واحد کار اول: انتخاب مواد و عملیات فلزکاری روی قطعات

◄ **هدف کلی: عملیات براده‌برداری و خمکاری روی قطعات فلزی**

عنوان توانایی	زمان		
	نظری	عملی	جمع
انتخاب موادشناسی	۱۳	۵	۱۸
اندازه‌گیری- اندازه‌گذاری	۵	۲۲	۲۷
اره‌کاری	۲	۸	۱۰
سوهانکاری	۲	۱۰	۱۲
قلمکاری	۱	۶	۷
سوراخکاری و خزینه‌کاری و برقوکاری	۳	۱۴	۱۷
قلاویزکاری و حدیده‌کاری	۱	۸	۹
ورقکاری	۱	۶	۷
پرچکاری	۱	۶	۷

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		
نظری	عملی	جمع
۱۳	۵	۱۸

پیش آزمون

۱. کاربرد مواد صنعتی‌ای را که می‌شناسید نام ببرید.

۲. چه ارتباطی بین جنس عناصر و قیمت آن‌ها است؟

۳. مجموعه عواملی را که سبب پوسیدگی و زنگ‌زدگی مواد می‌شود ..... گویند.

۴. مواد صنعتی به ..... دسته تقسیم می‌شوند.

۵. مواد صنعتی‌ای را که به صورت مصنوعی تهیه می‌شود نام ببرید.

۶. عناصری را که در عملیات آلیاژی فولاد کاربرد دارد بنویسید.

۷. ویژگی‌های مس را بنویسید.

۸. چدن در صنعت چه کاربردی دارد؟

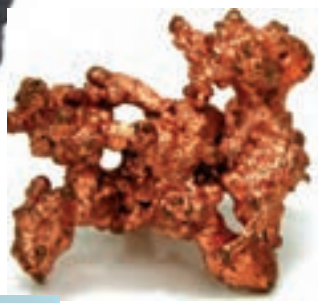
۹. تفاوت چدن و فولاد را بنویسید.

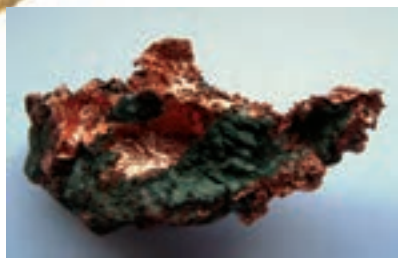
۱۰. چند نوع چدن در صنعت وجود دارد؟

۱۱. به نظر شما قطعات زیر از چه موادی ساخته می‌شوند؟

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 به‌کارگیری مواد در این‌گونه 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 به‌کار 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، پرس‌کاری، ریخته‌گری، جوش‌کاری و مقاومت شیمیایی که ممکن است از ضروریات قطعه ساخته شده باشد، را دارد یا خیر؟ آیا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است؟ مثلا قطعاتی که احتیاج به تراشکاری دارند باید دارای سختی لازم باشند، به طوری‌که با ابزارهای معمولی یا فولادهای عالی قابل تراشکاری باشد. همچنین شکل دندانه‌ی چرخ‌دنده‌ها باید به‌وسیله‌ی 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 صورتی‌که 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 به‌سختی 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

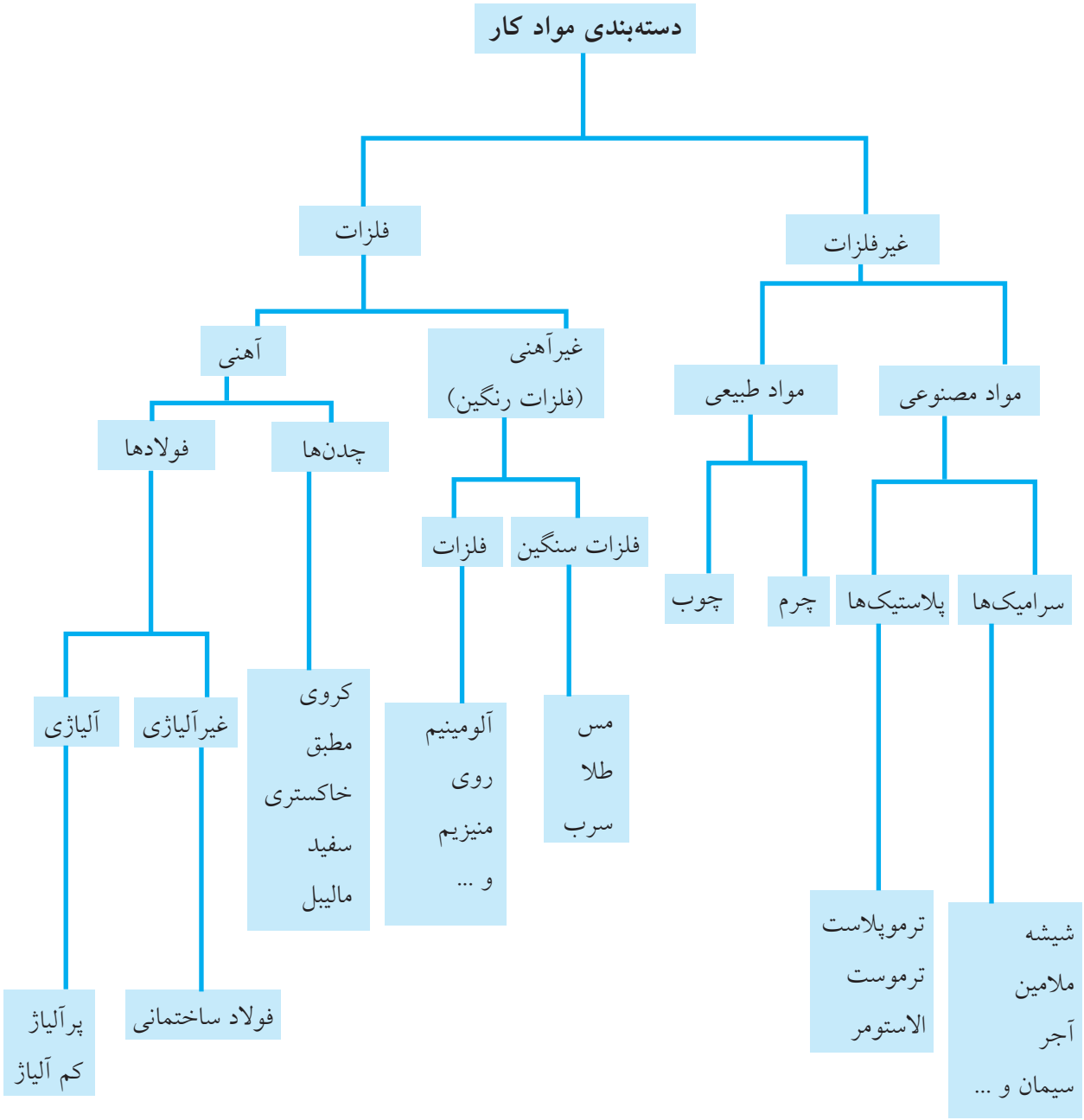
از جملـــه خواص فیزیکی مواد صنعتی می‌توان به قابلیت هدایت الکتریکی، هدایت حرارتی، نقطه‌ی ذوب و جوش، جرم مخصوص و ... اشاره کرد.

خواص شیمیایی

خواصـــی از مواد همچون مقاومـــت در برابر خوردگی و زنگ‌زدگی، اکســـید شـــدن، قابلیت احتراق و ... به عنوان خواص شیمیایی مواد مطرح هستند.

طبقه‌بندی مواد

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



مواد فلزی

فلزات عموماً دارای خواص زیر هستند:

الف) هدایت خوب حرارت و الکتریسیته.

ب) شکل‌پذیری در درجه حرارت معمولی.

ج) عدم پایداری بسیار بالا در مقابل واکنش‌های شیمیایی.

د) داشتن ساختمان کریستالی.

ه) داشتن جلای فلزی

فلزات یا آلیاژهای صنعتی از نظر کاربرد در صنایع مختلف به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

الف) فلزات و آلیاژهای آهنی

ب) فلزات و آلیاژهای غیر آهنی

◄ فلزات آهنی

به تمام آلیاژهایی که بیشترین مواد تشکیل دهنده‌ی آن عنصر آهن باشد فلزات و آلیاژهای آهنی گفته می‌شود فلزات و آلیاژهای آهنی عموماً از سنگ آهن با روش ذوب تولید و به انواع چدن و فولاد (فولاد ساختمانی، فولادهای مخصوص و ابزار) تبدیل می‌شوند.

◄ فلزات غیرآهنی

این گروه خود به دو دسته‌ی فلزات غیر آهنی سنگین و فلزات سبک تقسیم می‌شوند. از آنجا که اغلب این فلزات دارای رنگ مخصوص به خود هستند آن‌ها را **فلزات رنگین** نیز گویند.

مهم‌ترین فلزات سنگین عبارت‌اند از: مس ، نیکل، سرب، روی، قلع و آلیاژهای آن‌ها.

آلومینیم و منیزیم از معروف‌ترین فلزات سبک در کاربردهای صنعتی است.

مواد غیر فلزی

شامل دو دسته‌ی کلی مواد طبیعی و مصنوعی است.

موادی همچون چوب، چرم، زغال‌سنگ به عنوان طبیعی در نظر گرفته می‌شوند. مواد مصنوعی شامل سرامیک‌ها و پلاستیک‌ها هستند.

الف) سرامیک‌ها

قسمت عمده‌ی مواد غیر فلزی معدنی را مواد سرامیکی تشکیل می‌دهد. به مواد معمولاً جامدی که بخش عمده‌ی تشکیل دهنده‌ی آن‌ها غیر فلزی و غیرآلی است، سرامیک گفته می‌شود. مواد سرامیکی شامل ترکیباتی از عناصر با اکسیژن به‌نام سرامیک‌های اکسیدی و مواد سخت از قبیل کاربیدها، نیتریدها و سیلیسیدها به‌نام سرامیک‌های غیراکسیدی است که قسمت عمده‌ای از مواد نسوز را تشکیل می‌دهد. سرامیک‌های سیلیکاتی (مانند چینی‌ها) نوع دیگری از مواد سرامیکی است. از مهمترین ویژگی‌های سرامیک‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) مواد سرامیکی قابلیت شکل‌پذیری ندارد و ترد است، ۲) در مقابل واکنش‌های شیمیایی بسیار پایدار و در درجه حرارت‌های بالا مقاوم است. ۳) قابلیت هدایت الکتریکی و حرارتی سرامیک به اندازه‌ای پایین است که به عنوان مواد عایق به کار می‌رود، ۴) مواد سرامیکی می‌تواند ساختمان کریستالی، غیر کریستالی یا مخلوطی از هر دو نوع داشته باشد.

