بسم الله الرحمن الرحیم

اندازه‌گیری دقیق

رشته‌های ساخت و تولید ـ نقشه‌کشی عمومی

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی وحرفه‌ای

شمارهٔ درس ۱۵۳۸

۵۳۰/۸ الف ۸۷۷ م/ ۱۳۹۱

مهرزادگان، محمد

اندازه‌گیری دقیق/مؤلف : محمد مهرزادگان.ــ تهران : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۱.

۱۶۹ ص : مصور. ــ (شاخهٔ آموزش فنی وحرفه‌ای : شمارهٔ درس ۱۵۳۸)

متون درسی رشته‌های ساخت و تولید ــ نقشه‌کشی عمومی، زمینهٔ صنعت.

برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا : کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته‌های ساخت و تولید ــ نقشه‌کشی عمومی دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی وحرفه‌ای و کاردانش، وزارت آموزش و پرورش.

اندازه‌گیری دقیق. الف. مهرزادگان، محمد. ب. ایران. وزارت آموزش وپرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته‌های ساخت و تولید ــ نقشه‌کشی عمومی. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۹۱

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خـود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) **info@tvoccd.sch.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.sch.ir**

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **اندازه‌گیری دقیق ـ ۴۷۳/۱**

مؤلف : **مهندس محمد مهرزادگان**

اعضای کمیسیون تخصصی : **دکتر غلامحسین پایگانه، مهندس عزیز خوشینی، مهندس حسن عبداللهزاده، مهندس احمدرضا دوراندیش، مهندس حسن امینی ، مهندس حسن آقابابایی ، مهندس محمدسعید کـافی ، مهندس محمدخواجه حسینی ، مهندس ابوالحسن موسوی، مهندس سیدحسین حسنی و مهندس محمد مهرزادگان**

ویراستار : **دکتر حسین داوودی**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ چاپ و توزیع کتاب‌های درسی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

مدیر امور فنی و چاپ : **سیّد احمد حسینی**

رسام : **زهره‌سادات حسینی شجاعی**

طراح جلد : **محمّدحسن معماری**

صفحه‌آرا : **شهرزاد قنبری**

حروفچین : **کبری اجابتی**

مصحح : **نوشین معصوم‌دوست ، فرشته ارجمند**

امور آماده‌سازی خبر : **ناهید خیام‌باشی**

امور فنی رایانه‌ای : **حمید ثابت کلاچاهی، سیّده شیوا شیخ‌الاسلامی**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

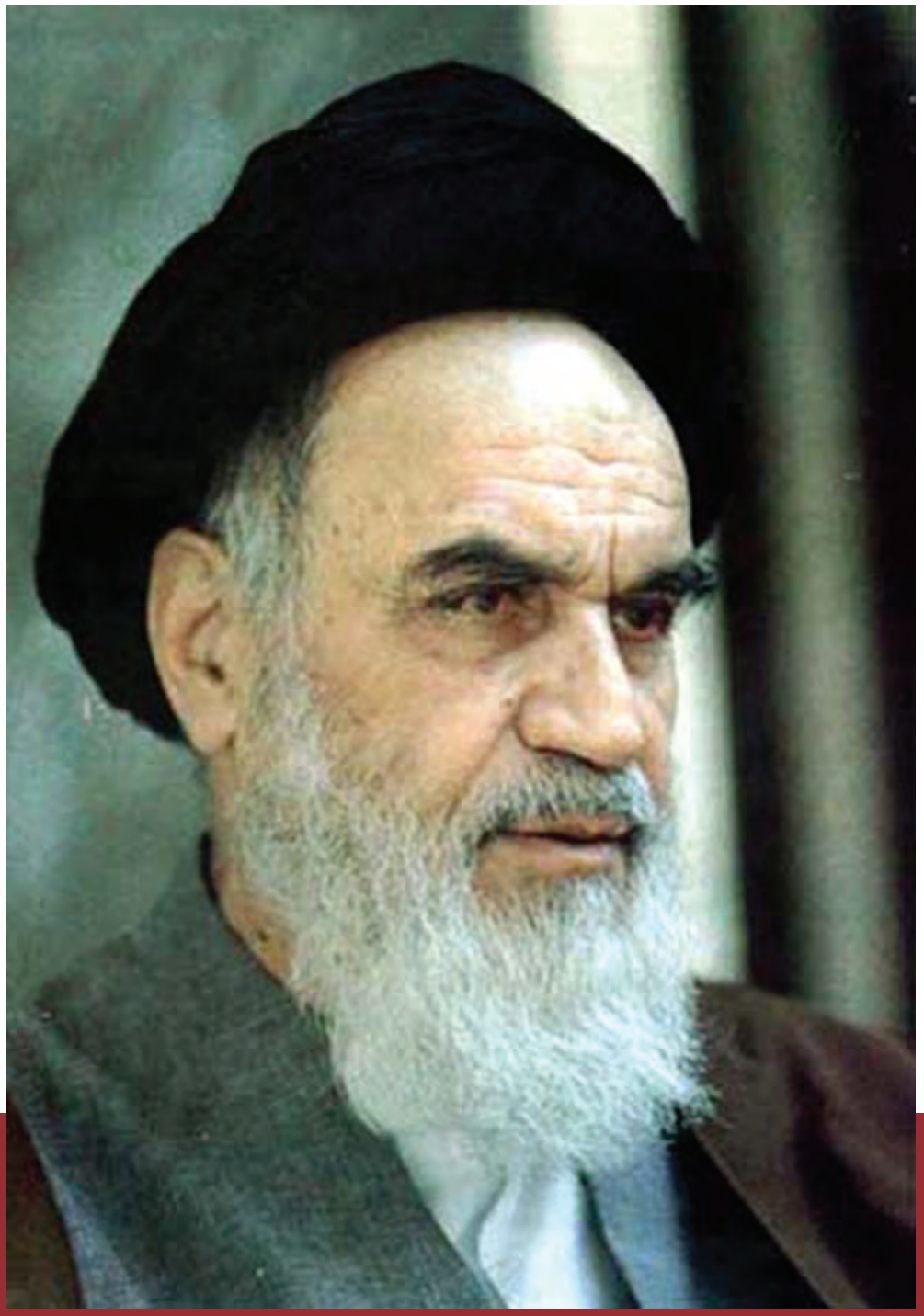
تلفن : ۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

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

سال انتشار : **۱۳۹۱**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک X-۱۸۶۲-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1862-X



از شماست که مردان و زنان بزرگ تربیت می‌شود. شماها در تحصیل کوشش کنید که برای فضایل اخلاقی، فضایل اعمالی مجهز شوید. شما برای آتیه مملکت ما جوانان نیرومند تربیت کنید. دامان شما یک مدرسه‌ای است که در آن جوانان بزرگ تربیت بشود. شما فضایل تحصیل کنید تا کودکان شما به فضیلت برسند.

