

## واحد کار اول: انتخاب مواد و عملیات فلزکاری روی قطعات

◀ هدف کلی: عملیات براده برداری و خمکاری روی قطعات فلزی

زمان			عنوان توانایی
جمع	عملی	نظری	
۱۸	۵	۱۳	انتخاب موادشناسی
۲۷	۲۲	۵	اندازه گیری - اندازه گذاری
۱۰	۸	۲	اره کاری
۱۲	۱۰	۲	سوهانکاری
۷	۶	۱	قلمکاری
۱۷	۱۴	۳	سوراخکاری و خزینه کاری و برقوکاری
۹	۸	۱	قلاویزکاری و حدیده کاری
۷	۶	۱	ورقکاری
۷	۶	۱	پرچکاری

## توانایی انتخاب مواد

◀ پس از آموزش این توانایی، از فراگیر انتظار می‌رود:

- خواص مواد را شرح دهد.
- طبقه‌بندی انواع مواد را شرح دهد.
- روش‌های تهیه‌ی فولاد را نام ببرد.
- تأثیر عناصر در فولادسازی را شرح دهد.
- موارد کاربرد فلزات مس، روی، قلع و چدن را شرح دهد.
- کاربرد انواع چدن را شرح دهید.
- انواع فولاد و چدن را از طریق آزمایش تشخیص دهد.

ساعات آموزش		
جمع	عملی	نظری
۱۸	۵	۱۳

## پیش آزمون

۱. کاربرد مواد صنعتی ای را که می شناسید نام ببرید.
۲. چه ارتباطی بین جنس عناصر و قیمت آنها است؟
۳. مجموعه عواملی را که سبب پوسیدگی و زنگ زدگی مواد می شود ..... گویند.
۴. مواد صنعتی به ..... دسته تقسیم می شوند.
۵. مواد صنعتی ای را که به صورت مصنوعی تهیه می شود نام ببرید.
۶. عناصری را که در عملیات آلیاژی فولاد کاربرد دارد بنویسید.
۷. ویژگی های مس را بنویسید.
۸. چدن در صنعت چه کاربردی دارد؟
۹. تفاوت چدن و فولاد را بنویسید.
۱۰. چند نوع چدن در صنعت وجود دارد؟
۱۱. به نظر شما قطعات زیر از چه موادی ساخته می شوند؟



## تاریخچه‌ی شناخت مواد

سنگ‌ها و کانی‌های غیر فلزی اولین موادی هستند که انسان اولیه آن‌ها را به کار برده است. آثار به دست آمده از کاوش‌های باستان‌شناسی حاکی از آن است که انسان‌های اولیه از فلینت و دیگر سنگ‌های سخت برای ساختن اسلحه و کندن غارها استفاده می‌کرده‌اند. همچنین، خاک رس و سنگ را برای ساختن ظروف گلی و اهرام شگفت‌انگیز به کار می‌برده‌اند. بر اساس مطالعات باستان‌شناسی، طلا (Au) نخستین فلزی بوده که بشر به صورت خالص از رودخانه‌ها جمع‌آوری کرده و مس نیز نخستین فلزی است که انسان توانسته است آن را ذوب کند. در مورد تاریخ استفاده از مس آراء ضد و نقیضی دیده می‌شود.

گروهی استفاده از آن را به حدود ۲۰ هزار سال پیش و عده‌ای تاریخ استفاده از آن را به حدود ۱۲ هزار سال پیش، به کشور مصر نسبت می‌دهند و برخی، ساکنان اولیه‌ی ایران را نخستین ذوب‌کنندگان و استفاده‌کنندگان از فلز مس می‌دانند و تاریخ استفاده‌ی آن را حدود ۱۱ هزار سال پیش می‌دانند. با این حال، به نظر بسیاری از باستان‌شناسان، استخراج و ذوب مس به دست ساکنان اولیه‌ی ایران و در محلی به نام تبلیس صورت گرفته است. بر اساس شواهد باستان‌شناسی و معدن‌کاری قدیمی، مرکز، شرق و شمال ایران دارای کهن‌ترین پیشینه فلزگری است.



ابوعلی سینا، فیلسوف و دانشمند ایرانی، اولین کسی است که مواد معدنی را دسته‌بندی کرد. این دسته‌بندی شامل سنگ‌ها، فلزات، سولفورها، نمک‌ها و ترکیبات دیگر است.



## مفهوم شناخت مواد

تمام صنایع، اعم از مکانیک، برق، ساختمان و صنایع دیگر با ماده سر و کار دارند. به منظور ساخت و به کارگیری مواد در این گونه صنایع، باید اطلاعات کافی از خواص فلزات و مواد دیگر در دست باشد. برای مثال در ساختمان اتومبیل فولاد، شیشه و پلاستیک، همراه مواد گوناگون دیگری به کار رفته است و فولاد خود به تنهایی انواع مختلف دارد که خواص مکانیکی و فیزیکی آن‌ها با هم اختلاف زیادی دارد.

در انتخاب مواد، صنعتگر باید خواصی مانند استحکام ماده، ضریب هدایت الکتریکی و حرارتی، وزن مخصوص و دیگر خواص را در نظر داشته باشد. باید بداند که ماده‌ی اولیه‌ای که انتخاب می‌کند در عمل چگونه تغییر شکل می‌یابد. آیا ماده‌ای را که انتخاب می‌کند قابلیت ماشینکاری، پرس کاری، ریخته‌گری، جوش کاری و مقاومت شیمیایی که ممکن است از ضروریات قطعه ساخته شده باشد، را دارد یا خیر؟ آیا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است؟ مثلاً قطعاتی که احتیاج به تراشکاری دارند باید دارای سختی لازم باشند، به طوری که با ابزارهای معمولی یا فولادهای عالی قابل تراشکاری باشد. همچنین شکل دندانهای چرخ‌دنده‌ها باید به وسیله‌ی ماشین فرم داده شود، ولی پس از ساخته شدن که این چرخ‌دنده‌ها با یکدیگر درگیر می‌شود باید استحکام و سختی کافی را داشته باشند، یا سیم‌های هادی باید مقاومت زیادی در مقابل حرارت داشته باشد و در صنعت ساخت توربین‌های بخار استفاده از ماده‌ای که بتواند در درجه حرارت‌های بالا دوام زیاد داشته باشد مورد توجه است.

## خواص مواد

مهم‌ترین عامل در انتخاب مواد تطبیق خواص مواد با شرایط کار خواهد بود. در صورتی که دو نوع ماده برای کاری مناسب تشخیص داده شود قیمت تمام‌شده‌ی ماده، ملاک دیگری جهت انتخاب آن است. خواص مواد از نظر کاربردی به سه دسته کلی خواص شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی دسته‌بندی می‌شوند که در زیر معرفی می‌شوند.

### خواص مکانیکی

عکس‌العمل مواد جامد در مقابل نیروها و دیگر عوامل را که در محیط کار یا آزمایشگاه بر آن وارد می‌شود **خواص مکانیکی** نامیده می‌شود. از مهمترین خواص مکانیکی مواد می‌توان به سختی و استحکام و الاستیسیته اشاره کرد.

#### ◀ سختی

سختی مواد عبارت از مقاومتی است که یک جسم در مقابل نفوذ جسم خارجی سخت‌تر از خودش نشان می‌دهد که می‌توان گفت هرچه نفوذ جسم خارجی در داخل مواد کمتر باشد آن ماده سخت‌تر است.

#### ◀ استحکام

مقاومتی است که هر جسم در برابر نیروهای وارد شده از خارج و یا از طرف قطعات دیگر از خود نشان می‌دهد.

#### ◀ الاستیسیته

خاصیتی است که اگر به یک جسم نیرو اعمال شود، تحت تأثیر نیرو، جسم تغییر فرم داده و بعد از برداشتن نیرو، جسم به حالت اولیه برمی‌گردد. این خاصیت برگشت نیرویی را **الاستیسیته** گویند.

## خواص فیزیکی

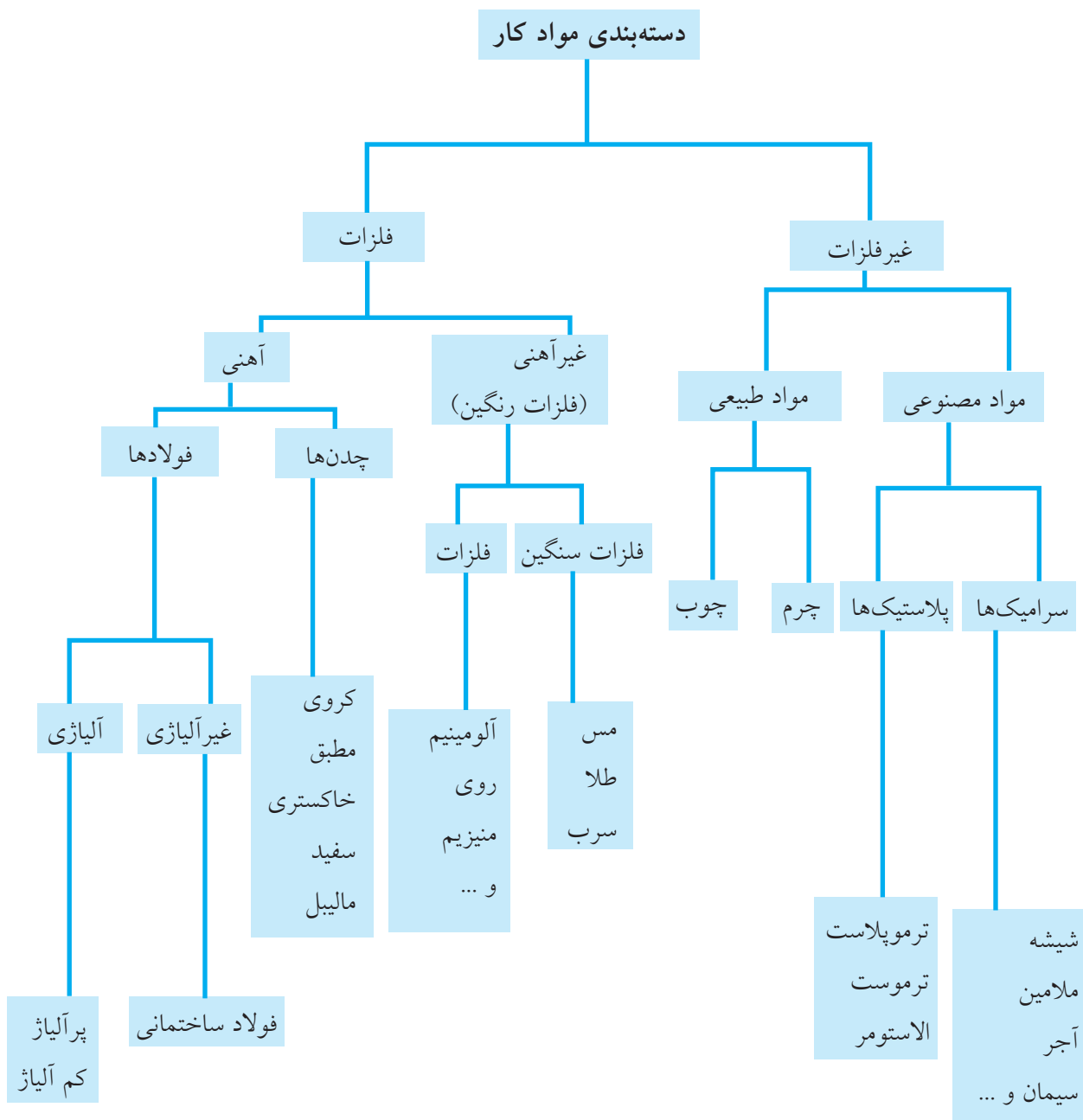
از جمله خواص فیزیکی مواد صنعتی می‌توان به قابلیت هدایت الکتریکی، هدایت حرارتی، نقطه‌ی ذوب و جوش، جرم مخصوص و ... اشاره کرد.

## خواص شیمیایی

خواصی از مواد همچون مقاومت در برابر خوردگی و زنگ‌زدگی، اکسید شدن، قابلیت احتراق و ... به عنوان خواص شیمیایی مواد مطرح هستند.

## طبقه‌بندی مواد

طبقه‌بندی مواد کار در حالت کلی در نمودار زیر آمده است.







## ب) مواد پلاستیکی

پلاستیک‌ها از کنار هم قرار گرفتن تعداد زیادی از مولکول‌های زنجیره‌ای یا شبکه‌ای بزرگ مواد آلی که از کربن و عناصر دیگری مانند هیدروژن، کلر، فلور، اکسیژن و ازت تشکیل شده است، به وجود می‌آید. مواد مصنوعی در طبیعت به صورت آزاد وجود ندارد و اغلب از طریق روش‌های شیمیایی و پلیمری کردن به دست می‌آید.

اغلب مواد مصنوعی دارای قابلیت هدایت الکتریکی بسیار ضعیفی هستند، به طوری که به عنوان عایق الکتریکی خوب به کار می‌رود. مواد مصنوعی معمولاً در درجه حرارت‌های پایین (زیر صفر) ترد می‌شود، ولی در درجه حرارت‌های نسبتاً بالا قابلیت شکل‌پذیری دارد و در درجه حرارت‌های بالاتر ذوب یا متلاشی می‌شود. مواد مصنوعی در مقابل عوامل و واکنش‌های شیمیایی در درجه حرارت معمولی محیط و در مجاورت هوای آزاد پایدار است. عموماً مواد مصنوعی جرم حجمی پایینی دارند.



## تعریف کامپوزیت‌ها

ترکیب دو یا چند ماده را با یکدیگر، به طوری که به صورت شیمیایی مجزا و غیر محلول در یکدیگر باشد و

بازده و خواص سازه‌ای این ترکیب نسبت به هریک از اجزای تشکیل دهنده‌ی آن به تنهایی، در موقعیت برتری قرار گیرد، کامپوزیت (مواد مرکب) می‌نامند. به عبارت دیگر، کامپوزیت به دسته‌ای از مواد اطلاق می‌شود که آمیزه‌ای از مواد مختلف و متفاوت در فرم و ترکیب باشد و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن‌ها ماهیت خود را حفظ می‌کند، در یکدیگر حل و ممزوج نمی‌شود. با توجه به این امر، کامپوزیت با آلیاژ فلزی متفاوت است.



کامپوزیت‌ها بر اساس نوع زمینه‌ای که تقویت‌کننده را احاطه کرده است و آن‌ها را به هم اتصال می‌دهد، به سه گروه عمده تقسیم می‌شود که عبارت‌اند از:

۱. کامپوزیت‌های پایه‌فلزی

۲. کامپوزیت‌های پایه‌سرامیکی

۳. کامپوزیت‌های پایه‌پلیمری

کامپوزیت‌های پایه پلیمری مهم‌ترین دسته از کامپوزیت‌هاست. طیف وسیعی از صنایع، مانند تولید قطعات هواپیما گرفته تا تولید سینک ظرفشویی و ... از کامپوزیت‌های پایه‌پلیمری تولید می‌شود و در حال حاضر کامپوزیت‌ها ۵۹ درصد بازار را به خود اختصاص داده است و به همین دلیل بزرگ‌ترین زیر مجموعه مواد مرکب محسوب می‌شود.

