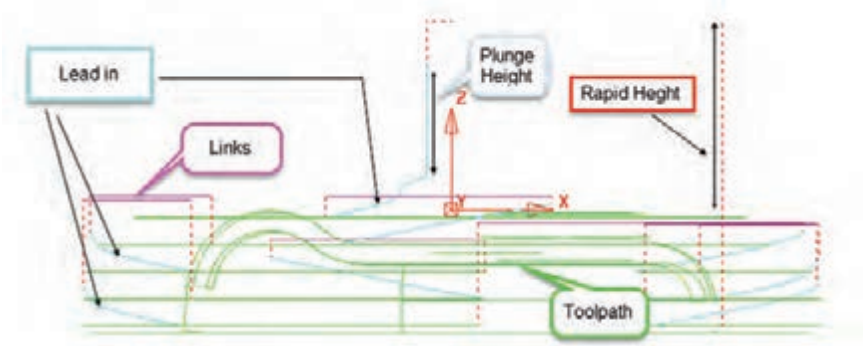
- Start Point » نقطه شروع ماشین‌کاری
- End Point » نقطه پایان ماشین‌کاری

در کادر Use می‌توانید به روش‌های زیر نقاط شروع و پایان ماشین‌کاری راتعیین کنید.

- Block center safe » نقطه شروع/ پایان حرکت ابزار، ابزار در وسط سطح بالای بلوک با ارتفاع ایمن قرار می‌گیرد.
- First/Last point safe » نقطه شروع / پایان حرکت ابزار، نزدیک‌ترین / دورترین نقطه به قطعه کار با فاصله ایمن
- First/Last point » نقطه شروع / پایان حرکت ابزار، نزدیک‌ترین / دورترین نقطه‌به قطعه کار
- Absolute » تعیین مختصات شروع و پایان حرکت بصورت درج مختصات به شکل مطلق

دستور Leads and Links

دستور Leads in/Lead out: برای تعیین چگونگی نشست و برخاست‌های (ورود وخروج) ابزار در حین عملیات ماشین کاری (حرکت‌های بین پاس‌های ماشین کاری) استفاده می‌شود، و از فاکتورهای مهم در کاهش زمان ماشین‌کاری و جلوگیری از شکستن ابزار و بالا بردن عمر ابزار می‌باشد، چنانچه ابزار به‌طور نامناسب به بلوک یا قطعه کار نفوذ کند احتمال وارد شدن شک و شکستن آن می‌باشد. در شکل ۷۱ بصورت تصویری Lead in به رنگ فیروزه‌ای نشان داده شده است.



شکل ۷۱

پس از اجرای این دستوراز نوار ابزار اصلی پنجره Toolpath Connection بازمی‌شود (شکل ۷۰).

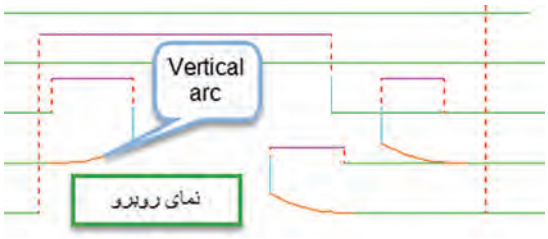
- تب Leads in : نحوه ورود ابزار به کاردرحین عملیات ماشین‌کاری
- تب Leads out : نحوه خروج ابزار ازکاردرحین عملیات ماشین‌کاری
- تب Links: نحوه اتصال یک خروج به ورود (چگونگی اتصال پاس‌های ماشین‌کاری)

روش‌های ورود وخروج ابزار Leads in/out:

تب‌های Lead in و Lead out دارای گزینه مشابهی‌اند، که اولی نحوه ورود و دومی نحوه خروج ابزار به شرح زیر تعریف می‌شود.

- **None** : هیچ روشی برای ورود یاخروج تعریف نمی‌شود، احتمال وارد شدن شوک به ابزار وجود دارد.
- **Surface normal arc** : ابزار در مسیری به‌شکل کمان عمود بر سطح، وارد کار (یاخارج) می‌شود.
- **Vertical arc** : ابزار در مسیری به شکل یک کمان عمود بر صفحه افق، وارد کار (یا خارج) می‌شود.

درشکل ۷۲ خروج ابزار ازاین نوع است.



شکل ۷۲

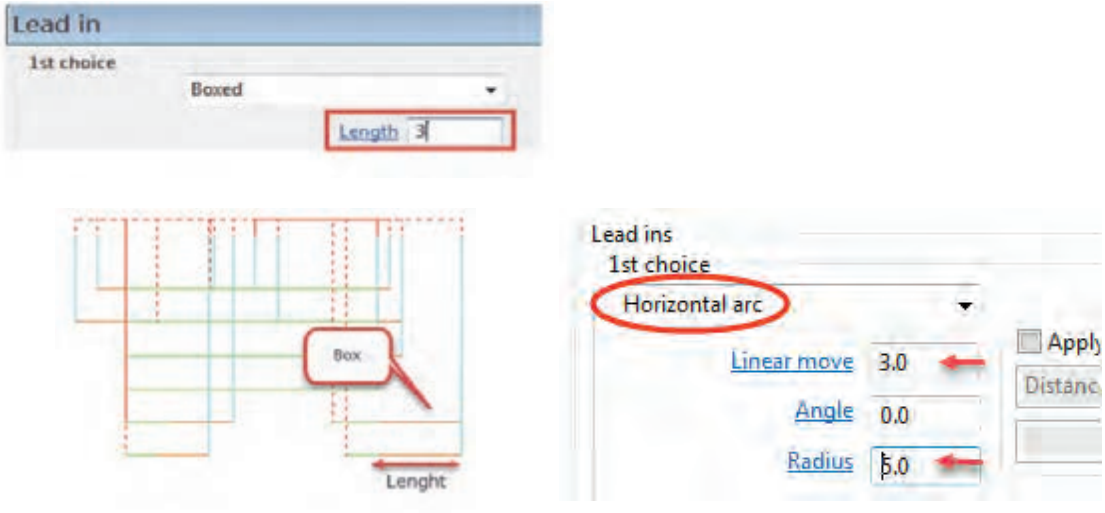
- **Horizontal arc** : ابزاردرمسیری به شکل یک کمان افقی، واردکار (یا ازآن خارج) می‌شود. در شکل ۷۳ ـ الف خروج ابزار ازاین نوع می‌باشد. شعاع کمان در کادر Radius تعیین می‌شود.

- **Horizontal arc left** : مانند حالت قبل ابزاردرمسیری به شکل یک کمان افقی ولی ازسمت چپ وارد کار (یا از آن خارج) می‌شود. این نوع ورود در براده برداری همراه (G۴۱) Climb کاربرد دارد.
- **Horizontal arc right** : ابزار در مسیری به شکل یک کمان و از سمت راست وارد کار (یا از آن خارج) می‌شود. در براده برداری غیرهمراه(G۴۲) Convetional کاربرد دارد (شکل ۷۳ـالف).

نکته

هنگام خروج ابزار در پایان عملیات ماشین‌کاری (خصوصاً پرداخت کاری) برای اینکه ابزار برروی دیواره ها خط یا خش ایجاد نکند، بهتراست Lead out را از نوع Horizontal arc تعریف کنیم.

- **Box»** ابزار به‌صورت افقی، بدون زاویه و با فاصله اندازه وارد شده درکادر Length وارد یا از آن خارج می‌شود (شکل ۷۳ ـ ب).

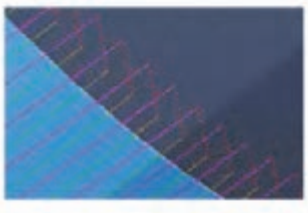


ب

الف

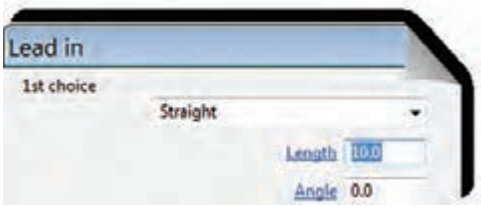
شکل ۷۳

● **Extended Move**: ابزار در امتداد مسیر حرکت و پس از ماشین‌کاری سطح به اندازه طول تنظیمی در کادر Length از کار خارج یا به اندازه این فاصله قبل‌تر از قطعه حرکت اضافی داشته باشد. این ورود و خروج در مورد استراتژی پرداخت Raster finishing کاربرد دارد (شکل ۷۴).



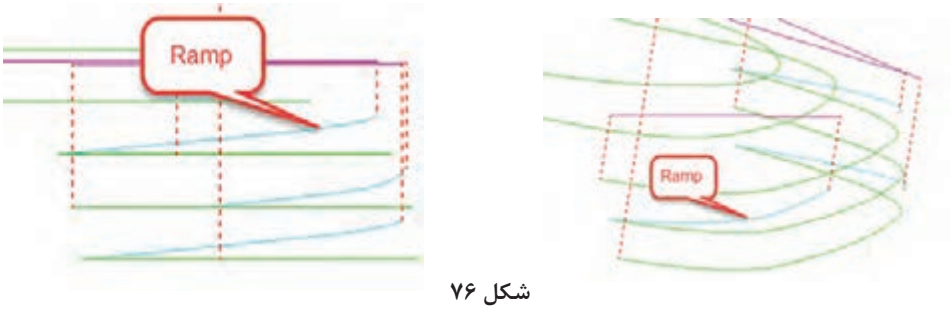
شکل ۷۴

● **Straight** : ابزار به‌صورت یک خط افقی ولی با یک زاویه (واقع در صفحه XY) نسبت به محور X وارد کار (یا از آن خارج) می‌شود. درفرم شکل ۷۵ طول و زاویه خط تعیین می‌شود.



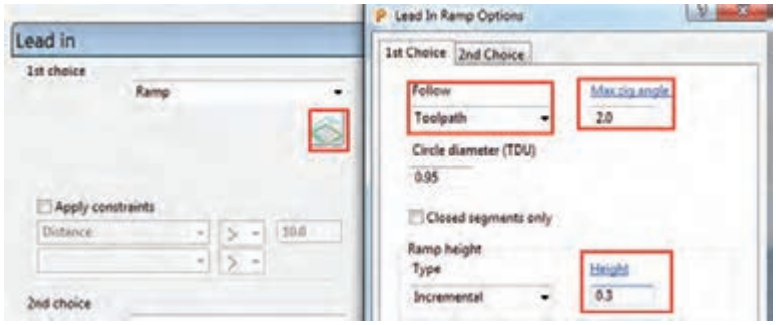
شکل ۷۵

● **Ramp** » ابزار در مسیری قوسی شکل و با یک شیب (زاویه) وارد کار می‌شود. این نوع ورود و خروج به‌دلیل نفوذ تدریجی ابزار درکار و عدم اعمال ضربه به ابزار بسیار کاربرد دارد (شکل ۷۶).



شکل ۷۶

برای تنظیم مقادیر حرکت Ramp باید بر روی گزینه Ramp Option کلیک کنید. و سپس مقادیر ارتفاع و زاویه Ramp را در کادرهای نشان داده شده وارد کنید (شکل ۷۷).
در قسمت Follow با انتخاب Toolpath تعیین می‌کنیم حرکت Ramp در امتداد مسیر ابزار باشد.



شکل ۷۷

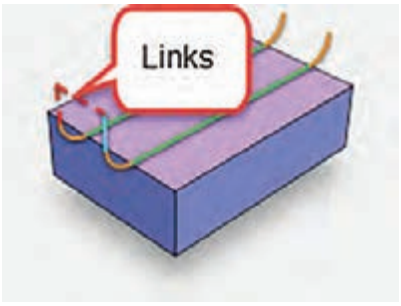
معمولاً مقادیر، درجه ۲ = Max zig angle و ۰/۳ mm = Height مناسب است.

نکته

ـ علت وجود دو انتخاب (1s Choice , 2s Choice) در پنجره‌ها این است فواصل برخی نشست و برخاست کوتاه و برخی دیگر بلند می‌باشد. (ابزارازیک ناحیه بلند شده و درناحیه دیگری وارد می‌شود.)، انتخاب اولی برای فواصل کوتاه و انتخاب دوم برای فواصل بلندتر تعریف می‌شود.
ـ برای کنترل برخورد ابزار با بلوک باید گزینه Gouge Check همواره تیک خورده باشد.

نحوهٔ اتصال نشست و برخاست ها (Links)

منظور از Links نحوه اتصال یک خروج ابزار به ورود بعدی و یا نحوه اتصال پاس‌های ماشین‌کاری و تعیین نوع ارتفاع‌های نشست و برخاست‌های ابزاراست (شکل ۷۸).



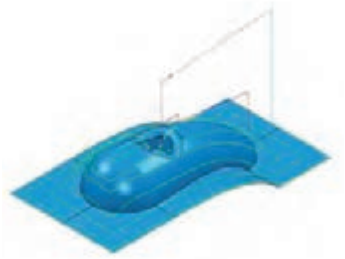
شکل ۷۸

روش‌های مختلف تعریف Links

- Safe
- Incremental
- Skim
- On surface
- Stepdown
- Straight
- Circular arc

● **Safe»** دراین حالت ابزار درحین عملیات ماشین‌کاری هنگام برخاستن تا ارتفاع تعیین شده درکادر Rapidheight از تب Safe area ازدستور Rapid Move بالا می‌آید. (نسبت به بلوک)
سرعت این حرکت سریع (G 00) و برای سوراخ‌کاری مناسب است.

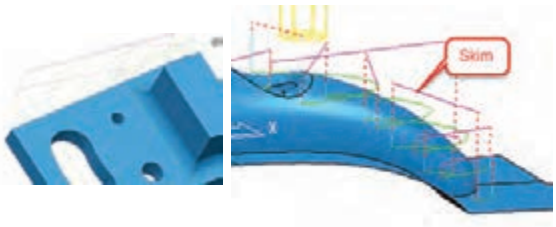
● **Incremental »** ارتفاع برخاست‌ها و نشست‌های ابزار به‌صورت افزایشی (نه مطلق) نسبت به سطح قطعه‌کار از کادرRapid height محاسبه می‌شود.



شکل ۷۹

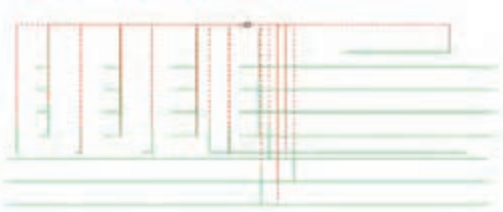
● **On surface »** نشست و برخاستی وجود ندارد بلکه مسیر ابزار همواره بر روی سطح کار می‌باشد (شکل ۷۹).

● **Skim»** مبنای ارتفاع نشست و برخاست ابزار بجای بلوک خام، از روی سطح مدل و به اندازه مقدارتعریف شده صورت می‌گیرد. این امر باعث کاهش زمان ماشین‌کاری است. (سرعت حرکت ابزار G01 است) (شکل ۸۰).
حرکت Skim بیشتر برای استراتژی‌های پرداخت‌کاری‌ها استفاده می‌شود. (بجز Constant Z)



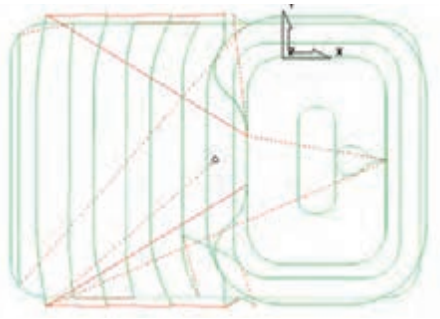
شکل ۸۰

● **Stepdown** » اتصال مسیرها بصورت پلکانی است و ارتفاع پله‌ها به‌اندازه عمق بار می‌باشد. این حرکت برای استراتژی Constant z مناسب است (شکل ۸۱).



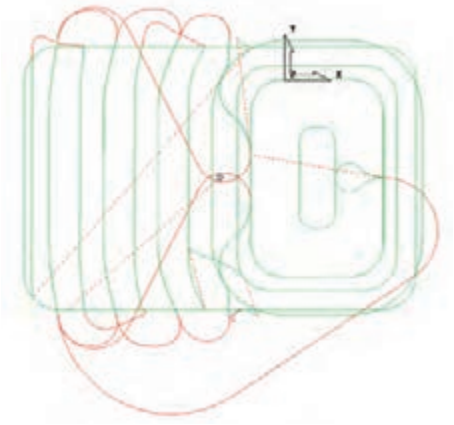
شکل ۸۱

● **Straight** » اتصال مسیرها به‌صورت خط مستقیم است (شکل ۸۲).



شکل ۸۲

● **Circular arc** » اتصال مسیرها به‌شکل یک کمان می باشد (شکل ۸۳).



شکل ۸۳

فعالیت عملی ۱۷

فایل Project 2 را باز کرده سپس تنظیمات هر ردیف از جدول زیر را جداگانه اعمال کنید. پس از محاسبه استراتژی (Calculate) آن را شبیه‌سازی کنید. سپس استراتژی را ویرایش و تنظیمات آن را مطابق ردیف بعد انجام داده دوباره شبیه‌سازی و نتایج را با هم مقایسه کنید. پس از انجام مرحله ۴ فایل را با نام Project 3 ذخیره کنید.

● استراتژی Model Area Clearance ، قطر ابزار ۴۰ سرتخت، مقادیرعددی نشست و برخاست‌های ابزار دلخواه

● Start / End point =Block center Safe

● Rapid height =۲ , Plunge height=۱

	Style	Stepdown	Stepover	Lead in	Lead out	Links
ردیف ۱	Raster	۰/۲	۳۲	Straight	Straight	Circular Arc
ردیف ۲	Raster	۰/۲	۳۲	Extended Move	Box	On Surface
ردیف۳	Offset	۳	۳۰	Horizontal arc	Straight	Stepdown
ردیف ۴	Offset all	۰/۳	۳۲	Ramp	Extended Move	Skim

اکنون که با پارامترهای ماشین‌کاری آشنا شدید به ادامه مبحث استراتژی‌های ماشین‌کاری می‌پردازیم.

ماشین کاری شیار: درخشن‌کاری مدل فعالیت اول با ابزار قطر ۴۰ در مرحله قبل به‌دلیل بزرگ بودن ابزار، درون شیار لوبیایی ماشین‌کاری نخواهد شد. به چند روش می‌توان درون شیار را ماشین کاری نمود. البته به این نکته توجه کنید که پاورمیل‌کاران همواره بهترین روش را انتخاب می‌کنند. ولی از آنجایی که مبحث ما آموزشی است بهتر است با راهکارهای مختلف در موقعیت‌های متفاوت آشنا شوید.

- استفاده از ابزار با قطرکمتر و محدود کردن بلوک خام
- استراتژی Model Rest area clearance
- استراتژی Constant Z finishing

روش اول : استفاده ازابزاربا قطرکمترو محدود کردن بلوک خام

در این روش اگر بخواهیم درون شیار لوبیایی ماشین‌کاری شود باید از ابزار با قطر پایین‌تر استفاده کنیم، تا امکان حرکت ابزار درون حفره امکان پذیر باشد.

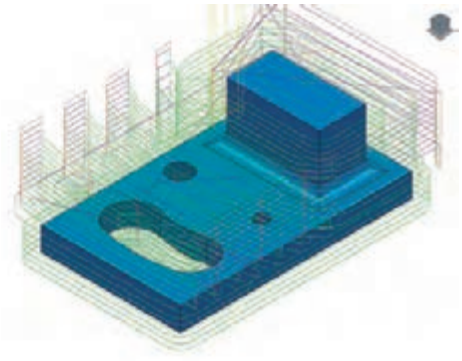
فعالیت عملی ۱۸

فایل Project 2 را باز کنید. استراتژی Model Area Clearance را با پارامترهای زیر اجرا کنید. مقدار Stepover=16، Stepdown =1، Thickness = 1 ، ابزار سر تخت با قطر ۲۰ میلی‌متر و سایر پارامترها براساس آنچه آموخته‌اید. اکنون Toolpath جدید را با کلیک بر روی Calculate ایجاد کنید.

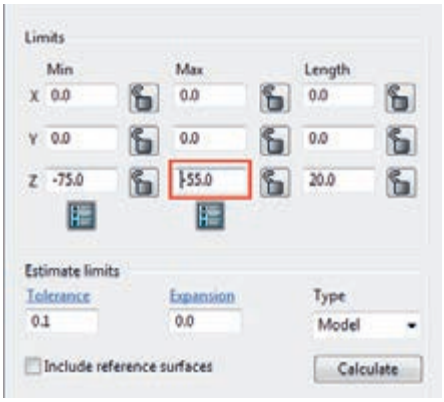
همانطور که می‌بینید این بار شیار نیز ماشین‌کاری می‌شود. (شکل ۸۴)

همانطورکه دیدید با انتخاب ابزار کوچک‌تر توانستیم داخل شیار را نیز ماشین‌کاری کنیم. اما این کار یک اشکال دارد و آن هم افزایش زمان ماشین‌کاری با ابزار کوچک‌تر است که باعث افزایش هزینه تولید می‌شود. برای پرهیز از این اشکال می‌توانیم با کم کردن Max Z از بلوک خام، حرکت ابزار را به ناحیه‌ای که شیار در آن قرار دارد محدود کنیم. برای این منظور :

- ابتدا عمل خشن‌کاری اولیه را با ابزار ۴۰ و مقدار Thickness = ۱ یک‌بار انجام دهید.
- دوباره با اجرای دستور تعریف استراتژی، پنجره استراتژی Model Area Clearance را بازکرده، از سمت چپ پنجره استراتژی بر روی کلمه Tool کلیک کرده ابزاری از نوع End MILL با قطر ۲۰ تعریف کنید.
- این بار بر روی عبارت Block از سمت چپ پنجره کلیک کرده، مطابق شکل ۸۵ ازسمت راست مقدار max Z را از ۵ـ به ۵۵ـ تغییر دهید سپس روی Accept کلیک کنید تا ارتفاع بلوک کاهش یافته و هم‌سطح ارتفاع شیار شود.

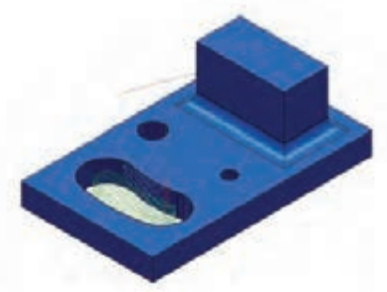


شکل ۸۴



شکل ۸۵

● بر روی دکمه Calculate استراتژی کلیک کنید تا Toolpath جدید محاسبه شود. همانطور که در شکل ۸۶ می بینید عمل ماشین کاری با کم کردن ارتفاع بلوک، به ناحیه شیار محدود شده است. فایل را با نام Project 4 ذخیره کنید.



شکل ۸۶

توجه : گاهی اوقات می‌خواهیم با ابزار کوچکی عمل فرزکاری را انجام دهیم ولی نمی‌خواهیم داخل سوراخ‌ها و شیارها و حفره‌ها براده‌برداری شود. دراین موارد چه باید کرد ؟

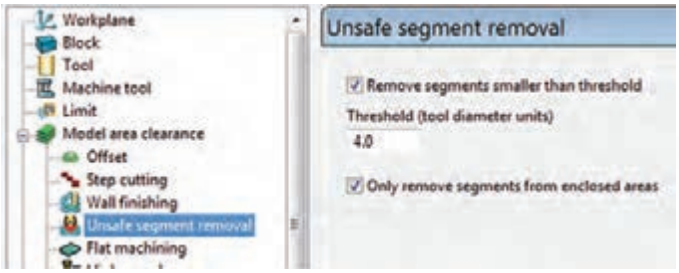
مثلاً این بار فرض کنید می‌خواهیم کل بلوک را با ابزار ۲۰ سر تخت فرزکاری کنیم ولی داخل شیار فرز کاری نشود. در این موارد باید از پارامتر TDU به شرح زیر استفاده کنید.

۱ استراتژی مرحله قبل را در حالت Edit قرار دهید و از سمت چپ پنجره استراتژی Model Area Clearance بر روی گزینه Unsafe segment removal کلیک کنید (شکل ۸۷).