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، به‌وجود می‌آید. مواد مصنوعی در طبیعت به صورت آزاد وجود ندارد و اغلب از طریق روش‌های شیمیایی و پلیمری کردن به‌دست می‌آید.

اغلب مواد مصنوعی دارای قابلیت هدایت الکتریکی بسیار ضعیفی هستند، به طوری‌که به عنوان عایق الکتریکی خوب به‌کار می‌رود. مواد مصنوعی معمولا 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 درحال 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:

۱. صنایع حمل و نقل شامل حمل و نقل هوایی، جاده‌ای و دریایی

۲. صنایع نظامی و هوا ـ فضا

۳. صنایع انرژی در هر حوزه‌هـــای تولید و انتقال برق و صنعت نفت ، گاز و پتروشیمی

۴. صنعت ساخت‌وســـاز شامل صنایع زیر بنایی و صنعت ساختمان

۵. صنایع مبلمان شهری

۶. وسایل خانگی

۷. لوازم ورزشی

مزایای کامپوزیت‌های پایه پلیمری

مزایای ســـازه‌های مبتنی بر کامپوزیت‌های پلیمری نسبت به نمونه‌های سنتی بتنی، چوبی و فلزی را که باعث نفوذ آن‌ها درگستره‌ی 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
- ســـادگی روش‌های تولید و امکان تولید اشـــکال 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 بســـیار مناسب و مقاوم بودن به پدیده‌ی تشدید در ارتعاشات، نسبت به فلزات
- قابلیت مونتاژ آسان

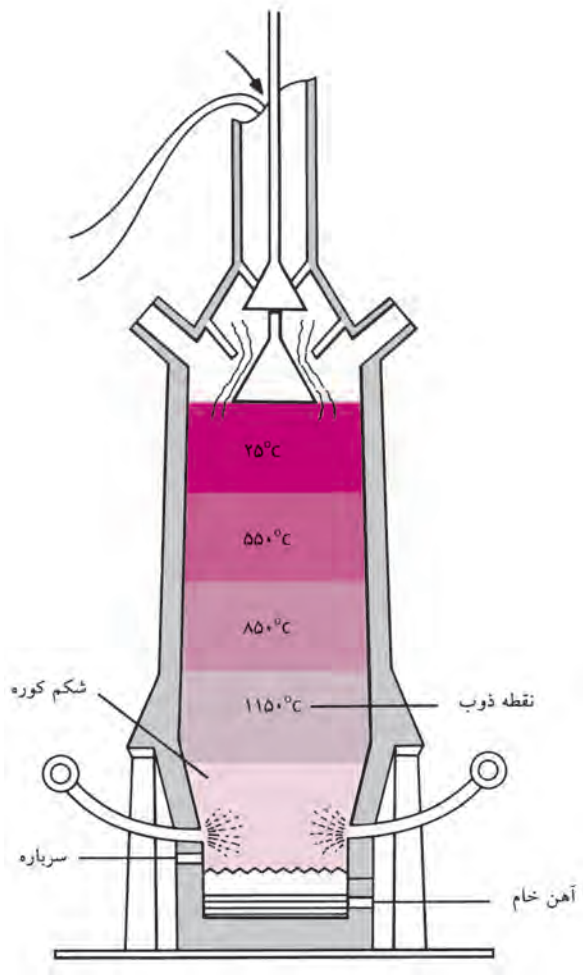
روش‌های تولید آهن

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

۱. تهیه‌ی آهن خـــام یا چدن مذاب در کوره بلند و تولید فولاد در کنورتورهای اکسیژنی، نظیر ذوب‌آهن اصفهان.

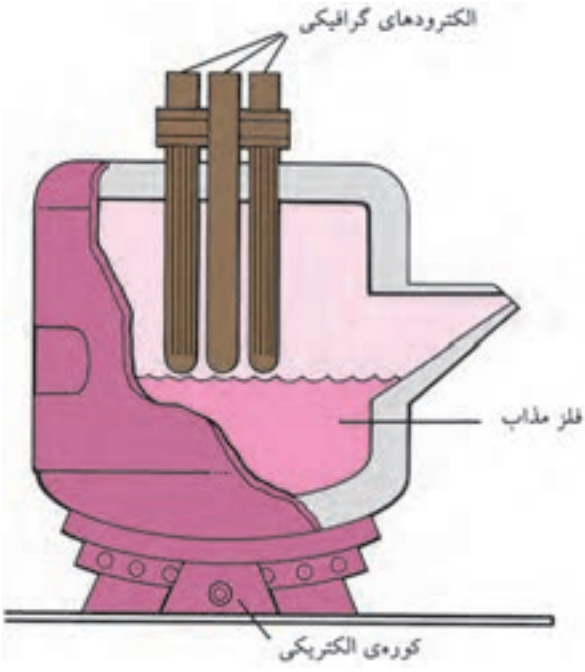
۲. احیای مستقیم سنگ‌آهن و ذوب‌آهن اسفنجی و قراضه در کوره‌های الکتریکی، از قبیل کوره قوس الکتریکی نظیر فولاد خوزستان یا القایی ، نظیر مجتمع فولاد جنوب.

برای تولید آهن خام از کوره بلند، که شـــیوه‌ی سنتی تولید است، از احیای غیرمســـتقیم آهن استفاده می‌شود. سنگ‌آهن پس از فرآوری به همراه آهک و کک وارد کوره بلند می‌شود. هوای گرم با فشار زیاد به آن دمیده شده و باعث



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

روش دوم تولیـــد فـــولاد، اســـتفاده 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 ســـال‌های گذشـــته، در این روش می‌توان به همراه قراضه از آهن اسفنجی نیز برای ذوب در کوره اســـتفاده کرد. آهن اسفنجی محصول عملیات احیای مستقیم ســـنگ‌آهن است که عیار آهن بالا دارد و جایگزین مناســـبی برای قراضه جهت ذوب اســـت. ۶۷ درصد فولاد خام جهان به کمک روش کوره بلند و ۳۱ درصد آن نیز به روش احیای مســـتقیم و استفاده از کوره‌های الکتریکی تولید می‌شود.



فولاد و چدن

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

تولید فولاد از آهن خام

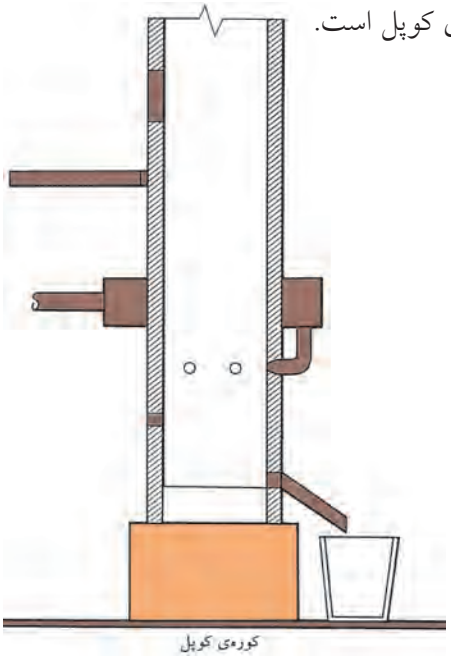
برای تولید فولاد از آهن خام تمامی عناصر غیر ضروری از مذاب خارج و عناصر لازم به آن اضافه می‌شوند تا فولاد مورد نظر به‌دســـت آید. به‌این منظور از کوره‌های ثانویه استفاده می‌شود. فولادهای ســـاختمانی مانند انواع ورق، میل‌گـــرد و تیرآهن از این طریق به‌دســـت می‌آیند. برای به‌دســـت آوردن فولادهای آلیاژی 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 مشـــخص شـــده است.

جدول تأثیر عناصر مختلف روی خواص فولادها

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

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

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:

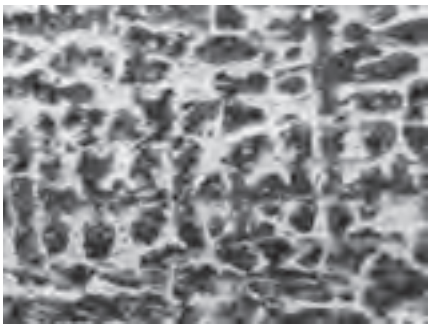
۱. چدن سفید، ۲. چدن خاکستری، ۳. چدن سخت، ۴.چدن‌چکش‌خوار(مالیبل)،۵.چدن‌باگرافیت‌فشرده(داکتیل).

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 برخواص مکانیکی کمتر است.

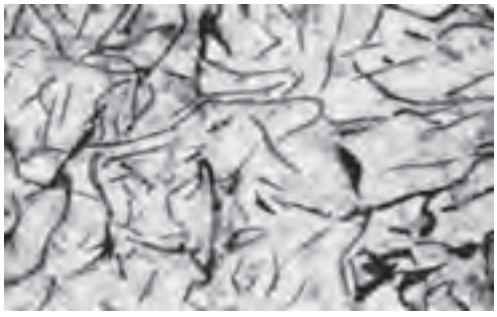
چدن سفید

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

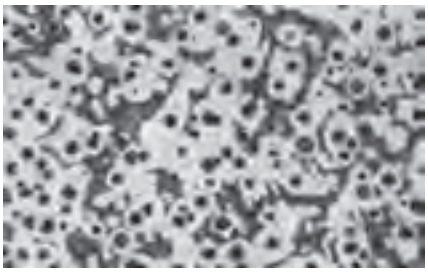
اگر مقدار سیلیسیم موجود در محصول کوره‌ی کوپل زیاد باشد و آن را آهسته سرد کنند، کربن موجود در ترکیبات آهن (Fe_3C) به صورت گرافیت مطبق از آن خارج شده و در لابه‌لای کریستال‌ها قرار می‌گیرد. وجود گرافیت در چدن خاکستری، قابلیت براده‌برداری را افزایش می‌دهد و ضریب اصطکاک آن را کم می‌کند. چدن خاکستری در مقابل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

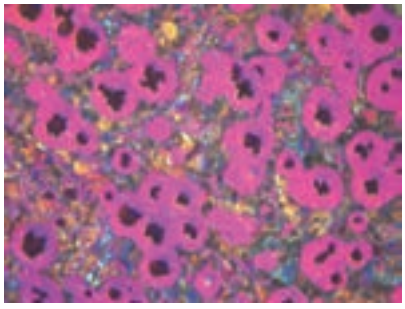
سخت است و فقط با افزارهایی از جنس فلزات سخت (الماسه‌ها) و سنگ‌های سنباده، قابل براده‌برداری است.