امام خمینی (ره)

فهرست

فصل اول

مبانی اندازه‌گیری دقیق ۱

فصل دوم

تجهیزات اساسی و پایه ۱۹

فصل سوم

مترها و خط‌کش‌ها ۳۹

فصل چهارم

کولیس‌ها ۴۷

فصل پنجم

میکرومتر ۷۳

فصل ششم

ساعت‌های اندازه‌گیری ۹۶

فصل هفتم

تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل زوایا ۱۱۶

فصل هشتم

اندازه‌گیرهای ثابت ۱۳۸

فصل نهم

روش‌های اندازه‌برداری قطعات صنعتی ۱۵۵

منابع ۱۶۹

سخنی با همکاران

سپاس فراوان خداوند بزرگ را که مجدداً توفیق فرمود تا بتوانم کتاب اندازه‌گیری دقیق با رویکرد جدا نمودن مباحث عملی از کتاب نظری تألیف کنم. لذا توجه اساتید، همکاران، هنرآموزان و مجریان محترم برنامه‌های آموزشی را به نکات زیر جلب می‌نمایم :

۱ــ تدریس کتاب نظری و عملی توسط یک هنرآموز انجام شود.

۲ــ ساعت عملی در ادامهٔ نظری اجرا شود.

۳ــ تعداد هنرجویان از ۶۱ نفر بیش‌تر نباشد.

۴ــ کلاس نظری و عملی در محل آزمایشگاه برگزار شود.

۵ــ در اجرای برنامه آموزشی، وسایل اندازه‌گیری به هنرجویان نشان داده شده و حتی‌المقدور به گونه‌ای باشد که از نزدیک لمس نموده تا بهتر به خاطرشان سپرده شود.

۶ــ در موقع تدریس نحوهٔ درجه‌بندی تجهیزات اندازه‌گیری، وسیلهٔ مربوطه در اختیار هر یک از هنرجویان قرار داده شود، به گونه‌ای که آن‌ها در آموزش مشارکت نمایند.

۷ــ هنرآموز محترم با شیوه‌ای مناسب نسبت به مشارکت هنرجویان در پاسخ، به سؤالات انتهای هر فصل اقدام نماید.

۸ــ در پایان هر فصل برای درک بهتر هنرجویان امتحان کلاسی از همان فصل گرفته شده و نمرهٔ آن به عنوان نمرهٔ کلاسی هنرجو منظور گردد.

در خاتمه با سعی و تلاش و دقتی که در تدوین این کتاب به عمل آمده است لیکن اذعان می‌نمایم که فاقد اشکال نیست لذا پیشاپیش از همکاران و اساتید و مجریان محترم عذرخواهی نموده و از هر طریقی که یادآور شوند سپاس‌گزاری می‌شود.

با تشکر ــ محمد مهرزادگان

فصل ۱

مبانی اندازه‌گیری دقیق

هدف‌های رفتاری : در این فصل فراگیر ابتدا به طور مختصر با تاریخچهٔ متر و یارد استاندارد و آخرین تعریف متر و یارد استاندارد آشنا می‌شود. سپس، واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای متریک و انگلیسی را فرا می‌گیرد و در ادامه کمیّت‌های اصلی، فرعی، مفاهیم و اصطلاحات پایه که در اندازه‌گیری ابعاد رایج است، آموزش می‌بینند. در این صورت می‌تواند :

۱ـ تاریخچهٔ متر و یارد استاندارد را بیان کند.

۲ـ دستگاه یکاهای متریک و انگلیسی را شرح دهد.

۳ـ اصول و مفاهیم پایه در اندازه‌گیری را شرح دهد.

۴ـ خطاهای اندازه‌گیری را شرح دهد.

۵ ـ شرایط آزمایشگاه اندازه‌گیری را توصیف نماید.

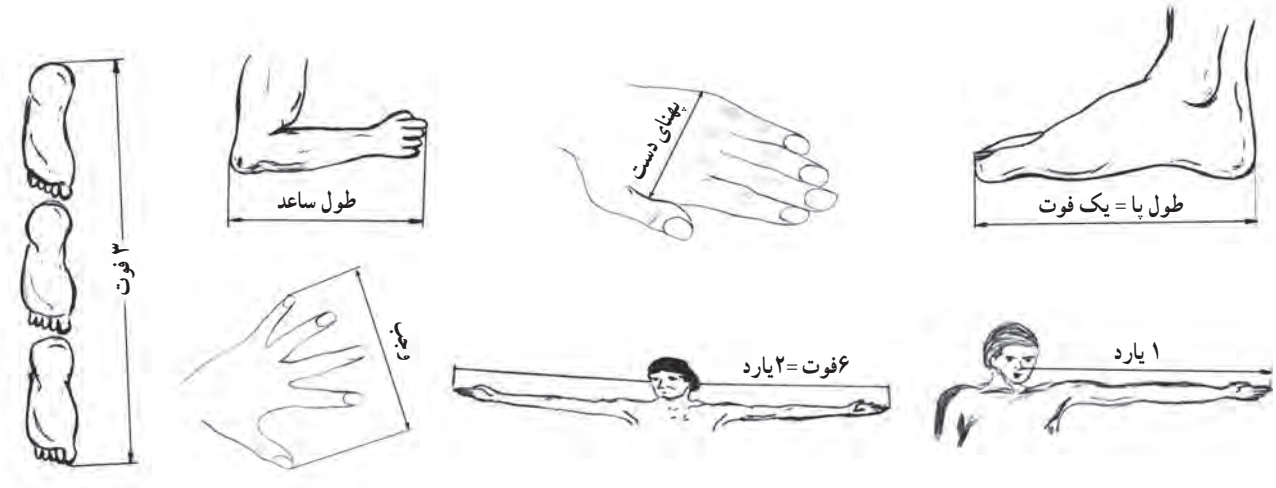
عناوین این فصل عبارتند از :

- ✓ **تاریخچه**
- ✓ **دستگاه یکاهای اندازه‌گیری (سیستم‌های اندازه‌گیری)**
- ✓ **اصول و مفاهیم پایه**
- ✓ **شرایط آزمایشگاه اندازه‌گیری**
- ✓ **اصول کلی استفاده و نگه‌داری وسایل اندازه‌گیری**

تاریخچهٔ اندازه‌گیری

به‌طور کلی اندازه‌گیری قِدمتی به اندازه تاریخ دارد و زندگی انسان با تکامل و پیشرفت تکنولوژی توسعه یافته و همگام با آن استانداردها شکل گرفته و استانداردهای طول که از اولین استانداردهاست، تغییر و تکامل یافته است.

از دیرباز، بشر برای اندازه‌گیری طول از ابزارهای قابل دسترس، که طبعاً این وسایل می‌توانند اعضای بدن انسان باشند، استفاده می‌نموده است. از آن جمله از طول پا، قدم، وجب، پهنای چهار انگشت، فاصلهٔ نُک انگشت وسط تا آرنج، فاصله نُک بینی تا سر انگشت دست و... استفاده می‌شده است . معمولاً مقدار شاخص‌های فوق براساس طول اعضای بدن پادشاهان و حاکمان انتخاب می‌شده، که با تغییر حکومت‌ها در اثر جنگ‌ها و سایر عوامل و ایجاد پادشاهی‌ها و حکومت‌های جدید، نوع شاخص‌ها و مقدار آن‌ها تغییر می‌یافته است. هم‌چنین، با توجه به توسعه و گوناگونی جمعیت‌ها وکشورها، واحدهای اندازه‌گیری طول ثابت نمانده و متعدد شده‌اند، که این موضوع در ارتباط بین قومیت‌ها و ملیت‌ها ایجاد مشکل کرده است. تصاویر زیر، نمونه‌هایی از شاخص‌های اندازه‌گیری طول را نشان می‌دهد (شکل ۱ــ۱).