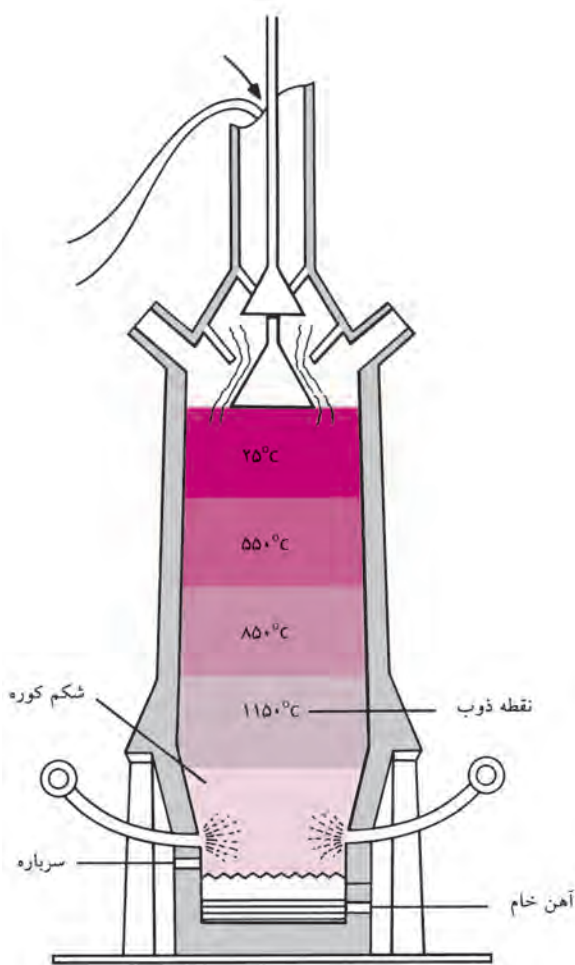
صنایعی که از کامپوزیت‌ها در تولیدات خود استفاده می‌کنند، عبارت‌اند از:



## روش‌های تولید آهن

به طور کلی آهن خام از دو روش زیر تولید می‌شود:

۱. تهیه آهن خام یا چدن مذاب در کوره بلند و تولید فولاد در کنورتورهای اکسیژنی، نظیر ذوب آهن اصفهان.
  ۲. احیای مستقیم سنگ آهن و ذوب آهن اسفنجی و قراضه در کوره‌های الکتریکی، از قبیل کوره قوس الکتریکی نظیر فولاد خوزستان یا القایی، نظیر مجتمع فولاد جنوب.
- برای تولید آهن خام از کوره بلند، که شیوه سنتی تولید است، از احیای غیرمستقیم آهن استفاده می‌شود. سنگ آهن پس از فراوری به همراه آهک و کک وارد کوره بلند می‌شود. هوای گرم با فشار زیاد به آن دمیده شده و باعث



۱. صنایع حمل و نقل شامل حمل و نقل هوایی، جاده‌ای و دریایی
۲. صنایع نظامی و هوا - فضا
۳. صنایع انرژی در هر حوزه‌های تولید و انتقال برق و صنعت نفت، گاز و پتروشیمی
۴. صنعت ساخت و ساز شامل صنایع زیر بنایی و صنعت ساختمان
۵. صنایع مبلمان شهری
۶. وسایل خانگی
۷. لوازم ورزشی

## مزایای کامپوزیت‌های پایه پلیمری

مزایای سازه‌های مبتنی بر کامپوزیت‌های پلیمری نسبت به نمونه‌های سنتی بتنی، چوبی و فلزی را که باعث نفوذ آن‌ها در گستره وسیعی از صنایع مختلف شده است، در موارد زیر می‌توان خلاصه کرد:

- کاهش وزن سازه
- ایمن بودن در برابر پدیده‌ی خوردگی
- قابلیت تحمل بارهای سیکلی و مقاومت بسیار مناسب در برابر پدیده‌ی خستگی
- سادگی روش‌های تولید و امکان تولید اشکال بسیار پیچیده با روش‌های بسیار آسان، کارآمد و مقرون به صرفه
- سهولت فرایندهای تعمیر و عیب‌یابی
- ضریب انبساط حرارتی پایین و عایق مناسب حرارتی
- عایق الکتریکی
- بهبود اتصالات و امکان تولید یکپارچه
- خصوصیات ارتعاشی بسیار مناسب و مقاوم بودن به پدیده‌ی تشدید در ارتعاشات، نسبت به فلزات
- قابلیت مونتاژ آسان

## فولاد و چدن

فولادها و چدن‌ها آلیاژی از آهن خام و کربن هستند که عناصر دیگری به منظور بهبود قابلیت‌شان، به آن‌ها اضافه شده است. در بین این عناصر، کربن نقش تعیین‌کننده‌ای در خواص فولادها و چدن‌ها ایفا می‌کند از جمله قابلیت کوره‌کاری، آبکاری، ریخته‌گری و... اگر مقدار درصد کربن از ۲/۰۶۷ درصد کمتر باشد محصول را فولاد و اگر مقدار آن از ۲/۰۶۷ تا ۴/۵ درصد باشد آن را چدن گویند.

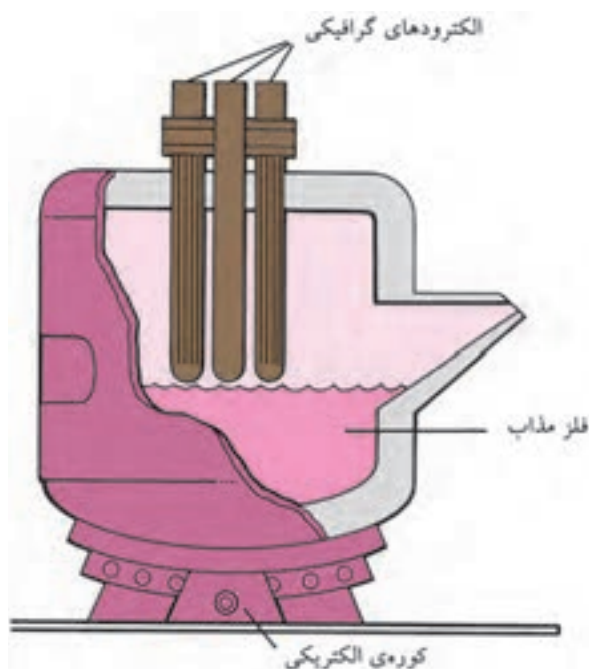
## تولید فولاد از آهن خام

برای تولید فولاد از آهن خام تمامی عناصر غیر ضروری از مذاب خارج و عناصر لازم به آن اضافه می‌شوند تا فولاد مورد نظر به دست آید. به این منظور از کوره‌های ثانویه استفاده می‌شود. فولادهای ساختمانی مانند انواع ورق، میل‌گرد و تیرآهن از این طریق به دست می‌آیند. برای به دست آوردن فولادهای آلیاژی از فولادهای ساختمانی عناصری همچون نیکل، کرم، وانادیم، مولیبدن و تنگستن را با درصدهای خاصی به مذاب اضافه می‌کنند. در جدول تأثیر هر یک از عناصر بر خواص فولاد مشخص شده است.



آتش گرفتن کک می‌شود. گرمای ناشی از سوختن کک باعث ذوب سنگ آهن شده و آهن خام یا چدن مذاب به دست می‌آید. در مرحله‌ی بعد، آهن خام در یک کنورتور به فولاد مذاب تبدیل، کربن و ناخالصی‌های دیگر آن به کمک اکسیژن خارج و فولاد خام تولید می‌شود.

روش دوم تولید فولاد، استفاده از کوره‌های الکتریکی و ذوب مجدد قراضه‌ی آهن و فولاد است. به دلیل کمبود منابع قراضه در جهان و نیز رشد فزاینده‌ی قیمت آن در طول سال‌های گذشته، در این روش می‌توان به همراه قراضه از آهن اسفنجی نیز برای ذوب در کوره استفاده کرد. آهن اسفنجی محصول عملیات احیای مستقیم سنگ‌آهن است که عیار آهن بالا دارد و جایگزین مناسبی برای قراضه جهت ذوب است. ۶۷ درصد فولاد خام جهان به کمک روش کوره بلند و ۳۱ درصد آن نیز به روش احیای مستقیم و استفاده از کوره‌های الکتریکی تولید می‌شود.

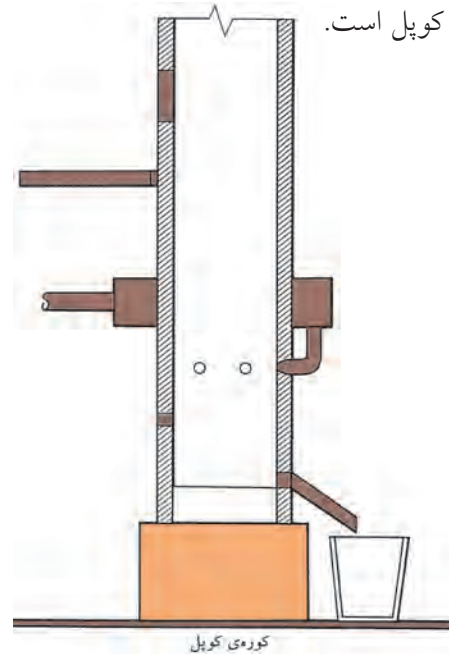


## جدول تأثیر عناصر مختلف روی خواص فولادها

نوع فولاد	کاهش می‌دهد	افزایش می‌دهد	عناصر
فولادهای غیر آلیاژی	نقطه‌ی ذوب، سمجی، انبساط، قابلیت جوشکاری و کوره‌کاری	استحکام، سختی، قابلیت آبکاری	کربن
	قابلیت جوشکاری	الاستیسیت، استحکام، قابلیت آبکاری عمقی، سختی در حالت گرم، مقاومت در مقابل خوردگی، جداشدن گرافیت در چدن خاکستری	سیلیسیم
	انبساط، استحکام در مقابل ضربه	سیلان، شکنندگی در حالت سرد، استحکام در حالت گرم	فسفر
	استحکام در مقابل ضربه	شکنندگی براده، غلظت در حالت مذاب، شکنندگی در حالت گداخته بودن	گوگرد
فولادهای آلیاژی	قابلیت براده‌برداری، جداشدن گرافیت در چدن خاکستری	قابلیت آبکاری عمقی، استحکام، استحکام در مقابل ضربه، استحکام در مقابل ساییدگی	منگنز
	انبساط حرارتی	سمجی، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، مقاومت الکتریکی، دوام در حرارت‌های بالا، قابلیت آبکاری عمقی	نیکل
	انبساط (به مقدار کم)	سختی، استحکام، استحکام در حالت گرم، درجه حرارت آبکاری، دوام برندگی، استحکام در مقابل ساییدگی، مقاومت در مقابل خوردگی	کرم
	حساسیت در مقابل حرارت‌های بالا	دوام، سختی، سمجی، استحکام در حالت گرم	وانادیم
	انبساط، قابلیت کوره‌کاری	سختی، استحکام در حالت گرم، دوام	مولیبدن
	سمجی، حساسیت در مقابل حرارت‌های بالا	سختی، دوام برندگی، استحکام در حالت گرم	کبالت
	انبساط (به مقدار کم)	سختی، استحکام، مقاومت در مقابل خوردگی، درجه حرارت آبکاری، استحکام در حالت گرم، دوام در حرارت‌های بالا، دوام برندگی	تنگستن (ولفرام)

## تولید چدن از آهن خام

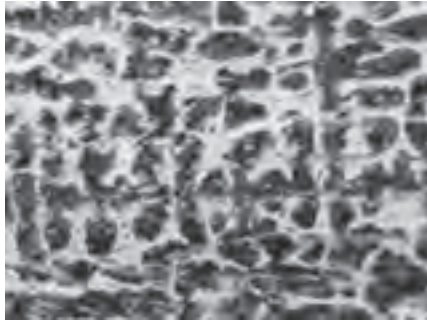
برای تهیه چدن، آهن خام خاکستری را به کمک کوره‌ی کوپل ذوب کرده و عناصر اضافی را از آن خارج و عناصر مورد نیاز را به آن اضافه می‌کنند. بنابراین چدن محصول کوره‌ی کوپل است.



کوره‌ی کوپل

## چدن سفید

مبنای نامگذاری ظاهر سطح شکست‌شده‌ی این نوع چدن‌ها است سطح مقطع آن‌ها سفید، براق و حالت دانه‌ای دارد. چدن‌های سفید استحکام فشاری بسیار زیاد، مقاومت سایشی عالی و سختی بالایی دارند، در مقابل فوق‌العاده ترد، شکننده و درصد تغییر طول در آن صفر است.



## چدن خاکستری

اگر مقدار سیلیسیم موجود در محصول کوره‌ی کوپل زیاد باشد و آن را آهسته سرد کنند، کربن موجود در ترکیبات آهن ( $Fe_3C$ ) به صورت گرافیت مطبق از آن خارج شده و در لابه‌لای کریستال‌ها قرار می‌گیرد. وجود گرافیت در چدن خاکستری، قابلیت براده‌برداری را افزایش می‌دهد و ضریب اصطکاک آن را کم می‌کند. چدن خاکستری در مقابل فشار و فرسودگی مقاوم است ولی قابلیت چکش‌خواری ندارد.



## چدن سخت

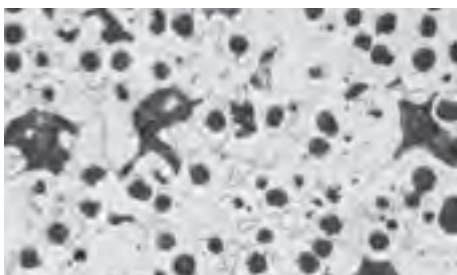
در این نوع چدن، کربن به صورت گرافیت وجود ندارد بلکه با آهن یک پیوند شیمیایی می‌سازد ( $Fe_3C$ ). این چدن بسیار

چدن‌ها با توجه به ساختمان میکروسکوپی آن‌ها و بر حسب این‌که کربن موجود در آن پس از انجماد به چه شکلی وجود داشته باشد به پنج گروه اصلی تقسیم‌بندی می‌کنند که عبارت است از:

۱. چدن سفید، ۲. چدن خاکستری، ۳. چدن سخت، ۴. چدن چکش‌خوار (مالیبل)، ۵. چدن با گرافیت فشرده (داکتیل).
- به منظور بهبود خواص مکانیکی به هر یک از چدن‌های فوق می‌توان مقدار کمی عناصر آلیاژی اضافه کرد بدون آنکه کلاس و طبقه‌بندی چدن تغییر کند.
- خواص مکانیکی چدن تابعی از مقدار گرافیت، شکل گرافیت، نحوه‌ی توزیع گرافیت و اندازه ذرات گرافیت است. هر چه اندازه ذرات گرافیت ریزتر باشد، تأثیر مخرب آن‌ها بر خواص مکانیکی کمتر است.