به دلیل مقاوم بودن این چدن‌ها در مقابل سایش، از آن‌ها برای تهیه‌ی قطعاتی مانند چرخ‌های واگن‌ها، پیستون‌های هیدرولیکی، انواع نوردها، مخصوصاً نوردهای ماشین‌های چاپ، کاغذسازی، لاستیک‌سازی و آسیاب‌ها کمک می‌گیرند.

چدن چکش‌خوار (چدن مالیبل)

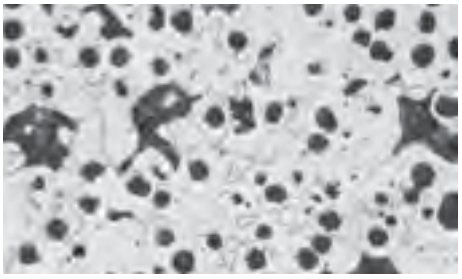
این نوع چدن که به چدن مالیبل و نیز چدن قیچی موسوم است از عملیات حرارتی چدن‌های سفید با ترکیب شیمیایی مناسب به‌دست می‌آید. بر اثر عملیات حرارتی چدن مالیبل تجزیه می‌شود و کربن به شکل کره‌های متلاشی شده و نامنظم (برفکی‌شکل) رسوب می‌کند،



بنابراین تهیه چدن چکش‌خوار شامل دو مرحله است، یکی ریخته‌گری و تهیه چدن سفید و دیگری عملیات حرارتی آن به منظور تجزیه و تشکیل گرافیت. از نظر خواص مکانیکی، نظیر انعطاف‌پذیری و استحکام این نوع چدن تقریباً شبیه چدن با گرافیت کروی است.

چدن خاکستری با گرافیت کروی (چدن داکتیل)

اگر به چدن مذاب پس از خروج از کوره کوپل آلیاژ نیکل ـ منیزیم یا آلیاژ سیلیسیم ـ آهن ـ منیزیم اضافه کنند، کربن در هنگام سرد شدن به صورت گرافیت مطبق جدا نمی‌شود بلکه به‌شکل کره‌های جدا می‌شود و در بین کریستال‌ها قرار می‌گیرد. وجود گرافیت کروی در چدن باعث می‌شود که قابلیت انبساط، خمکاری و استحکام آن به اندازه‌ی سه تا پنج برابر چدن خاکستری با گرافیت مطبق، افزایش یابد. این چدن برای تهیه میل‌لنگ‌ها، محفظه جعبه‌دنده‌ها، چرخ‌دنده‌ها، قرقره‌ها، ماشین‌آلات کشاورزی، پوسته پمپ‌ها و توربین‌ها به کار می‌رود. این چدن در مقابل حرارت مقاوم است.



موارد برتری چدن‌ها نسبت به فولادها

۱. از آن‌جایی که گرافیت منجر به ترد و شکننده شدن، یا خرد شدن تراشه‌های حاصل از ماشینکاری می‌شود، موجب بهبود قابلیت ماشینکاری چدن‌ها خواهد شد.

۲. به علت خاصیت روان‌کاری گرافیت، چدن‌ها نسبت به فولادها از خواص ضد اصطکاک بهتری برخوردار هستند.

۳. ذرات گرافیت باعث می‌شود که ارتعاشات وارد شده به چدن‌ها خیلی سریع جذب شود.

۴. چدن‌ها تقریباً نسبت به ترک‌های سطحی غیر حساس هستند.

۵. چدن‌ها نسبت به فولادها از خواص ریخته‌گری بهتری برخوردار هستند، زیرا اولا درجه حرارت ذوب و انجماد آن‌ها پایین‌تر است و ثانیاً با محدود بودن دامنه‌ی انجماد دارای سیالیت بیشتر است و قالب را بهتر پر می‌کند.

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، به‌خصوص 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

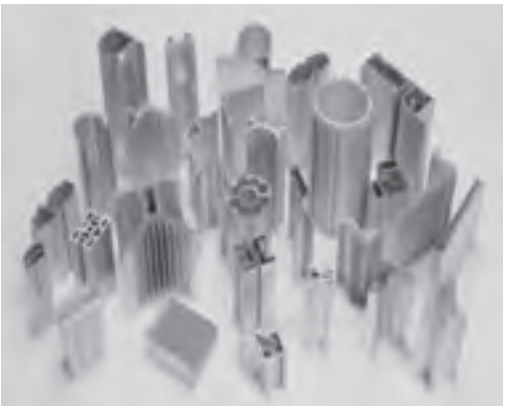
آلیاژ مس ـ روی با بیش از ۵۵٪ مس، برنج نامیده می‌شود که در صنعت دارای اهمیت زیادی است. به منظور بهبود خواص مکانیکی و مقاومت مس در مقابل زنگ‌زدگی این آلیاژ تهیه می‌شود و برای بالا بردن قابلیت براده‌برداری حدود ۳ درصد سرب به آن اضافه می‌شود و چون آلیاژهای برنج دارای دامنه انجماد بسیار کم است کاملا برای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

ب) آلیاژ برنز

برنزها آلیاژهایی از مس‌اند که دارای ۶۰٪ مس و ۴۰٪ قلع هستند که به دلیل سختی و شکل‌پذیری بالا و مقاومت خوب در مقابل خوردگی اهمیت و استفاده زیادی دارد. در واقع تمامی آلیاژهای مس، بجز آلیاژ مس ـ روی را برنز می‌نامند.

آلومینیم (Al)

آلومینیم دارای قابلیت هدایت حرارتی بالایی است که بعد از نقره و مس بهترین هادی حرارتی شناخته می‌شود. این آلیاژ دارای مقاومت زیاد در برابر خوردگی است و به علت ایجاد لایه‌ی پایدار اکسیدی، متخلخل است. این آلیاژ به علت ویژگی‌های خاصی که دارد در بیشتر صنایع از جمله اتومبیل‌سازی، غذاسازی، ساختمان‌سازی، ساخت بلوکه‌های سیلندر خودرو، اسکلت‌سازی، صنایع پتروشیمی و صنایع هوایی به کار می‌رود.



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

روی (Zn)

روی فلزی است که برای آبکاری فولاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. روکش ورق‌های گالوانیزه، لوله‌ها و مفتول‌ها از موارد کاربرد صنعتی این فلز بوده و چهارمین فلز متداول و مورد استفاده بعد از آهن، آلومینیم و مس است.

از مهمترین ویژگی‌های فلز روی می‌توان به رنگ خاکستری روشن، شکنندگی، قابلیت انبساط بالا، مقاوم در برابر خوردگی در مجاورت هوا اشاره داشت.

قلع (Sn)

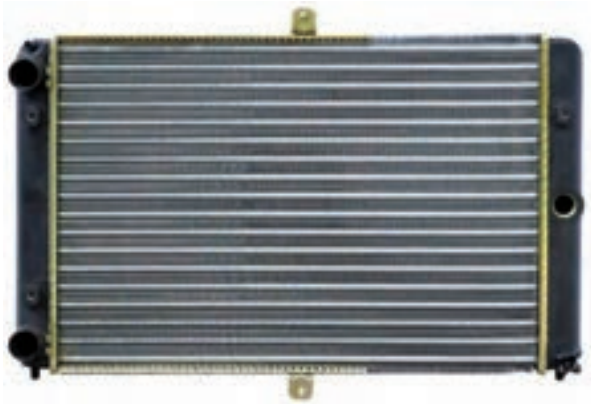
قلع فلزی است چکش‌خوار ، قابل انعطاف، شدیداً بلورین و سفید نقره‌ای که ساختار بلوری آن هنگام خم‌شدن قطعه‌ای از قلع صدای خاصی ایجاد می‌کند (علت آن شکست بلورهاست). به علت مقاومت در برابر خوردگی ناشی از اسیدهای آلی و مواد غذایی، از این فلز در تهیه ورق‌های حلبی و قوطی‌های کنسرو و ظروف غذا استفاده می‌شود. از قلع همچنین در لحیم‌کاری برای اتصال لوله‌ها یا مدارهای الکتریکی، در آلیاژهای چرخ‌دنده و در شیشه‌سازی استفاده می‌شود.

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

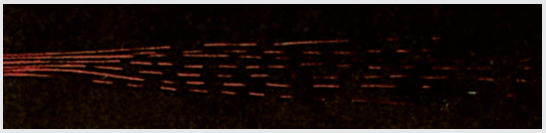
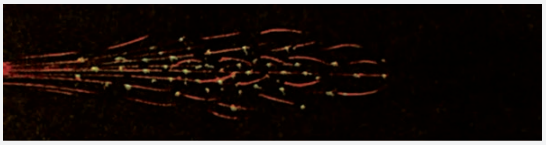
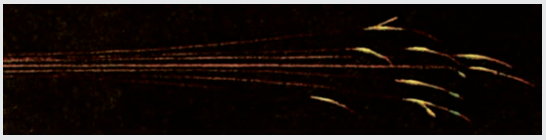
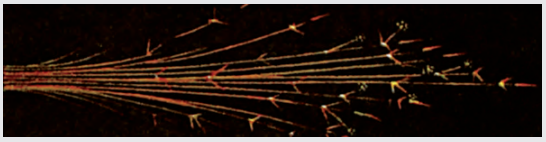
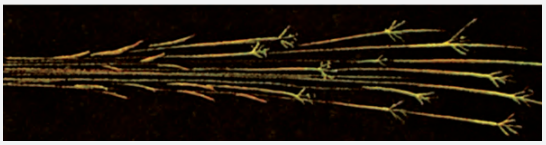
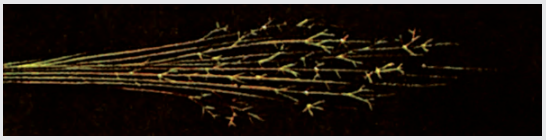
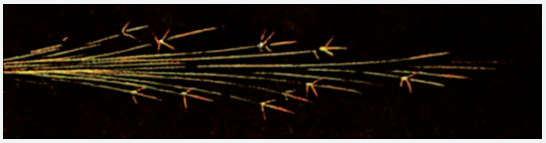
- نوع صدا؛ بر اثر ضربه به فلز نوع صداها متفاوت است. به عنوان مثال صدای چدن بم و صدای فولاد زیر است.
- سطح مقطع شکسته فلز؛ مثلاً سطح مقطع چدن، سیاه و دانه‌های براق دارد ولی فولادها دارای مقطع براق مایل به خاکستری است.