شکل ۱ــ۱ــ نمونه‌هایی از شاخص‌های اندازه‌گیری طول

دستگاه یکاهای اندازه‌گیری (سیستم‌های اندازه‌گیری)

دستگاه یکاهای متریک (سیستم متریک) : این دستگاه از متداول‌ترین دستگاه‌های اندازه‌گیری است که اکثر کشورهای دنیا از آن استفاده می کنند . مشخصهٔ بارز این سیستم ده‌دهی بودن آن است، به این معنی که در تبدیل واحدها هیچ مقداری از بین نمی‌رود و اشتباهات آن نیز کم‌تر است و نمایش آن می‌تواند به صورت خطی باشد، نه کسری و چنان‌چه کسری باشد مخرج آن به صورت مضرب عدد ده نوشته می‌شود. هم‌چنین دقت تجهیزات اندازه‌گیری با یکاهای متریک نسبت به یکاهای انگلیسی نیز بالاتر است. برای مثال، دقت کولیس‌های ورنیه‌دار اینچی به ۰/۰۰۱ inch می‌رسد، که معادل ۰/۰۲۵۴ mm می‌شود، در حالی که دقت کولیس‌های ورنیه‌دار میلی‌متری به ۰/۰۲ mm می‌رسد. این سیستم (متریک)، با توجه به گسترش و فراگیریش در دنیا، به نام دستگاه بین‌المللی یکاها (SI) معروف شده است.

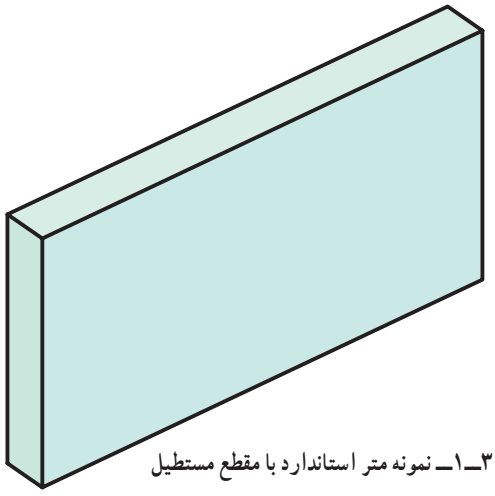
واحد اصلی طول در دستگاه یکاهای متریک، متر است که با مضرب ده قابل تبدیل به یکاهای بزرگ‌تر و کوچک‌تر است.

مبنای متر استاندارد : تاکنون تعاریف مختلفی برای متر استاندارد ارائه شده که اولین و آخرین آن عبارت است از :

اولین تعریف متر استاندارد : در سال ۱۷۹۱ میلادی متر بر مبنای طول نصف‌النهار کره زمین که از پاریس می‌گذشت تعریف شد.

شکل ۲ــ۱ــ متر استاندارد

➢ بر این اساس $\frac{۱}{۴۰,۰۰۰,۰۰۰}$ طول نصف‌النهار کرهٔ زمین، که از پاریس می‌گذشت به عنوان متر استاندارد شناخته شد (شکل ۲ــ۱).



شکل ۳ــ۱ــ نمونه متر استاندارد با مقطع مستطیل

توجه : براساس تعریف فوق دو نمونه متر استاندارد مطابق زیر ساخته شده است :

«در سال ۱۷۹۹ میلادی منشوری از جنس پلاتین و با مقطع مستطیل شکل و به ابعاد (۴×۲۵ mm) ساخته شد (شکل ۳ــ۱)».

شکل ۴ــ۱ــ نمونه متر استاندارد با مقطع x

«در سال ۱۸۸۹ میلادی منشوری با مقطع X و از جنس آلیاژ پلاتین ایریدیم ساخته و به نام متر مبنا شناخته شد و در اولین کنفرانس اوزان و مقادیر مورد تصویب قرار گرفت. متر مبنا هنوز هم در موزهٔ لوور فرانسه نگه‌داری می‌شود (شکل ۴ــ۱)».

۱ـ آخرین تعریف متر استاندارد: در اکتبر سال ۱۹۸۳ میلادی و در هفدهمین کنفرانس اوزان و مقادیر (در پاریس) تعریف زیر برای متر استاندارد براساس سرعت سیر نور در خلأ ارائه شد :

- یک متر عبارتست از مسافتی که نور در خلأ در کسری از ثانیه ($\frac{۱}{۲۹۹,۷۹۲,۴۵۸}$) طی می‌نماید.

برای متر، واحدهای کوچک‌تر و بزرگ‌تری مطابق جدول زیر تعریف شده است :

جدول ۱ــ۱ ــ واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای متریک

ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (m)
۱	پیکومتر	Pm	Pico meter	$۱۰^{-۱۲}$
۲	آنگستروم	A	Angstrom	$۱۰^{-۱۰}$
۳	نانومتر	nm	Nano meter	$۱۰^{-۹}$
۴	میکرون	Mm	Micro meter	$۱۰^{-۶}$
۵	میلی‌متر	mm	Mili meter	$۱۰^{-۳}$
۶	سانتی‌متر	Cm	Canti meter	$۱۰^{-۲}$
۷	دسی‌متر	dm	Deci meter	$۱۰^{-۱}$
۸	متر	m	meter	۱
۹	دکامتر	d	Deca meter	۱۰
۱۰	هکتومتر	h	Hecto meter	$۱۰^{۲}$
۱۱	کیلومتر	Km	Kilo meter	$۱۰^{۳}$
۱۲	مگامتر	Mm	Mega meter	$۱۰^{۶}$
۱۳	گیگامتر	Gm	Giga meter	$۱۰^{۹}$
۱۴	ترامتر	Tm	Tera meter	$۱۰^{۱۲}$

دستگاه یکاهای انگلیسی (سیستم انگلیسی): این دستگاه که به نام سیستم اینچی نیز معروف است در کشورهای اروپایی، آمریکایی و کشورهایی که از تجهیزات با سیستم اندازه‌گیری اینچی استفاده می‌نمایند کاربرد دارد. در خصوص مبنای طول در این دستگاه گفتنی است :

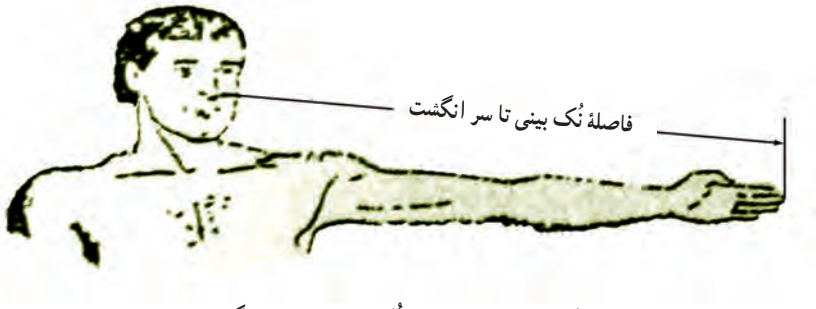
۱ــ حدود سال ۱۳۵۰ میلادی ادوارد اول پادشاه انگلیس طول استخوان زیرین ساعد (ULNA) خود را به عنوان واحد اندازه‌گیری طول معرفی نمود. «بر این اساس یک اُولنا عبارت است از طول ساعد ادوارد اول پادشاه انگلیس». واحد بزرگ‌تر اولنا، پِرچ است و هر پِرچ معادل پنج‌ونیم اولناست (شکل ۵ــ۱).