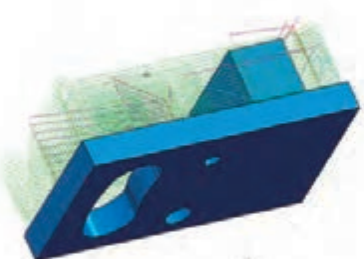
۲ گزینه..... Remove segment smaller را تیک بزنید (شکل ۸۷).

۳ درکادر Threshold (tdu) عدد ۴ را وارد کنید (ضریبی از قطرمؤثر ابزار) (شکل ۸۷).

۴ برنامه را Calculate کنید. همانطور که می‌بینید با اینکه قطر ابزار ۲۰ است ولی برنامه از ماشین کاری شیارهایی که عرض آنها از ۴ برابر قطرمؤثر ابزار کمتر است صرفنظر می‌کند (شکل ۸۸).



شکل ۸۷



شکل ۸۸

فعالیت عملی ۱۹

فعالیت ۱۸ را این بار با همان ابزار ۲۰ سر تخت و Thickness = 10 انجام دهید. آیا شیار لوبیایی ماشین کاری می‌شود؟ (آیا این ابزار قادر به ایجاد شیار می‌باشد؟) چرا ؟

روش دوم : استراتژی Model Rest Area Clearance

این استراتژی برای ماشین‌کاری قسمت‌های باقی مانده ازمرحله خشن کاری قبلی استفاده می شود. به‌طوری‌که ابتدا پس از انجام خشن‌کاری اولیه، با استفاده از استراتژی Rest و با کمک ابزار کوچک‌تر یک Toolpath دیگر برای ماشین‌کاری قسمت‌هایی از بلوک که ابزار قبلی قادر به ماشین‌کاری آن نبوده، ایجاد می‌کنیم. مراحل این کار به شرح ذیل است :

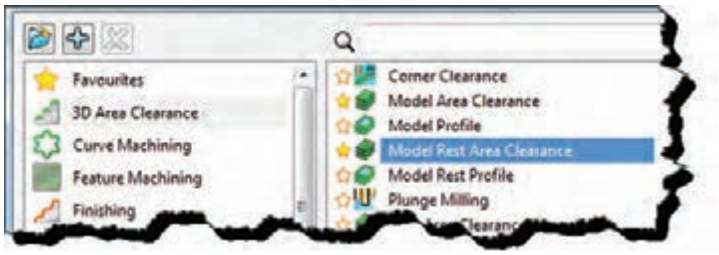
۱ فایل Project 3 را که در فعالیت ۲۱ ایجاد و ذخیره کرده‌اید باز کنید. (استراتژی خشن کاری اولیه با ابزار ۴۰ انجام شده است)

۲ دستور Toolpath Strategies از نوار ابزار اصلی اجرا کنید (شکل ۸۹).



شکل ۸۹

۳ پس از باز شدن کادر شکل ۹۰ از سمت گروه 3D Area Clearance و از سمت راست استراتژی Model Rest Area Clearance را انتخاب کنید



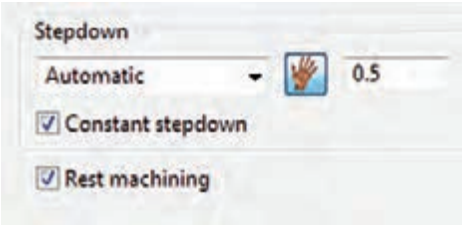
شکل ۹۰

۴ پارامترهای استراتژی را مطابق شکل ۹۱ تنظیم کنید.



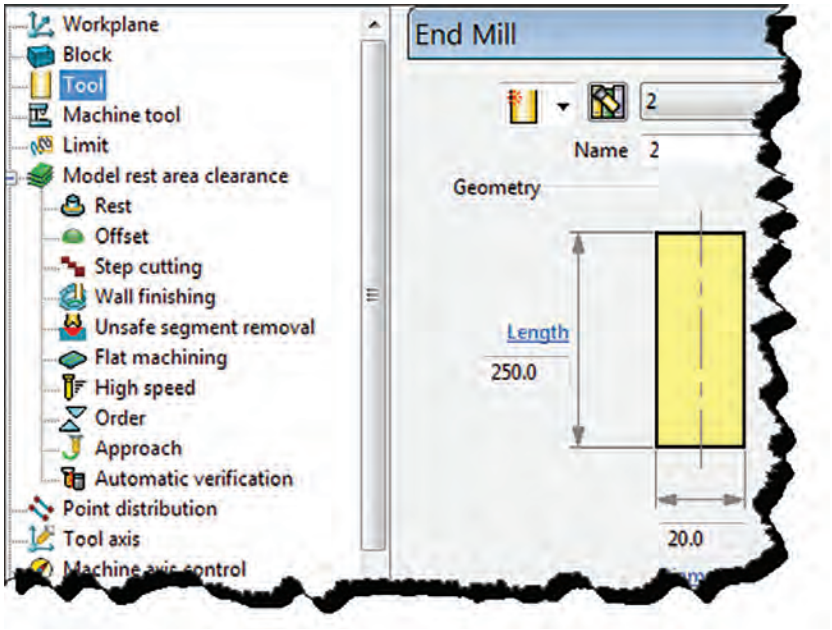
شکل ۹۱

۵ گزینه Rest machining را در پایین پنجره استراتژی تیک بزنید (شکل ۹۲).



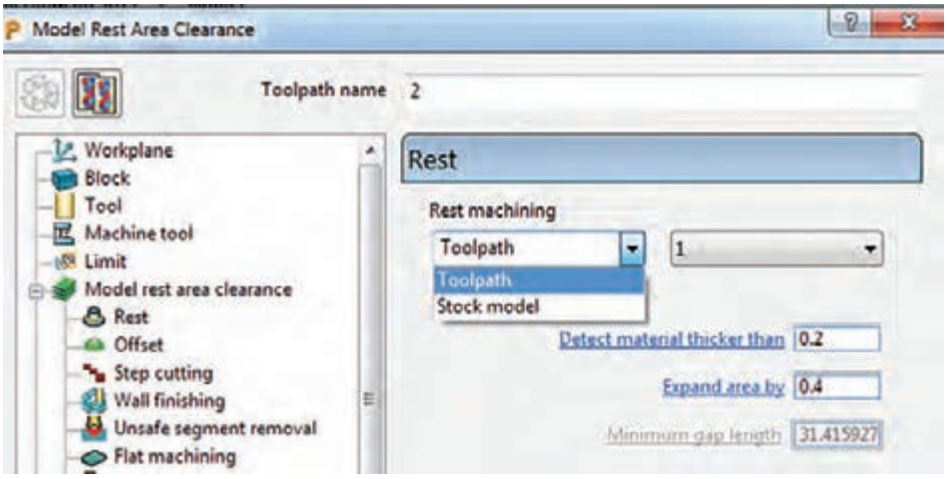
شکل ۹۲

۶ گزینه Tool را ازسمت چپ پنجره استراتژی انتخاب کرده و ابزاری از نوع End Mill با قطر ۲۰ تعریف کنید و نام آن را e20 قرار دهید (شکل ۹۳).



شکل ۹۳

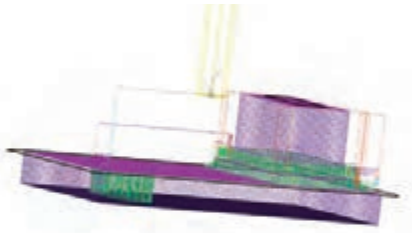
۷ روی گزینه Rest در سمت چپ پنجره استراتژی کلیک کنید و در سمت راست مطابق شکل ۹۴ از قسمت Rest machining گزینه Toolpath و از کادر مقابل آن، استراتژی ۱ که همان استراتژی خشن کاری اولیه است و قبلاً تعریف کرده اید را انتخاب کنید تا Toolpath جدید نسبت به آن ایجاد شود.



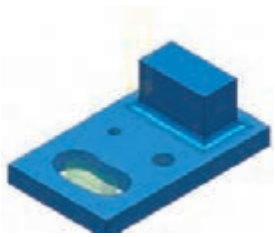
شکل ۹۴

۸ حال برروی دکمه Calculate کلیک کنید تا Toolpath ایجاد شود..

۹ هر دو استراتژی اولیه و Rest را شبیه‌سازی (Simulate) کنید (شکل‌های ۹۵ و ۹۶).



شکل ۹۵

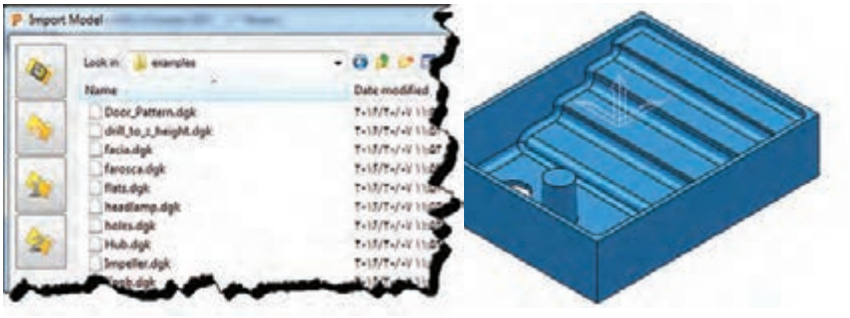


شکل ۹۶

همانطور که در شکل‌های ۹۵ و ۹۶ می‌بینید استراتژی دوم (Rest)، داخل حفره و برخی از قسمت‌های باقیمانده که در مرحله اول ماشین کاری نشده بود را خشن کاری می‌کند. در بسیاری از قطعات مانند مثال بالا ممکن است حفره یا شیارکم عرض، گوشه‌هایی با شعاع کمتر از شعاع ابزار وجود داشته باشد که ابزارهای بزرگ‌تر، قادر به ماشین‌کاری آنها نیستند، لذا این استراتژی شما را قادرمی‌سازد که این نواحی را ماشین کاری کنید.

تمرین

تمرین تکمیلی ۱: از منوی File گزینه Import Model را انتخاب کنید. فایل Flats را از پوشه Example انتخاب و روی دکمه Open کلیک کنید تا مدل باز شود (شکل ۹۷).



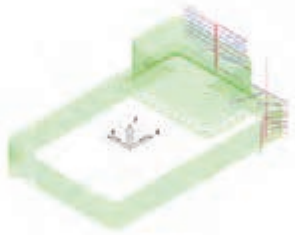
شکل ۹۷

پس از تعریف بلوک خام و ابزار سرتخت به قطر ۲۰ میلی‌متر، استراتژی خشن کاری ModelAreaClearance را اجرا و مطابق جدول زیر تنظیمات آن را انجام دهید. و سپس با استفاده از استراتژی Rest و ابزار با قطر ۱۲ میلی‌متر آن را تکمیل نموده و نتیجه را شبیه‌سازی و سپس با نام Flats 2 آن را ذخیره کنید.

Style	Cut Direction	Tolerance	Thickness	Stepover	Stepdown	Angle	Lead in	Lead out	Link
Raster	Any	۰/۱	۰/۵	۱۶	۰/۴	۹۰	Ramp	None	Stepdown

استراتژی Model Profile

در این استراتژی مسیر ابزار به‌صورت یک پروفیل ساخته شده در اطراف مدل یا اجزای آن و در سطوح با مقادیر Z مختلف انجام می‌شود، همان‌طور که در شکل ۹۸ می‌بینید این روش بیشتر دیواره‌ها را ماشین‌کاری می‌کند و سطوح افقی ماشین کاری نمی‌شوند.



شکل ۹۸

فعالیت عملی ۲۰

استراتژِی Model Profile را یکبار برای کل مدل فایل Project 2 و یکبار با محدود کردن بلوک یا تعریف باند فقط برای شیار لوبیایی ایجاد کنید.

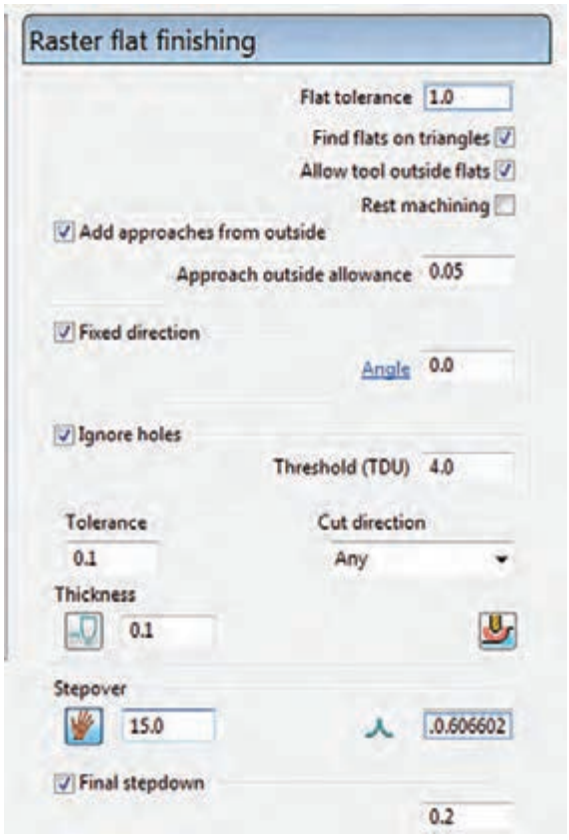
استراتژی‌های پرداخت کاری

پس از انجام عملیات خشن کاری اولیه (Roughing)، عملیات پرداخت کاری به دو منظور انجام می‌شود. ۱ـ رسیدن به فرم و سطح نهایی (Thickness =0) ۲ـ رسیدن به کیفیت سطح مطلوب. البته عملیات پرداخت معمولاً ممکن است در چند مرحله پیش‌پرداخت (Semi finishing) و پرداخت نهایی (Finishing) انجام گیرد.

استراتژی Raster Flat finishing

از این استراتژی برای پرداخت سطوح تخت استفاده می‌شود. فرض کنید می‌خواهیم سطوح افقی مدل فعالیت ۱ را پرداخت نماییم.

- فایل Project 4 را باز کنید (خشن‌کاری اولیه با ابزار ۴۰ و فرزکاری شیار با ابزار ۲۰ انجام شده است)
- بر روی دستور Toolpath Strategies از نوار ابزار اصلی کلیک کنید تا کادر Strategy Selector باز شود.
- از سمت سمت چپ این کادر گروه Finishing و از سمت راست استراتژی Raster Flat Finishing را انتخاب و در نهایت روی دکمه Ok کلیک کنید تا پنجره استراتژی باز شود (شکل ۹۹).



شکل ۹۹

گزینه‌های این استراتژی در زیر توضیح داده شده است

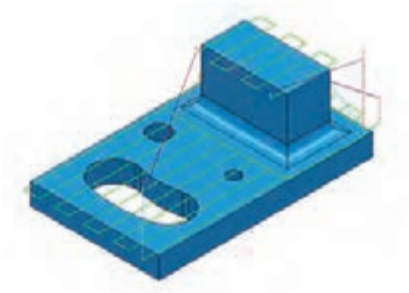
۱- Angle» تعیین کننده زاویه حرکت ابزار روی سطح است. وارد کردن زاویه صفر درجه باعث می‌شود مسیرحرکت ابزار به موازات محور X و زاویه ۹۰ درجه باعث حرکت ابزار به موازات محور Y می‌شود. شکل ۱۰۰



Angle = 90 **Angle = 0**

شکل ۱۰۰

۲ـ Threshold (TDU)» ضریبی از قطر ابزار است. در صورتیکه گزینه Ignore holes را تیک بزنید با وارد کردن این ضریب (مثلاً ۴) سبب می‌شود ماشین تمام شیارها، سوراخ‌ها و حفره‌هایی که عرض یا قطر آنها کمتر از۴ برابر قطر مؤثر ابزار است سطح پر درنظر گرفته، از روی آن مانند حالت ماشین‌کاری عبور کند (وجود آن را نادیده می‌گیرد). به عبور ابزار از حفره درشکل ۱۰۱ دقت کنید.



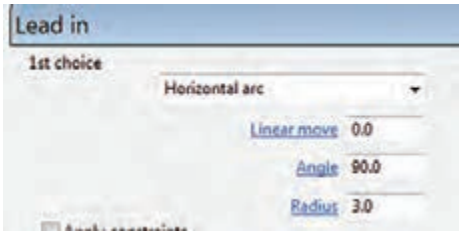
شکل ۱۰۱

پرسش : اگر تیک گزینه Ignore holes را بردارید ابزار هنگام رسیدن به حفره‌ها مسیر خود را تغییر می‌دهد.
ضمنا در این حالت ابزار وارد شیار نمی‌شود. چرا؟

۳ـ Thickness» تعیین کننده ضخامت باقی مانده که در پرداخت‌کاری نهایی مقدارآن را صفر وارد می‌کنیم.
۴ـ Final stepdown» عدد وارد شده در این کادر به این معنی است که بار پاس آخر ۰/۱۵ میلی‌متر باشد.
۵ـ استراتژی را Calculate و شبیه‌سازی کنید و در نهایت آن را با نام Project 4 ذخیره کنید.

نکته

بهتر است حرکت‌های Lead in و Lead out در این استراتژی از نوع Horizontal arc یا Extended move و نوع Link از روش Step-down تعریف شود (شکل ۱۰۲).



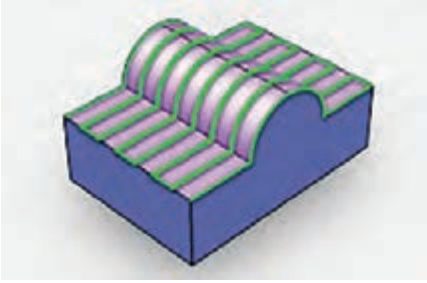
شکل ۱۰۲

تمرین

تمرین تکمیلی ۲ : فایل Flats 2 را که در تمرین تکمیلی ۱ انجام داده اید باز کنید. با استفاده از استراتژی Raster Flat Finishing آن را پرداخت کنید.

استراتژی Raster finishing

مسیر ابزار در این نوع استراتژی به‌صورت رفت و برگشتی و موازی یکدیگر و منظم است. مسیر یا گام‌های ابزار همواره روی سطوح کار تصویر می‌شود. این استراتژی برای سطوحی که زاویه آنها کمتر از ۹۰ درجه و سطوحی که از اکسترود (امتداد) یک پروفیل در یک جهت بوجود آمده‌اند مناسب است مانند (شکل ۱۰۳).



شکل ۱۰۳

استراتژی را اجرا کنید تا کادر محاوره‌ای آن مطابق شکل ۱۰۴ باز شود.



شکل ۱۰۴

۱ Angle» زاویه حرکت ابزار نسبت به محور X

۲ Start corner » تعیین گوشه برای شروع کار (شکل ۱۰۵).



شکل ۱۰۵

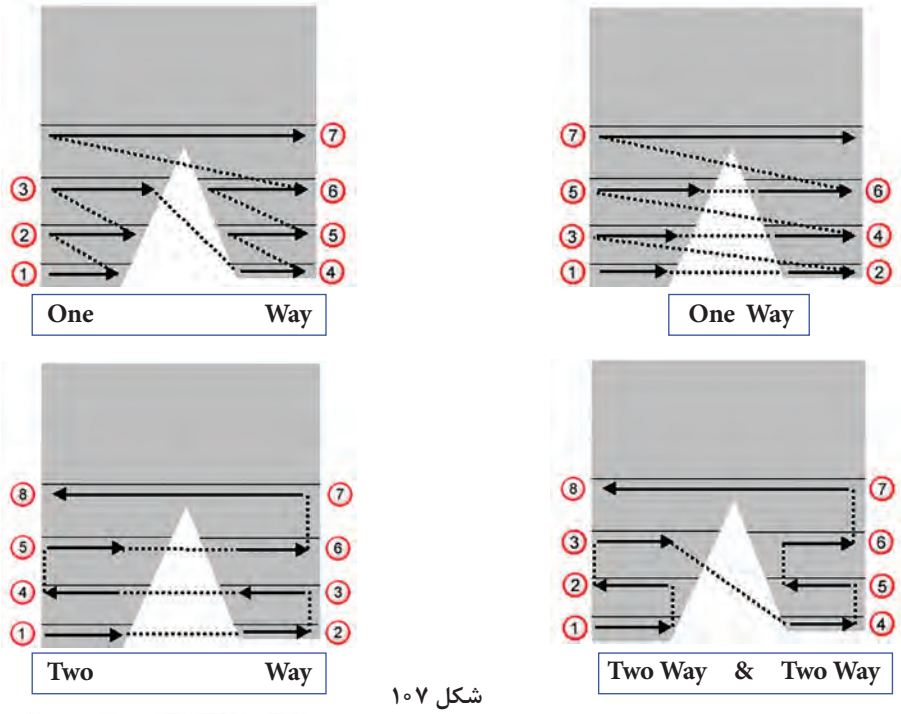
۳ Perpendicular Pass» در سطوح شیب دار زمانی که پاس‌های ماشین کاری (Stepover) روی سطح تصویر می‌شوند فواصل آنها نامنظم و نامساوی می‌شوند و کیفیت سطح مناسبی ایجاد نمی‌شود. با روشن کردن این گزینه و تعیین مقدار زاویه حداقل شیب درکادر Shallow angle (مثلاً ۳۰ درجه)، مسیر دیگری عمود بر مسیر اصلی نیز برای ماشین‌کاری جهت پرداخت بهتر سطح ایجاد می‌شود. (برای سطوح شیب‌دار با زاویه ۳۰ تا ۹۰ درجه دو مسیر ابزار ایجاد می‌شود) (شکل ۱۰۶).



شکل ۱۰۶

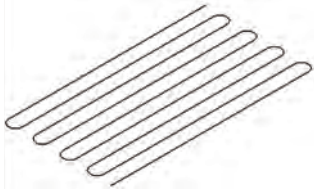
۴ Style» در لیست Style، گزینه One way به این معنی است که ابزار همواره از یک طرف کار براده‌برداری کند و در سمت دیگر از روی کار بلند شده برای شروع براده‌برداری به سمت اول برگردد. وگزینه Two way به این معنی است که در برگشت از طرف مقابل نیز بار اعمال و براده‌برداری صورت گیرد. در

شکل‌های ۱۰۷ حالت‌های مختلف مسیرحرکت ابزار در این استراتژی را می‌بینید. (خط چین بیانگر بلند شدن ابزار و رفتن به نقطه بعدی با حرکت سریع است.**(G00)**



شکل ۱۰۷

۵ Arc radiuse » تعیین‌کننده شعاع قوس اتصال مسیرها است که حداکثر نصف Stepover درنظر می‌گیرند (شکل ۱۰۸).

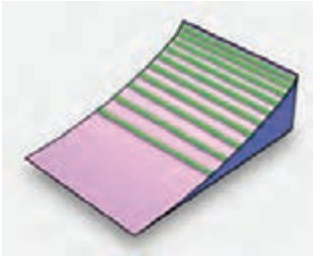


شکل ۱۰۸

فعالیت عملی ۲۱

فایل Project 4 را بازکنید، یک برنامه Raster finishing با مشخصات زیر تهیه کنید. سپس آن را شبیه‌سازی کنید.
بلوک Min z =-50 , Tolerance =0.05 thickness =0 و Stepover =16 mm، ابزار از نوع Tip Radius با قطر ۲۰ و شعاع لبه ۱

استراتژی Constant Z Finishing



شکل ۱۰۹

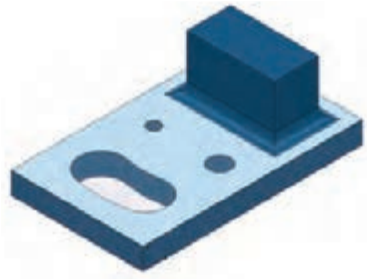
مسیر ابزار (Toolpath) در این استراتژی از برخورد صفحات افقی (فرضی) و موازی باهم به فواصل Stepdown با سطوح قطعه کار ایجاد می‌شود. به‌خاطر این نظم در فواصل برای ماشین‌کاری سطوحی که به ۹۰ درجه نزدیک‌اند (دیواره‌ها) بسیار استفاده می‌شود. درشکل ۱۰۹هرچه سطح به افق نزدیک می‌شود فواصل Stepdown نامنظم‌تر می‌شود تاجایی‌که دیگر هیچ Toolpath ایجاد نمی‌شود.