- 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 صفحه‌ی بعد برخی از انواع متداول جرقه و آلیاژ فلزی آن آورده شده است.



جدول رنگ و فرم جرقه‌ها در سنگ‌زدن قطعات نمونه

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

دستورکار شماره‌ی ۱

تعیین جنس مواد

(۱۲۰ دقیقه)

در گروه‌هـــای ۴ نفری، در مورد جنس مواد ، وســـایل و قطعات موجود در کارگاه فلزکاری مشورت کنید.

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

دستورکار شماره‌ی ۲

تعیین جنس مواد از روی جرقه

(۶۰ دقیقه)

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.

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

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.

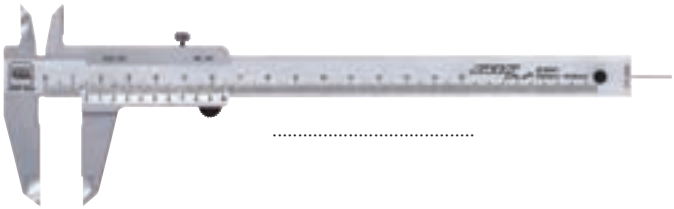
– با استفاده از سوزن خط‌کش اندازه‌گذاری کند.

– با استفاده از سنبه 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.

.....

.....

.....

.....

۳. اهمیت علم اندازه‌گیری را شرح دهید.

۴. ایمنی در امر اندازه‌گیری چه نقشی دارد؟

۵. کولیس 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.

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.

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 این‌که 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 $\frac{۱}{۱۰/۰۰۰/۰۰۰}$ فاصله‌ی قطب شمال تا استوا در امتداد نصف النهاری که از پاریس می‌گذرد در نظر گرفته شد. این مقدار در واقع $\frac{۱}{۱۰/۰۰۰/۰۰۰}$ ربع نصف‌النهار مبدأ است.

از میله‌ای که ازجنس آلیاژ پلاتین ـ ایریدیم به عنوان اولین استاندارد بین المللی طول ساخته شده است.

۲. در سال ۱۹۶۰یازدهمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، استاندارد طول را بر مبنای طول موج نور پذیرفت: یک‌متر، معادل ۱۶۵۰۷۶۳/۷۳ برابر طول موج تابش نارنجی اتم‌های کریپتون ۸۶ در خلأ است.

۳. در سال ۱۹۸۳هفدهمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس‌ها، استاندارد طول را چنین تعریف کرد. یک متر، مسافتی است که نور در خلأ در مدت $\frac{۱}{۲/۹۹۷/۹۲۲/۴۵۸}$ ثانیه می‌پیماید.

روند اندازه‌گیری

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

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

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 مماس شد از آوردن فشار اضافی به ابزار خودداری کنید.

۶. دقت کنید در هنگامی که محل اندازه‌گیری سطح ابزار با قطعه‌کار مماس 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 ۰/۰۲ میلی‌متر اندازه‌گیری می‌کنید مقدار اندازه ۱/۹۰ را ۱/۹ نخوانید.

۲. در صورتی‌که بخواهید در عمل اندازه‌گیری نیرویی را اعمال کنید بهتر است مقدار نیرو را با توجه به وزن خود ابزار وارد کنید تا نیروی اضافی بر آن اعمال نشود.

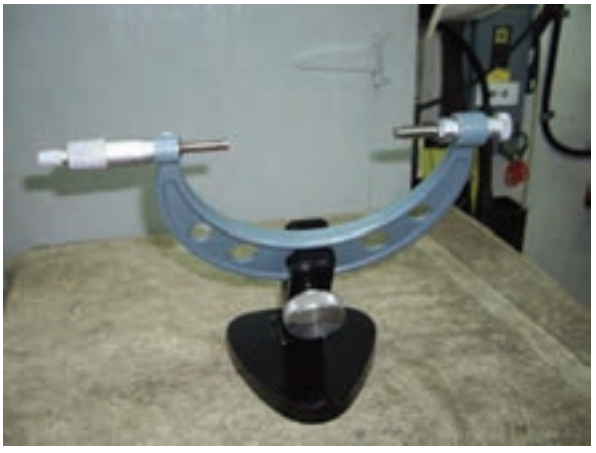
۳. با توجه به شـرایط اسـتاندارد وضعیت قرارگیری هر ابـزار (افقی، عمودی) عمل اندازه‌گیـری را انجام دهید. مثـلاً در کار با سـاعت اندازه‌گیری میلـه‌ی لمس‌کننده ساعت همیشه نسبت به کار باید در وضعیت عمودی قرار داده شود.

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

۵. برای قطعاتی که جنس آن‌ها نرم اسـت 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 اطمینـان و جلوگیـری از خطرات نظم و انضباط در محیط کار است.

بعد اندازه‌گیری

بعـد اندازه‌گیری عبارت اسـت از مقایسـه‌ی کمیتی با واحد استاندارد همان کمیت توسط ابزارهای مربوط. هر اندازه‌گیری از دو قسمت عدد و نشان تشکیل شده است. مثـلاً اگر بگویید جـرم من ۶۰ اسـت، مخاطب چیزی از این عدد درک نمی‌کند. مگر این‌که بگویید جرم من ۶۰ کیلوگرم اسـت. برای تمامی اندازه‌گیری‌ها باید شاخصی برای معرفی عدد وجود داشته باشد تا به آن عدد ریاضی مفهوم واقعی دهد.

سیستم‌های اندازه‌گیری

دو سیسـتم 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 بـه معرفی واحدهـای اندازه‌گیری طول در هر سیسـتم پرداخته می‌شود.

طول

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

الف) اجزا و اضعاف در سیستم متریک؛

متر	نام واحد	علامت اختصاری	مقدار نسبت به متر	ضریب تبدیل به متر
اجزا	دسی‌متر	dm	یک دهم متر	10^{-1}
	سانتی‌متر	cm	یک صدم متر	10^{-2}
	میلی‌متر	mm	یک هزارم متر	10^{-3}
	میکرومتر	μm	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؛

اینچ	نام واحد	ضریب تبدیل به اینچ
اجزا	۱/۸ اینچ	۱/۸
	۱/۱۶ اینچ	۱/۱۶
	۱/۳۲ اینچ	۱/۳۲
	۱/۶۴ اینچ	۱/۶۴
	۱/۱۲۸ اینچ	۱/۱۲۸
	۱/۱۰۰۰ اینچ	۱/۱۰۰۰
اضعاف	فوت	۱۲
	یارد	۳۶

تبدیل واحد اینچ به واحد میلی‌متر

بـــرای تبدیل واحد اینچ به میلی‌متـــر می‌توانیم از ضریب تبدیل آن اســـتفاده کنیم که مقدار این ضریب ۲۵/۴ است. یعنی هر یک اینچ برابر با ۲۵/۴ میلی‌متر است. اگر بخواهیم مقدار اینچ را به میلی‌متر تبدیل کنیم ۲۵/۴ را در آن اندازه ضرب می‌کنیم.

مثال: عدد ۲/۵ اینچ چند میلی‌متر است؟

۲/۵ × ۲۵/۴ = ۶۳/۵ mm است.

برخی از ابزارهای اندازه‌گیری مانند کولیس دیجیتال امکان تبدیل مقادیر اینچی به میلی‌متر و بالعکس را با دکمه‌ای که روی آن تعبیه شده است، دارند.

نکته

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

ابزارهای اندازه‌گیری طول

از متداول‌ترین و پرکاربردترین این ابزارها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. خط‌کش اندازه‌گیری ۲. متر

۳. کولیس ۴. میکرومتر

۵. ساعت‌های اندازه‌گیری

خط‌کش اندازه‌گیری

جنسی که برای خط‌کش‌ها به‌کار می‌رود معمولاً از چوب یا پلاستیک یا فولاد ساخته می‌شود. در خط‌کش‌های فولادی درجه‌بندی دقیق‌تر است.

خط‌کش فولادی ۱۵ و ۲۰ سانتی ساده، معمولی‌ترین نوع خط‌کش است. در خط‌کش‌های اینچی هر اینچ به ۸ و ۱۶ قسمت و در خط‌کش‌های میلی‌متری هر سانتی‌متر به ۱۰ یا ۲۰ قسمت تقسیم می‌شود. دقت در خط‌کش‌ها در سیستم متریک، یک میلی‌متر است و در سیستم اینچی یک هشتم یا یک شانزدهم اینچ است که بر حسب نوع خط‌کش دقت آن می‌تواند افزایش یا کاهش یابد. معمولاً در خط‌کش‌های فلزی در یک لبه اجزای متر (mm،cm،dm) و در لبه‌ی دیگر اجزای اینچ ($\frac{۱}{۸}$، $\frac{۱}{۱۶}$ ، $\frac{۱}{۳۲}$ ، $\frac{۱}{۶۴}$) حک شده است.

– برای یک اندازه‌گیری دقیق با خط‌کش باید سطح تکیه‌گاه مناسبی را برای لبه‌ی خط‌کش ایجاد کرد. تا خط‌کش در راستای اندازه‌گیری کاملاً موازی باشد.

متر نواری

ابزاری است که برای اندازه‌گیری طول قطعات نسبتاً بلند از آن استفاده می‌شود. مترها در اندازه‌های ۲، ۳ و ۴ متر و بیشتر دسته‌بندی و ساخته می‌شود دقت اندازه‌گیری آن‌ها معمولاً یک میلی‌متر است.