۲ــ در قرن سیزدهم میلادی هِنری اول پادشاه انگلستان طول پای خود را به عنوان یک فوت برای اندازه‌گیری طول معرفی نمود (شکل۶ــ۱).

شکل ۵ــ۱ــ طول ساعد انسان

شکل ۶ــ۱ــ طول پا

هم‌چنین فاصلهٔ نُک بینی تا سر انگشت دست خود را نیز به‌عنوان یارد استاندارد اعلام نمود (شکل ۷ــ۱).



شکل ۷ ــ۱ــ فاصلهٔ نُک بینی تا سر انگشت

۲ـ آخرین تعریف یارد استاندارد: در سال ۱۹۶۰ میلادی در آمریکا هر یارد معادل $\frac{۳۶۰۰}{۳۹۳۷} = ۰/۹۱۴۴$ متر استاندارد تعریف شد. بـه‌عبارتـی تعریف بنیادین بـرای یـارد استاندارد بـراساس متر استانـدارد مـی‌بـاشد (۱Yard ≅ ۹۱/۴۴). جدول (۲ــ۱) واحدهای کوچک‌تر و بزرگ‌تر از یارد را نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ۱ــ واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای انگلیسی (اینچی)

ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (Yard)
۱	اینچ	in	Inch	$\frac{۱}{۳۶}$Yard
۲	فوت	ft	Foot	$\frac{۱}{۳}$Yard
۳	یارد	yd	Yard	۱Yard
۴	مایل	ml	Mile	۱۷۶۰Yard

توجه:

۱ــ ضرائب تبدیل یکاهای دستگاه یکاهای انگلیسی به دستگاه بین‌المللی یکاها

$1yd = 3ft = 36in = 91/44\ cm$

$1ft = 12in = 30/48\ cm = 304/8\ mm$

$1in = 2/54\ cm = 25/4\ mm$

۲ــ اجزای اینچ $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \frac{1}{64}, \frac{1}{128}$

و هم‌چنین : $\frac{1}{10}, \frac{1}{100}, \frac{1}{1000}, \frac{1}{10000}$

واحدهای اندازه‌گیری زاویه

برای اندازه‌گیری زوایا در دستگاه یکاهای متریک و انگلیسی از واحدهای زیر استفاده می‌شود :

جدول ۳ــ۱ــ واحدهای اندازه‌گیری زاویه

ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (درجه)
۱	درجه	°	Degree	۱
۲	دقیقه	'	Minute	$\frac{1}{60}$
۳	ثانیه	"	Second	$\frac{1}{3600}$
۴	رادیان	R	Radian	۰/۰۱۷
۵	گراد	G	Grad	۱/۱۱۱
نسبت‌های تبدیل :				$\frac{D}{360} = \frac{R}{2\pi} = \frac{G}{400}$

در جدول فوق :

D = مقدار زاویه برحسب درجه

R = مقدار زاویه برحسب رادیان

G = مقدار زاویه برحسب گراد

اصول و مفاهیم پایه

کمیّت: به هر چیز که قابل افزایش و کاهش باشد و نیز بتوان تساوی میان دو مقدار از آن را به دقت بیان کرد «کمیّت‌فیزیکی» گویند.

کمیّت پایه / اصلی: به کمیّتی که به صورت مستقل از سایر کمیّت‌ها در یک دستگاه کمیّت قرار داشته باشد «کمیّت‌پایه» یا «کمیّت‌اصلی» گویند، مانند کمیّت‌طول، کمیّت جرم، کمیّت‌زمان و... .

کمیّت فرعی: کمیّتی است که بر مبنای کمیّت‌های پایه تعریف می‌شود، مانند کمیّت سرعت، کمیّت نیرو، کمیّت شتاب و ...

کمیّت تأثیرگذار: در اندازه‌گیری کمیّت‌ها برخی کمیّت‌های دیگر روی کمیّت مورد اندازه‌گیری اثر می‌گذارد در حالی که خود مورد اندازه‌گیری قرار نمی‌گیرند. مانند کمیّت دما در اندازه‌گیری کمیّت طول. به‌عنوان مثال طول یک میلهٔ فولادی در دمای ۲۰ درجه با طول همان میله در دمای ۳۰درجه تفاوت دارد.

یکای اندازه‌گیری (واحد اندازه‌گیری): مقیاسی است برای سنجش کمیّت‌ها از همان جنس. مانند متر برای اندازه‌گیری طول، کیلوگرم برای اندازه‌گیری جرم و...

نماد یکای اندازه‌گیری: علامتی است که به طور قراردادی برای نمایش یکای اندازه‌گیری مشخص می‌شود . مانند m برای متر، kg برای جرم و...

دستگاه کمیّت‌ها: به مجموعه‌ای از کمیّت‌ها به مفهوم عام که میان آن‌ها رابطهٔ تعریف شده‌ای وجود دارد، «دستگاه کمیّت‌ها»گویند. مانند دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)، دستگاه یکاهای انگلیسی (FPS)

جدول ۴ــ۱ــ یکاهای پایه

کمیّت	نام	نماد
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	S
جریان الکتریکی	آمپر	A
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
شدت روشنایی	کاندلا	Cd

دستگاه بین‌المللی یکاها (SI): این دستگاه براساس هفت یکای پایه مطابق (جدول ۴ــ۱) تدوین شده است.