همانطور که گفتیم در مثال مربوط به مدل فعالیت ۱ یکی از روش‌های ماشین کاری شیار لوبیایی استفاده از این استراتژی است. قابل ذکر است بسیاری از مواقع می‌توان از این استراتژی برای خشن‌کاری نیز استفاده کرد. می‌خواهیم درون شیار را با این استراتژی خشن کاری و پرداخت نماییم.

۱ فایل Project 3 را باز کنید.(خشن کاری اولیه انجام شده ولی حفره ایجاد نشده است.)

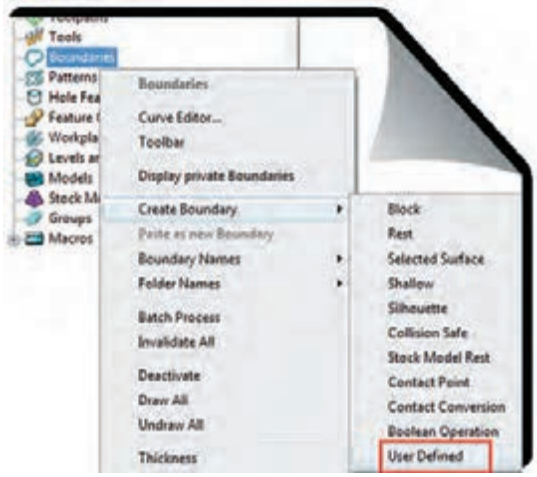
۲ ابتدا باید یک باند (Boundary) به روش User Defined در ناحیه شیار به روش زیر ایجاد کنید.

- از نوار ابزار Viewing بلوک را خاموش کنید.
- مطابق شکل ۱۱۰ روی سطح بالایی شیار کلیک کنید تا انتخاب شود.



شکل ۱۱۰

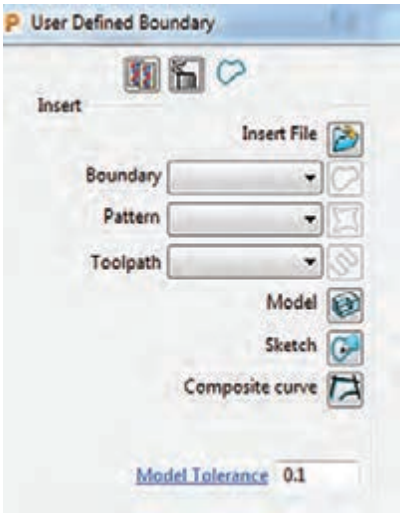
- مطابق شکل ۱۱۱بر روی گزینه Boundary درناحیه Explorer کلیک راست وگزینه Create Boundary و سپس گزینه User Defined (یعنی باندی که توسط کاربر تعریف می‌شود) را انتخاب کنید.



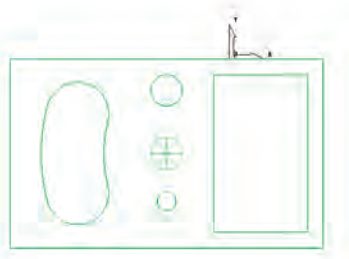
شکل ۱۱۱

- در پنجره باز شده مطابق شکل ۱۱۲بر روی گزینه Model کلیک کنید. این انتخاب سبب می‌شود باند بر مبنای مدل ساخته شود.
- نمای مدل را درحالت دید از بالا قرارداده و سپس مدل را نیز از نوار ابزار Viewing خاموش کنید تا لبه‌های مرز مدل و اجزای آن به‌رنگ زرد نمایان شود (شکل ۱۱۳)، سپس به‌غیر از لبه حفرهٔ لوبیایی بقیه خطوط و دایره‌ها را پاک کنید. به‌طوری‌که فقط اسکچ لوبیایی بماند. (شکل ۱۱۴)، اینک باند مورد نظر ساخته شده است.

۳ اکنون بلوک و قطعه را روشن کنید.



شکل ۱۱۲



شکل ۱۱۳

شکل ۱۱۴

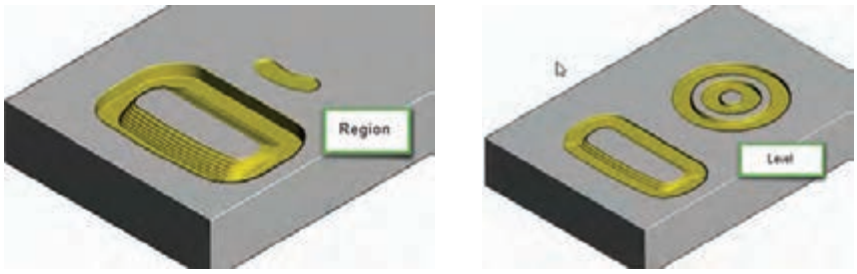
۴ استراتژی Constant Z finishing را اجرا کنید.

۵ پارامترهای استراتژی را مطابق شکل ۱۱۵ وارد کنید.



شکل ۱۱۵

گزینه Order by » تعیین دستور سبک ماشین‌کاری
region: ماشین‌کاری بصورت ناحیه به ناحیه، (پس از ماشین‌کاری یک ناحیه به سراغ ناحیه دیگر می‌رود).
level: سطح به سطح (تمام نواحی مدل دریک سطح به اندازه یکسان ماشین‌کاری می‌شود) (شکل ۱۱۶).



شکل ۱۱۶

گزینه Spiral» مسیر ابزار بصورت مارپیچ خواهد بود.(کاهش زمان ماشین‌کاری)
گزینه Thickness » کادر اول ضخامت باقی مانده از دیواره (چون می‌خواهیم ابتدا خشن کاری کنیم، مقدار آن را ۰/۳ وارد کنید.) و کادر دوم ضخامت باقی مانده برای کف که دراین استراتژی و این حفره، صفر وارد کنید.
گزینه Stepdown » با تعیین مقدار حداقل (Minimum) و حداکثر (Maximum) برای Stepdown و تعیین مقدار زبری سطح در کادرCusp height و تیک زدن گزینه ... Calculate، پاورمیل مقدار مناسب بار یا Stepdown را برای رسیدن به ارتفاع زبری تعیین شده را، بصورت خودکار تعیین می‌کند. ولی اگر گزینه Calculate تیک نخورد ابزار به اندازه حداقل تنظیمی بار می‌گیرد. (مقادیر را مطابق شکل۱۱۵ وارد کنید)

۶ در سمت چپ پنجره استراتژی، روی عبارت Limit کلیک و باند تعریف شده را به‌عنوان محدوده ماشین‌کاری معرفی نمایید.

۷ Lead in را از نوع Ramp با زاویه ۲ و ارتفاع ۰/۳ میلی‌متر تعریف نمایید.

۸ بر روی دکمه Calculate کلیک کنید، تا Toolpath ایجاد شود.

۹ پس از شبیه‌سازی Toolpath، مانند شکل ۱۱۷ باید داخل حفره ماشین‌کاری شده باشد.



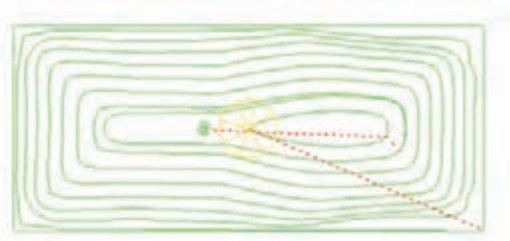
شکل ۱۱۷

فعالیت عملی ۲۲

ـ اکنون یک استراتژی Constant Z finishing دیگر برای پرداخت حفره ایجاد کنید. این بار Thickness = 0 و مقدار Minimum stepdown = 10 قرار دهید. تا دیواره کاملاً پرداخت شود. (علت بالا گرفتن مقدار Stepdown در این مرحله این است که قبلاً حفره خالی شده و می‌خواهیم دیواره حفره با کنار ابزار براده برداری شود)

ـ پس از خشن کاری اولیه مدل فعالیت ۱ دیواره‌های عمودی مدل را با استراتژی Constant Z finishing و مقدار تولرانس ۰/۰۵ و Thikness = 0 پرداخت نمایید. (تعریف باند لازم نیست و بلوک باید براساس اندازه‌های مدل یا بیشتر تعریف شود.)

استراتژی 3D Offset Finishing



شکل ۱۱۸

در این استراتژی، مرز مدل به‌سمت داخل یا خارج آفست می شود. از مزایای این استراتژی آن است که وقتی ابزار به سطح شیبداری می‌رسد، گامش (Stepover) درجهت بردار نرمال برسطح شیبدار می‌شود (مانند این که ابزار چرخیده و عمود برسطح شده) در نتیجه زبری سطح یا Cusp کمتر شده و عملاً کیفیت سطح بهتری در سطوح شیبدار ایجاد می‌گردد (شکل ۱۱۸). معمولاً از ابزار Ball Noised در این استراتژی استفاده می‌شود.

فعالیت عملی ۲۳

فایل Project 4 را باز کرده و با این استراتژی و ابزار قطر ۲۰ و Thickness = 0 آن را پرداخت کنید.

استراتژی Optimize Constant Z Finishing

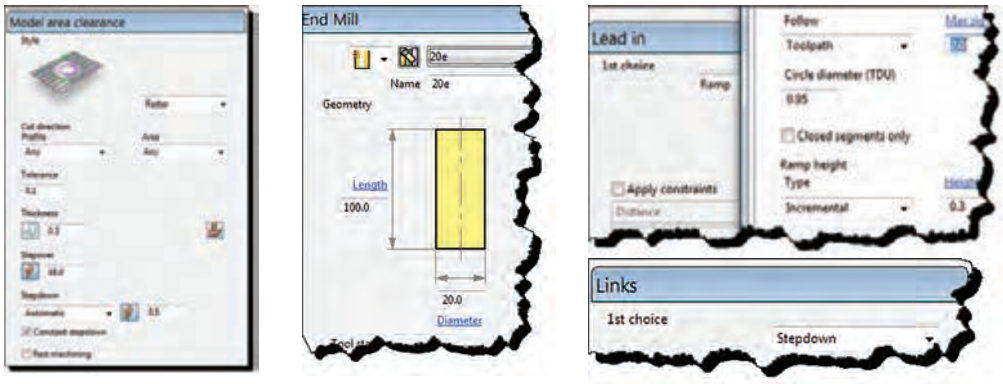
از بهترین وکامل‌ترین استراتژی‌های پرداخت است که ترکیبی از دو استراتژی Constant Z و 3D offsst می‌باشد. برای سطوحی که دارای پستی و بلندی زیادی هستند، معمولا باید چند باند و برای هرکدام یک استراتژی مناسب انتخاب و ترکیب یا Append کرد، اما با استفاده از این استراتژی دیگر نیازی به این کار

نیست. مثال :

۱ فایل مدل Cowling.dgk را از پوشه Example در مسیر نصب پاورمیل بازکنید.

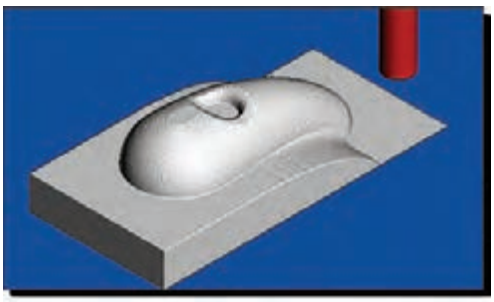
۲ بلوک خامی براساس ابعاد مدل تعریف کنید (البته این شکل مدل نیست بلکه یک پوسته یا Shell می‌باشد.)

۳ یک استراتژی خشن‌کاری Model area clearance با تنظیمات نشان داده شده در اشکال ۱۱۹ تعریف نمایید و شبیه سازی نمایید



شکل ۱۱۹

۴ همانطور که در شکل ۱۲۰می‌بینید این ابزار با این استراتژی قسمتی از حفره را خشن تراشی کرده است.

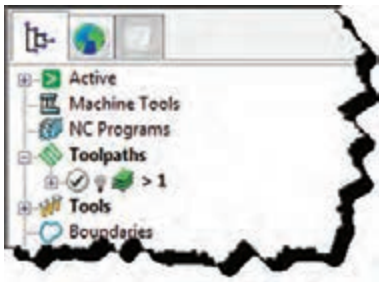


شکل ۱۲۰

نکته

در عمل هنگام براده‌برداری حفره فشار زیادی را به ابزار وارد می‌کند . برای جلوگیری از این اتفاق باید مسیر ابزار شکل گرفته درون حفره را پاک کنید و یا اینکه ابتدا با تعریف باند از نوع Selected Surface و یک استراتژی خشن‌کاری و یا استراتژی..Constant Z درون حفره را خالی کنید.

تعریف باند و ماشین‌کاری حفره : با کلیک بر دستور Exit Viewmill از نوار ابزار Viewmill از حالت Simulate خارج شوید. با کلیک راست بر روی Toolpath ایجاد شده و انتخاب گزینه Delete Toolpath آن را پاک کنید. سپس بلوک را خاموش نمایید تا فقط مدل را مشاهده کنید. (البته می‌توانید این استراتژی



شکل ۱۲۱

نکته

برای مخفی کردن (خاموش کردن) Toolpath کافیست علامت لامپ درکنار نام استراتژی را در پنجره Explore خاموش نمایید.

را موقتاً خاموش و پس از تعریف ماشین‌کاری حفره دوباره آن را روشن و از آن استفاده کنید) .

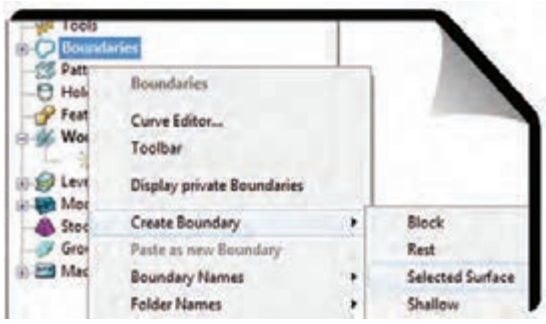
۵ با دستور Zoom to box و نگه داشتن کلید چپ ماوس و کشیدن یک کادر در منطقه حفره، زوم (بزرگنمایی) کنید.

۶ مطابق شکل ۱۲۲ دو سطح کف و دیواره حفره را انتخاب کنید.



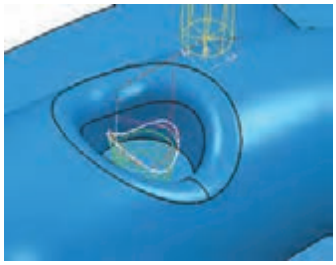
شکل ۱۲۲

۷ مطابق شکل ۱۲۳ بر روی گزینه Boundary از پنجره Explorer کلیک راست کنید.گزینه CreateBoundary را انتخاب کنید، سپس از زیر منوی باز شده گزینه Selected Surface را کلیک کنید تا یک باند براساس سطوح انتخاب شده ساخته شود .



شکل ۱۲۳

۸ استراتژی Constant Z Finishing را اجراکرده در سمت چپ پنجره استراتژی گزینه Limits و سپس باند جدید را انتخاب نمایید و یکبار با Thickness = 0.3 و Min stepdwon =0.1 حفره را خشن‌کاری و یکبار با همین استراتژی ولی Thickness = 0 و Min stepdwon =2 دیواره را پرداخت کنید. نتیجه کار باید مانند شکل ۱۲۴ درآید.



شکل ۱۲۴

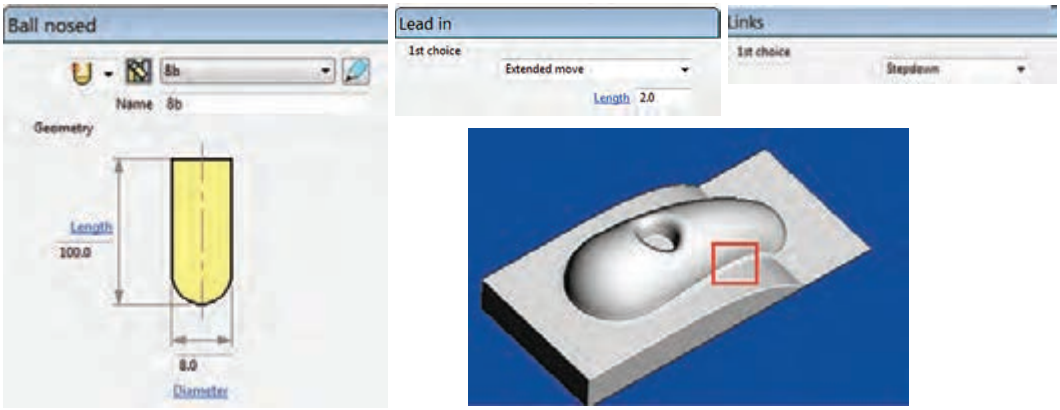
۹ مراحل ۲ تا ۴ را برای خشن کاری اولیه اجرا کنید.

۱۰ این بار برای عملیات پرداخت کاری را برای کل مدل با یک استراتژی از نوع Optimize constant Z... با مقادیر و تنظیمات شکل‌های ۱۲۵ و ۱۲۶ ایجاد کنید. سپس آن را شبیه سازی کنید.

- گزینه Spiral باعث می‌شود مسیر ماشین کاری به شکل مارپیچ درآید.
- گزینه Closed offset باعث بسته شده انتهای Offsetها می‌شود.



شکل ۱۲۵



شکل ۱۲۶

فعالیت عملی ۲۴

در مثال بالا به‌جای استراتژی ...Optimize از استراتژی 3D Offset استفاده و نتیجه را باهم مقایسه کنید.

استراتژی گوشه زنی Corner multi ـ pencil finishing

اگر به قسمتی از مدل ماشین‌کاری شده در شکل ۱۲۶ که درون کادر قرمز قرار دارد نگاه کنید متوجه می‌شوید که این استراتژی نتوانسته این نواحی را به خوبی ماشین‌کاری کند. معمولاً برای ماشین‌کاری کنج‌ها و گوشه‌ها از استراتژی‌های Corner می‌شود. ماشین‌کاری دراین شکل را با استفاده از این استراتژی کامل می‌کنیم.

توجه داشته باشید درآوردن گوشه با شعاع صفر با دستگاه CNC سه محوره عملاً غیر ممکن است بلکه می‌توانیم بسته به ابزار تا شعاع حداقل ۰/۵ یا یک میلی‌متر این کار را انجام دهیم.(برای ایجاد گوشه کاملاً تیز در حفره‌ها و گوشه از وایرکات یا روش‌های دیگری استفاده می‌شود.)

مراحل گوشه زنی :

۱ـ در ادامه فعالیت عملی ۲۹ استراتژی گوشه زنی Corner multi - pencil finishing را انتخاب و اجرا کنید.

۲ـ یک ابزار با قطر ۴ میلی‌متر و از نوع Ball Noised (سرگرد) تعریف کنید. در کادر Name نام آن را b4 وارد کنید.

۳ـ تنظیمات استراتژی را مطابق شکل۱۲۷ انجام دهید.

- Output» گزینه Both انتخاب شود.
- Threshold angle » زاویه دهنه گوشه: پیش فرض ۱۶۵ درجه است. به این معنی که زوایای کمتر از ۱۶۵ درجه گوشه حساب شده و این استراتژی روی آن قابل انجام است. (حداکثر۱۷۶ درجه)
- Cusp» برای تعیین ارتفاع زبری سطح
- Maximum passes » حداکثر تعدادپاس‌ها جهت ماشین‌کاری فیلت‌ها (گوشه‌های گرد)
- بر روی Accept کلیک کرده تا Tool Path ایجاد شود.

نکته

برای رسیدن به گوشه با شعاع یک میلی‌متر می‌توان یک بار دیگر این استراتژی را با ابزار سرگرد با قطر ۲میلی‌متر تعریف کرد

استراتژی سوراخ‌کاری Drilling

اکنون می‌خواهیم عملیات مته مرغک زنی و سوراخ‌کاری را بر روی مدل فعالیت ۱ انجام دهیم.

۱ فایل Project 4 را باز کنید.

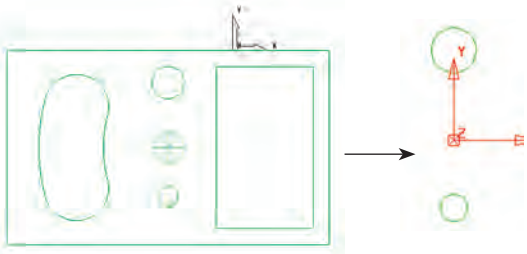
۲ ابتدا باید یک باند برای سوراخ‌های قطعه بسازید (به شرح زیر).

۳ بلوک را خاموش و روی سطح بالایی سوراخ‌ها کلیک کنید تا انتخاب شود.

۴ روی گزینه Boundary از پنجره Explorer کلیک راست و از روش‌های تعریف باند روش User Defined را انتخاب کنید .

۵ در پنجره باز شده آیکن Model را انتخاب تا باند بر روی مدل ساخته شود. و سپس دکمه Accept را کلیک کنید (لبه مدل، سوراخ‌ها و حفره زرد رنگ می‌شود) شکل ۱۲۸

۶ نمای دید از بالا را انتخاب و مدل را نیز خاموش کنید و به‌غیر از سوراخ‌ها بقیه خطوط زرد را Delete کنید. باند مورد نظر آماده است (شکل ۱۲۸).

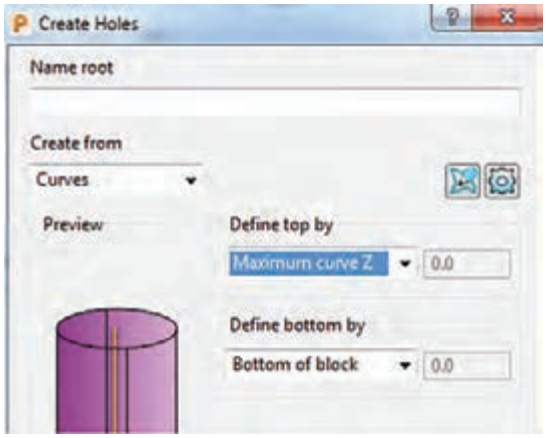


شکل ۱۲۸

۷ از ناحیه گرافیکی دایره سوراخ‌ها را انتخاب کرده و از قسمت Explorer بر روی گزینه Hole Feature Sets کلیک راست و سپس گزینه Create Hole را انتخاب کنید. تا یک نمایه (فیچر Feature) برای سوراخ‌ها ساخته شود.

۸ در کادر باز شده تنظیمات نشان داده شده در شکل ۱۲۹ را اعمال کنید.

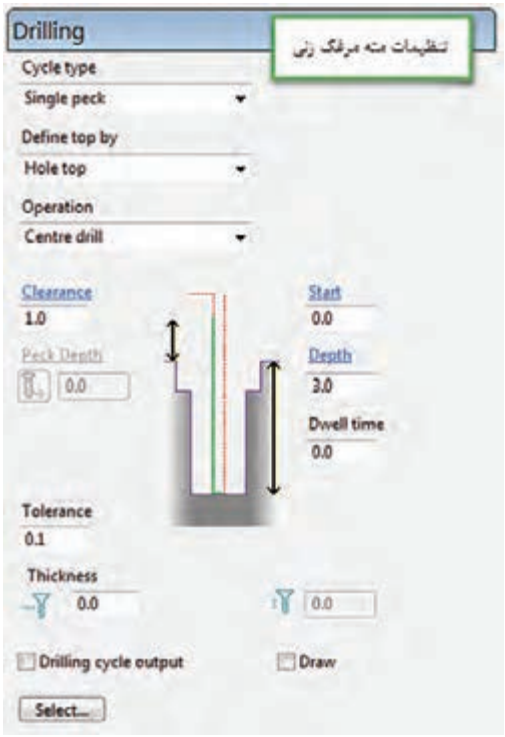
- از بخش Create from گزینه Curve را انتخاب کنید.
- از بخش Define top by گزینه Maximum curve z تا سطحی که دوایر سوراخ‌ها قرار گرفته بعنوان سطح بالای سوراخ‌ها تعیین شود.
- از بخش Define bottom by گزینه Bottom of block را انتخاب تا کف بلوک به‌عنوان انتهای کار تعیین گردد.