که در نوع دیجیتالی آن مقدار تغییرات روی صفحه‌ی دیجیتال مشخص می‌شود. در به‌کارگیری مترها باید اصول زیر را رعایت کرد.

– در هنگام اندازه‌گیری 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 قطعه‌کار مماس باشد.

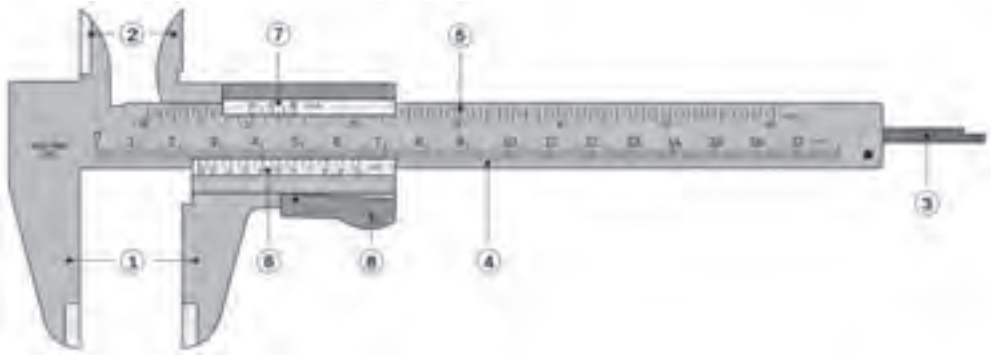
– قسمت سر نوار به لبه‌ی کار تکیه داده می‌شود و نباید نیروی بیش از اندازه برای کشش نوار از داخل محفظه وارد کرد، زیرا سبب تاب‌خوردگی سطح نوار یا تغییر زاویه‌ی قسمت سر نوار می‌شود.

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

کولیس ورنیه

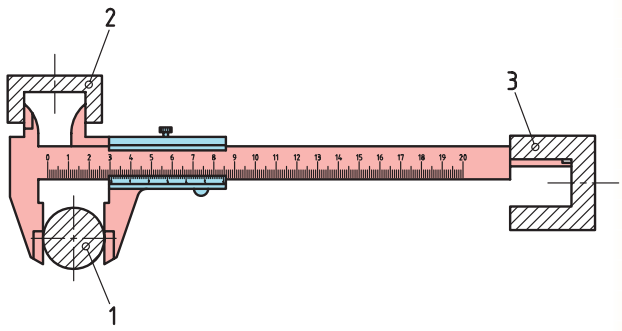
از دیگر وسایل اندازه‌گیری قطعات که نسبت به خط‌کش‌ها و مترها دارای دقت بهتری هستند، کولیس‌ها هستند. قسمت‌های تشکیل‌دهنده‌ی یک کولیس در زیر آمده است:

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



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 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.

دقت کولیس

الف) میلی‌متری

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

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

a: دقت خط‌کش مدرج

b: دقت کولیس

c: تعداد تقسیمات ورنیه

نکته

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 ۱۰،۲۰ یا ۵۰ است، که با توجه به رابطه‌ی بالا دقت اندازه‌گیری آن‌ها به ترتیب ۰/۱ ، ۰/۰۵ و ۰/۰۲ میلی‌متر است.

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

-کولیسی که ۹ میلی‌متر را به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کند دارای دقت ۰/۱ mm است.

-کولیسی که ۴۹ میلی‌متر را به ۵۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کند دارای دقت ۰/۰۲ mm است.

-کولیسی که ۱۹ میلی‌متر را به ۲۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کند دارای دقت ۰/۰۵ mm است.

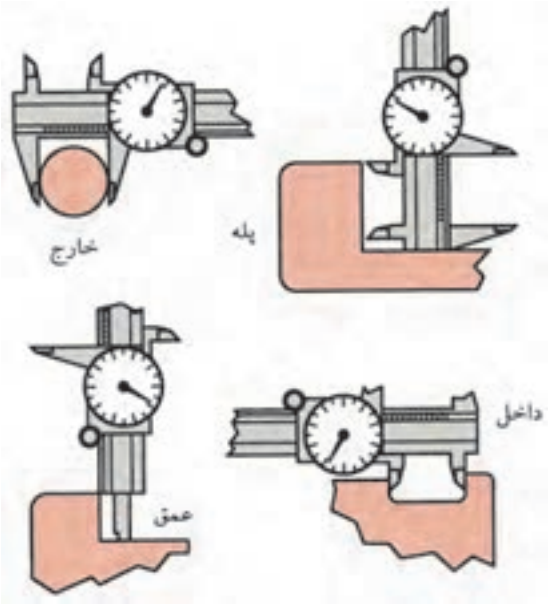
در برخی از کولیس‌های با دقت ۰/۱ mm ، به منظور جلوگیری از خطای دید، به جای ۹ میلی‌متر، ۱۹ میلی‌متر را به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم می‌کنند.

ب) اینچی

در کولیس‌های اینچی بر روی خط‌کش هر اینچ به ۱۶ قسمت مساوی تقسیم شده و ورنیه دقت آن را تعیین می‌کند به عنوان مثال کولیسی که $\frac{۷}{۱۶}$ اینچ را به ۸ قسمت مساوی تقسیم کند دارای دقت $\frac{۱}{۱۲۸}$ 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.



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

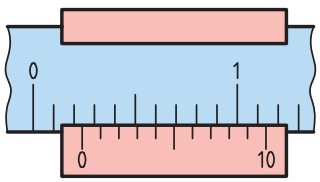
برخـــی از کولیس‌ها برای اندازه‌گیری عمق یک زبانه باریک دارنـــد که به ورنیه متصل اســـت و با آن حرکت می‌کند. اگـــر صفر ورنیه بر صفر خط‌کش منطبق باشـــد انتهای تیغه بر انتهای خط‌کش منطبق می‌شود.

خواندن کولیس میلی‌متری

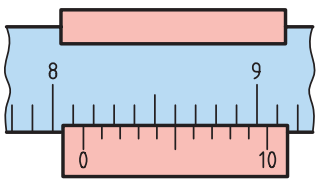
مثال: اگر صفر ورنیه از خـــط ۵ خط‌کش بگذرد و دقت کولیس ۰/۱ میلی‌متر باشد و خط ۴ ورنیه با خط، خط‌کش منطبق باشد مقدار خوانده شده برابر است با

$$۵ + (۴ \times ۰/۱) = ۵/۴ \text{ mm}$$

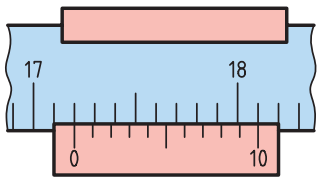
مثال‌های دیگر:



$$۲ + (۴ \times ۰/۱) = ۲/۴ \text{ mm}$$



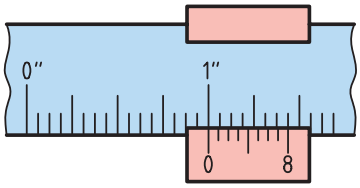
$$۸۱ + (۵ \times ۰/۱) = ۸۱/۵ \text{ mm}$$



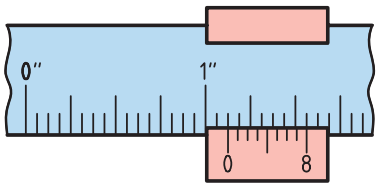
$$۱۷۲ + (۰ \times ۰/۱) = ۱۷۲ \text{ mm}$$

خواندن کولیس اینچی با دقت $\frac{۱}{۱۲۸}$ اینچ

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

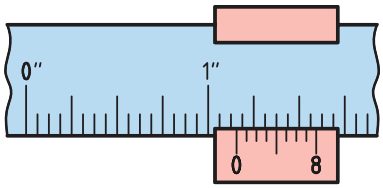


۲. اگر صفر ورنیه برابر با خط ۱۸ خط‌کش باشـــد، اندازه‌ی خوانده شـــده برابر با $(\frac{۲}{۱۶}+۱)$ اینچ است، که می‌خوانیم $\frac{۱۸}{۱۶}$ اینچ.



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

$$\text{اینچ } ۱\frac{۵}{۳۲} = ۱\frac{۲۰}{۱۲۸} = ۱\frac{۱۶}{۱۲۸} + \frac{۴}{۱۲۸} = ۱\frac{۲}{۱۶} + \frac{۴}{۱۲۸}$$



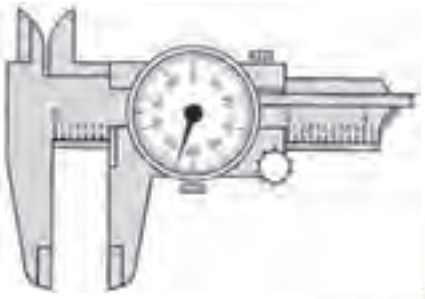
در کولیس‌هایـــی با دقت ۱/۱۰۰۰ اینچ، هر یک اینچ روی خط‌کش به ۴۰ قســـمت مســـاوی تقسیم شده اســـت که ارزش یا دقت هر خـــط خط‌کش برابر با ۱/۴۰ یا ۰/۰۲۵ اینچ است و هر ۰/۰۲۵ اینچ خط‌کش به ۲۵ قسمت مساوی روی ورنیه یا کشوی متحرک تقســـیم شده است که ارزش یا دقت هر خط برابر با ۱/۱۰۰۰ اینچ است.

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.

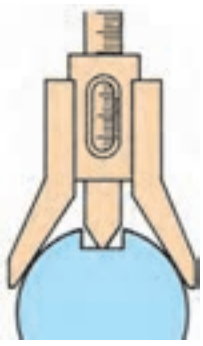
کولیس‌های دیجیتالی به منظور کنترل نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد در این گونه موارد، اندازه‌ی اسمی را روی آن پیش‌بینی می‌کنند، کلید صفر را فشار می‌دهند تا کولیس صفر شود. سپس با قرار دادن قطعه‌کار بین فک‌های کولیس می‌توان میزان انحراف را خواند.

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 بـــرای اندازه‌گیری ارتفاع ســـطوح پله‌ای قطعات استفاده می‌شود.