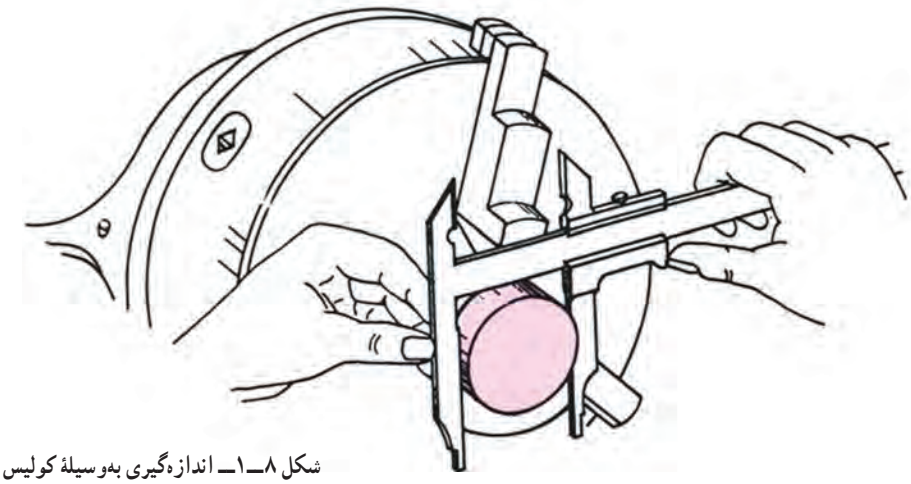
جدول ۵ــ۱ــ یکاهای فرعی

کمیّت	نام	نماد
نیرو	نیوتن	N
انرژی	ژول	J
فشار	پاسکال	Pa

برخی از یکاهای فرعی و نمادهای ویژهٔ آن‌ها در سیستم بین‌المللی در جدول ۵ــ۱ آمده است :

اندازه‌شناسی: به دانش اندازه‌گیری ابعادی «اندازه‌شناسی» یا «اندازه‌شناختی» گویند. بیان این مفهوم با کلمهٔ مترولوژی نیز رایج است.

اندازه‌گیری : به مجموعه عملیاتی که انجام می‌شود تا اندازهٔ یک کمیّت فیزیکی براساس یکی از یکاهای قانونی تعیین شود، اندازه‌گیری گویند، مانند اندازه‌گیری به وسیله کولیس (شکل۸ــ۱).



شکل ۸ــ۱ــ اندازه‌گیری به‌وسیلهٔ کولیس

وسیلهٔ اندازه‌گیری : به وسیله‌ای که برای انجام اندازه‌گیری یا اندازه‌گیری‌های مشخص به‌کار می‌رود، «وسیلهٔ اندازه‌گیری» گویند، مانند خط‌کش، کولیس، میکرو متر و... (شکل۹ــ۱).

شکل ۹ ــ۱ــ صفحهٔ خط‌کش تخت

استاندارد وسایل اندازه‌گیری : وسایل اندازه‌گیری جزءِ تجهیزات استاندارد شده می‌باشند و براساس استانداردهای بین‌المللی یا ملی طراحی، ساخته و آزمایش می‌شوند. این استانداردها راهنمایی برای مشخصات، قابلیت تفکیک، گسترهٔ اندازه‌گیری، جنس، روش‌های درجه‌بندی، مقدار خطاهای مجاز، اندازهٔ اجزا، روش ساخت، اندازه‌گیری و کالیبراسیون می‌باشند. به‌عنوان مثال : استاندارد ISIRI ۱۹۸۰ مخصوص کولیس ورنیه ۰/۱ و ۰/۰۵ میلی‌متر و استاندارد ISO ۸۵۱۲ــ۱, ISO ۸۵۱۲ــ۲ مخصوص صفحه صافی‌ها و استاندارد.

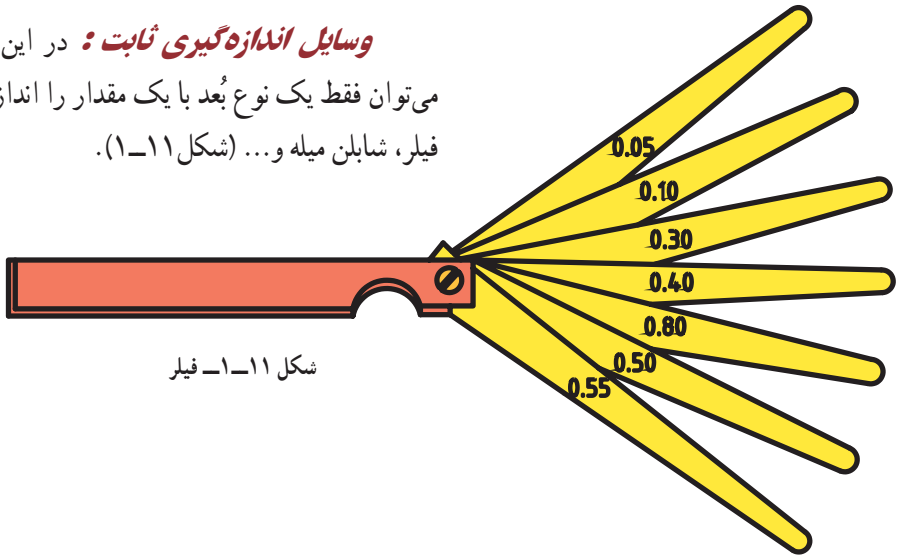
DIN ۸۷۵ : مخصوص گونیاها است.

وسایل اندازه‌گیری به دو دستهٔ ثابت و متغیر تقسیم می‌شوند.

وسایل اندازه‌گیری متغیر : با یک نوع وسیله می‌توان یک یا چند نوع بُعد با اندازه‌های مختلف را به لحاظ مقدار، اندازه گرفت. مانند کولیس، میکرومتر، زاویه سنج و ... (شکل۱۰ــ۱).

شکل ۱۰ــ۱ــ میکرومتر

وسایل اندازه‌گیری ثابت : در این دسته از وسایل، با یک نوع وسیله می‌توان فقط یک نوع بُعد با یک مقدار را اندازه‌گیری نمود، مانند شابلن شعاع‌سنج، فیلر، شابلن میله و... (شکل ۱۱ــ۱).



شکل ۱۱ــ۱ــ فیلر

شکل ۱۲ــ۱ــ فرمان دهان دوسر

کنترل : به عملیاتی که به منظور بررسی و مقایسه ابعادی یک قطعه به وسیلهٔ ابزار مربوطه انجام می‌شود، «کنترل ابعادی» گویند. مانند کنترل به وسیلهٔ انواع فرمان (شکل ۱۲ــ۱).

توجه : بعضی از تجهیزات اندازه‌گیری ابعادی مانند ترازها، هم وسیله اندازه‌گیری و هم وسیله کنترل می‌باشند.

جدول ۶ــ۱ دسته‌بندی وسایل اندازه‌گیری را نشان می دهد.

قابلیت تفکیک : کوچک‌ترین قسمت‌بندی وسیلهٔ اندازه‌گیری را «قابلیت تفکیک» گویند. این واژه با کلمات، زینه‌بندی، ریزنگری، تفکیک‌پذیری، قابلیت تشخیص، وضوح و ... نیز بیان می‌شود.

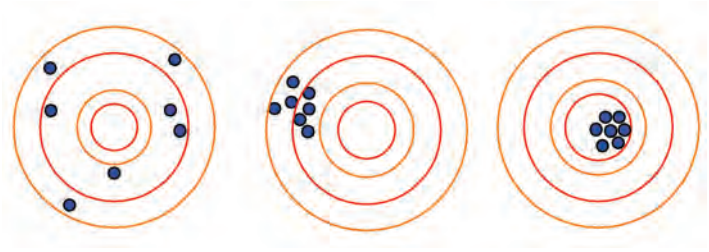
دقت : به نزدیکی خروجی‌های یک وسیله اندازه‌گیری نسبت به یک‌دیگر «دقت» گویند.