شکل ۱۲۹

۹ اکنون استراتژی Drilling را از مجموعه استراتژی‌ها اجرا کنید.

۱۰ شکل ۱۳۰ تنظیمات این استراتژی برای عملیات مته مرغک‌زنی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳۰

شرح تنظیمات

- **Cycle type»** جهت تعیین نوع سیکل سوراخ‌کاری است: برای مته مرغک زنی گزینه Single peck، برای سوراخ‌کاری Deep drill، برقوکاری Ream ، قلاویززنی Treading و غیره
- **Define top by»** انتخاب روش تعیین سطح بالای سوراخ، گزینه Hole top را انتخاب کنید.
- **Operation»** تعیین نوع عملیات :

  Center drill: مته مرغک زنی

  Pre drill: سوراخ‌کاری

  Chamfer: پخ زنی
- **Clearance:** از پارامترهای مهم می‌باشد و معنی اش این است که مته با سرعت سریع (G00) پایین می‌آید و از فاصله عدد درج شده در این کادر نسبت به سطح سوراخ به بعد با سرعت پیشروی حرکت می‌کند.

  در سوراخکاری با مته‌ها این عدد مانع برخورد سریع مته با براده‌های جمع شده در کف سوراخ می‌شود.
- **Start**: نقطه شروع نسبت به سطح بالای سوراخ
- **Depth**: عمق سوراخ کاری
- **Dwell time:** زمان مکث جهت شکستن براده

مته مرغک زنی

دراینجا برای مته مرغک زنی تنظیمات زیر را انجام دهید (شکل ۱۳۰).

۱ گزینه Single peck را انتخاب کنید.

۲ گزینه Hole Top را انتخاب کنید.

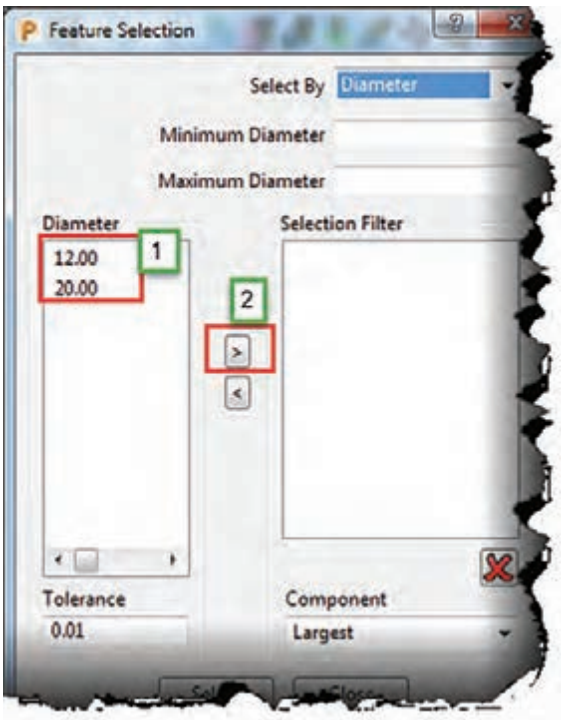
۳ گزینه Center drill را انتخاب کنید.

۴ عمق سوراخ را ۳ میلی‌متر و Clearance را یک میلی‌متر وارد کنید.

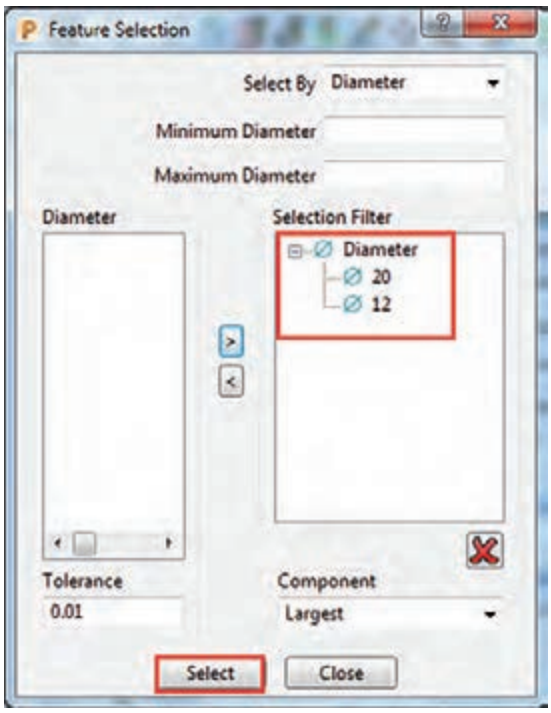
۵ ابزار از نوع Drill و با قطر۲ میلی‌متر تعریف نمایید. (در عمل مته مرغک روی ماشین بسته می‌شود)

۶ در سوراخکاری Link حتما از نوع Safe تعریف شود. (نوع حرکتSafe سریع G00 است.)

۷ اکنون با کلیک بر روی دکمه Select کادر شکل ۱۳۱ باز میشود. هردو سوراخ ۱۲ و ۲۰ را از سمت چپ این پنجره انتخاب و برروی علامت Add کلیک کنید تا به سمت راست منتقل شوند. سپس دکمه Select و نهایتاً Close را کلیک کنید (شکل ۱۳۲).



شکل ۱۳۱



شکل ۱۳۲

۸ دقت کنید تیک گزینه Drilling Cycle Out put را قبل از محاسبه Toolpath بردارید.

۹ روی دکمه Calculate کلیک کنید تا Toolpath مته مرغک‌زنی ایجاد شود.

سوراخ‌کاری با پیش مته ۶

استراتژی Drilling را مجدداً اجرا کنید و تنظیمات آن را به شکل ۱۳۳ انجام دهید.

ابزاری از نوع Drill با قطر ۶ میلی‌متر تعریف کنید.



شکل ۱۳۳

● Peck Depth

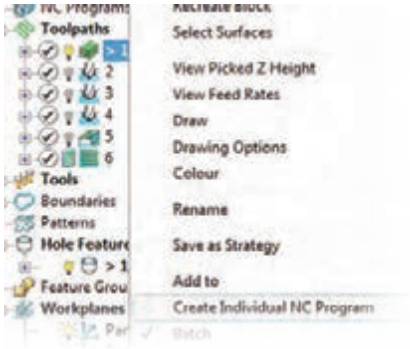
در سوراخ‌کاری، مته عمق کل سوراخ (۲۳ میلی‌متر) را در یک مرحله سوراخ نمی‌کند، بلکه درچند مرحله و هر بار به عمق عدد تنظیم شده در کادر فوق عمل (۳mm) سوراخکاری انجام گرفته، بالا می‌آید دوباره با سرعت (G00) پایین آمده و ازفاصله Clearance (نسبت به موقعیت قبل) به بعد با سرعت پیشروی (G01)، ۴ میلی‌متر دیگر نفوذ می‌کند.

4 = Clearance (1 mm) + Peck Depth (3 mm)

مانند حالت مته مرغک‌زنی با کلیک بر روی دکمه Select و انتخاب سوراخ‌ها و کلیک بر دکمه Calculate مسیر ابزار یا Toolpath برای مته ۶ ایجاد می‌شود.

فعالیت عملی ۲۵

استراتژی سوراخ‌کاری را برای هر دو سوراخ با مته ۱۲ و سپس فقط برای سوراخ ۲۰ با مته ۱۸ ایجاد کنید. سپس با استراتژی Constant z Finishing و ابزار ۱۰ از نوع End Mill قطر سوراخ ۱۸ را به ۲۰ برسانید. و آن را با نام Project 5 ذخیره کنید.



شکل ۱۳۴

گام نهم : تهیه برنامه ماشین‌کاری

(NC Program و Write یا نوشتن برنامه)

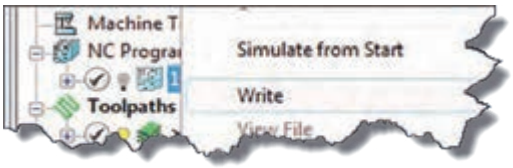
برای تهیه برنامه ماشین‌کاری NC Program ابتدا Toolpath مورد نظر را با کلیک راست بر روی آن Active کنید.(ازناحیه Explore r)

۱ دوباره بر روی نام آن کلیک راست کنید.

۲ پس از آن روی گزینه Create Individual NC Program کلیک نمایید (شکل ۱۳۴).

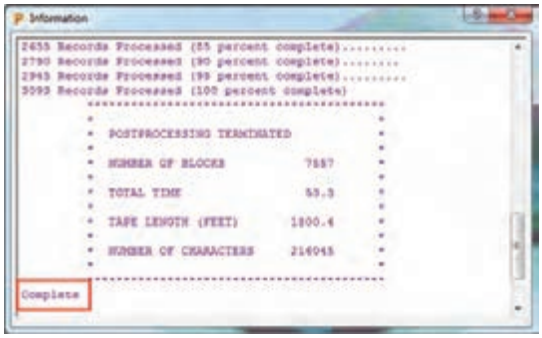
۳ اکنون از زیر شاخه NC Program بر روی نام برنامه ایجاد شده کلیک راست کنید.

۴ گزینه Write راکلیک کنید، تا برنامه ایجاد شود (شکل ۱۳۵).



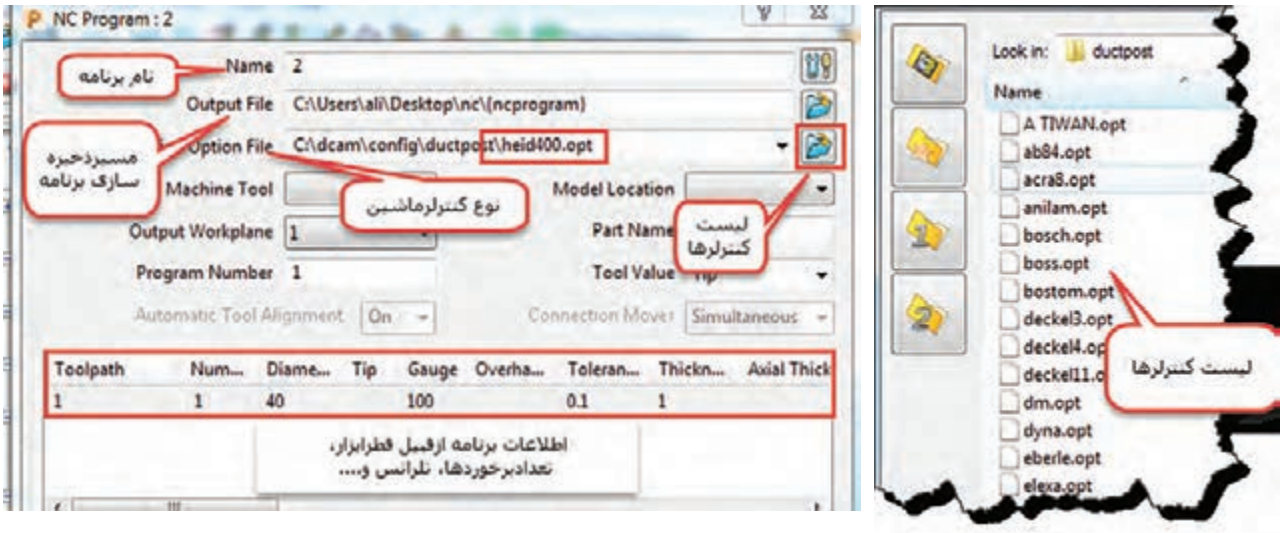
شکل ۱۳۵

۵ برنامه شروع به رایت شدن شده و در پایان فرم شکل ۱۳۶ ظاهرمی‌شود. (عبارت Complete) باید در انتهای برنامه دیده شود.



شکل ۱۳۶

۶ اگر بخواهید در مسیر ذخیره‌سازی برنامه، نام برنامه، نوع ماشین و کنترلر آن و.... تغییراتی ایجاد کنید، می‌توانید بر روی نام برنامه در زیر شاخه NC Program کلیک راست و گزینه Setting را انتخاب کرده و پس از انجام تغییرات دوباره روی دکمه Write کلیک کرده تا برنامه مجدداً رایت شود (شکل ۱۳۷).



شکل ۱۳۷

۷ اکنون می‌توان برنامه را مستقیماً یا توسط برنامه واسطه مانند Note pad ویندوز و یا برنامه CIMCO باز کرده و به ماشین ارسال کرد.

فعالیت عملی ۲۶

فایل Project 5 را که در فعالیت ۳۰ ایجاد کرده اید باز کنید و سپس برای تمام استراتژی‌های خشن‌کاری، حفره تراشی، پرداخت کاری و سوراخ‌کاری‌های ایجادشده به‌صورت جداگانه برنامه ماشین‌کاری را ایجاد و آنها را Write کنید.

می‌توانید تمام استراتژی‌های ایجاد شده را با هم ادغام کرده وسپس آن را Write کنید تا فقط یک برنامه جامع از تمام استراتژی‌ها ایجاد شود. برای این کار از زیرشاخه Tool path ، با گرفتن کلید Ctrl و درگ کردن برنامه‌ها روی هم آنها را ترکیب یا (append) کنید.

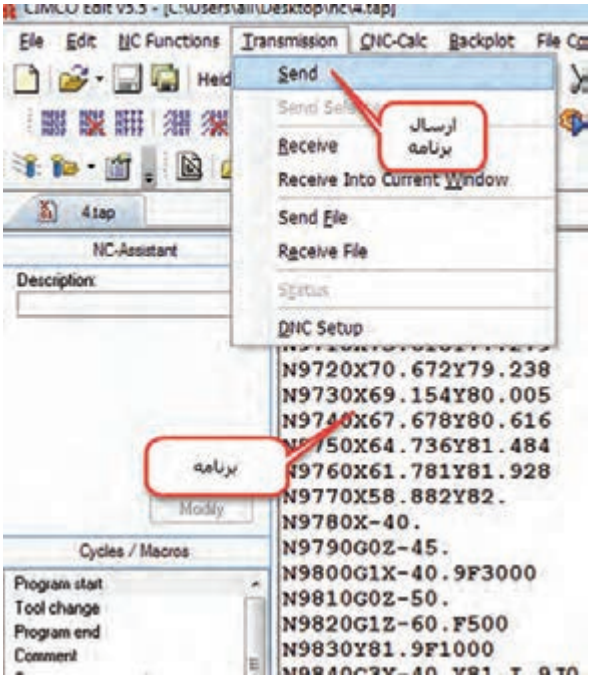
گام دهم : ارسال برنامه به CIMCO و ماشین

از این برنامه به‌عنوان واسطه پاورمیل و ماشین استفاده می‌شود به این معنی که می‌توان برنامه رایت شده را در آن بازکرده، مسیر ابزار وکدهای آن را مشاهده و ویرایش و به دستگاه ارسال نمود.آیکون برنامه به شکل ۱۳۸ می‌باشد.



شکل ۱۳۸

- برنامه CIMCO را نصب و اجرا نمایید.
- از منوی File یکی از برنامه‌های رایت شده در فعالیت عملی ۳۱ را باز کنید.
- در پنجره سمت چپ محیط CIMCO، می‌توانید خطوط برنامه را مشاهده و ویرایش کنید .
- از منوی Transmission با کلیک بر روی دستور Send می‌توانید برنامه را از طریق پورت و کابل متصل به دستگاه ارسال نمایید (شکل ۱۳۹).



شکل ۱۳۹

● برای مشاهده کدهای برنامه واصلاح آن، از منوی Backplot گزینه Backplot Window را انتخاب کنید تا پنجره نمایش مسیر ابزار قابل مشاهده شود.

● درصورت عدم نصب برنامه CIMCO می‌توانید برنامه را توسط برنامه Notepad ویندوز باز و مشاهده کنید شکل ۱۴۰

بسته به نوع DOCPOST ایی که برای کنترلر ماشین نوشته شده است، اصلاحاتی در خطوط ابتدایی برنامه انجام و آن را ذخیره می‌کنند. به عنوان مثال:

برای کنترلر Simens 850 :

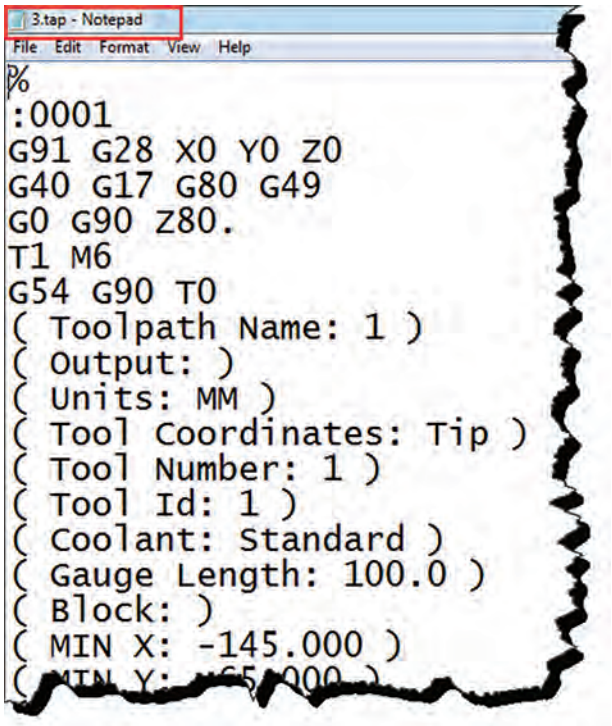
خطوط برنامه را تا انتهای خط LIFTS: ۹۳ پاک کرده خطوط زیر را به آن اضافه کرده و برنامه را ذخیره و ارسال کنید.

```
% _ N – b۱۰_ MPF
; $PATH=/_N_MPF_DIR
N۲۰ G۹۰ G۵۴ G۶۴
```

فعالیت

فعالیت تکمیلی

مدل‌هایی که در پودمان قبل و در نرم‌افزار سالید ورکز ایجاد کرده‌اید باز کرده و برنامه‌های ماشین کاری مناسب را برای آنها تهیه کنید.



شکل ۱۴۰

واحد یادگیری ۲

کار با چاپگر سه بعدی

مقدمه

پیشرفت فناوری‌های نوین در دهه‌های اخیر موجب شده است که بشر به‌منظور رفع نیازهای صنعتی، ماشین‌های جدیدی را به خدمت گیرند. استفاده از سیستم‌های هوشمند و حذف دخالت دست در تولید صنعتی سال‌های اخیر با عنوان انقلاب صنعتی چهارم شناخته می‌شود. ایده انقلاب صنعتی چهارم در سال ۲۰۱۱ در نمایشگاه صنعتی هانوفر آلمان معرفی شد. این ایده همانطور که ارتباطات و بازار مصرف را دگرگون کرد، تولید را نیز تحت‌تأثیر خویش قرار داد. ایده اصلی انقلاب صنعتی چهارم این است که تولید صنعتی باید همگام با فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته رشد کند. در این میان نمونه سازی سریع(RP) با طراحی و ساخت دستگاه‌های «چاپگر سه بعدی» نقش پر رنگی در فرایند ساخت و تولید را مطرح نمود.

استاندارد عملکرد

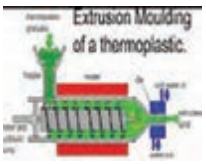
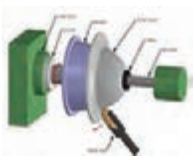
تهیه و تولید برنامه برای ساخت نمونه فیزیکی به کمک دستگاه چاپگر سه بعدی.

پیش نیاز و یادآوری

برای یادگیری این واحد هنرجو باید علاوه بر آشنایی کار با رایانه با یکی از نرم‌افزارهای مدل سازی مانند Solidworks وInventor و.... هم آشنا باشد.

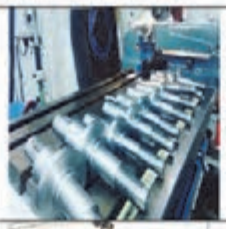
روش‌های متداول ساخت قطعات

روش‌های تولید معمول و رایج قطعات که امروزه در صنعت بیشتر دیده می‌شود عبارتند از :
ریخته گری، فورج، نورد، اکستروژن، کشش، شکل دهی ورق، انواع روش‌های ماشین‌کاری و...

ریخته گری		اکستروژن		شکل دهی ورق	
فورج		کشش		نورد	

فعالیت ۱

به کمک هنر آموز خود نام فرآیندهای ساخت زیر را بنویسید.

شکل	نام	توضیح	شکل	نام	توضیح
					
					

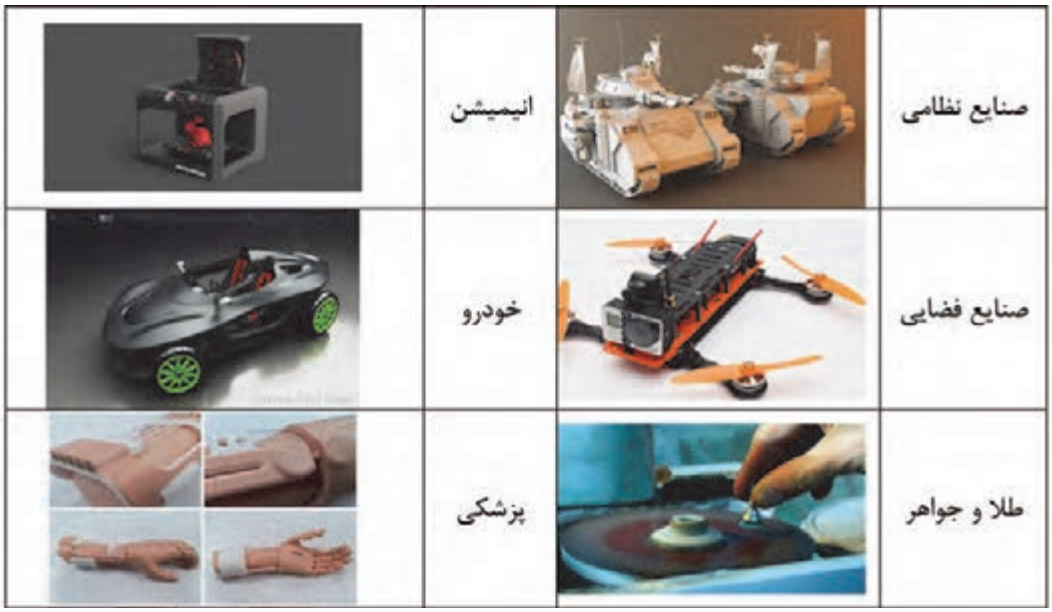
چاپگر سه بعدی(3D printer)

چاپ سه بعدی یکی از روش‌های نمونه‌سازی سریع به‌شمار می‌آید که در مقایسه با «روش‌های نمونه‌سازی معمول» از سرعت بیشتر، دقت بالاتر و هزینه کمتر در نمونه‌سازی قطعات برخوردار است از جمله محاسن آن می‌توان به کاهش زمان، کاهش هزینه، افزایش سرعت طراحی محصول جدید، اعمال سریع اصلاحات و عرضه سریع محصولات جدید به بازار اشاره نمود.

محدودیت‌های عمده نمونه سازی سریع از قبیل خواص مکانیکی نسبتاً ضعیف قطعات تولیدی، هزینه بالای نگهداری دستگاه و کاهش کیفیت سطح را می‌توان بر شمرد.