۶) کولیس چرخ‌دنده

از این کولیس در اندازه‌گیری ضخامت دندانه 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.

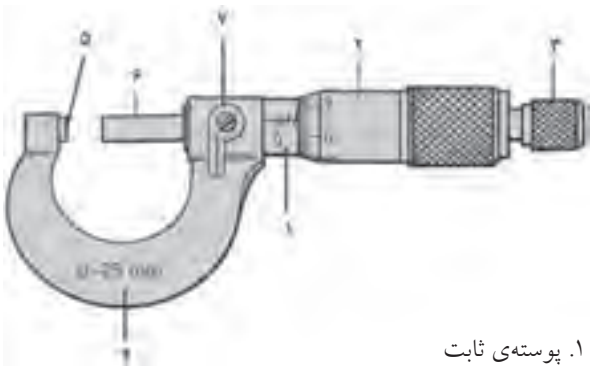
۵. در هنگام اندازه‌گیری با فک‌های داخلی برای اندازه‌گیری قطرهای داخلی بهتر اســـت پس از مماس‌شدن فک‌ها با ســـطح کار مقدارکمی فک را چرخانـــده تا با بزرگ‌ترین قطر کار مماس شود.

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

میکرومتر

میکرومتر وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری کمیت طول به‌کار می‌رود. میکرومتر از دو قسمت اصلی تشکیل شده اســـت. ســـازوکار حرکت در میکرومترها براساس پیچ و مهره است، که با حرکت پیچ، مهره‌ی فک متحرک حرکت خطی به ســـمت جلو و عقب انجام می‌دهد. از آن‌جا که دقت در میکرومترهـــا در رده‌ی ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ میلی‌متر اســـت، لذا نیروی وارد از طرف ابزار به کار باید مناسب باشـــد. 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. جغجغه 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 پوسته ثابت بر تعداد تقسیمات پوسته متحرک دقت ۰/۰۱ میلی‌متر را برای میکرومتر به دست آورد.

$$\text{دقت میکرومتر} = \frac{۰/۵}{۵۰} = ۰/۰۱ \text{ mm}$$

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

$$\text{دقت میکرومتر} = \frac{۱}{۱۰۰} = ۰/۰۱ \text{ mm}$$

گام پیچ و مهره در میکرومترهای اینچی $\frac{۱}{۴۰}$ اینچ است که با توجه به دقت پوسته‌ی ثابت آن که برابر $\frac{۱}{۴۰}$ 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 به‌دست می‌آید.

$$\text{دقت میکرومتر} = \frac{۰/۰۲۵}{۲۵} = ۰/۰۰۱ \text{ in}$$

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 ۲۵-۰، ۵۰-۲۵، ۷۵-۵۰، ۱۰۰-۷۵ تغییر داد.

تغییرات دامنه در میکرومترهای اینچی یک اینچ است.

اصول کار با میکرومتر

۱. قبل از اســـتفاده از میکرومتر از ســـالم بودن میکرومتر اطمینان حاصل شود.

۲. از میکرومتر مناســـب با شکل هندسی قطعه‌کار استفاده می‌شود.

۳. از میکرومتر با دامنه و دقت مناسب با قطعه‌کار استفاده می‌شود.

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

۵. میکرومتر نســـبت به کار به گونـــه‌ای قرار گیرد که در هنگام اندازه‌گیری مقادیر اندازه برای شـــخص اندازه‌گیر قابل مشاهده باشد.

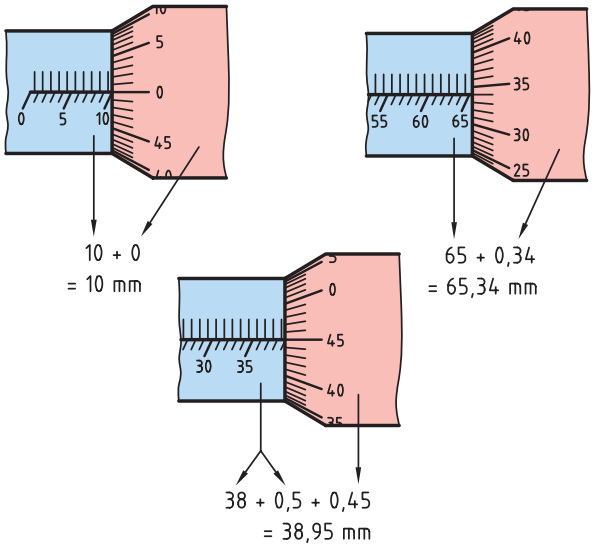
۶. در هنگامی که سطح قطعه‌کار با سطح فکّین میکرومتر در تماس است قطعه‌کار از بین فکّین کشیده نشود.

۷. درهنگام چرخاندن پوســـته‌ی متحرک انگشتان دست روی جغجغه‌ی آن قرار گیرد.

روش خواندن میکرومتر

برای خوانـــدن اندازه‌ها از روی میکرومتـــر ابتدا باید به گام پیچ و مهره آن که ارتباط مســـتقیم با دقت پوســـته‌ی ثابت دارد توجه شـــود تا به‌ازای یک دور چرخش کامل پوســـته‌ی متحرک که معادل یک گام است فاصله‌ی فکّین میکرومتر مشخص شـــود. در میکرومتری که گام و دقت پوسته‌ی ثابت آن ۰/۵ میلی‌متر است، به‌ازای چرخش هر بار پوسته‌ی متحرک، فکّین به اندازه‌ی ۰/۵ میلی‌متر فاصله می‌گیرند. در این حالت صفر پوسته‌ی متحرک روی خط شاخص پوســـته‌ی ثابت و لبه‌ی ورنیه (پوسته‌ی متحرک) روی خـــط ۰/۵ میلی‌متر قرار دارد، و در صورتی که صفر ورنیه روی خط شاخص نباشد و مثلا خط ۴۵ بعد از صفر روی خط شاخص قرار داشته باشد نیاز است که اندازه‌ی ۰/۵ با ارزش این ۴۵ خط که برابر با ۰/۴۵ میلی‌متر است جمع شود که حاصل آن فاصله‌ی بین فکّین است و برابر با ۰/۹۵ میلی‌متر می‌شود.

مثال‌های دیگر:

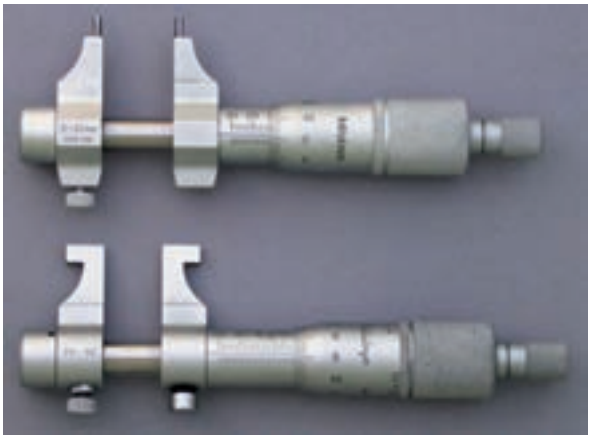


انواع میکرومتر

میکرومترها نیز با توجه به کاربرد و ساختار آن‌ها دارای انواع مختلفی هســـتند که به برخی از پرکاربردترین آن‌ها اشـــاره می‌شود. میکرومترها در سه شـــکل کلی ساده، دیجیتالی و عقربه‌دار (ساعتی) ساخته می‌شوند. میکرومترهای دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ میلی متر و ۰/۰۰۰۰۵ اینچ ساخته می‌شوند.

۱) میکرومتر داخلی

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



۲) میکرومتر عمق‌سنج

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 فک‌بشقابی

از ایـــن میکرومتـــر برای کنتـــرل چرخ‌دنده‌ها اســـتفاده 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، برقو، 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 می‌شـــود برای این منظور، دهانه‌ی میکرومترها را با توجه به بزرگ‌تریـــن و کوچک‌ترین اندازه‌ی قطعه‌کار به‌وســـیله‌ی تکه‌هـــای اندازه‌گیری تنظیم و بـــا قرار دادن قطعه‌کارهـــا در بین فک‌ها اندازه‌ی آن‌ها را کنترل کنید. از این میکرومتر بیشتر در کارهای سری استفاده شود.

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.

ساعت اندازه‌گیری

وسیله‌ای 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 ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ میلی‌متر و در سیستم اینچی دقت ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ اینچ است.

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

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:

$$\text{دقت ساعت اندازه‌گیر} = \frac{۱}{۱۰۰} = ۰/۰۱ \text{ mm}$$

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.

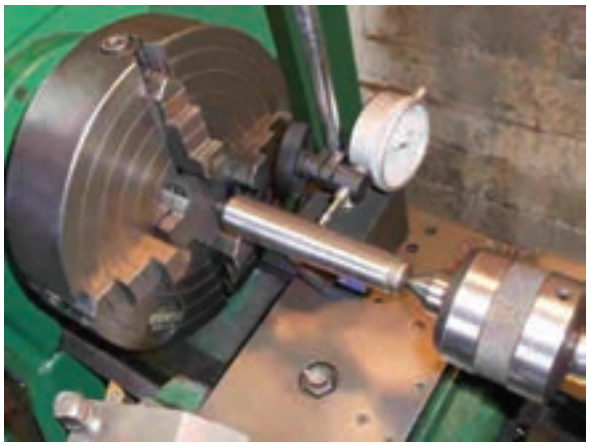
مثال: اگر دامنه‌ی ساعت اندازه‌گیر ۱۰-۰ میلی‌متر باشد، یعنی می‌تواند حداقل اندازه‌ی مثبت صفر و حداکثر اندازه‌ی ۱۰ میلی‌متر را اندازه‌گیری کند. حداکثر دامنه‌ی ساعت اندازه‌گیر با بیشترین مقدار جابه‌جایی است که میله‌ی لمس‌کننده ساعت اندازه‌گیر انجام می‌دهد و می‌توان حداکثر آن را با تعداد دورانی که عقربه‌ی 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.