درستی یا صحت : به نزدیکی خروجی‌های یک وسیلهٔ اندازه‌گیری نسبت به (مقدار واقعی)، «درستی» یا «صحت» گویند.

مفهوم دقت و صحت را می‌توان در عمل تیراندازی بهتر درک نمود. (شکل ۱۳ــ۱).

شکل ۱۳ــ۱

در عمل تیراندازی چنان‌چه همهٔ تیرها در محدودهٔ خال وسط قرار گیرد تیرانداز از دقت و صحت لازم در عمل تیراندازی برخوردار است و اگر تیر به یک محل به غیر از خال وسط اصابت نماید، تیرانداز دقت داشته ولی فاقد صحت بوده و در صورتی که تیرها به صورت پراکنده در محل‌های مختلف قرار گیرد، تیرانداز از دقت و درستی برخوردار نمی‌باشد (شکل۱۴ــ۱).



شکل ۱۴ــ۱ــ نمایش دقت و درستی

مثال

در کنترل چهار میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ میلی‌متر و گسترهٔ اندازه‌گیری (۲۵ــ۰) میلی‌متر و خطای مجاز ۰/۰۱ میلی‌متر به‌وسیلهٔ مرجع(بلوک‌سنجه) به ضخامت ۲۰ میلی‌متر اندازه‌هایی مطابق جدول زیر به دست آمده است. وضعیت این میکرومترها به لحاظ دقت و درستی چگونه است؟

میکرومتر ۱	میکرومتر ۲	میکرومتر ۳	میکرومتر ۴
۱۹/۹۸	۱۹/۹۵	۱۹/۹۹	۱۹/۹۹
۱۹/۹۹	۱۹/۹۵	۱۹/۹۹	۲۰/۰۰
۱۹/۹۷	۱۹/۹۵	۱۹/۹۹	۲۰/۰۱
۲۰/۰۲	۱۹/۹۵	۱۹/۹۹	۱۹/۹۹
۱۹/۹۶	۱۹/۹۵	۱۹/۹۹	۱۹/۹۹

جواب:

با توجه به مثال فوق:

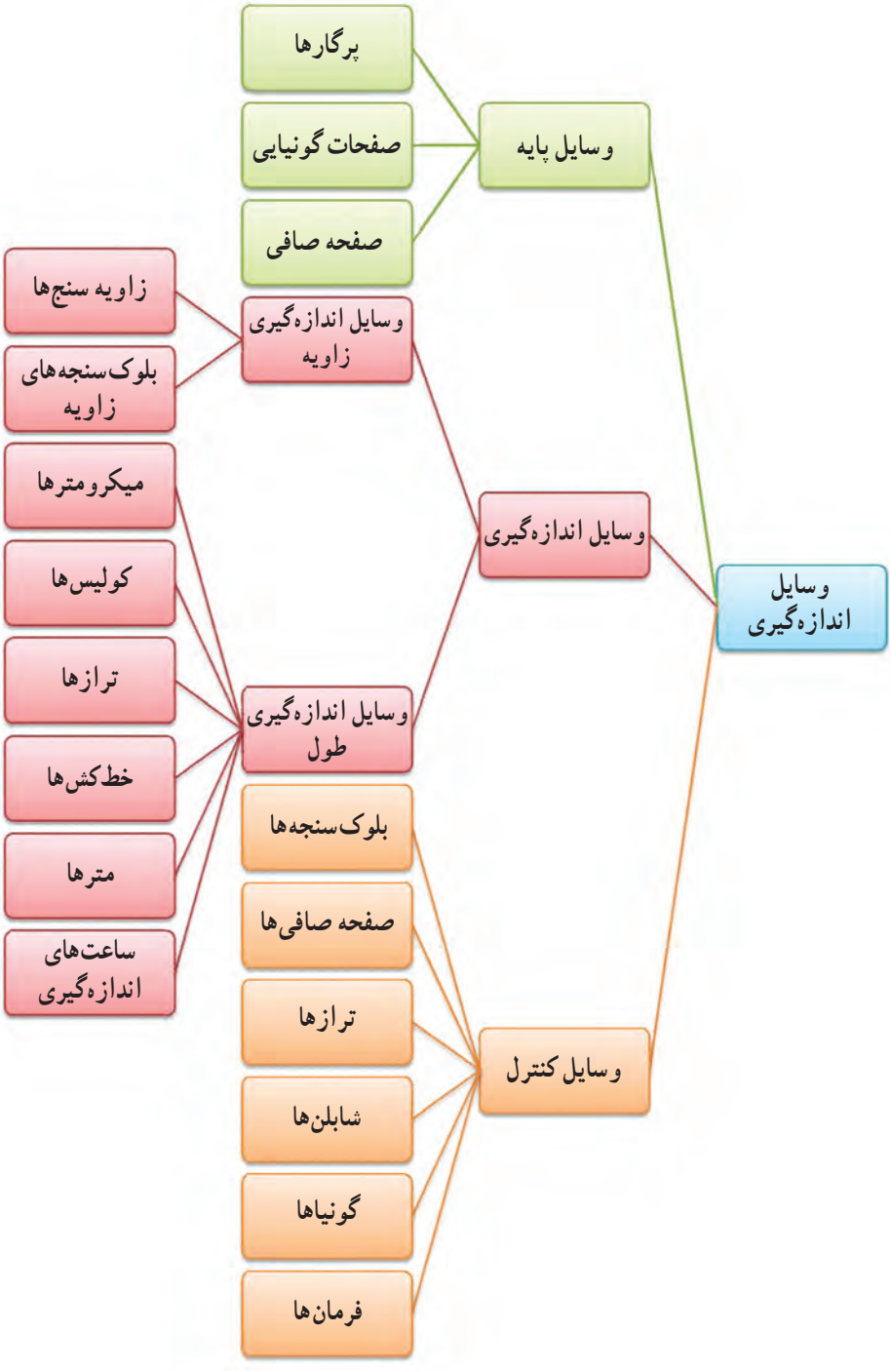
۱ــ میکرومتر ۱ دقت ندارد، درستی ندارد.

۲ــ میکرومتر ۲ دقت دارد، درستی ندارد.

۳ــ میکرومتر ۳ دقت دارد، درستی دارد.

۴ــ میکرومتر ۴ دقت دارد، درستی دارد.

جدول ۶ ــ ۱ــ دسته‌بندی وسایل اندازه‌گیری



شکل ۱۵ــ۱ــ میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری (۵۰ــ۲۵) میلی‌متر

گسترهٔ نامی: به حد فاصل بین حداقل اندازه تا حداکثر اندازه‌ای که یک وسیلهٔ اندازه‌گیری می‌تواند مشخص کند، «گسترهٔ نامی» یا «گسترهٔ اندازه‌گیری» و یا «دامنهٔ اندازه‌گیری» گویند. برای مثال، کولیس (۱۵۰ــ۰) می‌تواند حداکثر تا اندازه ۱۵۰ میلی‌متر را اندازه‌گیری نماید. هم‌چنین میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری (۷۵ــ۵۰) می‌تواند ابعاد بین ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر را اندازه بگیرد (شکل۱۵ــ۱).