### چدن خاکستری با گرافیت کروی (چدن داکتیل)

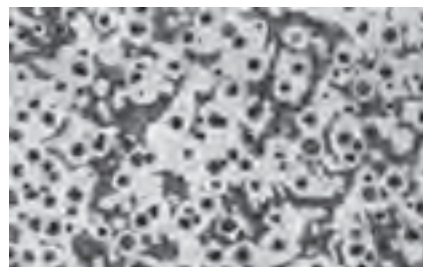
اگر به چدن مذاب پس از خروج از کوره کوپل آلیاژ نیکل - منیزیم یا آلیاژ سیلیسیم - آهن - منیزیم اضافه کنند، کربن در هنگام سرد شدن به صورت گرافیت مطبق جدا نمی شود بلکه به شکل کره های جدا می شود و در بین کریستال ها قرار می گیرد. وجود گرافیت کروی در چدن باعث می شود که قابلیت انبساط، خمکاری و استحکام آن به اندازه ی سه تا پنج برابر چدن خاکستری با گرافیت مطبق، افزایش یابد. این چدن برای تهیه میل لنگ ها، محفظه جعبه دنده ها، چرخ دنده ها، قرقره ها، ماشین آلات کشاورزی، پوسته پمپ ها و توربین ها به کار می رود. این چدن در مقابل حرارت مقاوم است.



### موارد برتری چدن ها نسبت به فولادها

۱. از آنجایی که گرافیت منجر به ترد و شکننده شدن، یا خرد شدن تراشه های حاصل از ماشینکاری می شود، موجب بهبود قابلیت ماشینکاری چدن ها خواهد شد.
۲. به علت خاصیت روان کاری گرافیت، چدن ها نسبت به فولادها از خواص ضد اصطکاک بهتری برخوردار هستند.
۳. ذرات گرافیت باعث می شود که ارتعاشات وارد شده به چدن ها خیلی سریع جذب شود.
۴. چدن ها تقریباً نسبت به ترک های سطحی غیر حساس هستند.
۵. چدن ها نسبت به فولادها از خواص ریخته گری بهتری برخوردار هستند، زیرا اولاً درجه حرارت ذوب و انجماد آنها پایین تر است و ثانیاً با محدود بودن دامنه ی انجماد دارای سیالیت بیشتر است و قالب را بهتر پر می کند.

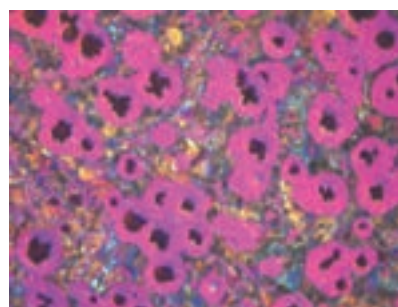
سخت است و فقط با افزارهایی از جنس فلزات سخت (الماسه ها) و سنگ های سنباده، قابل براده برداری است.



به دلیل مقاوم بودن این چدن ها در مقابل سایش، از آنها برای تهیه ی قطعاتی مانند چرخ های واگن ها، پیستون های هیدرولیکی، انواع نوردها، مخصوصاً نورد های ماشین های چاپ، کاغذسازی، لاستیک سازی و آسیاب ها کمک می گیرند.

### چدن چکش خوار (چدن مالیل)

این نوع چدن که به چدن مالیل و نیز چدن قیچی موسوم است از عملیات حرارتی چدن های سفید با ترکیب شیمیایی مناسب به دست می آید. بر اثر عملیات حرارتی چدن مالیل تجزیه می شود و کربن به شکل کره های متلاشی شده و نامنظم (برفکی شکل) رسوب می کند،



بنابراین تهیه چدن چکش خوار شامل دو مرحله است، یکی ریخته گری و تهیه چدن سفید و دیگری عملیات حرارتی آن به منظور تجزیه و تشکیل گرافیت. از نظر خواص مکانیکی، نظیر انعطاف پذیری و استحکام این نوع چدن تقریباً شبیه چدن با گرافیت کروی است.



## فلزات غیر آهنی

فلزاتی هستند که عنصر و پایه‌ی اصلی آن‌ها آهن نباشد. این فلزات دارای چگالی (وزن مخصوص) بالای ۴/۵ هستند. در ادامه به معرفی خواص چند نمونه از فلزات پرکاربرد این گروه پرداخته می‌شود.

### فلز مس (Cu)

مس فلز نسبتاً قرمز رنگی است که از خاصیت هدایت الکتریکی و حرارتی بسیار بالایی برخوردار است. (در بین فلزات خالص، تنها خاصیت هدایت الکتریکی نقره در دمای اتاق از مس بیشتر است). مس فلزی قابل انعطاف و چکش‌خوار است که بعضی از کاربردهای آن عبارت است از:

- تهیه انواع سیم و لوله‌های مسی
- مجسمه‌سازی و وسایل تزئینی
- ساخت موتورها، به خصوص موتورهای الکترومغناطیسی.
- ساخت کلیدها و تقویت‌کننده‌های الکتریکی.

کاربرد وسیع مس در صنعت عمدتاً براساس سه ویژگی زیر است:

۱. هدایت الکتریکی و حرارتی بالا
  ۲. نرمی زیاد
  ۳. مقاومت در برابر خوردگی
- مهمترین آلیاژهای مس عبارت‌اند از: برنج و برنز

### الف) آلیاژ برنج

آلیاژ مس - روی با بیش از ۵۵٪ مس، برنج نامیده می‌شود که در صنعت دارای اهمیت زیادی است. به منظور بهبود خواص مکانیکی و مقاومت مس در مقابل زنگ‌زدگی این آلیاژ تهیه می‌شود و برای بالا بردن قابلیت براده‌برداری حدود ۳ درصد سرب به آن اضافه می‌شود و چون آلیاژهای برنج دارای دامنه انجماد بسیار کم است کاملاً برای ریخته‌گری مناسب‌اند.





## ب) آلیاژ برنز

برنزها آلیاژهایی از مس اند که دارای ۶۰٪ مس و ۴۰٪ قلع هستند که به دلیل سختی و شکل پذیری بالا و مقاومت خوب در مقابل خوردگی اهمیت و استفاده زیادی دارد. در واقع تمامی آلیاژهای مس، بجز آلیاژ مس-روی را برنز می نامند.



## آلومینیم (Al)

آلومینیم دارای قابلیت هدایت حرارتی بالایی است که بعد از نقره و مس بهترین هادی حرارتی شناخته می شود. این آلیاژ دارای مقاومت زیاد در برابر خوردگی است و به علت ایجاد لایه پایدار اکسیدی، متخلخل است. این آلیاژ به علت ویژگی های خاصی که دارد در بیشتر صنایع از جمله اتومبیل سازی، غذا سازی، ساختمان سازی، ساخت بلوکه های سیلندر خودرو، اسکلت سازی، صنایع پتروشیمی و صنایع هوایی به کار می رود.



یکی دیگر از خواص مشخصه ی آلیاژهای آلومینیم مقاومت در مقابل خوردگی است. آلومینیم خالص وقتی که در معرض هوا قرار گیرد بلافاصله با یک لایه ی چسبنده اکسید آلومینیمی پوشیده می شود، این لایه ی پوششی، مانع خوردگی می شود. اگر در اثر ساییدگی این لایه کنده شود بلافاصله دوباره تشکیل می شود. ضخامت این لایه ی نازک طبیعی در حدود ۰/۰۲۵ میکرون متر است، با وجود این به قدری محکم است که مانع مؤثری در مقابل اغلب مواد خورنده محسوب می شود.

## روی (Zn)

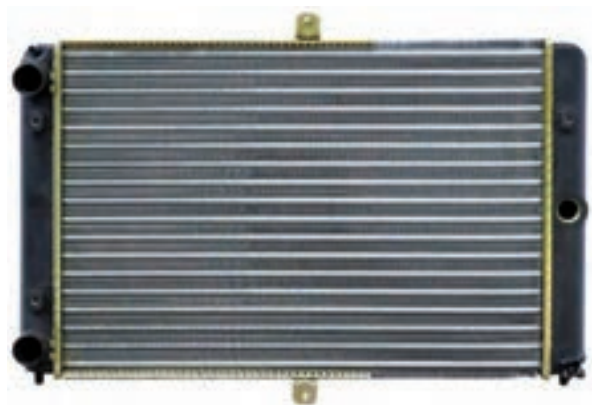
روی فلزی است که برای آبکاری فولاد مورد استفاده قرار می گیرد. روکش ورق های گالوانیزه، لوله ها و مفتول ها از موارد کاربرد صنعتی این فلز بوده و چهارمین فلز متداول و مورد استفاده بعد از آهن، آلومینیم و مس است. از مهمترین ویژگی های فلز روی می توان به رنگ خاکستری روشن، شکنندگی، قابلیت انبساط بالا، مقاوم در برابر خوردگی در مجاورت هوا اشاره داشت.

## قلع (Sn)

قلع فلزی است چکش خوار، قابل انعطاف، شدیداً بلورین و سفید نقره ای که ساختار بلوری آن هنگام خم شدن قطعه ای از قلع صدای خاصی ایجاد می کند (علت آن شکست بلورهاست). به علت مقاومت در برابر خوردگی ناشی از اسیدهای آلی و مواد غذایی، از این فلز در تهیه ورق های حلبی و قوطی های کنسرو و ظروف غذا استفاده می شود. از قلع همچنین در لحیم کاری برای اتصال لوله ها یا مدارهای الکتریکی، در آلیاژهای چرخ دنده و در شیشه سازی استفاده می شود.

◀ رنگ ظاهری فلز؛ بارزترین مشخصه برای شناسایی یک فلز رنگ ظاهری آن است.

◀ نوع جرقه در اثر زنگ زدن؛ نوع جرقه‌های حاصل از سنگ‌زنی فلز می‌تواند نماینده مواد تشکیل‌دهنده آن باشد. در جدول صفحہ‌ی بعد برخی از انواع متداول جرقه و آلیاژ فلزی آن آورده شده است.



برای تشخیص نوع فلزات به صورت کارگاهی روش‌های مختلفی وجود دارد که متداول‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

◀ نوع صدا؛ بر اثر ضربه به فلز نوع صداها متفاوت است. به عنوان مثال صدای چدن بم و صدای فولاد زیر است.

◀ سطح مقطع شکسته فلز؛ مثلاً سطح مقطع چدن، سیاه و دانه‌های براق دارد ولی فولادها دارای مقطع براق مایل به خاکستری است.



## جدول رنگ و فرم جرقه‌ها در سنگ‌زدن قطعات نمونه

انواع فولاد	شکل جرقه
فولاد قابل آبکاری سطحی؛ X15 شعاع‌های مستقیم با دسته‌های جرقه‌ی کربن - تأثیر کربن	
فولاد قابل بهسازی؛ X45 دسته جرقه‌های خار فرمی کربن - تأثیر کربن	
فولاد ابزارسازی؛ X100 دسته جرقه‌های منشعب شده‌ی زیاد کربن - تأثیر کربن	
فولاد ابزارسازی آلیاژی جرقه‌های متراکم کربن - تأثیر کربن و سیلیسیم	
فولاد فنر اشعه‌ی نازک با فرم سر نیزه - تأثیر کربن و مولیبدن	
فولاد ابزارسازی آلیاژی اشعه‌ی نازک با انتهای اسپری فرم - تأثیر ولفرام	
فولاد گرم‌کار با دسته جرقه‌های کم کربن، در انتهای - چماغ روشن - تأثیر ولفرام و سیلیسیم	
فولاد سردکار دسته گندم کوتاه، در حالت سخت شده - با دسته جرقه‌های کربن زیاد - تأثیر ولفرام و کربن	
فولاد تندبر اشعه‌های کربن منقطع با جرقه‌های کروی شکل - کم کربن - تأثیر وانادیم و کرم	



# دستور کار شماره ۱

## تعیین جنس مواد

(۱۲۰ دقیقه)

گزارشی از نتایج حاصله و روش مورد استفاده از تشخیص جنس مواد را تدوین کنید و برای ارزشیابی به هنرآموز محترم خود ارائه دهید.

در گروه‌های ۴ نفری، در مورد جنس مواد، وسایل و قطعات موجود در کارگاه فلزکاری مشورت کنید.



## دستور کار شماره ۲

تعیین جنس مواد از روی جرقه

(۶۰ دقیقه)

اصول حفاظتی و ایمنی را در هنگام انجام این دستور کار رعایت کنید.

با نظارت هنرآموز محترم، نوع جرقه از روش سنگزنی چند قطعه‌ی فلزی را بررسی کنید و گزارشی از آن را جهت ارزشیابی به هنرآموز محترم خود ارائه دهید.



## ارزشیابی پایانی

### ◀ نظری

۱. مهم‌ترین عامل در انتخاب مواد چیست؟
۲. سختی مواد را تعریف کنید.
۳. مواد خورنده چگونه موادی هستند؟
۴. چه چیزی خواص مواد را تعیین می‌کند؟
۵. مواد به چند دسته تقسیم می‌شود؟
۶. خصوصیات مواد فلزی را بنویسید.
۷. مواد سرامیکی را تعریف کنید، و اجزای آن را نام ببرید.
۸. کامپوزیت را تعریف کنید.
۹. روش تولید فولاد خام را بنویسید.
۱۰. با افزایش کربن، ... فولاد بیشتر می‌شود.
۱۱. خصوصیات و کاربرد مس را بنویسید.
۱۲. ویژگی به کارگیری مس ..... و ..... آن است.
۱۳. آلیاژهای آلومینیم را نام ببرید.
۱۴. انواع چدن را نام ببرید.
۱۵. موارد برتری چدن به فولاد را بنویسید.
۱۶. علت مقاومت چدن نسبت به خوردگی چیست؟
۱۷. روش‌های شناسایی فلزات را نام ببرید.



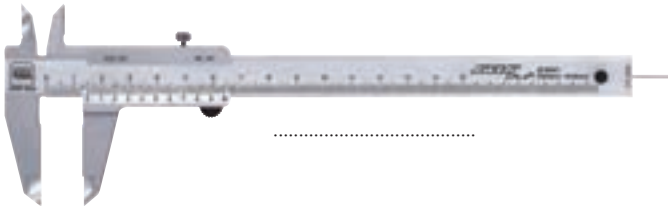
## توانایی اندازه‌گیری و اندازه‌گذاری

- ◀ پس از آموزش این توانایی، از فراگیر انتظار می‌رود:
  - مفهوم اندازه‌گذاری ابعادی را بیان کند.
  - اصول و مقررات را در اندازه‌گیری قطعات رعایت کند.
  - اجزاء و اضعاف متر را نام ببرد.
  - اندازه اینچی را به میلی‌متر و اندازه‌های میلی‌متری را به اینچ تبدیل کند.
  - انواع و موارد کاربرد وسایل اندازه‌گیری را نام ببرد.
  - قسمت‌های مختلف وسایل اندازه‌گیری را نام ببرد.
  - قسمت‌های مختلف قطعات را با وسایل اندازه‌گیری مناسب، اندازه‌گیری کند.
  - با استفاده از سوزن خط‌کش اندازه‌گذاری کند.
  - با استفاده از سنجه محل سوراخکاری را نشانه‌گذاری کند.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۵	۲۲	۲۷

## پیش آزمون

۱. تصویر نشان داده شده معرف چه نوع ابزاری است؟



۲. نام هر یک از تصاویر زیر را بنویسید.