نگهدارنده‌های ساعت اندازه‌گیری

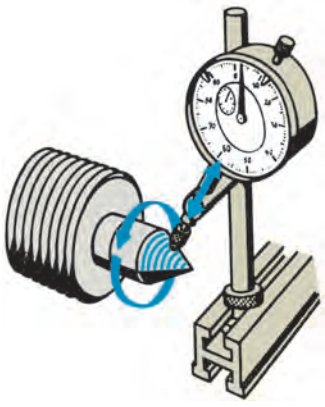
برای نگه‌داشتن و موقعیت دادن ساعت اندازه‌گیری از نگهدارنده‌های ساعت اندازه‌گیری استفاده می‌شود. این ساعت روی میله‌هایی که بر روی پایه‌ی مغناطیسی که با علامت PUSH-OFF مشخص شده است قرار دارد. نگهدارنده‌ها برحسب نوع کاری که انجام می‌دهد در انواع میله‌ای، ستونی و خرطومی کاربرد دارد. نگهدارنده‌ی ستونی بیشتر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

روش استفاده از ساعت اندازه‌گیری

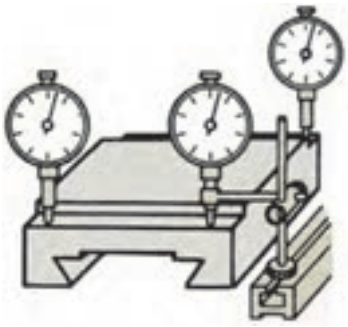
۱. برای کنترل دور بودن قطعه‌کار نسبت به محورهایی که دوران دارند، ابتدا پایه‌ی ساعت را روی سطح ثابت قرار می‌دهیم و میله‌ی لمس‌کننده را نسبت به سطح کار مماس می‌کنیم. با چرخاندن محور و تغییراتی که عقربه‌ی بزرگ ساعت اندازه‌گیر نشان می‌دهد میزان دور بودن آن را کنترل می‌کنیم.



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 به‌دست آید. آن‌گاه از تقسیم اختلاف ارتفاعی که از حرکت عقربه‌ی ساعت نسبت به طول مشخص اجسام می‌شود زاویه‌ی مخروط را به دست می‌آوریم.

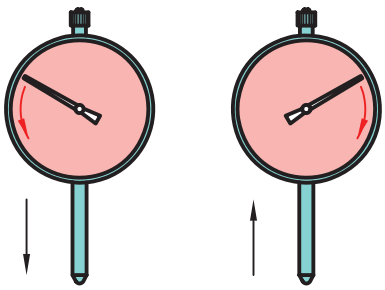


۳. برای کنترل موازی بودن یک سطح نسبت به سطح دیگر (لبه‌ی دیگر نسبت به‌دستگاه) ابتدا پایه را روی ستون دستگاه قرار می‌دهیم میله‌ی لمس کننده‌ی ساعت را به سطح فک ثابت گیره مماس و با حرکت طولی گیره نسبت به ساعت میزان انحراف آن را اندازه می‌گیریم.



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.



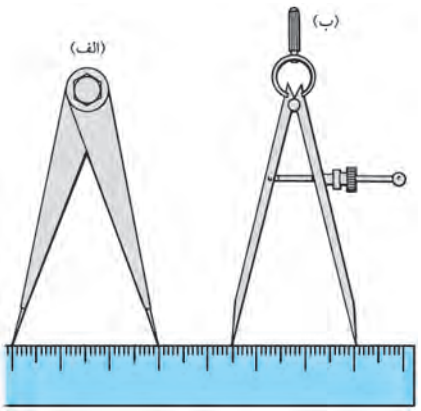
سایر وسایل اندازه‌گیری و کنترل

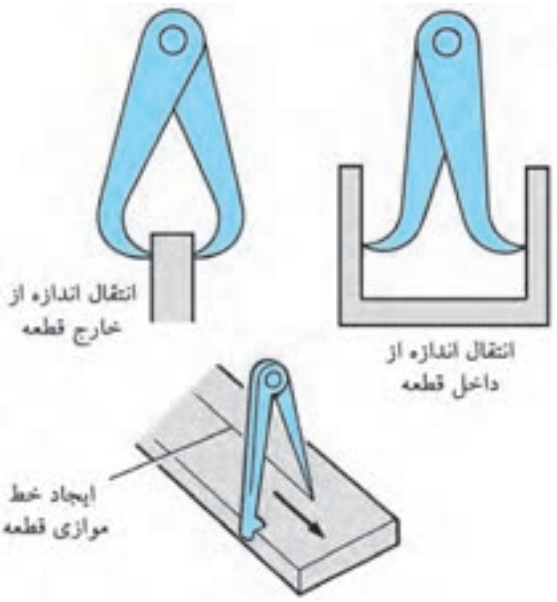
پرگار

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 می‌شود.

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.

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.

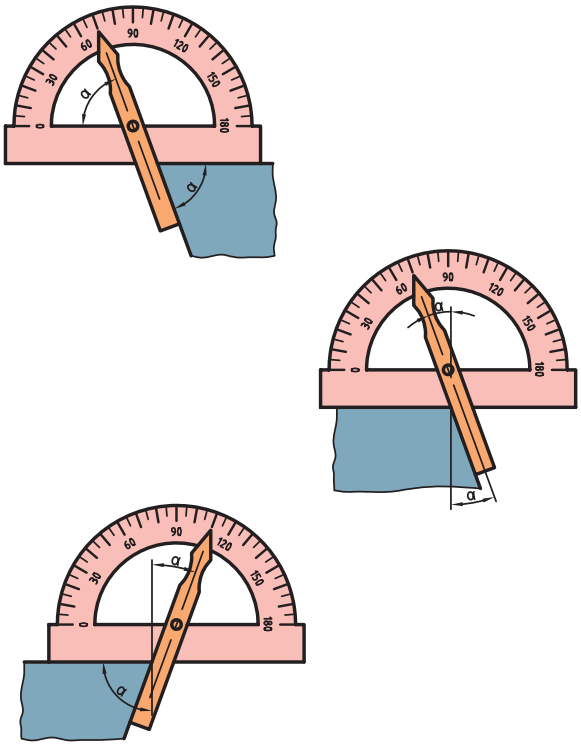
روش استفاده از زاویه‌سنج ساده

۱. صفحه‌نقاله را روی سطح کار قرار می‌دهیم.

۲. خط‌کش را جابه‌جا می‌کنیم تا روی سطح قطعه مماس شود.

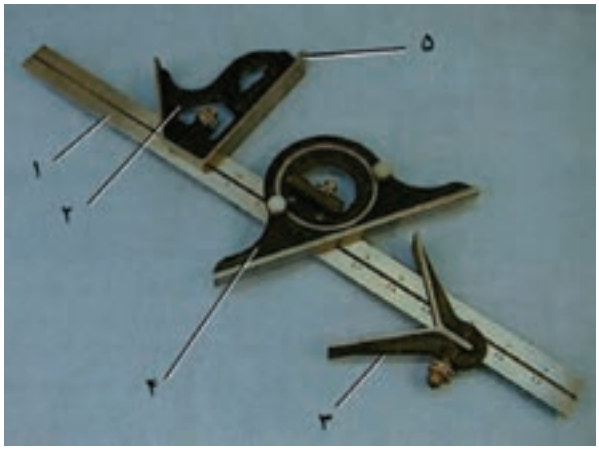
۳. مقدار اندازه‌ای زاویه را از طریق شاخص روی خط‌کش که در راستای یکی از خطوط نقاله قرار گرفته است می‌خوانیم.

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



گونیای 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 گونیایی، مرکزیاب، نقاله است.



۱) خط‌کش

این خط‌کش دارای دقت اینچ و میلی‌متر است که دقت اندازه‌ی آن مانند خط‌کش‌های معمولی است.

۲) سرگونیایی

این ابزار به‌تنهایی می‌تواند زاویه تعامد دو سطح نسبت به یکدیگر را کنترل کند و زاویه‌ی ۶۰ درجه‌ی سطوح کار را نسبت به سطوح افقی و زاویه‌ی ۳۰ درجه کار را نسبت به سطوح عمودی کنترل کند و ترازی روی آن قرار داده شده است که می‌توان عمل تختی سطوح را نیز کنترل کرد. سر گونیایی به همراه خط‌کش مانند یک ارتفاع‌سنج عمل می‌کند.

۳) مرکزیاب

مرکزیاب دارای دو یال با زاویه ۹۰ درجه است که شیاری در وسط آن قرار دارد و محلی برای قرار گرفتن خط‌کش است که به وسیله‌ی آن می‌توان عمل مرکزیابی سطوح گرد را انجام داد.

۴) زاویه‌یاب

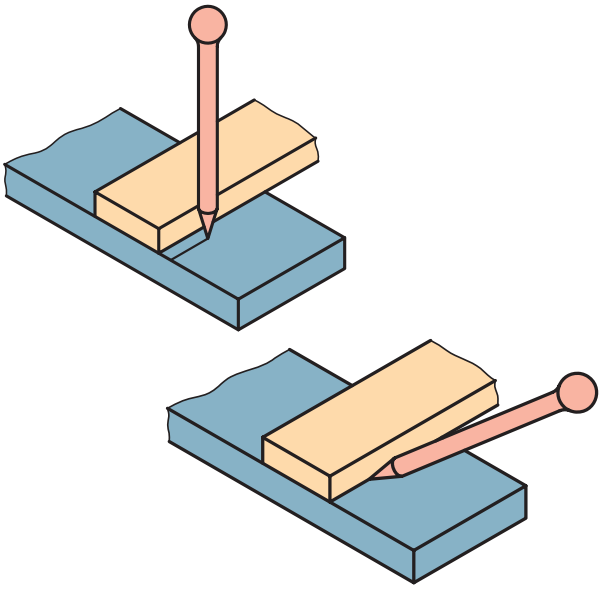
زاویه‌یاب دارای صفحه نقاله‌ای است که دارای دقت یک درجه و دامنه‌ی ۱۸۰ درجه است و با توجه به ترازی که روی آن قرار دارد به تنهایی می‌تواند شیب سطوح کار را نسبت به سطح افق نشان دهد. قسمت متحرکی نیز در وسط صفحه‌نقاله قرار دارد که شیاری روی آن است و محل قرارگیری خط‌کش است که پس از قرار دادن خط‌کش داخل شیار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

۵) سوزن خط‌کش

از سوزن خط‌کش برای ترسیم خطوط و انتقال اندازه روی قطعه‌کار استفاده می‌شود. جنس سوزن خط‌کش برای ترسیم روی سطوح سخت و خشن از جنس فولاد آب‌دیده است. زاویه‌ی سر این سوزن خط‌کش‌ها در حدود ۱۰ الی ۱۵ درجه است.