واسنجی (کالیبراسیون) : به حصول اطمینان از دقت و صحت عملکرد تجهیزات اندازه‌گیری و سنجش تحت شرایط مشخص، «واسنجی» یا «کالیبراسیون» گویند.

وسایل واسنجی: وسایل کالیبراسیون ابزارهایی هستند که از آن‌ها برای کنترل و کالیبراسیون وسایل اندازه‌گیری استفاده می‌شود. مانند بلوک‌سنجه‌های طول، بلوک‌سنجه‌های زاویه و... (شکل۱۶ــ۱).

شکل ۱۶ــ۱ــ بلوک سنجهٔ زاویه

رده‌بندی: همان‌طوری که ذکر شد، تجهیزات اندازه‌گیری به‌طور عام به سه دسته «وسایل اندازه‌گیری»، «کنترل» و «کالیبراسیون» تقسیم می‌شوند. وسایل اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک مشخص می‌شوند. برای مثال، کولیس ۰/۰۱ mm، میکرومتر ۰/۰۱ mm. از این وسایل می‌توان در کارگاه ساخت، عملیات بازرسی و هم در آزمایشگاه اندازه‌گیری استفاده نموده و مشخصهٔ دقتی آن‌ها همان قابلیت تفکیک است، لیکن بعضی از وسایل، از جمله گونیاها و بلوک سنجه‌ها، فاقد قابلیت تفکیک می‌باشند آن‌گونه که در وسایل اندازه‌گیری مطرح است بلکه دارای رده‌بندی دقتی می‌باشند. به‌عنوان مثال گونیای رده (۰۰) دارای بالاترین سطح دقتی در سری گونیاها و بلوک‌سنجهٔ طول با ردهٔ (۳) دارای پایین‌ترین سطح دقت در سری بلوک‌سنجه‌های طول می‌باشند (شکل ۱۷ــ۱).

شکل ۱۷ــ۱ــ بلوک سنجهٔ طول

رواداری (تولرانس) : خطایی را که در مورد یک اندازه‌گیری می‌توانیم مجاز بدانیم، «تولرانس» یا «رواداری» گویند. به عبارت دیگر خطای مجازی را که طراح روی نقشه مشخص می‌کند را تولرانس گویند.

خطا : اشتباه در اندازه‌گیری با وسایل اندازه‌گیری را خطا گویند.

مقدار خطا : تفاضل بین نتیجهٔ اندازه‌گیری با مقدار واقعی اندازه را مقدار خطا گویند.

چنانچه قبلاً ذکر شد و از مفهوم عمومی کلمه نیز مشتق می‌شود، اشتباه را خطا گویند. اشتباهات اندازه‌گیری ممکن است از ناحیه تجهیزات و لوازم اندازه‌گیری، روش‌های کاری، شخص اندازه‌گیر، شرایط محیطی و سایر موارد پیش‌بینی شده و پیش‌بینی نشده باشد، که در هر صورت از دقت و درستی اندازه‌گیری کاسته می‌شود.

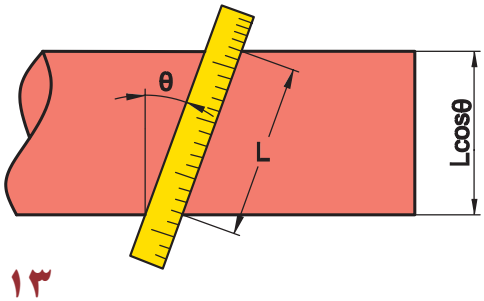
خطاها به صورت‌های مختلف دسته‌بندی می‌شوند، از آن جمله :

الف) خطاهای روشمند

این خطاها به‌صورت دائمی در هر اندازه‌گیری ممکن است وجود داشته باشند، که البته قابل کاهش‌اند و رسانیدن آن‌ها به حداقل مقدار وجود دارد به عبارتی خطاهایی که قابل پیش بینی بوده و امکان پیش‌گیری آن‌ها نیز وجود دارد جزء خطاهای روشمند می‌باشند از جمله :

۱ـ فشار درگیری : فشار وارد به فکین وسایل اندازه‌گیری از جمله کولیس علاوه بر این که موجب خسارت و خرابی وسیله می‌گردد. در اندازه‌گیری اجسام انعطاف‌پذیر و یا نرم باعث خطا در اندازه‌گیری می‌شود. لذا توصیه می‌شود در اندازه‌گیری با کولیس‌های ورنیه‌دار یا سایر وسایلی که نیروی وارد بر ابزار تحت کنترل در نیامده به میزانی فشار داده شود که انگشت شست روی زائده آجدار کولیس ورنیه (شستی) سُر بخورد.

۲ـ خطای مثلثاتی (خطای کسینوسی) : در اثر عدم انطباق محوری کار با ابزار خطای مثلثاتی یا کسینوسی ایجاد می‌شود (عمود نبودن بُعد مورد اندازه‌گیری برفک‌های وسیلهٔ اندازه‌گیری) (شکل ۱۸ــ۱).



شکل ۱۸ــ۱ــ خطای مثلثاتی (کسینوسی)

۳ـ خطای روش‌های اندازه‌گیری : برای اندازه‌گیری می‌بایست از روش و وسیله مناسب استفاده نمود. برای مثال اندازه‌گیری قطر داخلی یک سیلندر موتور احتراق داخلی، داخل‌سنج ساعتی و یا میکرومتر سه فکه بسیار مناسب‌تر از میکرومتر دونقطه و یا انتقال اندازه به روی میکرومتر اندازه‌گیر خارج به کمک اندازه‌گیر تلسکوپی است.

۴ـ عدم کالیبره بودن وسایل اندازه‌گیری و کنترل : کلیه وسایل اندازه‌گیری و کنترل باید در موعد مقرر توسط شرکت‌ها و افراد ذی‌صلاح کالیبره شوند تا از دقت و درستی عملکردشان اطمینان حاصل گردد. بنابراین، اطمینانی به نتایج اندازه‌گیری و کنترل با تجهیزاتی که کالیبره نشده‌اند وجود ندارد.

۵ـ آلودگی : از جمله خطاهای متداول در اندازه‌گیری آلودگی است که چون بُعد دارد نتیجهٔ اندازه‌گیری را تغییر می‌دهد. بنابراین اندازه‌گیری صحیح مستلزم داشتن محیطی تمیز، وسایل و قطعات مورد اندازه‌گیری عاری از آلودگی، دست‌ها و لباس‌های بدون گرد و غبار است. باید در نظر داشت که هر نوع آلودگی دارای بُعدی در اندازهٔ هزارم و صدم میلی‌متر است بنابراین، در شروع اندازه‌گیری باید دقت فراوان نمود تا آلودگی به حداقل برسد که به خطا در اندازه‌گیری منجر نشود.