۹. عمل اندازه‌گیری مناسب از چه ویژگی‌هایی برخوردار

است؟

۱۰. با چه وسایلی می‌توان به طور غیر مستقیم عمل

اندازه‌گیری را انجام داد؟

۱۱. موارد کاربرد زاویه‌سنج را نام ببرید.

۱۲. روش استفاده از گونیا را بیان کنید.

۱۳. روش استفاده از سوزن خط‌کش را بیان کنید.

۳. اهمیت علم اندازه‌گیری را شرح دهید.

۴. ایمنی در امر اندازه‌گیری چه نقشی دارد؟

۵. کولیسی را که تا به حال با آن کار کرده‌اید نام ببرید و

روش استفاده از آن را شرح دهید.

۶. انواع میکرومتر را نام ببرید.

۷. خط‌کش در اندازه‌گیری چه کاربردهایی دارد؟

۸. روش استفاده از متر را بیان کنید.

## مفاهیم اندازه‌گیری ابعادی

مترولوژی علم اندازه‌گیری است و اندازه‌گیری زبان این علم است. با استفاده از این زبان می‌توان بین مفاهیم زیر ارتباط برقرار کرد.

- مقدار، کمیت، موقعیت، زمان

- دلایل عمل اندازه‌گیری عبارت‌اند از:

- برای ساختن اجسامی که طراحی شده‌اند، نیاز به اندازه‌گیری است.

- برای کنترل روش ساخت محصول، نیاز به اندازه‌گیری است.

- برای توضیحات علمی نیاز به اندازه‌گیری است.

بدون اندازه‌گیری امکان این که بتوان اطلاعات واضحی را ارائه کرد وجود ندارد.

## کاربرد اندازه‌گیری

از جمله موارد کاربردی اندازه‌گیری در صنعت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد؛

(۱) اندازه‌گیری به منظور ساخت قطعات.

(۲) اندازه‌گیری به منظور کنترل ساخت.

(۳) اندازه‌گیری به منظور توسعه‌ی علم.

بنابراین اگر اندازه‌گیری در کارهای تحقیقاتی یا تولید انبوه دقت کافی نداشته باشد باعث نامعتبر شدن تحقیقات و نامطلوب بودن تولید می‌شود.

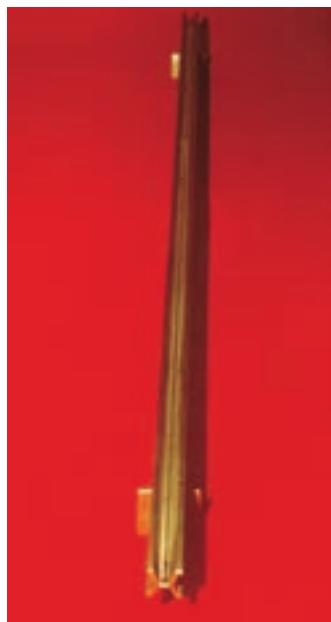
## عبارات و اصطلاحات در اندازه‌گیری

### استاندارد طول:

۱. در سال ۱۸۹۸، یک متر برابر با  $\frac{1}{10,000,000}$  فاصله‌ی قطب شمال تا استوا در امتداد نصف النهاری که از پاریس می‌گذرد در نظر گرفته شد. این مقدار

در واقع  $\frac{1}{10,000,000}$  ربع نصف‌النهار مبدأ است.

از میله‌ای که از جنس آلیاژ پلاتین - ایریدیم به عنوان اولین استاندارد بین‌المللی طول ساخته شده است.



۲. در سال ۱۹۶۰ یازدهمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، استاندارد طول را بر مبنای طول موج نور پذیرفت: یک متر، معادل  $165076373/73$  برابر طول موج تابش نارنجی اتم‌های کریپتون ۸۶ در خلأ است.

۳. در سال ۱۹۸۳ هفدهمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، استاندارد طول را چنین تعریف کرد. یک متر، مسافتی است که نور در خلأ در مدت  $\frac{1}{299792458}$  ثانیه می‌پیماید.

### روند اندازه‌گیری

مجموعه عملیات لازم برای اندازه‌گیری قطعه، مطابق با روش معین و به طور مشخص را روند اندازه‌گیری گویند.

## اصول حفاظتی در اندازه‌گیری

۱. هر وسیله‌ی اندازه‌گیری را در جای مخصوص خودش قرار دهید.
۲. هرگز ابزارهای اندازه‌گیری را در محل‌های مرطوب قرار ندهید.
۳. در صورتی که به مدت طولانی از ابزاری استفاده نمی‌شود آن را با روغن آغشته و در محل مناسب نگهداری کنید.
۴. در هنگام کار با ابزار اندازه‌گیری جای مناسبی برای قرار دادن ابزارها در نظر بگیرید تا ضربه و حرارت به آن وارد نشود.
۵. برای یک اندازه‌گیری مناسب در هنگامی که محل اندازه‌گیری ابزار با قطعه‌کار تماس شد از آوردن فشار اضافی به ابزار خودداری کنید.
۶. دقت کنید در هنگامی که محل اندازه‌گیری سطح ابزار با قطعه‌کار تماس است از سایش کار با ابزار جلوگیری شود.

## اصول به‌کارگیری ابزارهای اندازه‌گیری

- به منظور بهره‌گیری مناسب از ابزار اندازه‌گیری و همچنین اندازه‌گیری دقیق، رعایت نکات زیر الزامی است:
۱. برای اندازه‌گیری قسمت‌های مختلف قطعه‌کار، از وسیله‌ی اندازه‌گیری مناسب با هر قسمت استفاده کنید. مقادیر خوانده شده از ابزار، مناسب با دقت ابزار باشد. مثلاً اگر با کولیس دقت  $0/02$  میلی‌متر اندازه‌گیری می‌کنید مقدار اندازه  $1/90$  را  $1/9$  نخوانید.
  ۲. در صورتی که بخواهید در عمل اندازه‌گیری نیروی را اعمال کنید بهتر است مقدار نیرو را با توجه به وزن خود ابزار وارد کنید تا نیروی اضافی بر آن اعمال نشود.

روند اندازه‌گیری معمولاً در مدرکی ثبت می‌شود که به آن مدرک "روند اندازه‌گیری" (یا روش اندازه‌گیری) می‌گویند و معمولاً از جزئیات کافی برخوردار است تا کاربر بتواند بدون نیاز به اطلاعات دیگر اندازه‌گیری را انجام دهد.

## درستی اندازه‌گیری

نزدیکی توافقی میان نتیجه‌ی اندازه‌گیری و مقدار واقعی اندازه را درستی اندازه‌گیری گویند. درستی مفهومی کیفی است. واژه‌ی "دقت" نباید به جای "درستی" به کار رود.

## دقت اندازه‌گیری

حداقل اندازه‌ای را که وسیله‌ی اندازه‌گیری می‌تواند اندازه بگیرد، دقت وسیله‌ی اندازه‌گیری گویند.

## تکرارپذیری

نزدیکی توافقی میان نتایج اندازه‌گیری‌های پیاپی که تحت شرایط یکسان اندازه‌گیری روی اندازه انجام می‌شود را تکرارپذیری گویند. برای قابلیت تکرارپذیری یک اندازه‌گیری، باید شرایط یکسانی در هر آزمایش در نظر گرفته شود. این شرایط عبارت‌اند از:

- روند اندازه‌گیری
- ناظر (اپراتور)
- دستگاه اندازه‌گیری
- شرایط به کارگیری یکسان
- محل اندازه‌گیری
- تکرار در یک فاصله‌ی زمانی کوتاه



مثلاً اگر بگویید جرم من ۶۰ است، مخاطب چیزی از این عدد درک نمی‌کند. مگر این‌که بگویید جرم من ۶۰ کیلوگرم است. برای تمامی اندازه‌گیری‌ها باید شاخصی برای معرفی عدد وجود داشته باشد تا به آن عدد ریاضی مفهوم واقعی دهد.

### سیستم‌های اندازه‌گیری

دو سیستم کلی اندازه‌گیری وجود دارد که عبارت‌اند از سیستم اندازه‌گیری متریک و اینچی. هر کدام از سیستم‌ها دارای استانداردهای مختص به خود است. در این بخش به معرفی واحدهای اندازه‌گیری طول در هر سیستم پرداخته می‌شود.



### طول

کمیتی است مورد استفاده در اندازه‌گیری فاصله‌ی دو نقطه که برای بیان آن از واحدهای زیر استفاده می‌شود. واحد اندازه‌گیری طول در سیستم متریک، متر است و در سیستم اینچی، فوت است. اجزا و اضعاف هر کدام در جدول‌های زیر آمده است.

۳. با توجه به شرایط استاندارد وضعیت قرارگیری هر ابزار (افقی، عمودی) عمل اندازه‌گیری را انجام دهید. مثلاً در کار با ساعت اندازه‌گیری میله‌ی لمس‌کننده ساعت همیشه نسبت به کار باید در وضعیت عمودی قرار داده شود.

۴. برای اندازه‌گیری هر قسمتی از قطعه با شکل هندسی خاص از ابزار مخصوص به خودش استفاده کنید.

۵. برای قطعاتی که جنس آن‌ها نرم است از ابزارهایی با سطوح اندازه‌گیری پهن استفاده کنید.

۶. در صورتی که اندازه‌های قطعات به صورت انطباقی باشد از فرمان‌ها برای کنترل اندازه‌های انطباقی استفاده شود.

۷. از نگهدارنده‌ی مناسب با ابزار استفاده شود.



۸. برای جلوگیری از سایش قسمت‌های متحرک، ابزار را به صورت تناوبی روغن‌کاری کنید.

توجه: لازمه اطمینان و جلوگیری از خطرات نظم و انضباط در محیط کار است.

### بعد اندازه‌گیری

بعد اندازه‌گیری عبارت است از مقایسه‌ی کمیتی با واحد استاندارد همان کمیت توسط ابزارهای مربوط. هر اندازه‌گیری از دو قسمت عدد و نشان تشکیل شده است.

## الف) اجزا و اضعاف در سیستم متریک؛

متر	نام واحد	علامت اختصاری	مقدار نسبت به متر	ضریب تبدیل به متر
اجزا	دسی متر	dm	یک دهم متر	$10^{-1}$
	سانتی متر	cm	یک صدم متر	$10^{-2}$
	میلی متر	mm	یک هزارم متر	$10^{-3}$
	میکرومتر	$\mu\text{m}$	یک میلیونم متر	$10^{-6}$
	نانومتر	nm	یک میلیاردم متر	$10^{-9}$
	پیکومتر	pm	یک بیلیونم متر	$10^{-12}$
اضعاف	دکامتر	dam	ده متر	$10^{+1}$
	هکتومتر	hm	صد متر	$10^{+2}$
	کیلومتر	km	هزار متر	$10^{+3}$
	مگامتر	Mm	یک میلیون متر	$10^{+6}$
	گیگامتر	Gm	یک میلیارد متر	$10^{+9}$
	ترامتر	Tm	یک بیلیون متر	$10^{+12}$



هر یارد، ۳ فوت و هر فوت ۱۲ اینچ است.

ب) اجزا و اضعاف متر در سیستم اینچی؛

### تبدیل واحد اینچ به واحد میلی متر

برای تبدیل واحد اینچ به میلی متر می توانیم از ضریب تبدیل آن استفاده کنیم که مقدار این ضریب  $25/4$  است. یعنی هر یک اینچ برابر با  $25/4$  میلی متر است. اگر بخواهیم مقدار اینچ را به میلی متر تبدیل کنیم  $25/4$  را در آن اندازه ضرب می کنیم.

مثال: عدد  $2/5$  اینچ چند میلی متر است؟

$$2/5 \text{ mm} = 63/5 \times 25/4 \text{ است.}$$

برخی از ابزارهای اندازه گیری مانند کولیس دیجیتال امکان تبدیل مقادیر اینچی به میلی متر و بالعکس را با دکمه ای که روی آن تعبیه شده است، دارند.

اینچ	نام واحد	ضریب تبدیل به اینچ
اجزا	$1/8$ اینچ	$1/8$
	$1/16$ اینچ	$1/16$
	$1/32$ اینچ	$1/32$
	$1/64$ اینچ	$1/64$
	$1/128$ اینچ	$1/128$
	$1/1000$ اینچ	$1/1000$
اضعاف	فوت	۱۲
	یارد	۳۶





نکته

برای آن که بتوانید هر واحد از اینچ را به اجزای متر تبدیل کنید ابتدا باید آن مقدار را به میلی متر و سپس آن را به اجزای میلی متر تبدیل کنید.

## ابزارهای اندازه گیری طول

از متداول ترین و پرکاربردترین این ابزارها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. خطکش اندازه گیری
۲. متر
۳. کولیس
۴. میکرومتر
۵. ساعت های اندازه گیری

## خطکش اندازه گیری

جنسی که برای خطکش ها به کار می رود معمولاً از چوب یا پلاستیک یا فولاد ساخته می شود. در خطکش های فولادی درجه بندی دقیق تر است.

خطکش فولادی ۱۵ و ۲۰ سانتی ساده، معمولی ترین نوع خطکش است. در خطکش های اینچی هر اینچ به ۸ و ۱۶ قسمت و در خطکش های میلی متری هر سانتی متر به ۱۰ یا ۲۰ قسمت تقسیم می شود. دقت در خطکش ها در سیستم متریک، یک میلی متر است و در سیستم اینچی یک هشتم یا یک شانزدهم اینچ است که بر حسب نوع خطکش دقت آن می تواند افزایش یا کاهش یابد. معمولاً در خطکش های فلزی در یک لبه اجزای متر (mm, cm, dm) و در لبه دیگر اجزای اینچ ( $\frac{1}{8}$ ،  $\frac{1}{16}$ ،  $\frac{1}{32}$ ،  $\frac{1}{64}$ ) حک شده است.



- برای یک اندازه گیری دقیق با خطکش باید سطح تکیه گاه مناسبی را برای لبه ی خطکش ایجاد کرد. تا خطکش در راستای اندازه گیری کاملاً موازی باشد.

## متر نواری

ابزاری است که برای اندازه گیری طول قطعات نسبتاً بلند از آن استفاده می شود. مترها در اندازه های ۲، ۳ و ۴ متر و بیشتر دسته بندی و ساخته می شود دقت اندازه گیری آن ها معمولاً یک میلی متر است.