کاربردهای چاپگر سه بعدی: امروزه مدلسازی سه بعدی در رشته‌های گوناگونی همچون قطعه‌سازی،

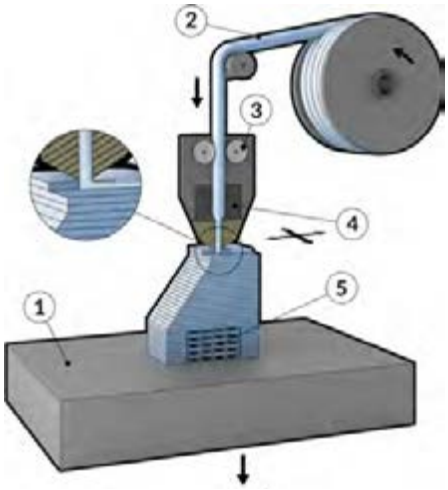
معماری، طراحی صنعتی، روباتیک، صنایع هوافضا و... رایج شده است. این مدل‌سازی‌ها تا پیش از این به شکل تصاویر دو بعدی روی نمایشگر یا روی کاغذ ارائه می‌شدند و یا به روش‌های سنّتی به کمک مهارت دست ساخته می‌شدند تا افراد با دیدن آنها درکی از آنچه طراحان در ذهنشان دارند را بدست آورند. اما چاپگرهای سه بعدی ایده‌های طراحان را در زمان بسیار کوتاهی به واقعیت تبدیل می‌کنند.



تکنولوژی چاپگرهای سه بعدی

تکنولوژی‌های استفاده شده در چاپگرهای سه بعدی به شرح زیر است.

۱ـ تکنولوژی FDM (Fused DepositionModeling):

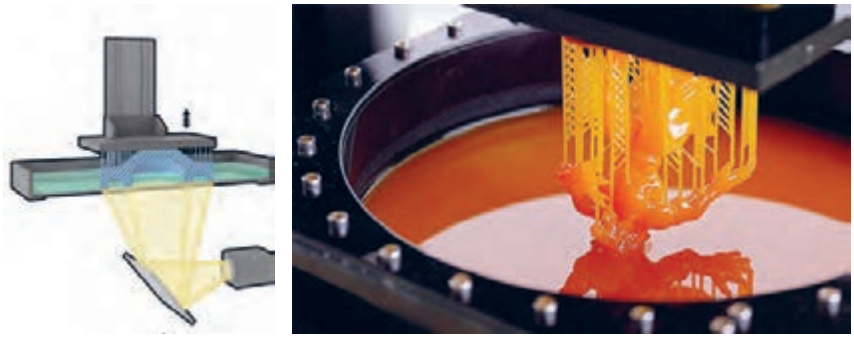


چاپگرهایی که با این فرایند کار می‌کنند از یک فیلامنت (Filament) «سیم پلاستیکی توپر»، از جنس ترموپلاستیک تغذیه می‌کنند که با ذوب کردن این فیلامنت و سپس اکسترود(Extrude) کردن آن جسم سه بعدی را به‌صورت لایه به لایه تشکیل می‌دهد.

نحوهٔ کار FDM: در این روش، نازل اکستروژن حرکتی افقی و عمودی را برای رسم مقطع نمونه مورد نظر بر روی صفحه (platform) طی می‌کند. این لایه نازک که از پلاستیکی سخت می‌باشد، بلافاصله به لایه زیر چسبیده و هنگامی‌که لایه کامل می‌شود. لایهٔ بعدی روی آن از مواد ذوب شده تشکیل می‌شود و این عمل لایه به لایه تا جایی ادامه پیدا می‌کند که هندسه قطعه کار کامل شود. در این تکنولوژی چاپگر سه بعدی کیفیت سطح نسبتا متوسط و سرعت نسبتاً پایین دارد. اما یکی از متداول‌ترین روش‌های امروزه می‌باشد.

۲ـ تکنولوژی DLP (Digital Light Processing): پردازش دیجیتال نور با استفاده از منبع نور معمولی، از این روش برای ساخت نمونه‌های با دقت بالا در صنعت طلاسازی، دندانپزشکی و ساخت مدل‌های ریخته‌گری

دقیق استفاده می‌شود. در این روش رزین‌های پلیمری در یک مخزن قرار دارد و با تابش نور به این رزین‌های پلیمری داخل مخزن مواد تغییر حالت داده و قطعه مورد نظر تولید می‌شود تابش نور به‌صورت لایه لایه بوده و هر لایه از قطعه یکجا شکل می‌گیرد . قطعات تولیدی توسط این روش از دقت بالایی برخوردار هستند.

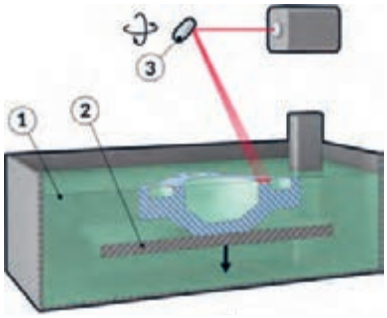


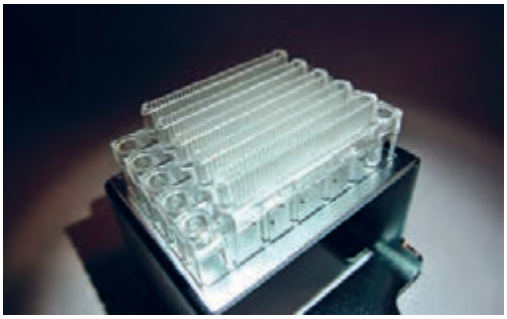
شکل ۱۴۱

تحقیق کنید

با استفاده از منابع معتبر تفاوت تکنولوژی DLP با تکنولوژی SLA را بیان کنید.

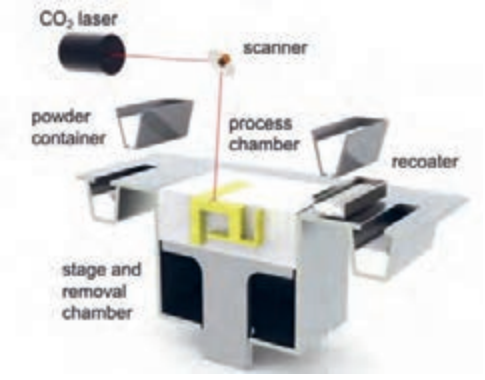
تکنولوژی SLA (StereoLithography): تبدیل مواد اولیه از جنس پلیمر مایع به جامد، در این تکنولوژی برخلاف تکنولوژی‌های دیگر، از یک مایع رزین و تابیدن اشعه برروی این مایع و در نهایت جامد شدن آن و ساختن نمونه استفاده می‌شود .





شکل ۱۴۲

تکنولوژی SLS (Sintering Laser Selective):
تکنولوژی لیزری و رسوب مواد اولیه معمولاً فلزی، این روش در مقایسه با دیگر روش‌های چاپ سه‌بعدی می‌توان از مواد اولیه مختلفی برای ساخت قطعات استفاده نمود. موادی از جنس پلیمرها مانند نایلون (خالص و شفاف)، پلی‌استر، فلزات (از جمله فولاد، تیتانیوم) آلیاژهای مخلوط، کامپوزیت‌ها و شن می‌توانند به‌عنوان مواد اولیه چاپ به وسیله این تکنولوژی به‌کار بروند.



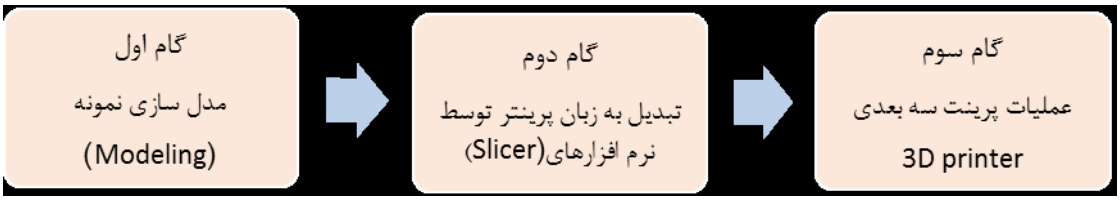
شکل ۱۴۳

نکته

رایج ترین نوع چاپ سه بعدی روش FDM می‌باشد که با توجه به گستره کاربردی فراوان، قیمت مناسب و سایر مزایای شرح داده شده به فراگیر ترین روش چاپ سه بعدی تبدیل شده است.

مراحل کار چاپگر سه بعدی

برای انجام عملیات پرینت سه بعدی سه گام زیر باید طی شود.



گام اول: در بخش مدل سازی توضیح داده شده است.
گام دوم: استفاده از نرم‌افزارهای برش دهنده (Slicer) می‌باشد. وظیفه این نرم‌افزارها تبدیل مدل سه بعدی به برش‌های عرضی که با قرار دادن این برش‌ها بر روی هم هندسه قطعه کار کامل می‌شود. هرکدام از این برش‌ها جهت عملیات به دستگاه چاپگر سه بعدی فرمان حرکت ترکیبی طولی و عرضی مناسب نازل را می‌دهد.
گام سوم: فرآیند ریزش پلاستیک خمیری شده به‌صورت صفحه به صفحه روی هم که در دستگاه چاپگر سه بعدی انجام می‌شود.

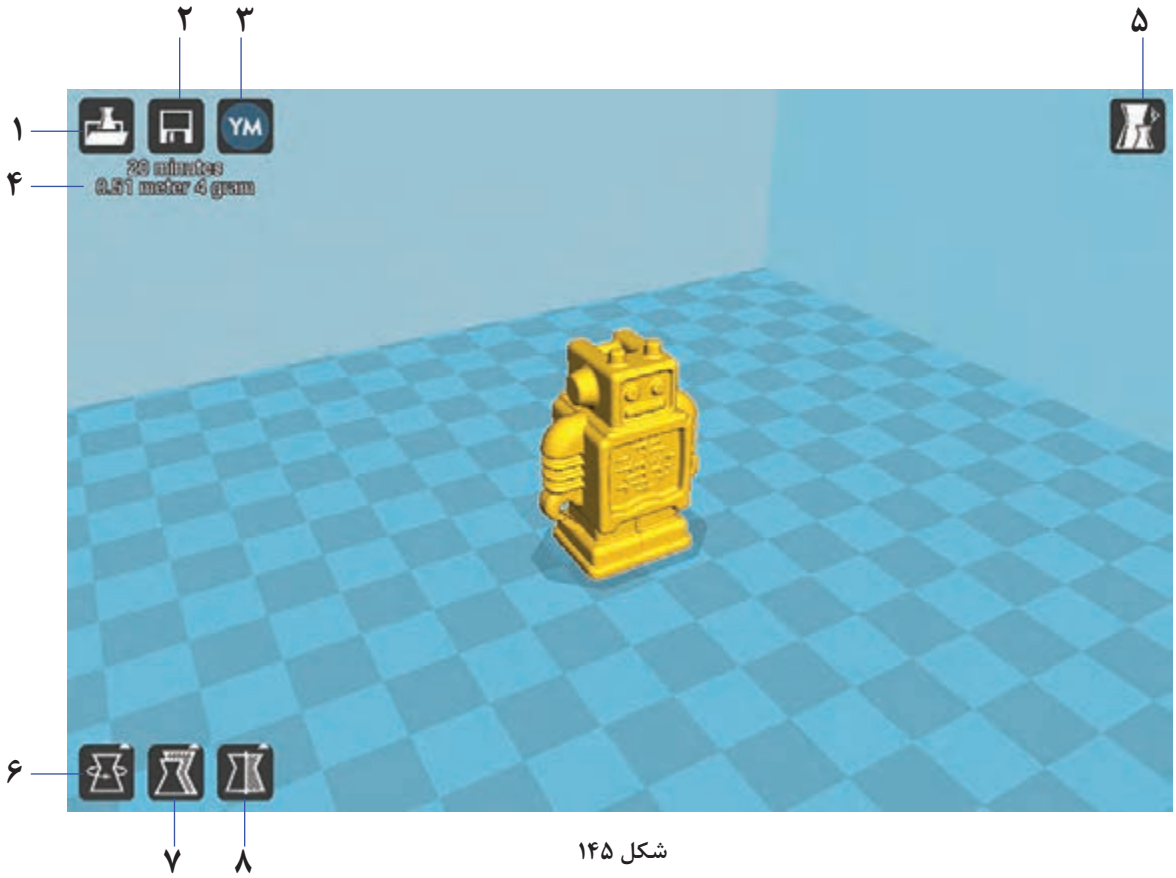
نکته

اصول کار همهٔ نرم‌افزارهای برش‌دهنده بسیار مشابه می‌باشد.

نرم‌افزارهای برش‌دهنده فرضی مدل اهمیت خاصی در کیفیت پرینت خواهد داشت که نرم‌افزار Cura به عنوان نرم‌افزار استفاده شده در این کتاب توضیح داده خواهد شد.

آموزش کار با نرم‌افزار(Cura)

در ابتدا از مدلی که در نرم‌افزار سه بعدی طراحی کرده‌ایم خروجی با پسوند stl و با obj می‌گیریم، برای اینکه cura این فرمت را می‌خواند. زمانی که در برنامه cura یک طرح سه بعدی با فرمت stl را باز می‌کنیم در صفحه شطرنجی cura آبجکت (قطعه کار) خود را می‌بینیم.



شکل ۱۴۵

۱		بارگذاری مدل سه بعدی طراحی شده با پسوندهای stl/obj/dae/amf.	۵		تحلیل و نمایش پروسه پرینت در حالات مختلف
۲		ذخیره مدل به زبان ماشین (Gcode)	۶		چرخش مدل و یا برگرداندن به حالت اولیه
۳	YM	اشتراک‌گذاری مدل	۷		تغییر اندازه مدل و یا برگرداندن به ابعاد اولیه
۴	20 minutes 0.51 meter 4 gram	زمان پرینت، طول و وزن فیلامنت	۸		قرینه‌سازی یا مدل آینه‌ای در راستای محورها

نوار ابزارهای مهم Cura

علاوه بر زبانه‌های تصویری (۱ تا ۸) با کلیک راست کردن روی صفحهٔ نمایش گزینه‌های زیر نمایان می‌شود.

۱ـ قرار دادن مدل در وسط صفحه ساخت
۲ـ پاک کردن مدل از صفحه ساخت.
۳ـ ایجاد کپی از مدل
۴ـ جدا کردن مدل به اجزای تشکیل دهنده.
۵ـ پاک کردن کلیه مدل.
۶ـ بار گذاری همه مدل ها.
۷ و ۸ـ برگرداندن مدل (موضوع) پرینت به موقعیت اولیه

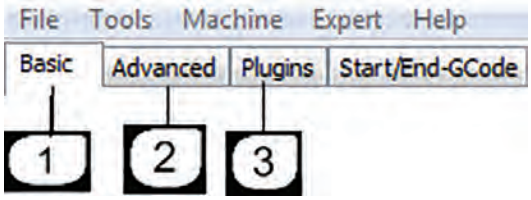


شکل ۱۴۶

تنظیمات اصلی نرم‌افزار

تنظیمات اصلی نرم‌افزار برای انجام عملیات پرینت به قرار زیر می‌باشد.

۱ـ Basic setting



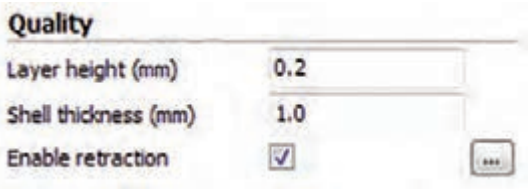
شکل ۱۴۷

● **Quality (کیفیت پرینت)**

layer height: جهت تعیین ضخامت لایه‌های پرینت.

shell thickness: ضخامت دیواره‌های خارجی مدل در راستای افق.حالت متعارف برای این گزینه برابر است با ضرایب قطر نازل دستگاه. (در حالت نرمال باید حداقل دو برابرسایز نازل باشد).

Enable retraction: تو و پس کشیدن نازل.

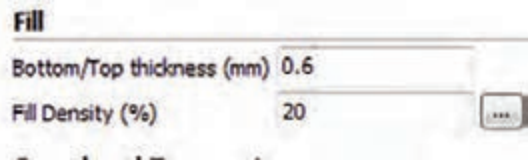


شکل ۱۴۸

● **Fill (پر کردن)**

Botton/Top thickness : جهت تعیین نمودن ضخامت کف مدل و ضخامت بالای مدل که معمولاً ضرایبی از ضخامت لایه‌ها می‌باشد که در قسمت بالا اشاره گردید.

Fill Density: جهت تعیین نمودن درصد تراکم شبکه های داخل مدل.

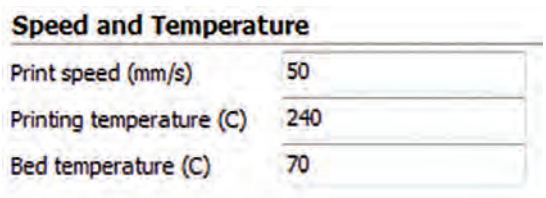


شکل ۱۴۹

● **Speed And Temperature (سرعت و دما)**

Print Speed: جهت تعیین سرعت حرکت اکسترودر به‌کار می‌رود. سرعت حرکت اکسترودر تعیین‌کننده کیفیت چاپگر می‌باشد.

Print Temperature: جهت تنظیم دمای اکسترودر اصلی (اکسترودر سمت چپ) به‌کار می‌رود و قابل ذکر است که می‌بایست بر اساس نوع مواد مورد استفاده تنظیم گردد.

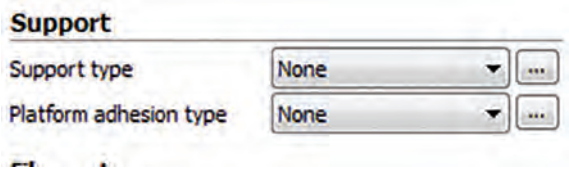


شکل ۱۵۰

Bed Temperature: جهت تنظیم دمای صفحه ساخت به‌کار می‌رود و قابل ذکر است که می‌بایست بر اساس نوع مواد مورد استفاده تنظیم گردد. (مقدار صفر این گزینه را غیرفعال می‌نماید).

● **Support: (نگه دارنده)**

Support Type: جهت مدل‌هایی که نیازمند ساپورت‌گذاری می‌باشند، فعال نمودن این گزینه مهم می‌باشد. اصولاً قطعاتی که دارای زاویه ۴۵ درجه به بالا می‌باشند، ساپورت‌گذاری الزامی‌است. عدم ساپورت‌گذاری باعث ریزش مواد از روی مدل درحال پرینت و درنتیجه خراب شدن پرینت می‌شود.



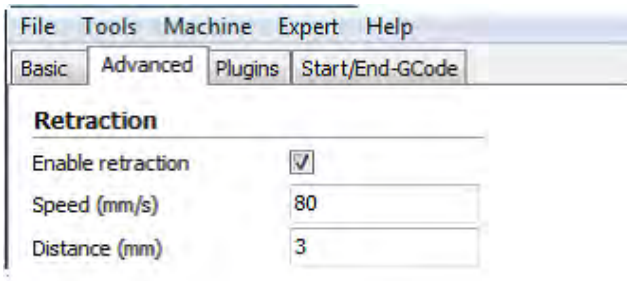
شکل ۱۵۱

Plateform Adhesion Type گزینه های متفاوتی جهت جلوگیری از بلند شدن لبه‌های قطعه در حال پرینت از صفحه ساخت در این گزینه موجود می‌باشد.

Filament: برای تنظیم ابعاد فیلمان و جریان ذوب به کار می‌رود.

Machin: برای تنظیم ابعاد نازل به کار می‌رود.

۲ـ Advance Setting

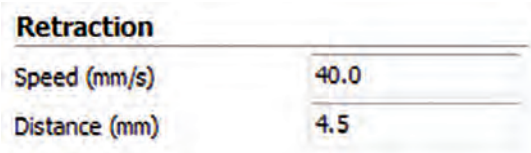


شکل ۱۵۲

● **Retraction: (تنظیمات تو و یا پس کشیدن)**

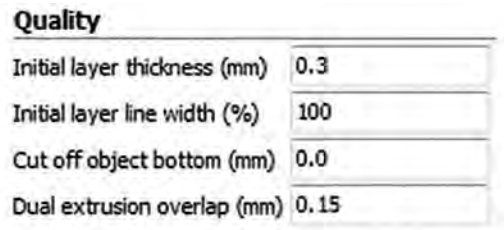
Speed: جهت تعیین سرعت پس کشیدن مواد می‌باشد و سرعت مناسب باعث پرینت باکیفیت می‌شود که معمولاً سرعت ۸۰ میلی‌متر برثانیه مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتخاب سرعت بالا ممکن است باعث افت کیفیت پرینت شود.

Distance: جهت تعیین اندازه پس کشیدن مواد به‌کار می‌رود. تعیین مقدار صفر به‌منزله خاموش نمودن عمل پس کشیدن می‌باشد. تعیین مقدار ۵ برای این گزینه باعث پرینت با کیفیت می‌شود.



شکل ۱۵۳

● **Quality** : (کیفیت)



شکل ۱۵۴

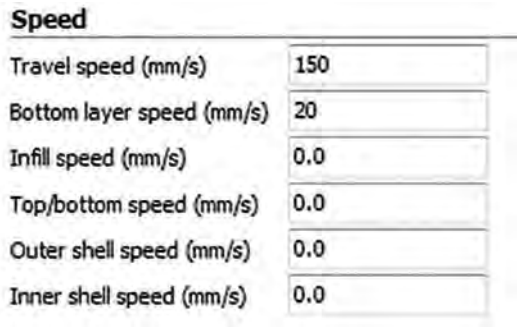
Initial Layer Thickness جهت تعیین ضخامت پایین ترین لایه از بستر به‌کار می‌رود.

Initial Layer line width جهت تعیین ظرفیت اکسترودر در هنگام پرینت لایه اول به‌کار می‌رود.

Cut Off Object Bottom جهت فرو بردن مدل در صفحه کارمی‌باشد. این گزینه در مواقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که مدل دارای کف صاف نمی‌باشند و همچنین جهت بریدن قطعه و پرینت نمودن قسمتی از آن کاربرد دارد.

Dual Extrution overlap: هم‌پوشانی نازل ثانویه بر روی نازل اصلی (در پرینت‌های دو نازله)

● **Speed: (سرعت کار)**



شکل ۱۵۵

Travel speed: جهت تعیین سرعت حرکت نازل در حالتی که پرینت انجام نمی‌شود بکار می‌رود. معمولاً تعیین سرعت ۸۰ بهترین سرعت است و افزایش مقدار آن احتمال ایجاد خطا نیز دارد.

Bottom layer Speed: جهت تعیین سرعت پرینت در هنگام پرینت لایه اول به‌کار می‌رود. مقدار ۲۰ برای این گزینه مقدار خوبی است و تعیین مقدار صفر به معنی انتخاب سرعت پرینت لایه اول همانند سرعت پرینت لایه‌های دیگر می‌باشد. کاهش سرعت باعث افزایش چسبندگی لایه اول به صفحه ساخت می‌شود.

Infill Speed: جهت تعیین سرعت پرینت شبکه داخلی مدل می‌باشد. تعیین مقدار صفر به معنی انتخاب سرعت پرینت شبکه داخل همانند سرعت پرینت لایه‌های دیگر می‌باشد.

Top / bottom Speed تعیین سرعت لایه اول و لایه آخر

Outer shell Speed جهت تعیین سرعت پرینت در هنگام پرینت دیواره‌های خارجی می‌باشد. تعیین مقدار صفر به معنی انتخاب سرعت پرینت دیواره‌های خارجی همانند سرعت پرینت لایه‌های دیگر می‌باشد.کاهش سرعت پرینت دیواره‌های خارجی باعث افزایش کیفیت دیواره‌های خارجی می‌شود.