برای ترسیم خطوط، نوک سوزن باید تیز باشد تا خطوط با ضخامت کم روی قطعه‌کار ترسیم شود. برای این منظور نوک سوزن خط‌کش را با استفاده از سنگ تیز کنید. برای محافظت از نوک سوزن و همچنین ایمنی، نوک آن را درون چوب‌پنبه 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 بیفتد.



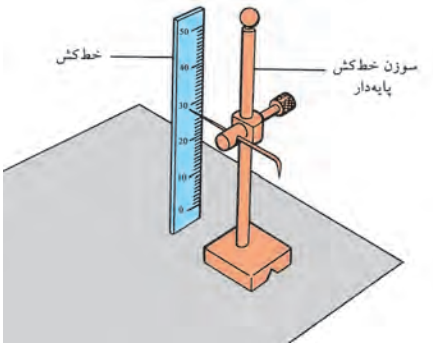
سوزن خط‌کش پایه‌دار

از این وسیله می‌توان برای علامت‌گذاری و همچنین کشیدن خط مستقیم با ارتفاع مشخص روی قطعه‌کار استفاده کرد.

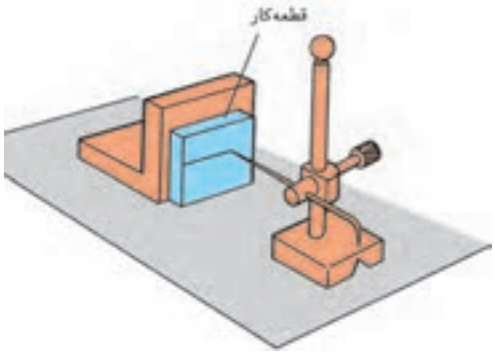
روش به‌کارگیری سوزن خط‌کش پایه‌دار

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

۲. ارتفـــاع اندازه‌ای را که می‌خواهیم روی قطعه‌کار خط ترسیم شود، مشخص می‌کنیم.



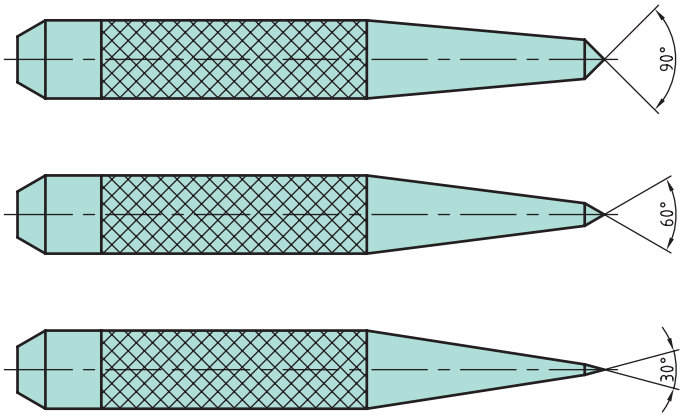
۳. با حرکت پایه‌ی سوزن خط‌کش، روی سطح صفحه‌ی صافی روی قطعه‌کار علامت می‌زنیم.



سنبه

برای عمل نشـــانه‌زنی روی ســـطح کار از ســـنبه استفاده می‌شود که برحسب نوع اســـتفاده، شکل‌ها و کاربردهای مختلفی دارد.

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



سنبه خود مرکزیاب

با توجه به شـــکل قسمت ســـوراخ مخروطی که سنبه در مرکـــز آن قرار دارد در محیط کار قـــرار می‌گیرد. تا نوک ســـنبه در مرکز کار بنشیند و سپس عمل زدن ضربه انجام شود.

دستورکار شماره‌ی 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.

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

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

تاریخ بررسی و امضای هنرآموز محترم

دستورکار شماره‌ی ۴

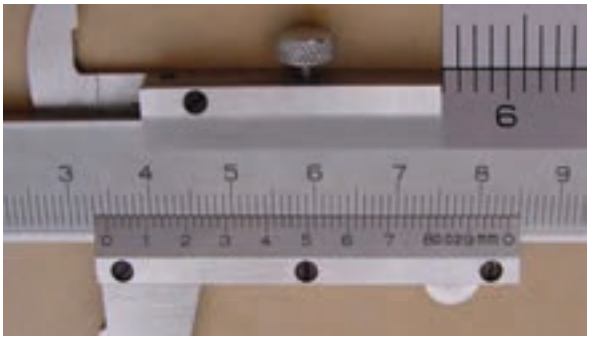
اندازه‌خوانی

(۳۰ دقیقه)

اندازه‌های مربوط به هر وسیله را زیر آن بنویسید.

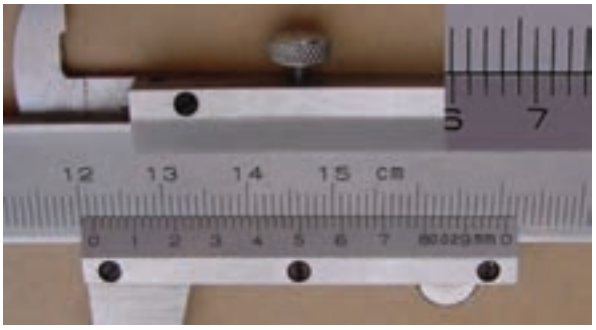
نتایج به دست آمده را برای ارزشیابی به هنرآموز محترم خود ارائه دهید.

.....



.....

.....



.....

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

تاریخ بررسی و امضای هنرآموز محترم

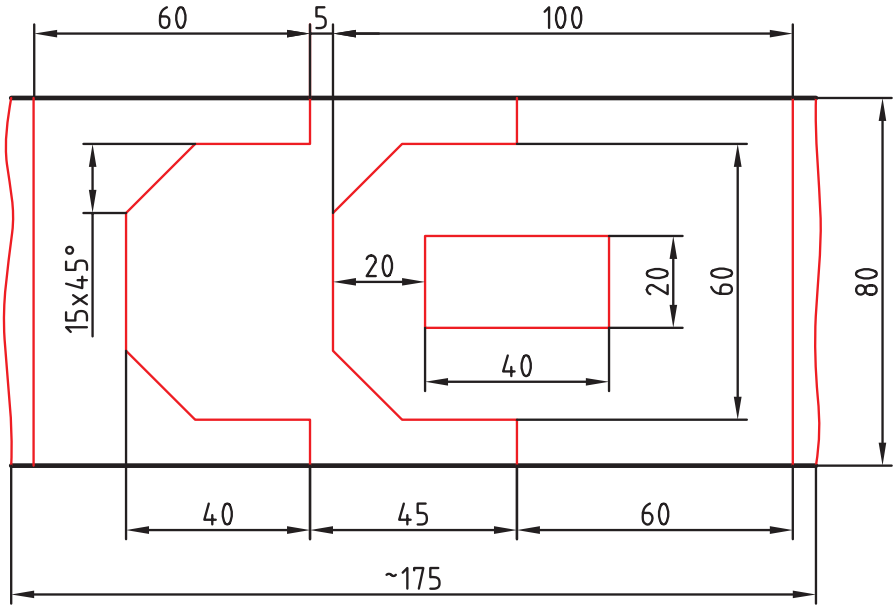
دستورکار شماره‌ی ۵

خط‌کشی

(۳۰ دقیقه)

قطعه‌کاری به ابعاد ۵×۸۰×۱۶۳ تهیه کنید.

سپس قطعه را مطابق با نقشه‌ی ارائه شده خط‌کشی کنید.



جدول ابزار

نام ابزار	نام ابزار
قطعه‌کار	خط‌کش فلزی
صفحه صافی	کولیس
سوزن خط‌کش	لباس کار
سوزن خط‌کش پایدار	

ارزشیابی پایانی

◄ نظری

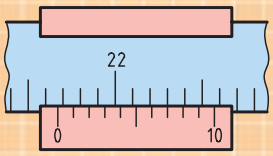
۱. دلایل نیاز به اندازه‌گیری را بنویسید.

۲. نزدیکی توافقی میان نتایج اندازه‌گیری‌های پیاپی را که تحت شرایط یکسان اندازه‌گیری روی اندازه انجام می‌شود..... گویند.

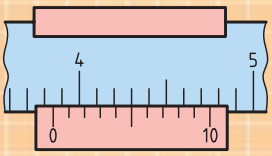
۳. اجزا و اضعاف متر را نام ببرید.

۴. چگونه می‌توان اندازه‌ی اینچی را به میلی‌متری و بالعکس تبدیل کرد؟

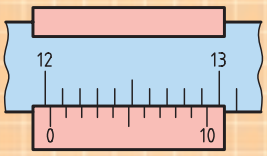
۵. اندازه‌های نشان داده شده‌ی شکل‌های زیر را بخوانید.



.....



.....



.....

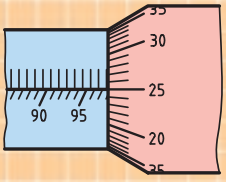
۶. انواع کولیس را نام ببرید.

۷. اجزای میکرومتر را نام ببرید.

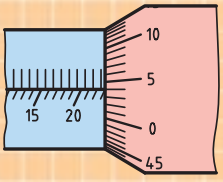
۸. روش خواندن میکرومتر میلی‌متری و اینچی را بنویسید.

۹. انواع میکرومتر را نام ببرید.

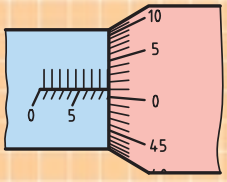
۱۰. اندازه‌های نشان داده شده‌ی شکل‌های زیر را بخوانید.



.....



.....



.....

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 سنبه را توضیح دهید.

توانایی اره‌کاری

◄ 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		
نظری	عملی	جمع
۲	۸	۱۰

پیش‌آزمون

۱. روش عمل برش‌کاری 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 قطعه‌کار بین فکّین گیره را بنویسید.

۵. طریقه‌ی به‌دست گرفتن کمان اره را شرح دهید.

۶. نحوه‌ی قرارگیری در هنگام اره‌کاری چگونه است؟

۷. در شکل مقابل جهت اره‌کاری کدام است؟