که در نوع دیجیتالی آن مقدار تغییرات روی صفحه ی دیجیتالی مشخص می شود. در به کارگیری مترها باید اصول زیر را رعایت کرد.

- در هنگام اندازه گیری در طول کار باید نوار متر در راستای مستقیم و بدون هیچ انحرافی قرار داده شود تا اندازه در طول کار دچار خطا نشود.

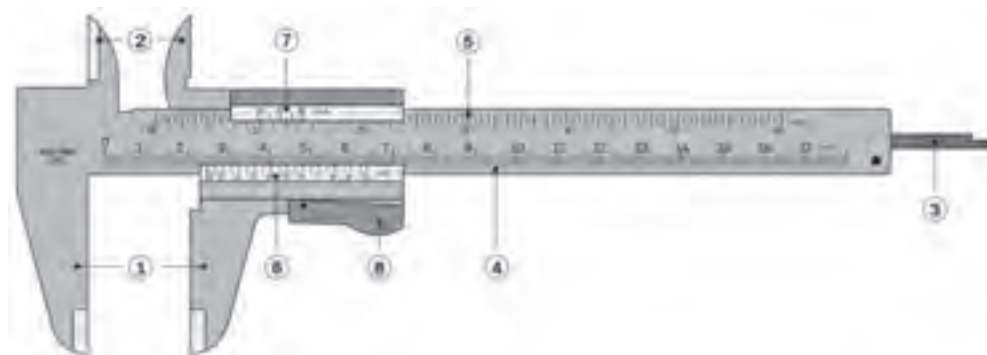
- در تمام طول نوار سطح آن باید کاملاً به سطح قطعه کار مماس باشد.

- قسمت سر نوار به لبه ی کار تکیه داده می شود و نباید نیروی بیش از اندازه برای کشش نوار از داخل محفظه وارد کرد، زیرا سبب تاب خوردگی سطح نوار یا تغییر زاویه ی قسمت سر نوار می شود.

- در هنگام خواندن اندازه، به شاخص اندازه، کاملاً عمودی نگاه شود.

## کولیس ورنیه

از دیگر وسایل اندازه‌گیری قطعات که نسبت به خط‌کش‌ها و مترها دارای دقت بهتری هستند، کولیس‌ها هستند. قسمت‌های تشکیل‌دهنده‌ی یک کولیس در زیر آمده است:



۱. شاخک داخلی
۲. شاخک خارجی
۳. عمق‌سنج
۴. خط‌کش مدرج (متریک)
۵. خط‌کش مدرج اینچی
۶. ورنیه مدرج (متریک)
۷. ورنیه مدرج (متریک)
۸. ظریف‌سنج کولیس

استفاده می‌شود. خط‌کش بر حسب میلی‌متر (اینچ) مدرج شده است و ورنیه نیز با توجه به دقت کولیس مدرج می‌شود.

نکته

تقسیمات روی کشویی کولیس را ورنیه گویند.

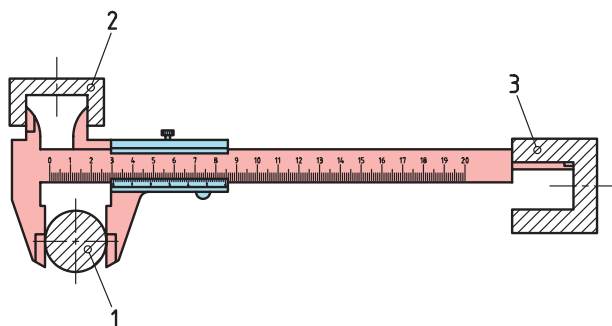
## روش کار کولیس

کولیس شامل یک خط‌کش مدرج و یک ورنیه متحرک است. خط‌کش ورنیه دارای دو شاخک است و شاخک‌های کوچک برای اندازه‌گیری اندازه‌های داخلی و شاخک‌های بزرگ برای اندازه‌گیری اندازه‌ی خارجی اجسام به کار می‌رود. از زبانه‌ی انتهای کولیس که متصل به فک متحرک است برای اندازه‌گیری عمق شیارها، شکاف‌ها و سوراخ‌ها

## دقت کولیس

### الف) میلی‌متری

دقت اندازه‌گیری کولیس‌های ورنیه‌دار به دقت خط‌کش مدرج و تعداد تقسیمات ورنیه‌ی روی کشویی آنها بستگی دارد. دقت انواع کولیس‌های ورنیه‌دار را می‌توان از رابطه‌ی زیر به دست آورد.

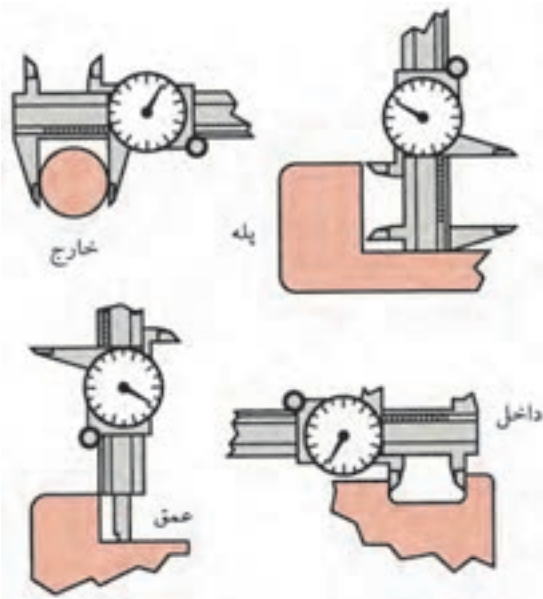


می‌کند به عنوان مثال کولیسی که  $\frac{7}{16}$  اینچ را به ۸ قسمت مساوی تقسیم کند دارای دقت  $\frac{1}{128}$  اینچ است.



### خواندن کولیس

برای تعیین اندازه‌ی طول یا قطر خارجی، قطعه را در بین شاخک‌های ثابت و متحرک بزرگ قرار می‌دهند و اندازه‌ی اصلی را از روی خط‌کش (عددی که صفر ورنیه در مقابل آن قرار دارد یا از آن گذشته است) و دقت اندازه را از روی ورنیه می‌خوانند. بدین منظور خطی از درجه‌بندی ورنیه که درست در امتداد خطی از درجه‌بندی خط‌کش است را مشخص کرده و آن را در دقت کولیس ضرب می‌کنیم تا اندازه‌ی دقیق قطعه تعیین گردد.



$$c = \frac{a}{b}$$

a: دقت خط‌کش مدرج

b: دقت کولیس

c: تعداد تقسیمات ورنیه



دقت کولیس برابر است با دقت خط‌کش مدرج تقسیم بر تعداد تقسیمات ورنیه

در کولیس‌های میلی‌متری معمولاً دقت خط‌کش مدرج ۱ میلی‌متر و تعداد تقسیمات ورنیه‌ی آن‌ها ۲۰، ۱۰ یا ۵۰ است، که با توجه به رابطه‌ی بالا دقت اندازه‌گیری آن‌ها به ترتیب  $\frac{1}{10}$ ،  $\frac{1}{20}$  و  $\frac{1}{50}$  میلی‌متر است.

بسته به نوع درجه‌بندی ورنیه، کولیس با دقت‌های مختلفی به دست می‌آید.

- کولیسی که ۹ میلی‌متر را به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کند دارای دقت  $\frac{1}{10}$  mm است.

- کولیسی که ۴۹ میلی‌متر را به ۵۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کند دارای دقت  $\frac{1}{50}$  mm است.

- کولیسی که ۱۹ میلی‌متر را به ۲۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کند دارای دقت  $\frac{1}{20}$  mm است.

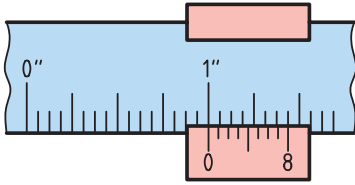
در برخی از کولیس‌های با دقت  $\frac{1}{10}$  mm، به منظور جلوگیری از خطای دید، به جای ۹ میلی‌متر، ۱۹ میلی‌متر را به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنند.

### ب) اینچی

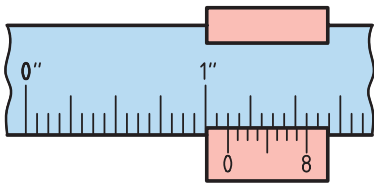
در کولیس‌های اینچی بر روی خط‌کش هر اینچ به ۱۶ قسمت مساوی تقسیم شده و ورنیه دقت آن را تعیین

## خواندن کولیس اینچی با دقت $\frac{1}{128}$ اینچ

۱. اگر صفر ورنیه برابر با خط ۱۶ خطکش باشد، مقدار اندازه‌ی خوانده شده برابر با یک اینچ است.

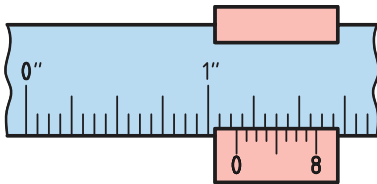


۲. اگر صفر ورنیه برابر با خط ۱۸ خطکش باشد، اندازه‌ی خوانده شده برابر با  $(1 + \frac{2}{16})$  اینچ است، که می‌خوانیم  $\frac{18}{16}$  اینچ.



۳. اگر صفر ورنیه از خط ۱۸ خطکش بگذرد و خط ۴ ورنیه در امتداد یک خط، خطکش منطبق باشد، مقدار اندازه‌ی خوانده شده برابر است با:

$$\frac{2}{16} + \frac{4}{128} = 1\frac{16}{128} + \frac{4}{128} = 1\frac{20}{128} = 1\frac{5}{32} \text{ اینچ}$$



نکته

در کولیس‌هایی با دقت  $1/1000$  اینچ، هر یک اینچ روی خطکش به ۴۰ قسمت مساوی تقسیم شده است که ارزش یا دقت هر خط خطکش برابر با  $1/40$  یا  $0.025$  اینچ است و هر  $0.025$  اینچ خطکش به ۲۵ قسمت مساوی روی ورنیه یا کشوی متحرک تقسیم شده است که ارزش یا دقت هر خط برابر با  $1/1000$  اینچ است.

برای اندازه‌گیری قطر داخلی، مثلاً قطر یک لوله، دو شاخک بالایی را در داخل لوله قرار می‌دهند و ورنیه را روی خطکش آن‌قدر جابه‌جا می‌کنند تا دو شاخک با جدار داخلی لوله تماس پیدا کنند. کولیس را تا حدی در داخل لوله می‌چرخانند تا دو شاخک بر قطر لوله منطبق شود. در این حالت، قطر داخلی را با روش قبلی از روی خطکش و ورنیه می‌خوانند.

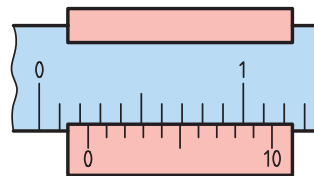
برخی از کولیس‌ها برای اندازه‌گیری عمق یک زبانه باریک دارند که به ورنیه متصل است و با آن حرکت می‌کند. اگر صفر ورنیه بر صفر خطکش منطبق باشد انتهای تیغه بر انتهای خطکش منطبق می‌شود.

## خواندن کولیس میلی‌متری

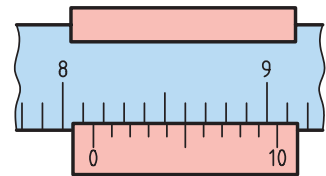
مثال: اگر صفر ورنیه از خط ۵ خطکش بگذرد و دقت کولیس  $0.1$  میلی‌متر باشد و خط ۴ ورنیه با خط، خطکش منطبق باشد مقدار خوانده شده برابر است با

$$5 + (4 \times 0.1) = 5.4 \text{ mm}$$

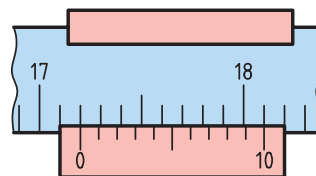
مثال‌های دیگر:



$$2 + (4 \times 0.1) = 2.4 \text{ mm}$$



$$81 + (5 \times 0.1) = 81.5 \text{ mm}$$



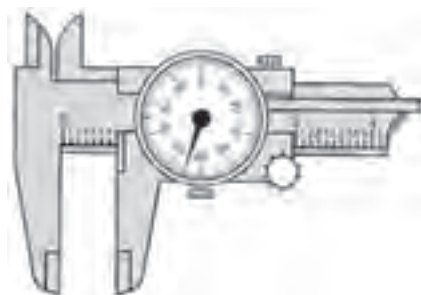
$$172 + (0 \times 0.1) = 172 \text{ mm}$$

## انواع کولیس‌ها

با توجه به نوع کاربرد و مکانیزم هر کولیس، انواع مختلف کولیس وجود دارد؛

### ۱) کولیس ساعتی

برای خواندن اندازه در این نوع کولیس ارقام صحیح را از روی خط‌کش اصلی مقابل لبه‌ی فک متحرک و ارقام اعشاری را از روی صفحه‌ی مدرج می‌خوانیم و دو مقدار را با هم جمع می‌کنیم.



### ۲) کولیس دیجیتالی

در این نوع کولیس‌ها هر دو سیستم میلی‌متری و اینچی وجود دارد و با فشار دادن دکمه‌ای می‌توان اندازه‌ی مورد نظر را بر حسب میلی‌متر یا اینچ تعیین کرد.



کولیس‌های دیجیتالی به منظور کنترل نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد در این گونه موارد، اندازه‌ی اسمی را روی آن پیش‌بینی می‌کنند، کلید صفر را فشار می‌دهند تا کولیس صفر شود. سپس با قرار دادن قطعه‌کار بین فک‌های کولیس می‌توان میزان انحراف را خواند.

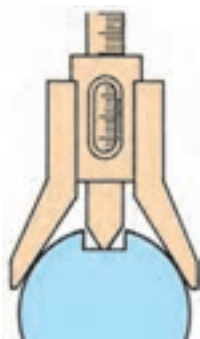
### ۳) کولیس عمق‌سنج

از این کولیس برای اندازه‌گیری عمق شیارها و سوراخ‌های پله‌ای استفاده می‌شود. تفاوت اساسی آن‌ها با سایر کولیس‌ها این است که کشوی آن ثابت است و خط‌کش مدرج در داخل آن حرکت می‌کند.



### ۴) کولیس اندازه‌گیر عمق جای خار

این کولیس دارای بدنه‌ی V شکل به منظور استقرار روی میله است و از آن برای اندازه‌گیری عمق شیارها روی میله‌های گرد و قطعات تخت استفاده می‌شود.





## ۵) کولیس ارتفاع سنج

از این کولیس برای اندازه‌گیری ارتفاع سطوح پله‌ای قطعات استفاده می‌شود.



## ۶) کولیس چرخ‌دنده

از این کولیس در اندازه‌گیری ضخامت دندان‌های چرخ‌دنده‌ها استفاده می‌شود.