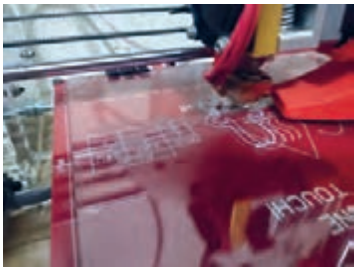
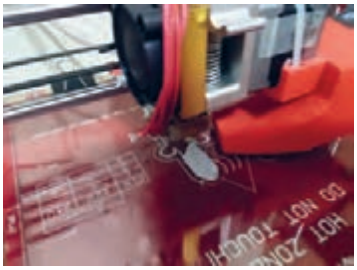
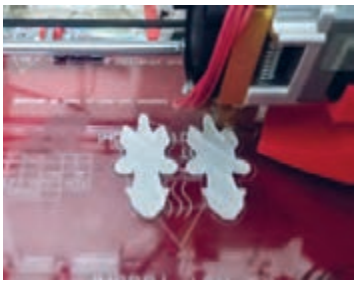
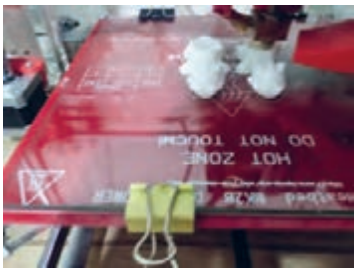
Inner shell Speed جهت تعیین سرعت پرینت در هنگام پرینت دیواره‌های داخلی می‌باشد. تعیین مقدار

صفر به معنی انتخاب سرعت پرینت دیواره‌های داخلی همانند سرعت پرینت لایه‌های دیگر می‌باشد.افزایش سرعت پرینت لایه‌های داخلی باعث کاهش زمان پرینت می‌شود.

- **COLL:** خنک کردن مواد ریخته شده از نازل

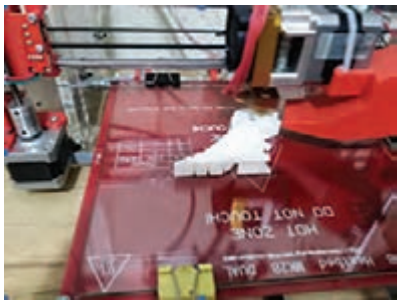
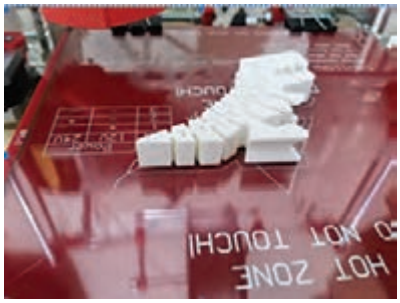
فعالیت ۲

تنظیمات اولیه لازم برای نمونه دلخواه را روی دستگاه پرینتر سه بعدی موجود در هنرستان انجام داده و در فرایند شبیه‌سازی صحت حرکات را کنترل نمایید.

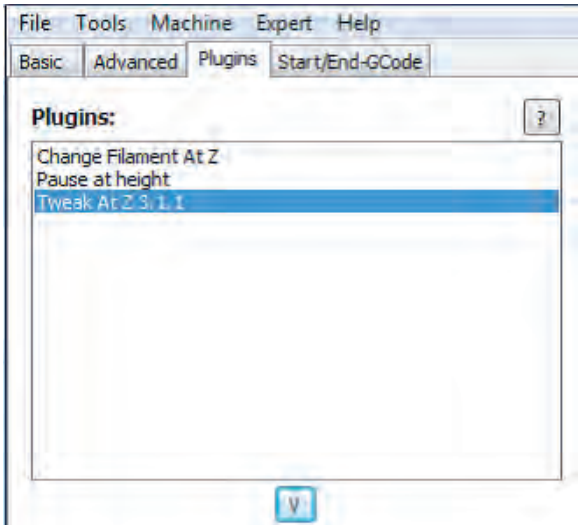
مرحله اول اگر تنظیمات دستگاه به درستی انجام شده باشد. باید دستگاه در اولین لایه شروع به سایه زدن کند.	
مرحله دوم لایه اول مربوط (Base) قطعه کار پرینت می‌شود.	
مرحله سوم حجم مورد نظر قطعه کار در حال تکمیل شدن	
مرحله چهارم قطعه کار کامل شده و آماده جدا کردن از Bed می‌باشد.	

فعالیت ۳

قطعه شماره۲ را مطابق مراحل زیر پرینت سه‌بعدی گرفته و شرح عملیات هر مرحله را در مقابل شکل بنویسید.

مرحله اول	
مرحله دوم	
مرحله سوم	
مرحله چهارم	

Plugins_۳



شکل ۱۵۶

● **Plugins:** چندیـن افزودگـی در ایـن نرم‌افزار جهـت افزایـش کنتـرل پارامترهـا تعبیـه شـده اسـت. با اعمال تنظیمات در این گزینه ها جهت پرینـت مدل‌ها بـا ارتفاع‌های متفـاوت می‌توانید دقـت پرینـت خـود را افزایـش دهیـد. جهـت اسـتفاده از هـر یـک از ایـن افزونه‌هـا می‌توانیـد بـه‌روی آنها دبـل کلیک نمائید. همچنین جهت بسـتن این افزونه‌هـا می‌توانید بـه‌روی آیکون V کلیک نمائید.

فعالیت ۴

یک قطعه به انتخاب خودتان مدل‌سازی نموده و سپس با استفاده از پرینتر سه‌بعدی قطعه مورد نظر را بسازید.

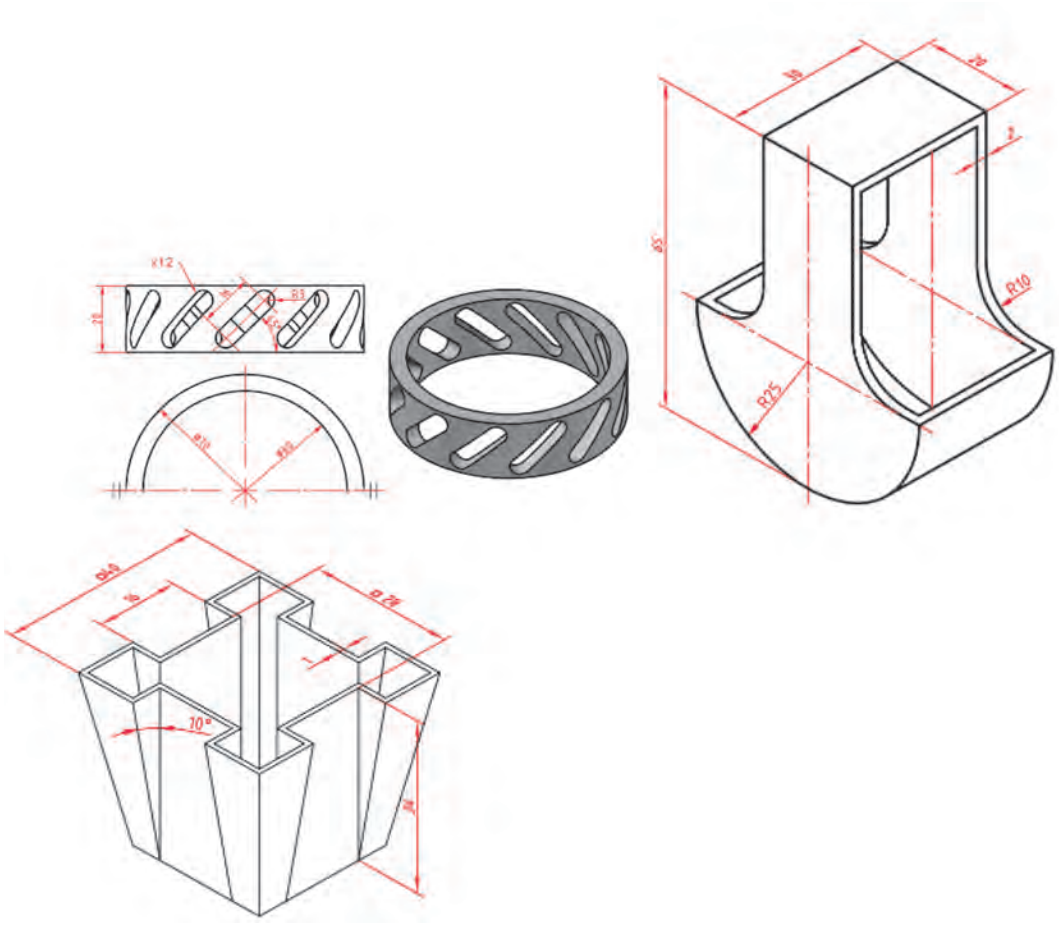
Expert setting

تنظیمات جزیی و دقیق‌تر که در زبانه‌های Basic و Advance توسط کاربر که نیاز به نمایش و تنظیم یک‌جا داشته باشد از گزینه Open Expert setting در زبانه Expert از نوار ابزار اصلی قابل دسترسی می‌باشد.

۱ـ Retraction: تنظیمات برگشت مواد به داخل نازل
۲ـ Skirt: محدوده پرینت را مشخص می‌کند (در هنگام شروع)
۳ـ Cool: تنظیمات دمنده و خنک‌کننده مذاب از خروجی نازل
۴ـ In fill: تنظیمات تراکم لایه‌های داخلی
۵ـ Support: تنظیمات نگهدارنده قطعه اصلی
۶ـ Black Magic: تنظیمات کیفیت گوشه‌ها در هنگام حرکت محور Z
۷ـ Brim: اجزای کمکی در ساخت صفحه اول برای جلوگیری از انقباض
۸ـ Raft: تنظیمات محدوده بستر محافظ قطعه کار

فعالیت ۵

قطعات زیر را که در فصل سوم مدل‌سازی کرده‌اید را با استفاده از پرینتر سه‌بعدی تولید کنید.



شکل ۱۵۷

فعالیت ۶

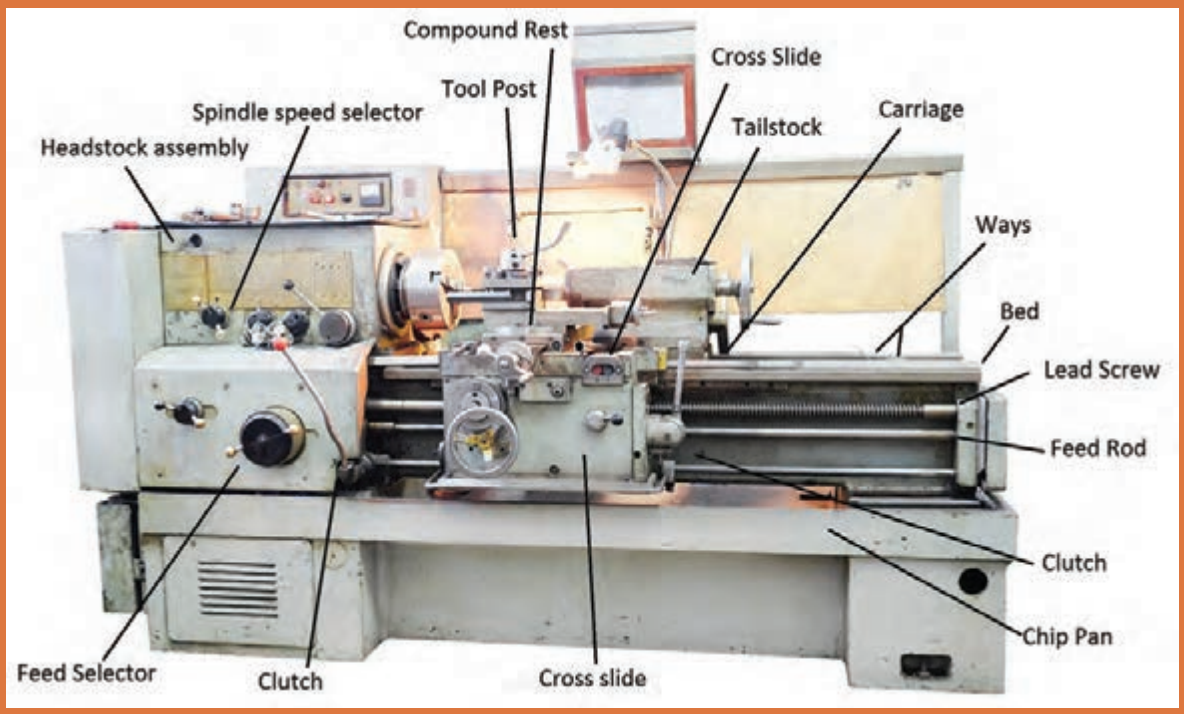
قطعه دلخواه (زینتی یا دکوری) را مدل‌سازی کرده با استفاده از پرینتر سه‌بعدی تولید کنید.

ارزشیابی

تکالیف عملکردی (شایستگی‌ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
تهیه برنامه ماشین‌کاری برای فرز CNC سه‌محوره	۱ـ تهیه برنامه‌های جی کد برای قطعه مطابق نقشه ۲ـ ساخت قطعات ساده با استفاده از چاپگر سه‌بعدی	بالاتر از حد انتظار	۱ـ تهیه برنامه ماشین‌کاری قطعات پیچیده برای فرز CNC ۲ـ ساخت قطعات پیچیده با استفاده از چاپگر سه‌بعدی	۳
		در حد انتظار (کسب شایستگی)	۱ـ تهیه برنامه ماشین‌کاری قطعات ساده برای فرز CNC ۲ـ ساخت قطعات ساده با استفاده از چاپگر سه‌بعدی	۲
تولید قطعات با استفاده از چاپگر سه‌بعدی		پایین‌تر از انتظار (عدم احراز شایستگی)	تهیه برنامه ناقص ماشین‌کاری و ساخت قطعات ساده به‌صورت ناقص	۱
نمره مستمر از ۵				
نمره شایستگی پودمان از ۳				
نمره پودمان از ۲۰				

پودمان ۵

کسب اطلاعات فنی



واحد یادگیری مهارت‌های کسب اطلاعات فنی

مهارت‌های کسب اطلاعات فنی

افزایش سطح سواد ملی، یکی از اهداف فرهنگی تمام کشورهای جهان است. واژه «سواد»، قدمتی بسیار طولانی دارد و از تکامل تدریجی برخوردار بـوده است.«سواد» در برگیرنده مهارت‌های مورد نیاز برای هر شخص است تا بتواند نقش مناسبی را در جامعه ایفا کند. ساده‌ترین حالت سواد، مشتمل بر توانمندی‌های کاربرد زبان است، بدین معنا کـه فرد باسواد، قادر به‌خواندن، نوشتن و درک زبان بومی‌خود باشد.

امروزه با توجه به تغییرات و تحولات عصر حاضر، حجم وسیع اطلاعات و گستردگی، پراکندگی و تولید غیرقابل تصور دانش در حـوزه‌های مختلف علـم، هـرفـرد، نیازمند فراگیری مهارت‌ها و توانمندی‌هایی فراتر از سواد سنتی است تا وی را در همگامی بـا این تغییرات و تحولات و به‌ویژه در بهره‌گیری از اطلاعات، یاری رساند. شـرط موفقیت در این عصر، برخورداری از قابلیت‌هایی است که فرد بتواند به‌واسطه آنها به‌تشخیص نیاز اطلاعاتی بپردازد؛ از میان انبوه اطلاعات، مناسب‌ترین منبع را بـرای نیـاز خاص خود انتخاب کند؛ نیازهای خود را مکان‌یابی و ارزیابی کند و در نهایت مورد استفاده قرار دهد. این‌گونه مهارت‌ها و توانایی‌ها در عبارت «سواد اطلاعاتی» خلاصه می‌شود.

مراحل عبارت‌اند از:

۱. تعیین نیاز اطلاعاتی
۲. تعیین یک موضوع خاص و گسترش آن .
۳. جمع آوری اطلاعات اولیه
۴. توسعه دادن راهبرد جست‌وجو
۵. ارزیابی اطلاعات، جمع‌آوری شده
۶. استناد دادن به‌منابعی که برای نوشتن مطلب استفاده شده است
۷. نوشتن مطالب جمع آوری شده

برای جست‌وجو و پژوهش باید به‌منابع معتبر مراجعه نمود این منابع در پژوهش‌های تخصصی دارای تنوع زیادی است. در زیر به‌برخی از آنها می‌پردازیم.

منابع

اعتبار منابع نقش تعیین‌کننده‌ای در اعتبار نتایج جست‌وجو و تحقیق دارند. به‌همین دلیل برای جست‌وجوی اطلاعات، لازم است به‌منابع معتبر مراجعه شود. منابع را از نظر نوع دسترسی می‌توان به‌دو صورت چاپی و دیجیتالی طبقه‌بندی نمود. منابع دیجیتالی نیز به‌دو صورت برخط(On line) و برون‌خط (off line) تقسیم می‌شوند. تفاوت منابع برخط و برون‌خط در این است که در نسخه‌های برخط اطلاعات هرلحظه به‌روزرسانی می‌شوند ولی در نسخه‌های برون‌خط، به‌روزرسانی با تأخیر و در نسخه‌های جداگانه در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. منابع را می‌توان ازنظر ماهیت ارائه اطلاعات به‌صورت زیر تقسیم‌بندی نمود.

واژه‌نامه‌ها

منابعی هستند که معنا و معادل واژه‌ها را برای جست‌وجوگر به‌یک یا چند زبان تبیین می‌کنند. واژه‌نامه را می‌توان بر اساس نوع اطلاعات قابل عرضه به‌دو گروه عمومی‌و تخصصی تقسیم بندی کرد.
امروزه با توسعه فناوری اطلاعات، واژه نامه‌های اینترنتی به‌کمک کاربران آمده و مشکلات زیادی را از کاربران برطرف می‌کنند. یکی از واژه‌نامه‌های اینترنتی که با اقبال زیادی روبه‌رو شده است. واژه نامه برخط عمومی Google translate است. این واژه نامه علاوه بر ارائه معنی کلمات به۱۰۴ زبان قابلیت ترجمه متون را نیز دارد.

فعالیت ۱

با جست‌وجو در منابع معتبر ۳ واژه نامه عمومی و ۳ واژه نامه تخصصی را معرفی کنید.

واژه نامه عمومی	واژه نامه تخصصی

دایرة المعارف‌ها

دائرة المعارف‌ها، شامل دانشنامه‌ها و منابعی هستند که توضیحاتی پیرامون کلمه یا مفهوم مورد جست‌وجو ارایه می‌دهد. دانشنامهٔ رشد، یک دایرةالمعارف تخصصی برخط به‌زبان فارسی است.
Wikipedia و A bout.com یک دایرةالمعارف عمومی برخط جهانی است. AZO Robotics یک دایرةالمعارف تخصصی برخط است.

نکته

در دایرةالمعارف‌های عمومی‌برخط که دارای عبارت Wiki هستند ویرایش اطلاعات توسط کاربران امکان پذیر است. ممکن است اطلاعات بدون پشتوانه علمی ویرایش شوند، این دایرةالمعارف‌ها نمی‌توانند مورد استناد باشند و در استفاده از آنها باید ملاحظاتی را رعایت کرد.
برای ترجمه و درک مفاهیم تخصصی، به‌واژه نامه و دایرةالمعارف‌های تخصصی مراجعه کنید.

منابع مرجع

برخی از منابع به‌دلیل گستردگی و تنوع اطلاعات تخصصی و اعتبار علمی نویسنده، ناشر، تعداد چاپ یا ویرایش آن به‌عنوان کتاب‌های مرجع در میان متخصصین و دانشجویان شناخته می‌شوند. در ادامه به‌برخی از این منابع اشاره شده است.

دستینه (handbook)

این کتاب‌ها شامل اطلاعات گسترده و به‌روز دررشته تخصصی توسط مؤسسات و انجمن‌ها تهیه و مرتب به‌روزرسانی می‌شوند. به‌عنوان مثال کتاب دستینه ماشین‌کاری (Machinery's Handbook) یکی از مراجع تخصصی برای رشته ماشین‌ابزار است.

فعالیت ۲

با جست‌وجو در منابع نام ۱۰ کتاب تخصصی در زمینه ماشین‌ابزار را پیدا کنید. چند عنوان از این کتاب‌ها از منابع مرجع هستند؟

مجلات تخصصی

نشریه‌های ادواری، نشریه‌های تخصصی هستند که توسط دانشگاه‌ها و مؤسسه‌های معتبرداخلی به‌زبان فارسی چاپ می‌شوند. ازنظر اعتبارسنجی به‌علمی-پژوهشی و علمی- ترویجی تقسیم‌بندی می‌شوند که در پایگاه‌های وزارت‌علوم (msrt.ac.ir) و پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC.gov.ir) معرفی می‌شوند.

فعالیت ۳

نام ۵ مجله که در موضوع ماشین‌ابزار چاپ می‌شوند را پیدا کنید. درجه علمی مجلات را بیان کنید.

جداول و استانداردها

دستورکارهای اجرایی که توسط مؤسسات استانداردجهانی‌وداخلی منتشر می‌شوند می‌توانند به‌عنوان منابع معتبر اطلاعات تخصصی در مجامع علمی‌و صنعتی استفاده شوند. دربسیاری از فرایندهای ماشین‌کاری برای حصول نتیجه قابل قبول باید از استانداردها استفاده نمود. سازمان ملی استاندارد ایران، متصدی تصویب و ارائه دهنده استانداردها در ایران است.

فعالیت ۴

با جست‌وجو در منابع، چند استاندارد به‌زبان فارسی یا انگلیسی در زمینه براده‌برداری ماشینی را پیدا کنید.

پایان نامه‌ها

تحقیقات دانشگاهی در زمینه‌های تخصصی(معمولاً درسطح کارشناسی‌ارشد و دکتری) است که توسط دانشجویان زیر نظر اساتید مجرب تهیه می‌شوند با توجه به‌نحوه و فرایند تهیه پایان‌نامه می‌توانند به‌عنوان منبع معتبر استفاده شوند. برای جست‌وجو و مطالعه چکیده و صفحات اولیه پایان‌نامه‌ها می‌توان به‌سایت پایگاه اطلاعات علمی‌ایران به‌نشانی ganj.irandoc.ac.ir مراجعه‌کرد. دستیابی به‌متن کامل پایان‌نامه‌های فارسی معمولاً با مراجعه حضوری به‌محل کتابخانه دانشگاه امکان‌پذیر است.

کاتالوگ‌ها

یکی از منابع استخراج اطلاعات برای استفاده صحیح از دستگاه‌ها کاتالوگ دستگاه است. کاتالوگ‌ها برگه‌های معرفی و یا دفترچه‌های خلاصه شده هستند که مشخصات فنی و کارایی دستگاه‌ها در آن بیان شده است. این اطلاعات که برای معرفی محصول ارائه می‌شود از اعتبار بالایی برخوردار هستند.

بسترهای دسترسی به‌اطلاعات

موتور جست‌وجو، برای جست‌وجوی عمومی و یا در مورد مطالب خاص می‌توان به‌موتورهای جست‌وجو مراجعه کرد. از موتورهای جستجو عمومی می‌توان به Yahoo و Google و ازموتورهای جست‌وجو تخصصی مقالات انگلیسی می‌توان به Scirus و Scopus و Scholar Google اشاره کرد. از موتورهای جست‌وجو برای استانداردها nssn.org را می‌توان نام برد.

ـ پایگاه‌های اطلاعاتی‌فارسی، که بستر مناسبی برای جست‌وجوی تخصصی است، شامل موارد زیراست:

پایگاه پژوهشگاه اطلاعات و مدارک علمی(irandoc.ac.ir)

پایگاه اطلاعات علمی‌جهاد دانشگاهی (sid.ir)

بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran.com)

فهرست پیوسته کتابخانه ملی

پایگاه اطلاع رسانی کتابخانه‌های ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران(www.isiri.go.ir)

فعالیت ۵

با مراجعه به‌وبگاه مؤسسه‌استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شماره و فایل استاندارد میز نقشه‌کشی را دانلود کنید و به‌همراه گزارش‌کار تحویل دهید.