## اصول کار با کولیس

۱. برای اندازه‌گیری قسمت‌های مختلف قطعه‌کار از کولیس مناسب با شکل هندسی آن قسمت استفاده می‌شود.
۲. برای خواندن اندازه به صورت عمودی به شاخص‌های اندازه نگاه شود.
۳. در هنگام اندازه‌گیری، قطعه در وسط سطح فک‌ها قرار گیرد.

۴. فک ثابت به سطح کار مماس و با حرکت کشویی فک متحرک به قطعه‌کار مماس شود.

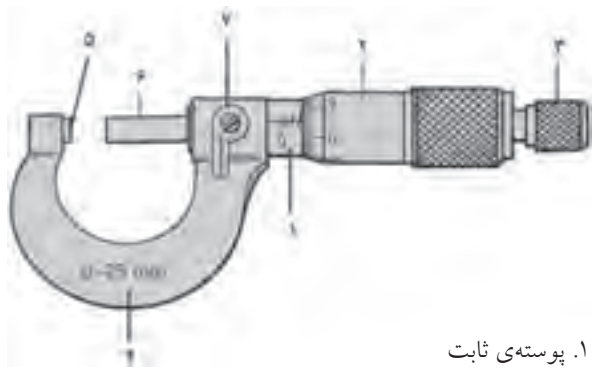
۵. در هنگام اندازه‌گیری با فک‌های داخلی برای اندازه‌گیری قطرهای داخلی بهتر است پس از مماس شدن فک‌ها با سطح کار مقدار کمی فک را چرخانده تا با بزرگ‌ترین قطر کار مماس شود.

۶. با توجه به دقت قطعه‌کار نوع کولیس انتخاب شود.

## میکرومتر

میکرومتر وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری کمیت طول به کار می‌رود. میکرومتر از دو قسمت اصلی تشکیل شده است. سازوکار حرکت در میکرومترها براساس پیچ و مهره است، که با حرکت پیچ، مهره‌ی فک متحرک حرکت خطی به سمت جلو و عقب انجام می‌دهد. از آن‌جا که دقت در میکرومترها در رده‌ی  $0.01$  و  $0.001$  میلی‌متر است، لذا نیروی وارد از طرف ابزار به کار باید مناسب باشد. به همین سبب، در انتهای آن پیچ هرز گردی تعبیه شده است که در امتداد میله‌ی پیچ قرار دارد که با حرکت آن مقدار نیروی وارد شده به قطعه‌کار تنظیم می‌شود.

## اجزای تشکیل‌دهنده‌ی میکرومتر



۱. پوسته‌ی ثابت
۲. پوسته‌ی متحرک
۳. جنجغه یا هرزگرد
۴. کمان
۵. فک ثابت
۶. فک متحرک
۷. پیچ تثبیت

## دقت میکرومتر

میکرومترها در سیستم‌های میلی‌متری و اینچی طراحی و ساخته می‌شوند که در سیستم میلی‌متری رده‌ی دقتی آن‌ها ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ میلی‌متر و در سیستم اینچی دارای دقت ۰/۰۰۱ و ۰/۰۰۰۱ اینچ است. دقت هر میکرومتر، به گام پیچ و مهره‌ی آن بستگی دارد. اگر مقدار گام کمتر باشد تعداد تقسیمات پوسته‌ی ثابت بیشتر و چنانچه مقدار گام بیشتر باشد تعداد تقسیمات پوسته‌ی ثابت کمتر است.

مثال: در میکرومتر با گام ۰/۵ میلی‌متر تعداد تقسیمات پوسته‌ی ثابت ۵۰ قسمت و با گام ۱ میلی‌متر تعداد تقسیمات ۲۵ قسمت است.



مثال: اگر دقت هر خط پوسته‌ی ثابت ۰/۵ میلی‌متر و تعداد تقسیمات روی پوسته‌ی متحرک ۵۰ قسمت باشد می‌توان از تقسیم کردن مقدار دقت پوسته‌ی ثابت بر تعداد تقسیمات پوسته‌ی متحرک دقت ۰/۰۱ میلی‌متر را برای میکرومتر به دست آورد.

$$\text{دقت میکرومتر} = \frac{0.5}{50} = 0.01 \text{ mm}$$

مثال: اگر دقت هر خط پوسته‌ی ثابت ۱ میلی‌متر و تعداد تقسیمات روی پوسته‌ی متحرک ۱۰۰ قسمت باشد، دقت میکرومتر ۰/۰۱ است.

$$\text{دقت میکرومتر} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ mm}$$

گام پیچ و مهره در میکرومترهای اینچی  $\frac{1}{40}$  اینچ است که با توجه به دقت پوسته‌ی ثابت آن که برابر  $\frac{1}{40}$  یا ۰/۰۲۵ اینچ و تعداد تقسیمات پوسته‌ی ثابت ۴۰ قسمت است با ضرب تعداد ۴۰ در ۰/۰۲۵ اندازه‌ی یک اینچ را ایجاد می‌کند و برابر با دامنه‌ی میکرومترهای اینچی است. به ازای هر تقسیم از پوسته‌ی ثابت تعداد ۲۵ قسمت روی پوسته‌ی متحرک در نظر گرفته شده است که از تقسیم هر قسمت از پوسته‌ی ثابت بر تعداد تقسیمات پوسته‌ی متحرک دقت میکرومتر به ارزش ۰/۰۰۱ اینچ به دست می‌آید.

$$\text{دقت میکرومتر} = \frac{0.025}{25} = 0.001 \text{ in}$$

## دامنه‌ی میکرومتر

دامنه اندازه‌گیری در هر ابزار اندازه‌گیری معرف فاصله‌ی حداقل تا حداکثر اندازه‌ای است که ابزار می‌تواند اندازه‌گیری کند. میکرومترها برحسب نوع کاربرد دارای دامنه‌های متفاوتی هستند که دامنه‌ی برخی از میکرومترها را می‌توان با استفاده از میله‌های مخصوص از ۰-۲۵، ۰-۵۰، ۰-۷۵، ۰-۱۰۰ تا ۰-۱۲۵ تغییر داد.

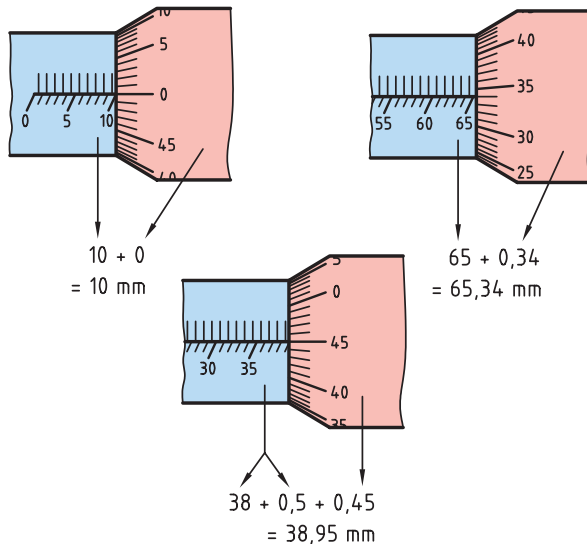


تغییرات دامنه در میکرومترهای اینچی یک اینچ است.

## اصول کار با میکرومتر

روی خط شاخص قرار داشته باشد نیاز است که اندازه‌ی  $0/5$  با ارزش این خط  $45$  که برابر با  $0/45$  میلی‌متر است جمع شود که حاصل آن فاصله‌ی بین فکین است و برابر با  $0/95$  میلی‌متر می‌شود.

مثال‌های دیگر:



## انواع میکرومتر

میکرومترها نیز با توجه به کاربرد و ساختار آن‌ها دارای انواع مختلفی هستند که به برخی از پرکاربردترین آن‌ها اشاره می‌شود. میکرومترها در سه شکل کلی ساده، دیجیتالی و عقربه‌دار (ساعتی) ساخته می‌شوند. میکرومترهای دیجیتالی با دقت  $0/001$  میلی‌متر و  $0/00005$  اینچ ساخته می‌شوند.



۱. قبل از استفاده از میکرومتر از سالم بودن میکرومتر اطمینان حاصل شود.

۲. از میکرومتر مناسب با شکل هندسی قطعه کار استفاده می‌شود.

۳. از میکرومتر با دامنه و دقت مناسب با قطعه کار استفاده می‌شود.

۴. در هنگام اندازه‌گیری از گیره‌ی نگهدارنده‌ی میکرومتر برای ثابت نگه‌داشتن میکرومتر استفاده شود.

۵. میکرومتر نسبت به کار به گونه‌ای قرار گیرد که در هنگام اندازه‌گیری مقادیر اندازه برای تشخیص اندازه‌گیر قابل مشاهده باشد.

۶. در هنگامی که سطح قطعه کار با سطح فکین میکرومتر در تماس است قطعه کار از بین فکین کشیده نشود.

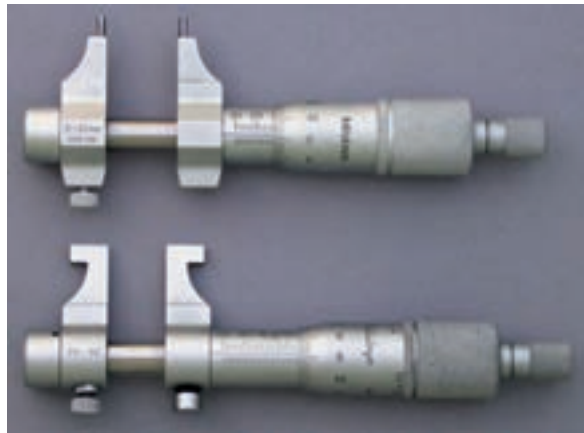
۷. در هنگام چرخاندن پوسته‌ی متحرک انگشتان دست روی جفجغه‌ی آن قرار گیرد.

## روش خواندن میکرومتر

برای خواندن اندازه‌ها از روی میکرومتر ابتدا باید به گام پیچ و مهره آن که ارتباط مستقیم با دقت پوسته‌ی ثابت دارد توجه شود تا به‌ازای یک دور چرخش کامل پوسته‌ی متحرک که معادل یک گام است فاصله‌ی فکین میکرومتر مشخص شود. در میکرومتری که گام و دقت پوسته‌ی ثابت آن  $0/5$  میلی‌متر است، به‌ازای چرخش هر بار پوسته‌ی متحرک، فکین به اندازه‌ی  $0/5$  میلی‌متر فاصله می‌گیرند. در این حالت صفر پوسته‌ی متحرک روی خط شاخص پوسته‌ی ثابت و لبه‌ی ورنیه (پوسته‌ی متحرک) روی خط  $0/5$  میلی‌متر قرار دارد، و در صورتی که صفر ورنیه روی خط شاخص نباشد و مثلاً خط  $45$  بعد از صفر

### ۱) میکرومتر داخلی

از این میکرومترها برای اندازه‌گیری فاصله‌ی بین شیارها و قطر داخلی سوراخ‌ها استفاده می‌شود.



### ۲) میکرومتر عمق سنج

از این میکرومتر برای اندازه‌گیری عمق و ارتفاع سوراخ‌ها استفاده می‌شود که با میله‌های قابل تعویض می‌توان از آن برای اندازه‌های متفاوت استفاده کرد.



### ۳) میکرومتر فک بشقابی

از این میکرومتر برای کنترل چرخ‌دنده‌ها استفاده می‌شود.



### ۴) میکرومتر با فک جناقی

فک ثابت این میکرومتر به شکل V ساخته شده است که برای اندازه‌گیری قطر قطعات شیاردار مانند تیغه فرز، مته، برزو، قلاویز و چرخ‌دنده‌ی مارپیچ استفاده می‌شود.



### ۵) میکرومتر حدی با فک دو قلو

این میکرومتر از دو میکرومتر چسبیده به هم تشکیل شده است که از آن برای کنترل اندازه‌گیری‌های حدی قطعات استفاده می‌شود برای این منظور، دهانه‌ی میکرومترها را با توجه به بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه‌ی قطعه‌کار به وسیله‌ی تکه‌های اندازه‌گیری تنظیم و با قرار دادن قطعه‌کارها در بین فک‌ها اندازه‌ی آن‌ها را کنترل کنید. از این میکرومتر بیشتر در کارهای سری استفاده شود.



## ساعت اندازه‌گیری

وسيله‌ای است برای اندازه‌گیری و کنترل قطعات صنعتی با دقت بالا. با این ابزار می‌توان اندازه‌های ابعادی قطعات را در طول و قطر تعیین کرد. ولی با توجه به محدودیتی که در دامنه‌ی اندازه‌گیری این ابزار وجود دارد، بیشتر برای عمل کنترل قطعات، از جمله تختی، گردی، توازی، تعامد، و زاویه‌ای بودن قطعات از آن استفاده می‌شود.



ساعت اندازه‌گیری دارای سازوکار چرخ‌دندانه‌ای است و به واسطه‌ی درگیری چرخ‌دندانه‌ها حرکت از میله‌ی لمس‌کننده‌ی ساعت به عقربه منتقل می‌شود.

## دقت ساعت اندازه‌گیری

دقت در ساعت‌های اندازه‌گیری در سیستم میلی‌متری  $0/01$  و  $0/001$  میلی‌متر و در سیستم اینچی دقت  $0/01$  و  $0/001$  اینچ است.

دقت در ساعت‌های اندازه‌گیری ارتباط مستقیم با گام چرخ‌دندانه‌ها و تقسیمات صفحه‌ی بزرگ دارد. در صورتی که دقت افزایش یابد گام چرخ‌دنده کوچک و تعداد تقسیمات صفحه‌ی بزرگ ساعت افزایش می‌یابد.

## ۶) میکرومتر با فک ثابت کروی

فک ثابت این میکرومتر عمودی و قسمت سندان آن کروی است. از این میکرومتر برای اندازه‌گیری ضخامت جدار لوله‌ها و تعیین فاصله‌ی مرکز سوراخ تا لبه‌ی قطعات استفاده می‌شود.



## ۷) میکرومتر سه فکه و دو فکه

این میکرومتر برای اندازه‌گیری سوراخ‌ها کاربرد دارد که برای سوراخ‌های دقیق از میکرومتر سه فکه استفاده می‌شود.



## ۸) میکرومتر پیچ

برای اندازه‌گیری قطر خارجی، قطر داخلی و قطر متوسط پیچ‌ها از میکرومتر پیچ استفاده می‌شود. برای این منظور، فک‌های قابل تعویضی برای کنترل ابعاد پیچ‌ها وجود دارد.





## نگهدارنده‌های ساعت اندازه‌گیری

برای نگه‌داشتن و موقعیت دادن ساعت اندازه‌گیری از نگهدارنده‌های ساعت اندازه‌گیری استفاده می‌شود. این ساعت روی میله‌هایی که بر روی پایه‌ی مغناطیسی که با علامت PUSH-OFF مشخص شده است قرار دارد. نگهدارنده‌ها برحسب نوع کاری که انجام می‌دهد در انواع میله‌ای، ستونی و خرطومی کاربرد دارد. نگهدارنده‌ی ستونی بیشتر برای عمل کنترل قطعات به کار برده می‌شود.