چگونگی جست‌وجو

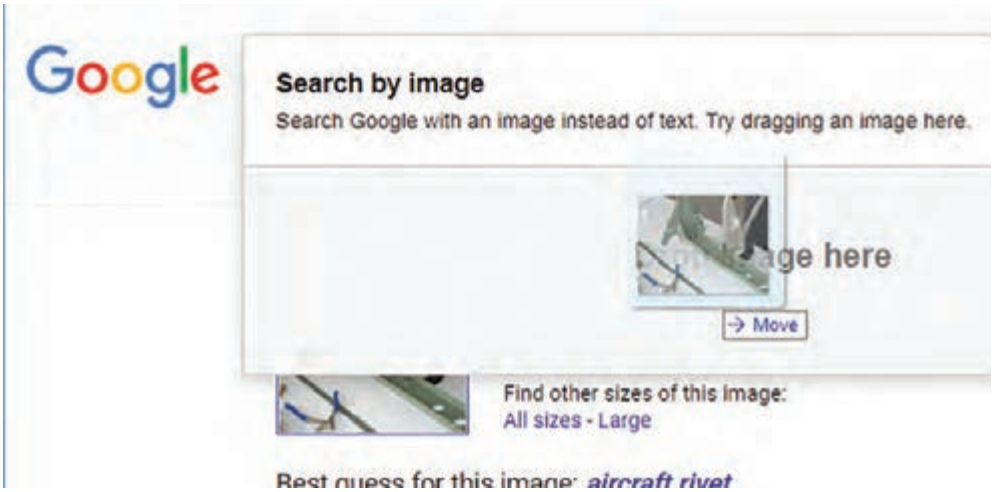
دربسیاری از مواقع حجم زیادی از اطلاعات ارائه شده به‌عنوان نتایج جست‌وجو همانی نیستندکه یک جست‌وجوگر به‌دنبال آنها است. برای جلوگیری از اتلاف وقت ترفندهایی وجود دارد که می‌توان با استفاده از آنها این نقص را برطرف نمود. در ادامه به‌برخی از آنها اشاره می‌شود.

- برای جست‌وجوی یک واژه یا عبارت مشخص از گیومه استفاده می‌شود. به‌این شیوه، جست‌وجوی عبارتی نیز می‌گویند. این جست‌وجو زمانی به‌کار می‌رود که مورد جست‌وجو یک عبارت مشخص مانند: «Geometric dimentioning and tolerancing» باشد. گیومه موجب می‌شود تا جست‌وجوگر به‌دنبال مجموعه واژه‌های داخل گیومه با همان شکل درج شده، باشد.
- برای جست‌وجوی دو واژه یا عبارت مرتبط ازعملگر «و» (AND) استفاده می‌شود.AND عملگری است که اشتراک مفاهیم را در نظر می‌گیرد، به‌عبارتی هرواژه و یا عبارت به‌تنهایی موردنظر نیست بلکه در رابطه با هم مورد توجه قرار می‌گیرد. به‌طور مثال: در جست‌وجوی واژه مقیاس در نقشه‌کشی‌صنعتی برای جلوگیری از ارائه اطلاعات مقیاس به‌طور عمومی‌یا غیرمرتبط با نقشه‌کشی باید عبارت scale AND technical drawing جست‌وجو شود.
- زمانی که در جست‌وجو مترادف‌های یک واژه و عبارت نیز مورد نظر باشد از عملگر «یا» (OR) استفاده شود. این عملگر اجتماع مفاهیم را مورد توجه قرار می‌دهد. به‌طور مثال در جست‌وجوی واژه نقشه‌کشی می‌توان علاوه بر واژه drawing واژه drafting را جست‌وجو نمود. در این مواقع باید عبارت جست‌وجو، به صورت Drawing OR Drafting وارد شود.
- زمانی که جست‌وجو در مورد یک واژه خاص است و هیچ اشتراکی با سایر واژه‌ها مد نظر نباشد از عملگر

«بدون» (NOT) استفاده می‌شود. به‌طور مثال چنان‌چه عبارت Morse NOT Code وارد شود نتایج حاصله فقط در مورد مورس خواهد بود و بخشی از مجموعه را که موردنظر نیست (کدهای مورس) از نتایج حذف می‌کند.

جست‌وجوی تصویری

برخی مواقع نیاز است که یک تصویر را در موتورهای جست‌وجو دوباره جست‌وجو کنید برای این کار می‌توان فایل تصویر را در محل جست‌وجو به‌روش کشیدن و رهاکردن(drag and drop) کپی کنید. پس از رهاکردن عبارت بارگذاری تصویر (uploading image) ظاهر می‌شود. سپس تمام نمونه‌های موجود از تصویر مورد نظر و تصاویر مرتبط با آن ظاهر می‌شود.



شکل ۱

در جست‌وجوی تصاویر می‌توان از ابزارهایی مانند رنگ، اندازه، تاریخ وحقوق مؤلف استفاده کرد و تصاویری دقیق‌تر جست‌وجو نمود.

صفحه نمایش نتایج در این نوع جست‌وجو نسبت به جست‌وجوی معمولی متفاوت خواهد بود. این صفحه حتی ممکن است حاوی نتایجی باشد که دارای هیچ عکسی نیستند اما با عکس مورد نظر ارتباط دارند. عناصر موجود در صفحه نمایش نتایج، با توجه به‌نوع عکس مورد نظر و اطلاعات گوناگونی که در ارتباط با آن عکس در فضای وب وجود دارد، متغیر خواهد بود. بخش‌های صفحه نمایش نتایج عبارت‌اند از:

پیش‌نمایش عکس: در بالاترین قسمت صفحه، عکس مورد نظر شما در اندازه‌ای کوچک نمایش داده می‌شود. (سایز عکس اصلی درکنار این عکس آورده می‌شود.)

بهترین حدس: جست‌وجوگر در صورتی‌که بتواند عبارتی را که توضیح مناسبی برای عکس موردنظر باشد بیابد، آن را درصفحه نمایش نتایج ارائه می‌دهد. این عبارت به‌صورت لینک آورده می‌شود و کاربر با کلیک بر روی آن به‌صفحه جست‌وجوی آن عبارت در وب هدایت می‌شود.

تصاویر مشابه: مجموعه‌ای از عکس‌هایی که با عکس مورد نظر شباهت دارند زیر این‌عنوان نمایش داده می‌شود.

صفحه‌های حاوی عکس مورد نظر: صفحه‌هایی که عکس موردنظر در آنها قرار دارد در این قسمت لیست می‌شوند.

زبان تخصصی

همان‌گونه که می‌دانید بیشتر منابع مورد استفاده ما در مباحث تخصصی به زبان انگلیسی است. برای جست‌وجو و تحقیق در این منابع باید با زبان تخصصی آشنایی داشته باشید. در مباحث تخصصی ترجمه کلمه‌به‌کلمه و یا تحت‌اللفظی کاربردی ندارد بلکه باید با استفاده از دانش تخصصی بهترین مفهوم برای یک جمله انتخاب شود. البته باید توجه داشت که در ترجمه مفاهیم نباید مضمون اصلی جمله دچار تغییر شود.

برای ترجمه متون تخصصی رعایت نکات زیر ضروری است.

۱ در ترجمه متون تخصصی باید از واژه‌نامه‌های تخصصی استفاده شود. زیرا معانی کلمات در واژه‌نامه‌های عمومی ممکن است متفاوت باشد. به‌طور مثال اگر واژه chisel را در مترجم گوگل جست‌وجو کنید معنای «اسکناس» را به‌شما ارائه می‌دهد ولی معنای همین واژه در واژه‌نامه مهندسی مکانیک «قلم» است. که معنی قلم برای متن تخصصی صحیح است.



شکل ۲

۲ ممکن است در یک متن اصطلاحاتی وجود داشته باشد که دارای چند بخش باشند. مانند cotter pin اگر معنی cotter جدا و معنی pin جدا جست‌وجو شود، برای cotter، معنی کلسترول و برای pin، معانی میخ، خار، پین ارائه خواهد شد. چنانچه این معانی برای ترجمه اصطلاح کنارهم قرارداده شوند معنی صحیح به‌دست نخواهد آمد. درصورتی که اگر اصطلاح در نظر گرفته شود cotter pin به‌معنی اشپیل خواهد بود.

فعالیت ۶

ترجمه کلمه «diffuser van» و «pipe die» را با استفاده از Google translate یا سایر نرم‌افزارهای ترجمه آفلاین استخراج کنید و نتایج را با واژه‌نامه‌های تخصصی مقایسه کنید.

فرهنگ مصور لغات فنی	Google translate	واژه
		diffuser van
		pipe die

پرسش: آیا معنی این دو واژه در سایر واژه‌نامه‌های تخصصی با هم تفاوت دارند؟
با آوردن دلیل.

نکته

در ارزشیابی‌ها برای ترجمه متون می‌توانید از واژه نامه‌های چاپی استفاده نمایید.

فعالیت ۷

کلمات را به‌فارسی ترجمه، در صورتی که واژه انگلیسی دیگری برای ابزارها وجود دارد آن را بنویسید.

		
vernier caliper.....	**Micrometer**.....	**feeler gauge**.....
		
file.....	**Protractor**.....	**Wrench**.....
		
Hacksaw.....	**Scriber**.....	**granite surface**..... **plate**
		
Punch.....	**compass**.....	**Drill**.....
		
Center drill.....	**External Thread Cutting, (screw) threading die**.....	**Internal Thread**..... **Cutting,Tapping**

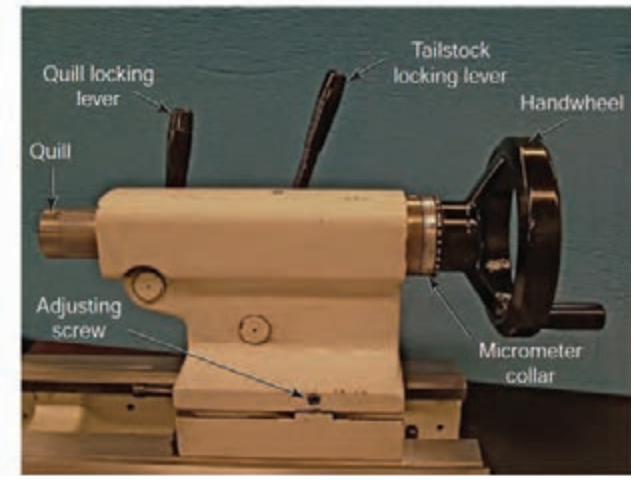
فعالیت ۸

معنی اصطلاحات زیر را بنویسید.

اصطلاح		اصطلاح	
فارسی	انگلیسی	فارسی	انگلیسی
.....	Loose	.....	Plug gauge
سه نظام	.....	.....	Plug fitting
مرغک	.....	.....	Pitch of chain
گیره	.....	.....	Hatch
فرزکاری	.....	.....	Reamer
تراشکاری	.....	.....	Rattail file
دستگاه تراش	.....	.....	Nut

فعالیت ۹

قسمت های مختلف مرغک یک دستگاه تراش روی شکل مشخص شده است جدول را کامل کنید.

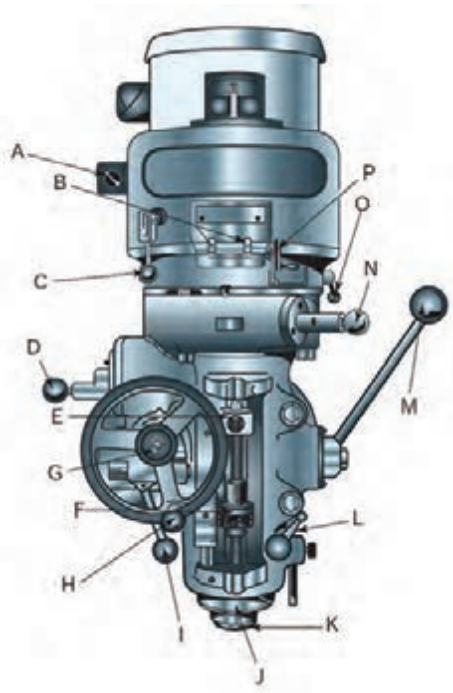


شکل ۳

نام قسمت به‌فارسی	نام قسمت به‌انگلیسی	نام قسمت به‌فارسی	نام قسمت به‌انگلیسی
محور		اهرم قفل کننده مرغک	
حلقه تنظیم مدرج		فلکه مرغک	
اهرم قفل کننده محور		پیچ تنظیم	

فعالیت ۱۰

قسمت‌های مختلف کلگی یک دستگاه فرز در سمت چپ نوشته شده و روی شکل با حروف نیز مشخص شده است. حرف هر قسمت را در جای خالی بنویسید.



شکل ۴

- [ ] **High/low rang Switch**
- [ ] **Spindle**
- [ ] **Feed control level**
- [ ] **Spindle brake**
- [ ] **Manual feed handwheel**
- [ ] **High/neutral/low lever**
- [ ] **Variable speed dial**
- [ ] **Speed change handwhee**
- [ ] **Power feed transmission engagement crank**
- [ ] **Quill stop**
- [ ] **Micrometer adjusting nut**
- [ ] **Quill**
- [ ] **Feed reverse knob**
- [ ] **Quill lock**
- [ ] **Quill feed handle**
- [ ] **Quill feed selector knob**

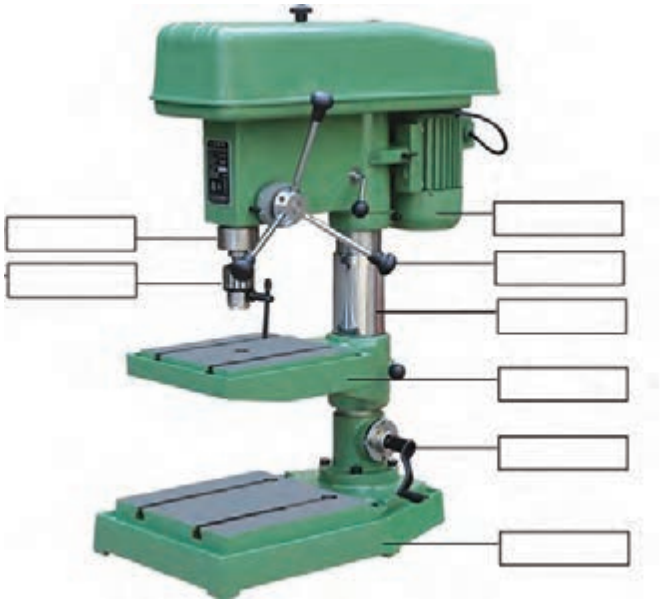
فعالیت ۱۱

نام انگلیسی قسمت‌های مشخص شده دستگاه دریل را از منابع تخصصی استخراج و در محل مناسب بنویسید. ابتدا جواب خود را با سایر هنرجویان مقایسه کنید و سپس به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱ آیا واژه‌ها درست انتخاب شده‌اند؟

۲ در بین واژه‌های استخراج شده شما با سایر هنرجویان تفاوت وجود دارد؟

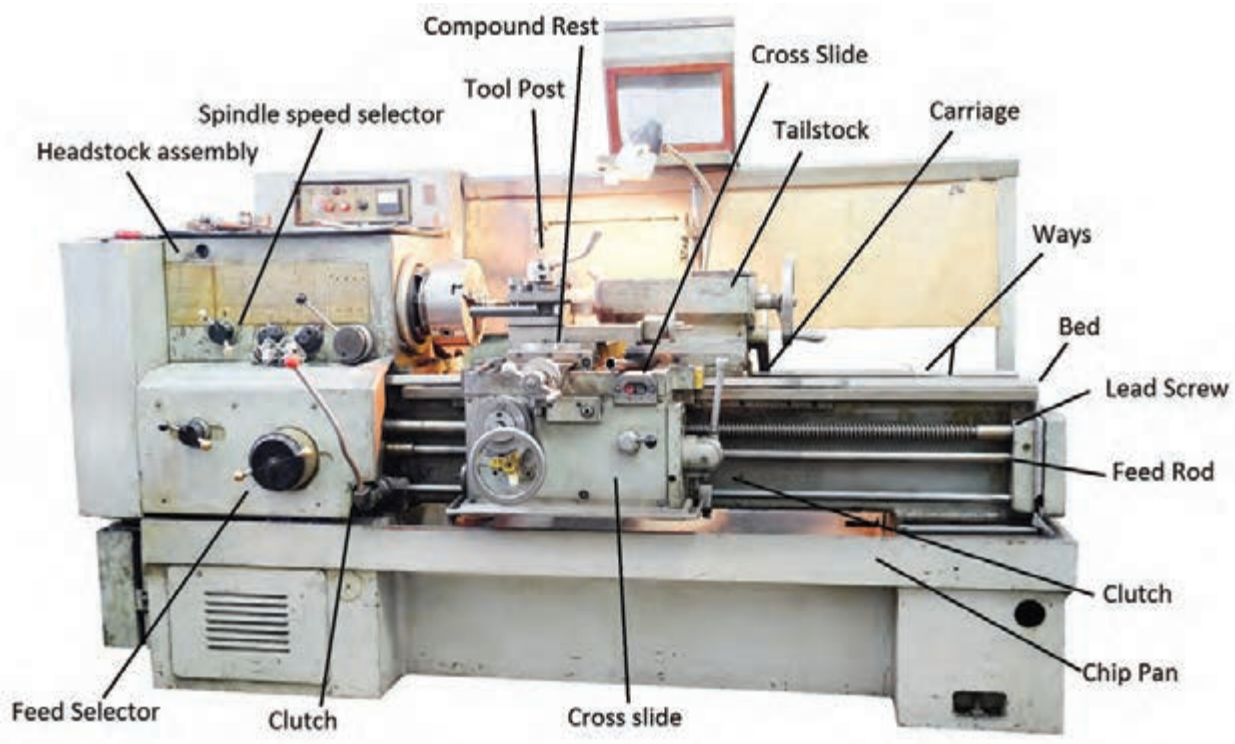
۳ دلیل این تفاوت‌ها چیست؟



شکل ۵

فعالیت ۱۲

قسمت‌های مشخص شده دستگاه تراش را ترجمه و در جدول زیر بنویسید.



شکل ۶

نام قسمت به‌فارسی	نام قسمت به‌انگلیسی	نام قسمت به‌فارسی	نام قسمت به‌انگلیسی
		ریل‌ها	ways

استخراج اطلاعات از پلاک دستگاه

یکی از منابع کسب اطلاعات در مورد ماشین‌های ابزار، پلاک‌های نصب‌شده روی آن‌ها است.
به‌طور مثال در پلاک شکل روبه‌رو اطلاعات مربوط به‌دستگاه دریل رادیال درج شده است. در این پلاک مدل دستگاه MG۱۶۷۵ و طول حرکت عرضی اسپیندل دستگاه ۱۶۰۰ میلی متر و حداکثر قطر مته قابل استفاده ۵۰ میلی‌متر است.



شکل ۷

شماره سریال دستگاه، شماره شناسایی در بین سایر محصولات شرکت سازنده است که برای شرکت از اهمیت بالایی برخوردار است. تاریخ درج شده روی پلاک‌ها معمولاً تاریخ ساخت یا خروج از خط تولید است.

فعالیت ۱۳

اطلاعات دستگاه‌ها را از پلاک‌های زیر استخراج کنید.



شکل ۸

فعالیت ۱۴

اطلاعات پلاک‌های نصب شده روی دستگاه تراش موجود در کارگاه را استخراج و به‌هنرآموز خود تحویل دهید.

فعالیت ۱۵

چارت زیر را با استفاده از روش‌های تولید داده شده تکمیل کنید و سپس ترجمه فارسی آن را در چارت بعدی بنویسید.

Polishing -Automated -Bonding -Brazing -Manual -Riveting-Plating-Soldering-Welding - Extrusion -Forging -Rolling-Bar Drawing -Wire Blow Molding- Drawing-Centrifugal -Die Casting -Investment Permanent Mold -Sand Casting -Bending-Punching -Grinding -Blanking- Drawing-Shearing -Spinning-Casting -Compression Molding –Extrusion Injection Molding-Thermoforming -Transfer Molding -Boring -Drilling Facing -Grinding Milling-Planning -Turning -Sawing -ECM, EDM- Anodizing -Honing -Painting

Manufacturing processes



فعالیت ۱۶

شکل زیر چگونگی حمل صحیح مواد خام را نشان می‌دهد. کدام متن (جدول A و B) با شکل مرتبط است.

	A	B	شکل
متن	Two people hand carry long bars by preventing the leading edge from harming people and objects.	Use a crane and choker to haul heavy bars, while an assistant helps control the metal bar!	
ترجمه	.....	.....	

فعالیت ۱۷

متن زیر را به‌دقت مطالعه و به‌پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

Knowing Coolant Ratios While there is a general shop ratio usually around 40 to 1 for most products, different applications may require an exact dilution ratio. For example, a given coolant might work best at 25/1 for milling but 45/1 for grinding. Too much syrup adds nearly no benefit but adds needless cost. But more importantly too little degrades the performance of the mix and it even rusts the machines! Cutting different metals on the same machine can even require differing ratios: steel can be successfully cut with thinner coolant mixes than titanium, for example

۱ـ موضوع اصلی متن چیست؟
۲ـ مفهوم general shop چیست؟
۳ـ نسبت روغن به‌آب در فرزکاری چقدر است؟
۴ـ نسبت روغن به‌آب در سنگ‌زنی چقدر است؟

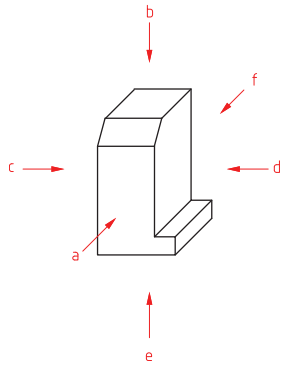
فعالیت ۱۸

متن زیر را به‌دقت مطالعه و به‌پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

DESIGNATION AND RELATIVE POSITION OF VIEWS

An object positioned in space may be imagined as surrounded by six mutually perpendicular planes. So, for any object, six different views may be obtained by viewing at it along the six directions, normal to these planes. Figure A shows an object with six possible directions to obtain the different views which are designated as follows:

1. View in the direction **a** = view from the front
2. View in the direction **b** = view from above
3. View in the direction **c** = view from the left
4. View in the direction **d** = view from the right
5. View in the direction **e** = view from below
6. View in the direction **f** = view from the rear



۱ـ موضوع اصلی متن چیست؟
۲ـ شرایط نماها چگونه است؟
۳ـ تعداد نماهای استاندارد چندتا است؟
۴ـ منظوراز mutually perpendicular چیست؟
۵ـ خلاصه متن را به‌فارسی بنویسید.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

فعالیت ۱۹

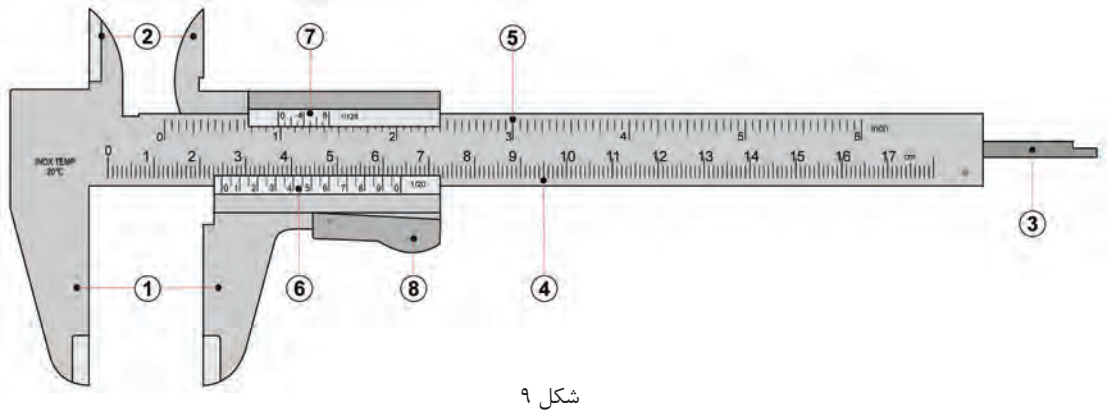
علامت هشدار مناسب این متن را از کتاب همراه هنرجو استخراج و در محل مشخص شده قرار دهید.

KEYPOINT:

Never reach under, or worse, walk under a heavy object during a lift.

فعالیت ۲۰

قسمت‌های مختلف یک کولیس روی شکل ۹ با شماره مشخص شده است. شماره هر قسمت را در جای خالی بنویسید.

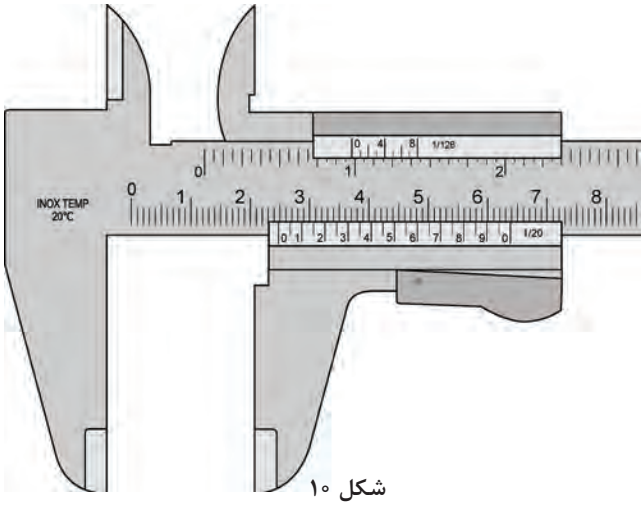


شکل ۹

- **Inside jaws:** used to measure internal of an object
- **Main scale:** scale marked in inches and fractions
- **Vernier scale:** gives interpolated measurements in fractions of an inch
- **Outside jaws:** used to measure external diameter or width of an object
- **Main scale:** scale marked every mm
- **Retainer:** used to block movable part to allow the easy transferring of a measurement
- **Depth probe:** used to measure depths of an object or a hole
- **Vernier scale:** gives interpolated measurments to 0.1 mm or better

فعالیت ۲۱

خواسته زیر شکل ۱۰ را انجام دهید.



شکل ۱۰

Read this caliper setting: .....

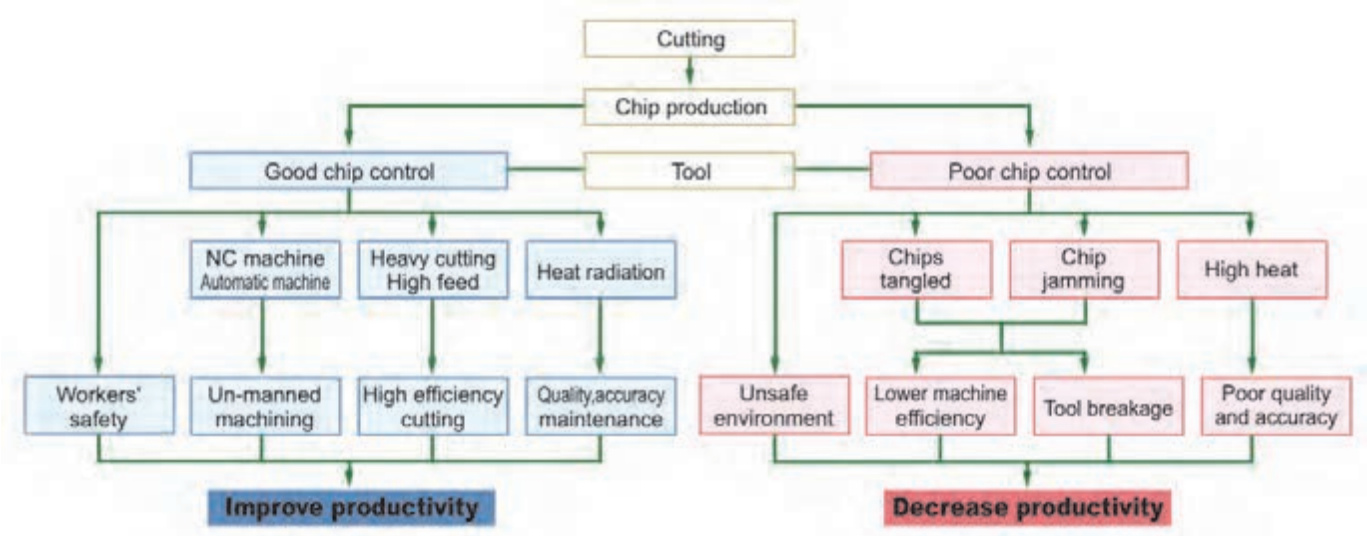
فعالیت ۲۲

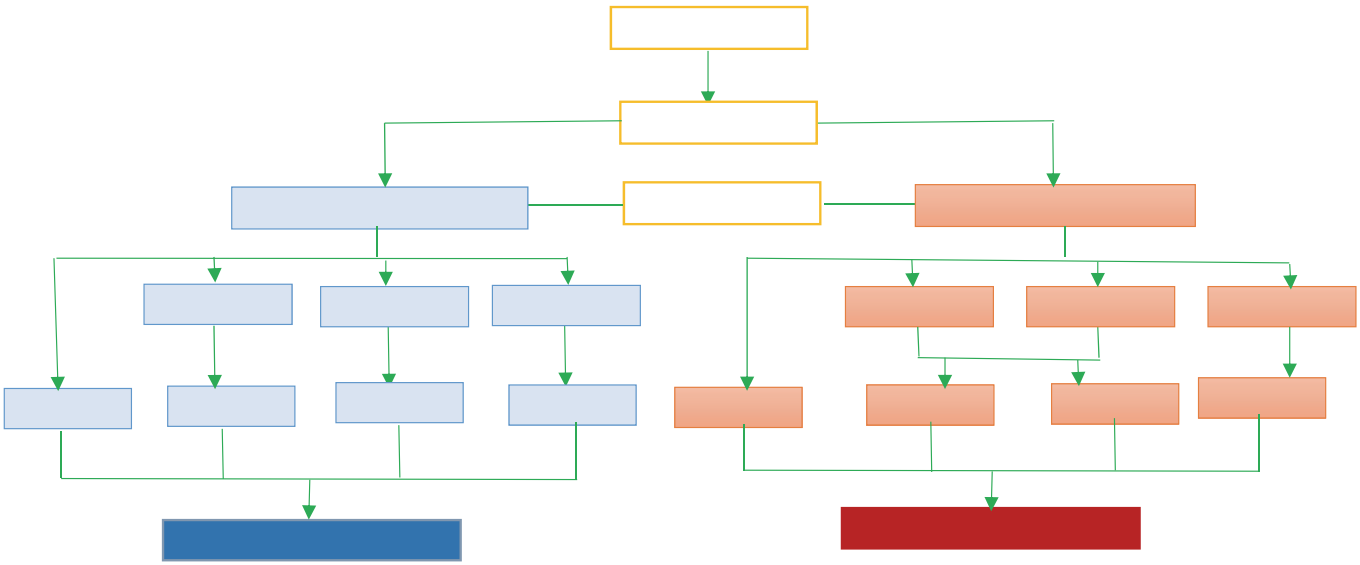
به‌پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱ ـ مزایای براده‌های قابل کنترل چیست؟

۲ ـ معایب براده‌های غیرقابل کنترل کدام‌اند؟

۳ ـ چارت را به‌فارسی ترجمه کنید



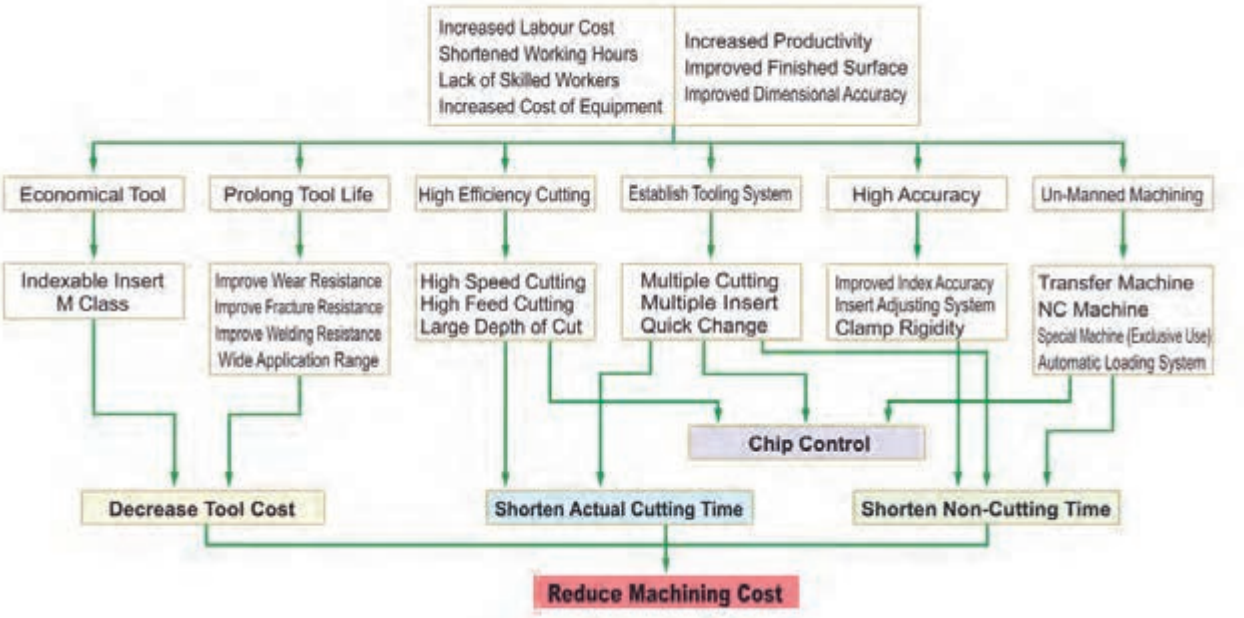


فعالیت ۲۳

به‌پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

۱ ـ موضوع چارت چیست؟

۲ ـ چارت را ترجمه کنید.



فعالیت ۲۴

با توجه به‌متن سمت چپ به‌پرسش‌های مربوط به‌آن پاسخ دهید.

متن	پرسش
Drill Press Vises Cannot Hold Work for Milling! Never use drill press vises for operations that produce a side thrust such as milling. They are designed for vertical pressure only.	چرا نباید از گیره دریل برای دستگاه فرز استفاده نمود؟
There are two lubrication systems on lathes: one for the ways using a viscous (thick) way lube and one for the spindle and gearbox called spindle oil.	۱- سیستم روغن کاری دستگاه‌های تراش چگونه است؟ ۲- ریل‌های دستگاه تراش چگونه روغن کاری می شود؟
Safety Note About Long Bars: Long bars running entirely Through the headstock can present a serious safety problem. When holding and machining these bars be absolutely sure that the far end (out of the headstock into the shop) is guarded and supported. If this step is not performed	در صورتی که نکته ایمنی مقابل رعایت نشود چه اتفاقی خواهد افتاد؟
Dressing and Truing a Grinding Wheel, What's the Difference? Using a diamond or other wheel dressing tool to restore wheel shape and zero runout is called truing the wheel. Re sharpening it to cut better is called dressing-in truth they are one and the same action. See balancing the wheel, coming up.	تفاوت تصحیح چرخ سنگ با تیزکردن آن در چیست ؟

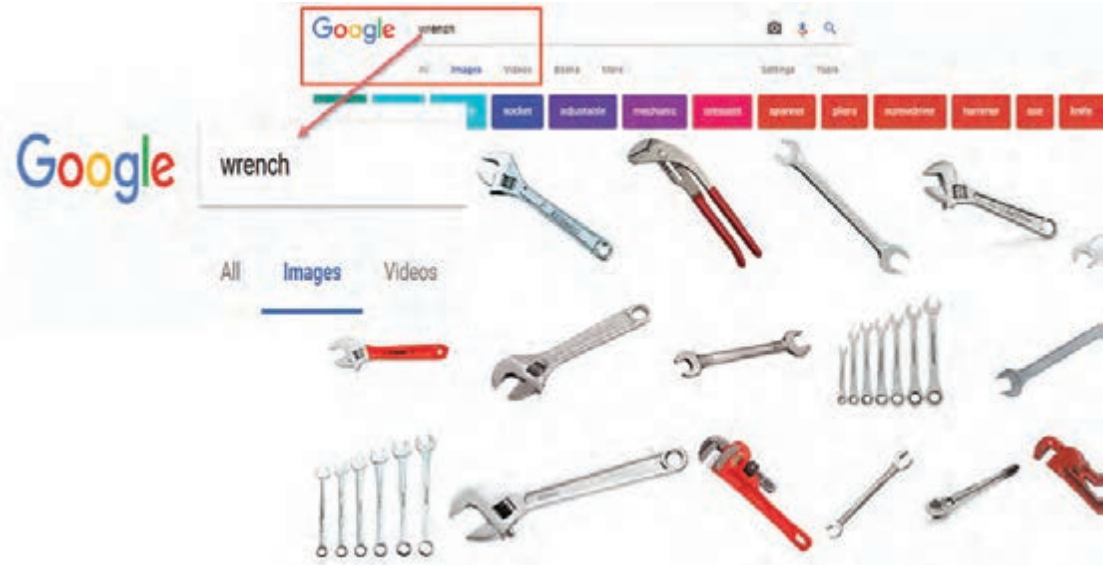
فعالیت ۲۵

در جدول زیر چک لیست کنترل مراحل قبل از فرزکاری قطعه به‌طور نامنظم آورده شده است ترتیب مراحل را با شماره از ۱تا۱۰ مشخص کنید.

مراحل	شماره به‌ترتیب اولویت	ترجمه
True the universal head (if equipped)		
Check all safety guards		
Bolt the work to the table using clamps		
Test the coolant before starting the cut		
Lock all unused axes including the quill lock/ backlash compensator		
Calculate and select the RPM		
Align the spindle with the part datum's		
Mount the cutter		
Calculate and select the feed rate		
Mount and align the work-holding accessory		

نکته

نکته کلیدی: چنانچه یک اصطلاح فنی را در واژه نامه پیدا نکردید. در قسمت جستجوی تصویر گوگل(google image) واژه را وارد کنید و ازروی نتایج جست‌وجو معنای واژه را می‌توانید پیدا کنید.



شکل ۱۱

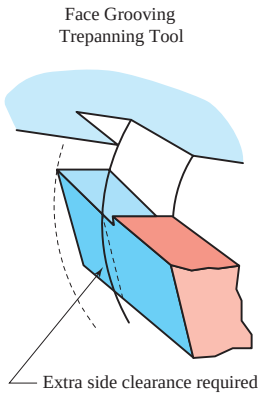
فعالیت ۲۶

متن زیر را با استفاده از واژه‌نامه ترجمه کنید.

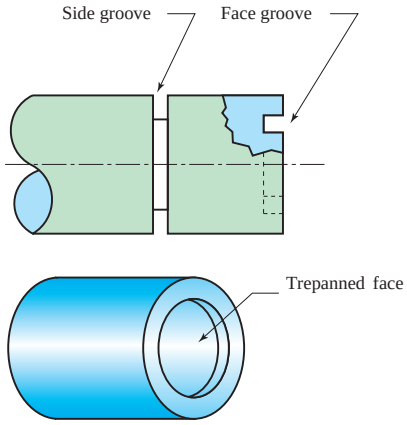
Face Grooving

There are two types of grooves made on the lathe. The first is similar to a parting tool cut, a groove into the outer round surface of a part, while the second is on the face of the work. Tools used for outside diameter grooving are similar in tip shape but shorter than parting tools. Face-grooving tools must be slightly modifi ed with extra side clearance to fi t within the outside curvature of the groove the tool makes (Figs. 12 and 13).

Expect a repeatability of 0.0005 in. for the width of the formed groove, which is often a critical feature. Diameter repeatability depends on the positioning method of the lathe and is from 0.01 to 0.05 mm



شکل ۱۲



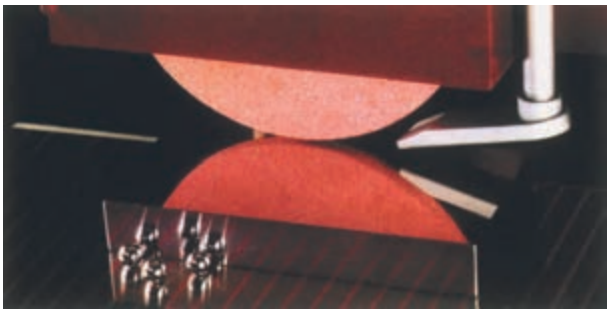
شکل ۱۳

فعالیت ۲۷

متن زیر را با استفاده از واژه نامه ترجمه کنید.

Precision grinding is an operation that usually follows turning, drilling, and milling. It improves surface finish and accuracy, plus it shapes metal that's hardened beyond the capability of stan-dard cutters. Grinding produces finishes as smooth as 16 mIn with repeatable tolerances near 0.003 mm (Fig. 14). Removing metal with a grinding wheel seems different from cutting it away; it's even called an abrasive process. The Latin root, abrade, means to scratch or wear away, not cut. The left-over slurry produced by grinding doesn't look anything like chips. It's a dust, or mud if coolant is used.

But examined closely, the waste particles reveal microscopic chips along with broken abrasive grains and bonding agent torn from the wheel. Before those grains broke away, they were actu-ally tiny negative rake cutters, each with its sharp edge, making one chip per revolution as it whizzed by the work surface—but
that also means external and internal heat. But in this case, the heat is so great that metals that oxidize ignite, resulting in sparks (Fig. 15)



شکل ۱۴

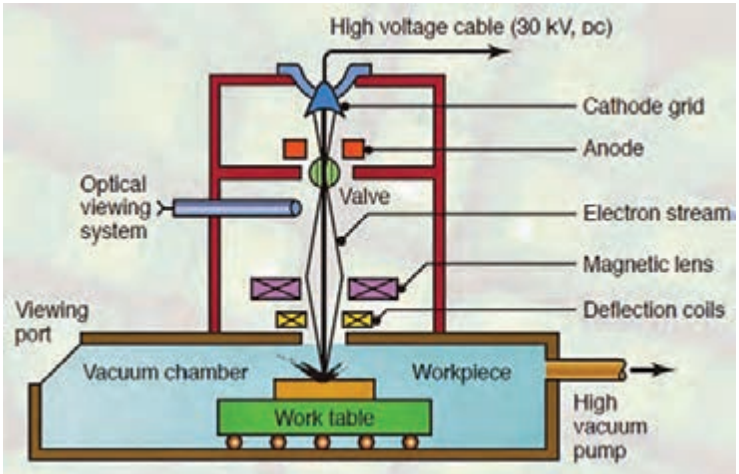


شکل ۱۵

فعالیت ۲۸

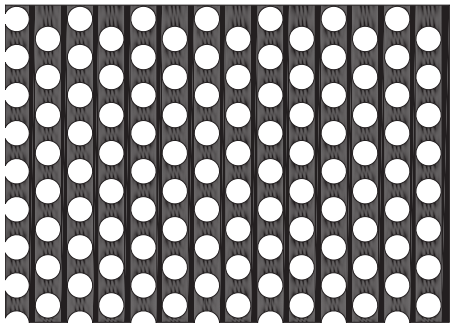
متن زیر را با استفاده از واژه نامه ترجمه کنید.

Electron Beam Machining:
This machining process works on basic principle of conversion of kinetic energy of electron into heat energy. When a high speed electron impinges on a workpiece, they convert its kinetic energy into heat energy. This heat energy used to vaporize material at contact surface. This process is carried out in vacuum otherwise the electron will collide with air particle and loses its energy before impinging on work material. This is basic principle of EBM machining.



شکل ۱۶

A pattern of holes drilled by EBM is shown in Fig. 17.
Workpiece material: stainless steel; Thickness: 0.2 mm; Diameter of hole: 0.09 mm; density of holes: 4000 per cm^2; distance between holes: 0.16 mm: distance between rows: 0.16 mm; time required to drill one hole:10 µs



شکل ۱۷

تکالیف عملکردی (شایستگی ها)	استاندارد عملکرد	نتایج	استاندارد (شاخص ها، داوری، نمره دهی)	نمره
جستجوی اطلاعات از منابع فارسی	جستجوی اطلاعات و محتوای مورد نیاز حرفه خود از منابع فارسی و لاتین و ترجمه متون مطابق استاندارد های ترجمه	بالاتر از حد انتظار	۱ـ جستجوی اطلاعات مورد نیاز به زبان فارسی از منابع مختلف ۲ـ جستجوی اطلاعات مورد نیاز به زبان لاتین از منابع مختلف. ۳ـ ترجمه متون تخصصی بر اساس نیاز حرفه ای	۳
ترجمه متون تخصصی بر اساس نیاز حرفه‌ای		در حد انتظار (کسب شایستگی)	۱-جستجوی اطلاعات مورد نیاز به زبان فارسی از منابع مختلف ۲- جستجوی اطلاعات مورد نیاز به زبان لاتین از منابع مختلف.	۲
		پایین تر از انتظار (عدم احراز شایستگی)	جستجوی اطلاعات مورد نیاز به زبان فارسی از منابع مختلف	۱
نمره مستمر از ۵				
نمره شایستگی پودمان از ۳				
نمره پودمان از ۲۰				

منابع

۱- خواجه حسینی محمد، ۱۳۹۴، نقشه کشی ۲، رشتهٔ نقشه کشی عمومی کد۴۸۸/۵، چاپ پنجم، شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران.

۲- محمدی اصغر و دیگران، ۱۳۹۶، خودآموز ماشین‌کاری CNC با پاورمیل، چاپ اول، انتشارات آفرنگ.

۳- خواجه حسینی محمد، ۱۳۷۶، رسم فنی عملی سال چهارم، رشتهٔ نقشه‌کشی صنعتی تولید عمومی کد۸۲۲/۱، نشر ناشر سی جزء.

4- Tickoo Sham, SOLIDWORKS 2017 for Designers, 2017, CADCIM Technologies.

5- CADArtifex, SOLIDWORKS 2018: A Power Guide for Beginners and Intermediate Users, 2017, CADArtifex.

6- Gaurav Verma , Matt Weber, 2017,SolidWorks 2017 Black Book, CADCAMCAE WORKS.

7- Matt Lombard, 2013 SolidWorks 2013 Bible, John Wiley & Sons, Inc.

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظر اصلاحی خود را درباره مطالب کتاب‌های درسی از طریق سامانه «نظرسنجی از محتوای کتاب درسی» به نشانی «nazar.roshd.ir» یا نامه به نشانی تهران ـ صندوق پستی ۴۸۷۴ ـ ۱۵۸۷۵ ارسال کنند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان دربارهٔ کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانهٔ راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائهٔ نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی هنرآموزان شرکت کننده در اعتبارسنجی کتاب دانش فنی تخصصی ـ کد ۲۱۲۴۱۹

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	محمد رودبارانی	مرکزی	۸	هادی حسینی	خراسان رضوی
۲	علی عزیزی	ایلام	۹	محمد رشدی	آذربایجان شرقی
۳	یعقوب خلج	قزوین	۱۰	بابک کریم نواز	آذربایجان شرقی
۴	امید ویسی	کردستان	۱۱	بشار آذرگ	آذربایجان غربی
۵	صادق غلامی اندراتی	شهرستانهای تهران	۱۲	سید مرتضی سجادی حور	اردبیل
۶	حسن الله رسانی	خراسان جنوبی	۱۳	برات محمد تلبا	هرمزگان
۷	حمیدرضا سودایی	اصفهان	۱۴	سیدعلی هاشم آبادی	خراسان جنوبی

Www.IranEstekhdam.Ir

«لینک‌های مفید و مرتبط»

دانلود منابع آزمون استخدامی هنرآموز ساخت و تولید

خرید و دانلود

دانلود نمونه سوالات آزمون استخدامی هنرآموز ساخت و تولید

خرید و دانلود

سرویس خصوصی خدمات عام المنفعه اخبار شغل و استخدام

Www.IranEstekhdam.Ir

خواننده گرامی؛ در جهت بهبود کیفیت این فایل؛ لطفاً هرگونه انتقاد و پیشنهاد خود در مورد مطالب آن

و یا گزارش مشکل را به آدرس ایمیل و یا با شماره تلفن زیر مطرح نمایید:

شماره تلفن تماس: ۰۲۱-۹۱۳۰۰۱۱۳ آدرس ایمیل: soal@iranestekhdam.ir