مثال: اگر در ساعت اندازه‌گیری میله‌ی لمس‌کننده یک میلی‌متر جابه‌جا شود و عقربه‌ی بزرگ یک دور دوران کند و تعداد تقسیمات صفحه‌ی بزرگ ساعت ۱۰۰ باشد، دقت ساعت اندازه‌گیری برابر است با:

$$\text{دقت ساعت اندازه‌گیر} = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ mm}$$

## دامنه‌ی ساعت اندازه‌گیر

دامنه با دقت ساعت اندازه‌گیر ارتباط مستقیم دارد، به گونه‌ای که هر مقدار دامنه افزایش پیدا می‌کند دقت کمتر و هر مقدار دقت کمتر می‌شود دامنه افزایش می‌یابد. دامنه‌ی فاصله حداقل و حداکثر اندازه‌ای است که یک ساعت اندازه‌گیر می‌تواند اندازه‌گیری کند.

مثال: اگر دامنه‌ی ساعت اندازه‌گیر ۱۰-۰ میلی‌متر باشد، یعنی می‌تواند حداقل اندازه‌ی مثبت صفر و حداکثر اندازه‌ی ۱۰ میلی‌متر را اندازه‌گیری کند. حداکثر دامنه‌ی ساعت اندازه‌گیر با بیشترین مقدار جابه‌جایی است که میله‌ی لمس‌کننده ساعت اندازه‌گیر انجام می‌دهد و می‌توان حداکثر آن را با تعداد دورانی که عقربه‌ی بزرگ ساعت در هر ۳۶۰ درجه دوران نشان می‌دهد تعیین کرد. مقدار دقت و دامنه‌ی هر ساعت اندازه‌گیر روی صفحه‌ی بزرگ ساعت حک شده است.

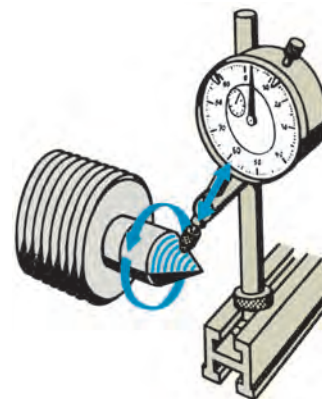


## روش استفاده از ساعت اندازه‌گیری

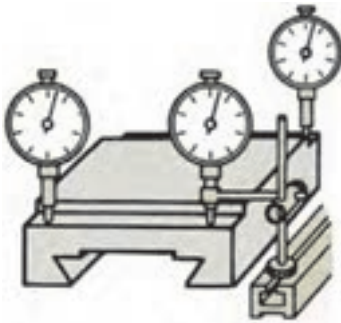
۱. برای کنترل دور بودن قطعه کار نسبت به محورهایی که دوران دارند، ابتدا پایه‌ی ساعت را روی سطح ثابت قرار می‌دهیم و میله‌ی لمس‌کننده را نسبت به سطح کار مماس می‌کنیم. با چرخاندن محور و تغییراتی که عقربه‌ی بزرگ ساعت اندازه‌گیر نشان می‌دهد میزان دور بودن آن را کنترل می‌کنیم.



۲. برای کنترل مخروط، ابتدا نوک میله‌ی لمس‌کننده را با سطح مخروط مماس و سپس در طول مشخص حرکت می‌دهیم، تا میزان تغییرات ارتفاع مخروط به دست آید. آن‌گاه از تقسیم اختلاف ارتفاعی که از حرکت عقربه‌ی ساعت نسبت به طول مشخص اجسام می‌شود زاویه‌ی مخروط را به دست می‌آوریم.

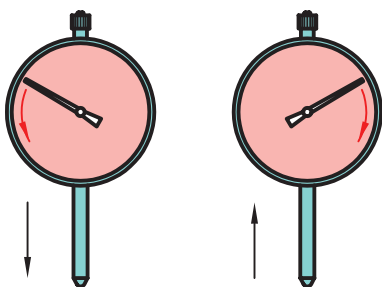


۳. برای کنترل موازی بودن یک سطح نسبت به سطح دیگر (لبه‌ی دیگر نسبت به دستگاه) ابتدا پایه را روی ستون دستگاه قرار می‌دهیم میله‌ی لمس‌کننده‌ی ساعت را به سطح فک ثابت گیره مماس و با حرکت طولی گیره نسبت به ساعت میزان انحراف آن را اندازه می‌گیریم.



## روش خواندن ساعت‌های اندازه‌گیری

جهت حرکت عقربه‌ی ساعت در روش خواندن تغییرات اندازه‌ی ساعت مؤثر است اگر میله‌ی لمس‌کننده در پایین‌ترین نقطه قرار داشته باشد، در این حالت باید عقربه‌ی بزرگ ساعت روی عدد صفر قرار داشته باشد. در غیر این صورت، صفحه‌ی بزرگ ساعت را بچرخانید تا صفر زیر عقربه قرار گیرد. در صورتی که میله‌ی لمس‌کننده به سمت بالا جمع شود جهت عقربه‌ی ساعت به سمت راست است. در صورتی که میله‌ی لمس‌کننده در بالاترین نقطه قرار داشته باشد و به سمت پایین حرکت کند جهت عقربه‌ی ساعت در جهت چپ دوران می‌کند و ملاک خواندن تغییرات اندازه نسبت به جهت چپ در نظر گرفته می‌شود.



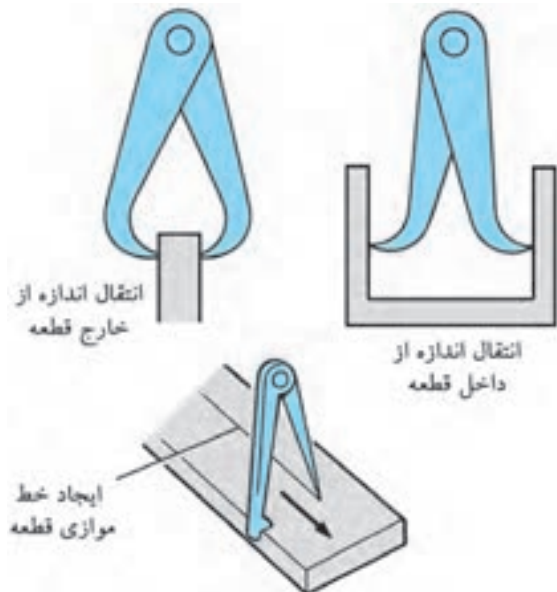
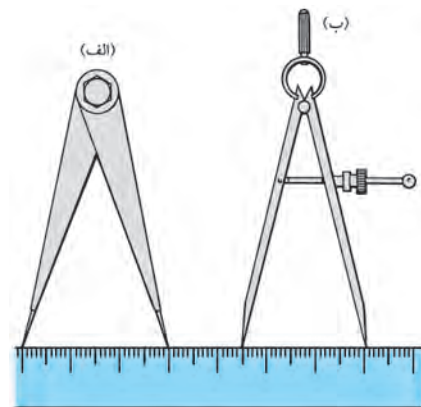
## سایر وسایل اندازه‌گیری و کنترل

### پرگار

پرگارها جزء ابزار اندازه‌گیر غیرمستقیم یا انتقال اندازه از یک وسیله‌ی اندازه‌گیر مستقیم (خط‌کش، کولیس و ...) به قطعه‌کار و عکس آن است. این ابزار در عمل اندازه‌گیری و خط‌کشی و کنترل قطعات استفاده می‌شود.

دقت عمل کار کردن با این ابزار بستگی به مهارت و دقت وسیله‌ی اندازه‌گیری اصلی (که معیار تعیین دقت پرگار است) دارد.

دامنه‌ی کار با این ابزار کمتر از ۱۸۰ درجه است، و یکی از بازوهای آن به سطح مبنای کار تکیه می‌کند و بازوی



دیگر به صورت متغیر عمل مماس شدن به سطح دیگر را انجام می‌دهد. هر مقدار نوک این ابزار از نظر ساخت دقیق باشد به همان اندازه می‌تواند دقت بیشتری را در کار ایجاد می‌کند. دقت عمل این ابزار به طور کلی در رده‌ی ۰/۱ میلی‌متر است. پرگارها در انواع مختلفی و برای کاربردهای متفاوتی ساخته می‌شوند.

### زاویه‌سنج‌ها

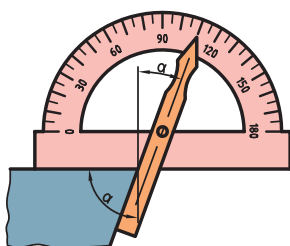
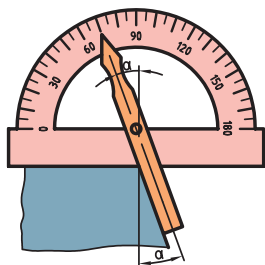
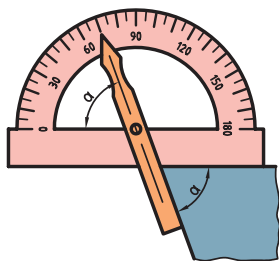
زاویه‌سنج، یک نوع ابزار اندازه‌گیری و کنترل زاویه است. این ابزار دارای یک قسمت ثابت است که تقسیمات آن برحسب درجه و قسمت دیگر آن متغیر است و شاخص، مقدار اندازه‌ی زاویه را نسبت به قطعه‌کار و تقسیمات صفحه‌نقاله (صفحه ثابت) مشخص می‌کند. زاویه‌سنج‌ها به دو دسته‌ی ثابت و متغیر دسته‌بندی می‌شوند.

#### الف) زاویه‌سنج ثابت

این زاویه‌سنج‌ها از دو قسمت خط‌کش و بازو تشکیل شده‌اند که در نقطه‌ای با زاویه‌ی ۹۰ درجه به هم متصل شده‌اند و بیشتر برای عمل کنترل گونیایی سطوح استفاده می‌شود. این ابزار می‌تواند تختی سطح را به عنوان سطح مبنا نیز کنترل و گونیایی بودن سطوح دیگر را نسبت به سطح مبنا مشخص کند.



۴. باید دقت کنیم که اندازه‌ی مکمل آن برای اندازه‌ی کار در نظر گرفته نشود.



### ب) زاویه‌سنج متغیر

زاویه‌سنج متغیر دارای یک صفحه‌نقاله است که تقسیمات برحسب دقت یک درجه بر روی آن مشخص شده است و دامنه‌ی اندازه‌گیری آن ۱۸۰ درجه است.

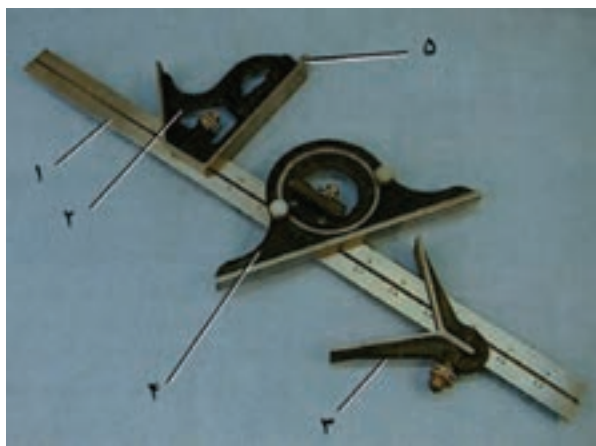


### روش استفاده از زاویه‌سنج ساده

۱. صفحه‌نقاله را روی سطح کار قرار می‌دهیم.
۲. خط‌کش را جابه‌جا می‌کنیم تا روی سطح قطعه مماس شود.

### گونمای مرکب

ابزاری برای اندازه‌گیری است که با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده‌ی آن می‌توان عملیات مختلفی را با آن انجام داد. این قسمت‌ها شامل خط‌کش، سر گونمایی، مرکز‌یاب، نقاله است.



۳. مقدار اندازه‌های زاویه را از طریق شاخص روی خط‌کش که در راستای یکی از خطوط نقاله قرار گرفته است می‌خوانیم.

### ۱) خط کش

این خط کش دارای دقت اینچ و میلی متر است که دقت اندازه‌ی آن مانند خط کش‌های معمولی است.

### ۲) سرگونیایی

این ابزار به تنهایی می‌تواند زاویه تعامد دو سطح نسبت به یکدیگر را کنترل کند و زاویه‌ی ۶۰ درجه‌ی سطوح کار را نسبت به سطح عمودی کنترل کند و تراز‌ی روی آن قرار داده شده است که می‌توان عمل تختی سطوح را نیز کنترل کرد. سرگونیایی به همراه خط کش مانند یک ارتفاع سنج عمل می‌کند.

### ۳) مرکز یاب

مرکز یاب دارای دو یال با زاویه ۹۰ درجه است که شیاری در وسط آن قرار دارد و محلی برای قرار گرفتن خط کش است که به وسیله‌ی آن می‌توان عمل مرکز یابی سطوح گرد را انجام داد.

### ۴) زاویه یاب

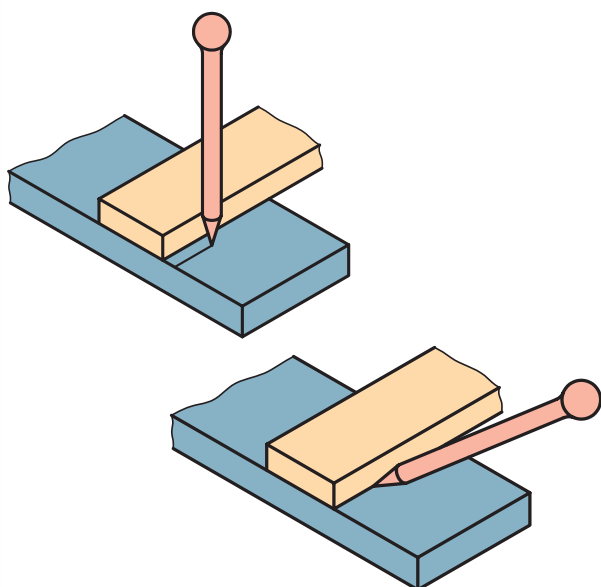
زاویه یاب دارای صفحه نقاله‌ای است که دارای دقت یک درجه و دامنه‌ی ۱۸۰ درجه است و با توجه به تراز‌ی که روی آن قرار دارد به تنهایی می‌تواند شیب سطوح کار را نسبت به سطح افق نشان دهد. قسمت متحرکی نیز در وسط صفحه نقاله قرار دارد که شیاری روی آن است و محل قرارگیری خط کش است که پس از قرار دادن خط کش داخل شیار می‌توان مثل یک زاویه سنج ساده از آن استفاده کرد.

### ۵) سوزن خط کش

از سوزن خط کش برای ترسیم خطوط و انتقال اندازه روی قطعه کار استفاده می‌شود. جنس سوزن خط کش

برای ترسیم روی سطوح سخت و خشن از جنس فولاد آبدیده است. زاویه‌ی سر این سوزن خط کش‌ها در حدود ۱۰ الی ۱۵ درجه است.

برای ترسیم خطوط، نوک سوزن باید تیز باشد تا خطوط با ضخامت کم روی قطعه کار ترسیم شود. برای این منظور نوک سوزن خط کش را با استفاده از سنگ تیز کنید. برای محافظت از نوک سوزن و همچنین ایمنی، نوک آن را درون چوب پنبه قرار دهید. در هنگام کار، سوزن را نسبت به سطح کار تحت زاویه روی سطح کار حرکت می‌دهیم. بهتر است اثر سوزن با یک مرحله ترسیم روی کار بیفتند.



### سوزن خط کش پایه دار

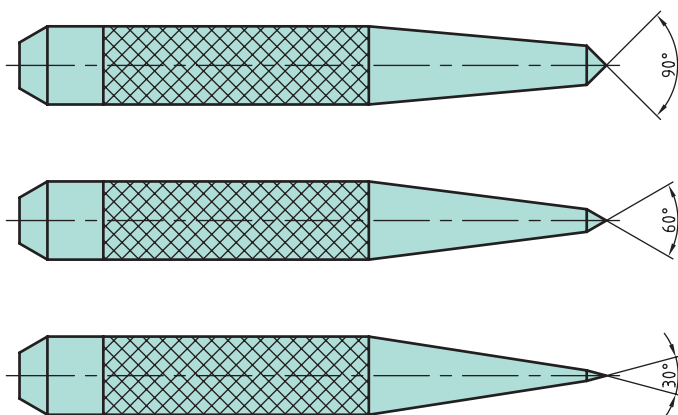
از این وسیله می‌توان برای علامت گذاری و همچنین کشیدن خط مستقیم با ارتفاع مشخص روی قطعه کار استفاده کرد.

### روش به کارگیری سوزن خط کش پایه دار

۱. پایه‌ی سوزن خط کش و خط کش را روی سطح صفحه‌ی صافی قرار می‌دهیم.

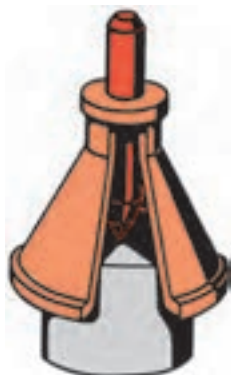


چون عمل سنبه‌زنی با زدن ضربه به سر سنبه همراه است لذا باید جنس آن‌ها مقاومت خوبی در مقابل ضربه داشته باشد. زاویه‌ی نوک سنبه با توجه به ضرباتی که بر آن وارد می‌شود متفاوت است. هر مقدار زاویه نوک سنبه بزرگ‌تر باشد مقاومت بیشتری در برابر ضربه از خود نشان می‌دهد. از سنبه با زاویه‌ی رأس ۳۰ درجه برای نشانه‌گذاری و از ۶۰ و ۹۰ درجه برای نشانه‌گذاری تقاطع خطوط و محل سوراخکاری استفاده می‌شود.

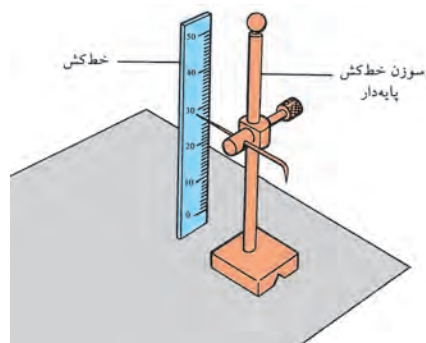


### سنبه خود مرکز یاب

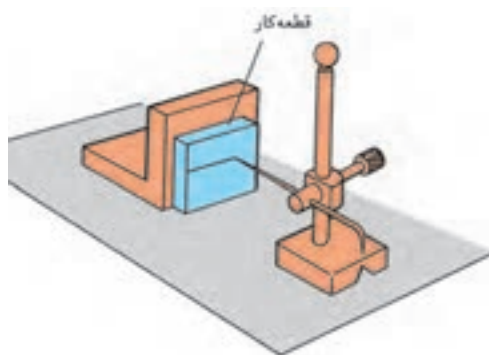
با توجه به شکل قسمت سوراخ مخروطی که سنبه در مرکز آن قرار دارد در محیط کار قرار می‌گیرد. تا نوک سنبه در مرکز کار بنشیند و سپس عمل زدن ضربه انجام شود.



۲. ارتفاع اندازه‌ای را که می‌خواهیم روی قطعه کار خط ترسیم شود، مشخص می‌کنیم.



۳. با حرکت پایه‌ی سوزن خطکش، روی سطح صفحه‌ی صافی روی قطعه کار علامت می‌زنیم.



### سنبه

برای عمل نشانه‌زنی روی سطح کار از سنبه استفاده می‌شود که بر حسب نوع استفاده، شکل‌ها و کاربردهای مختلفی دارد.



## دستور کار شماره ۳

### اندازه‌گیری

(۹۰ دقیقه)

قطعه‌کاری را با راهنمایی هنرآموز محترم خود انتخاب کنید. با استفاده از خط‌کش فلزی، کولیس و میکرومتر ابعاد قطعه‌کار را اندازه بگیرید.  
جدول زیر را کامل کنید.

اندازه‌ی خوانده شده			دقت	نوع وسیله‌ی اندازه‌گیری
ارتفاع	عرض	طول		
				خط‌کش فلزی
				کولیس
				میکرومتر

محدودیت‌های استفاده از هر یک از وسایل اندازه‌گیری را بنویسید.  
نتایج را برای ارزشیابی به هنرآموز محترم خود ارائه دهید.

### جدول ابزار

نام ابزار	نام ابزار
قطعه‌کار	خط‌کش فلزی
لباس کار	کولیس
	میکرومتر



نمره کسب شده	نمره پیشنهادی	شاخص های ارزشیابی	
	۲	مرتب بودن لباس کار، مرتب بودن محیط کار، رعایت نظم در کارگاه، پرهیز از جابه جایی بی مورد، بهداشت فردی، داشتن مشارکت و همکاری	انضباط
	۲	سرویس و نظافت دستگاه و ابزار استفاده صحیح از دستگاه- استفاده صحیح از ابزار	استفاده صحیح از تجهیزات
	۲	رعایت اصول حفاظتی و ایمنی قبل و حین انجام مراحل کاری	نکات ایمنی و حفاظتی
	۲	تنظیم گزارش کار، صحت اطلاعات گزارش کار	گزارش
	۱۲	اندازه‌ی خوانده شده با خطکش فلزی اندازه‌ی خوانده شده با کولیس اندازه‌ی خوانده شده با میکرومتر	انجام صحیح مراحل کار
	۲۰	مجموع نمرات	

تاریخ بررسی و امضای هنرآموز محترم

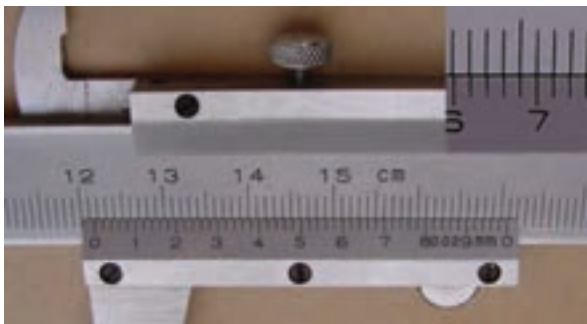
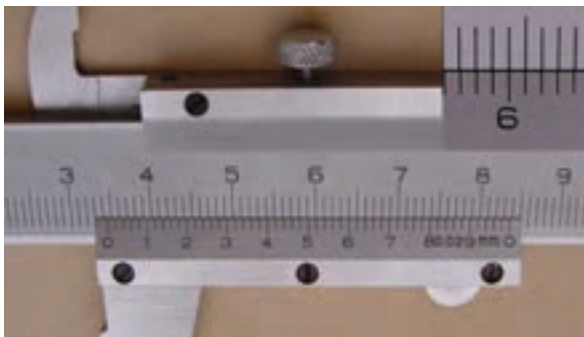


## دستور کار شماره ۴

### اندازه خوانی

(۳۰ دقیقه)

اندازه‌های مربوط به هر وسیله را زیر آن بنویسید.  
نتایج به دست آمده را برای ارزشیابی به هنرآموز محترم خود ارائه دهید.





نمره کسب شده	نمره پیشنهادی	شاخص های ارزشیابی	
	۲	مرتب بودن لباس کار، مرتب بودن محیط کار، رعایت نظم در کارگاه، پرهیز از جابه جایی بی مورد، بهداشت فردی، داشتن مشارکت و همکاری	انضباط
	۲	سرویس و نظافت دستگاه و ابزار استفاده صحیح از دستگاه- استفاده صحیح از ابزار	استفاده صحیح از تجهیزات
	۲	رعایت اصول حفاظتی و ایمنی قبل و حین انجام مراحل کاری	نکات ایمنی و حفاظتی
	۲	تنظیم گزارش کار، صحت اطلاعات گزارش کار	گزارش
	۱۲	اندازه‌ی خوانده شده با خطکش فلزی اندازه‌ی خوانده شده با کولیس اندازه‌ی خوانده شده با میکرومتر	انجام صحیح مراحل کار
	۲۰	مجموع نمرات	

تاریخ بررسی و امضای هنرآموز محترم



## دستور کار شماره ۵

### خط کشی

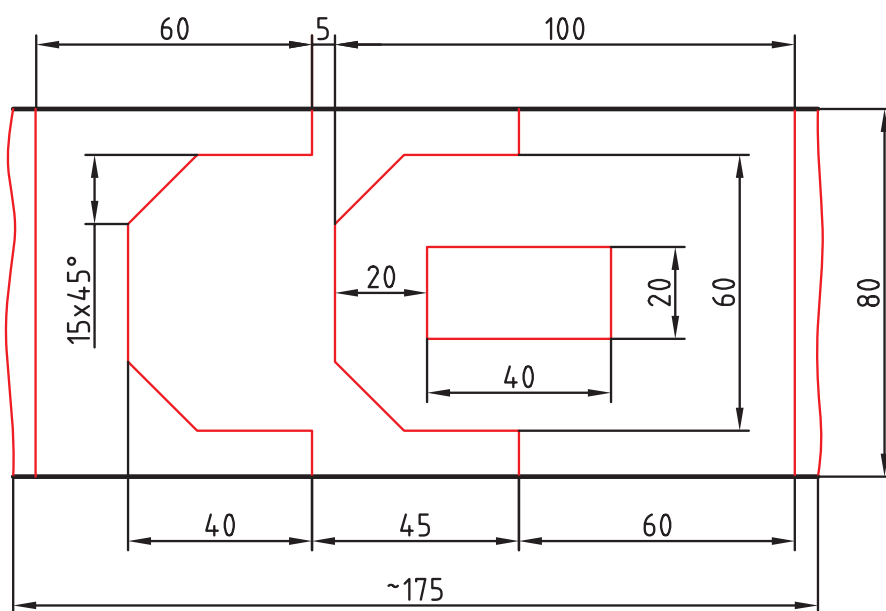


(۳۰ دقیقه)



قطعه کاری به ابعاد  $۱۶۳ \times ۸۰ \times ۵$  تهیه کنید.

سپس قطعه را مطابق با نقشه‌ی ارائه شده خط کشی کنید.



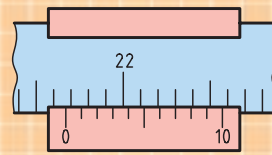
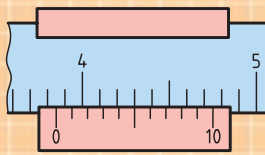
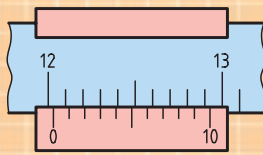
### جدول ابزار

نام ابزار	نام ابزار
خط کش فلزی	قطعه کار
کولیس	صفحه صافی
لباس کار	سوزن خط کش
	سوزن خط کش پایدار

## ارزشیابی پایانی

### ◀ نظری

۱. دلایل نیاز به اندازه‌گیری را بنویسید.
۲. نزدیکی توافقی میان نتایج اندازه‌گیری‌های پیاپی را که تحت شرایط یکسان اندازه‌گیری روی اندازه انجام می‌شود..... گویند.
۳. اجزا و اضعاف متر را نام ببرید.
۴. چگونه می‌توان اندازه‌ی اینچی را به میلی‌متری و بالعکس تبدیل کرد؟
۵. اندازه‌های نشان داده شده‌ی شکل‌های زیر را بخوانید.

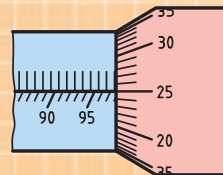
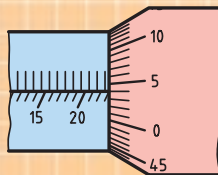
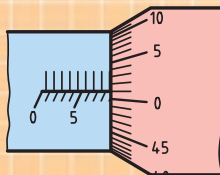


.....

.....

.....

۶. انواع کولیس را نام ببرید.
۷. اجزای میکرومتر را نام ببرید.
۸. روش خواندن میکرومتر میلی‌متری و اینچی را بنویسید.
۹. انواع میکرومتر را نام ببرید.
۱۰. اندازه‌های نشان داده شده‌ی شکل‌های زیر را بخوانید.



.....

.....

.....

۱۱. روش‌های به کارگیری ساعت اندازه‌گیر را بنویسید.
۱۲. روش خواندن ساعت‌های اندازه‌گیر را توضیح دهید.
۱۳. اصول کار با پرگار را بنویسید.
۱۴. زاویه‌سنج را توضیح دهید.
۱۵. انواع زاویه‌سنج را نام ببرید.
۱۶. روش استفاده از گونیا را بنویسید.
۱۷. قسمت‌های مختلف گونیای مرکب را نام ببرید.
۱۸. روش استفاده از سوزن خط‌کش را بنویسید.
۱۹. کاربردهای سنجه را توضیح دهید.

## توانایی اره کاری

- ◀ پس از آموزش این توانایی، از فراگیر انتظار می‌رود:
- مفهوم برشکاری را شرح دهد.
  - با انواع گیره، قطعات را ثابت کند.
  - با کمان اره عمل برشکاری را روی قطعات انجام دهد.
  - با ماشین اره لنگ، عمل برش را روی قطعات انجام دهد.
  - نکات حفاظتی و ایمنی را در هنگام برشکاری رعایت کند.

ساعات آموزش		
جمع	عملی	نظری
۱۰	۸	۲



## پیش آزمون

۱. روش عمل برش کاری با اره را شرح دهید.
۲. برای برش قطعات از جنس آهن از چه اره‌ای استفاده می‌شود؟
۳. انواع گیره را نام ببرید.
۴. روش بستن قطعه کار بین فکین گیره را بنویسید.
۵. طریقه‌ی به دست گرفتن کمان اره را شرح دهید.
۶. نحوه‌ی قرارگیری در هنگام اره کاری چگونه است؟
۷. در شکل مقابل جهت اره کاری کدام است؟