۶ـ دما : چنان‌چه میلهٔ فولادی استانداردی را که طول دقیق آن ۳۰۰ میلی‌متر است برای مدت کوتاهی (در حد چند ثانیه) در دست خود نگه‌داریم و یا در برابر لامپ (لامپ مقاومتی) قرار دهیم و سپس طول آن را اندازه بگیریم. ملاحظه خواهیم نمود که طول آن در حدود چندهزارم میلی‌متر افزایش پیدا کرده است بنابراین، باید دقت نمود که اولاً قطعات را در دست نگه نداریم، ثانیاً از اندازه‌گیری قطعات گرم خودداری کنیم و ثالثاً دمای آزمایشگاه را همواره استاندارد نگه داریم.

۷ـ رطوبت : رطوبت، علاوه براین‌که موجب زنگ زدگی قطعات و وسایل می‌شود. دارای بُعد است و در مقدار اندازه ایجاد خطا می‌نماید.

۸ـ خطای دید یا خطای چشمی : این خطا در اثر درست نگاه نکردن به مقدار اندازه رخ می‌دهد. بنابراین همیشه باید به تقسیم‌بندی‌های وسایل اندازه‌گیری به صورت عمودی نگاه کرد. (شکل۱۹ـ۱)

شکل۱۹ـ۱ـ خطای دید در اندازه‌گیری

۹ـ ارتعاش : وجود ارتعاش با هر منشائی، اعم از وسیله اندازه‌گیری، صفحهٔ صافی، میز اندازه‌گیری، لرزش دست شخص اندازه‌گیر و ساختمان آزمایشگاه که باشد ایجاد خطا می‌نماید. بنابراین، ساختمان آزمایشگاه نباید در کنار محل‌های پر رفت‌وآمد خودروها، طبقات بالای مجتمع‌ها، پل‌ها و محل‌های پرازدحام قرار داشته باشد، هم‌چنین دست شخص اندازه‌گیر نباید دچار لرزش باشد ضمناً میز کار باید کاملاً محکم باشد.

۱۰ـ خطای کمانشی : چنان‌چه قطعهٔ کار بلند باشد و برای اندازه‌گیری آن نیاز به استقرار روی پایه باشد. باید موقعیت پایه‌ها را به گونه‌ای در نظر بگیریم که کمانش قطعهٔ کار به حداقل اندازه برسد.

۱۱ـ خطای اندازه‌گیر : شخص اندازه‌گیر باید دانش، مهارت ، دقت ، تجربه ، حوصله و بینایی مطلوب داشته باشد تا این عوامل باعث خطا در اندازه‌گیری نشوند.

۱۲ـ خطای خواندن نادرست : درست نخواندن اندازه باعث بروز خطا در مقدار اندازه می‌شود. بنابراین در قرائت اندازه‌ها باید دقت نمود عدد ۱۴/۲۵ را ۱۴/۲۰ یا ۵۲/۲۲ را ۵۲/۲۴ نخوانیم.

۱۳ـ خطای ریاضی: ممکن است در جمع و تفریق اعداد در اندازه‌گیری اشتباه رخ دهد که به این نوع خطا، خطای ریاضی گفته می‌شود.

۱۴ـ حوزهٔ مغناطیسی: با توجه به این که وسایل اندازه‌گیری و قطعات کار عموماً فلزی و از جنس آهن هستند. چنان‌چه این مجموعه در حوزه مغناطیس قرار بگیرند احتمال مغناطیس شدن آن‌ها وجود دارد و ثانیاً وجود جاذبهٔ مغناطیسی در حوزهٔ اندازه‌گیری ممکن است باعث تغییر و افزایش فشار به وسیله و قطعهٔ مورد اندازه‌گیری شود.

ب) خطاهای اتفاقی

هر نوع خطایی را که به‌صورت ناگهانی رخ بدهد «خطای اتفاقی» گویند، به عبارت دیگر خطاهایی که قابل پیش‌بینی هستند ولی قابل پیش‌گیری نیستند خطاهای اتفاقی گویند. بنابراین آن‌چه به‌صورت ناگهانی و اتفاقی در عملیات و فضای اندازه‌گیری رخ می‌دهد که در اندازه‌گیری تأثیر می‌گذارد و باعث خطا می‌گردد، خطای ناگهانی گفته می‌شود. خطاهای اتفاقی فراوانی ممکن است در اندازه‌گیری رخ دهد، از آن جمله :

۱ـ ارتعاش ناگهانی: ارتعاش پیش‌بینی نشده و ناگهانی باعث لرزش در سیستم اندازه‌گیری و درنتیجه باعث خطا می‌شود.

۲ـ تغییر شرایط محیطی ناگهانی: تغییر دما و رطوبت که در اثر خرابی سیستم دما و رطوبت رخ می‌دهد شرایط محیطی آزمایشگاه را برهم می‌زند.

۳ـ جریان هوای ناگهانی: در اندازه‌گیری‌های دقیق، جریان هوای ناگهانی به آشفتگی و جابه‌جایی ذرات معلق در هوا منجر شده و احتمال نشستن این ذرات معلق روی سطح کار و وسیلهٔ اندازه‌گیری وجود دارد که در نهایت باعث خطا می‌شود.

شرایط آزمایشگاه اندازه‌گیری ابعادی

با توجه به انواع خطاهایی که در بالا بیان گردید، آزمایشگاه اندازه‌گیری باید از شرایط ویژه‌ای مطابق زیر برخوردار باشد :

شرایط ساختمانی

۱ــ با توجه به نوع و حجم فعالیت و تجهیزات، مساحت مناسب انتخاب می‌شود.

۲ــ ساختمان آزمایشگاه باید به دور از هر گونه ازدحام و سرو صدا باشد.

۳ــ ساختمان آزمایشگاه باید به دور از محل کارگاه‌های سنگین و پر سر و صدا باشد.

۴ــ در رنگ‌آمیزی آزمایشگاه باید از رنگ‌های روشن استفاده شود.

۵ــ در و پنجره‌های آزمایشگاه باید به‌طور کامل آب‌بندی شوند (استفاده از پنجرهٔ دوجداره)

۶ــ کف آزمایشگاه باید با مصالح سخت پوشیده شود (می‌توان از رزین اپوکسی سخت و یا سنگ‌های ساختمانی سخت استفاده نمود).

۷ــ ساختمان آزمایشگاه باید به دور از مواد رادیواکتیو باشد.

۸ــ ساختمان آزمایشگاه باید به دور از حوزهٔ مغناطیسی باشد.

شرایط محیطی

۱ــ دمای آزمایشگاه مترولوژی ۲۰ ± ۲ درجهٔ سانتی‌گراد، با تغییرات ۱ درجهٔ سانتی‌گراد در ساعت ؛

۲ــ دمای آزمایشگاه کالیبراسیون ۲۰ ± ۱ درجهٔ سانتی‌گراد، با تغییرات ۰/۵ درجهٔ سانتی‌گراد در ساعت ؛

۳ــ رطوبت نسبی ۳۵ تا ۵۵ درصد ؛

۴ــ فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه ؛

۵ــ نور به اندازهٔ کافی و بدون ایجاد سایه در روی میز کار. ضمناً باید از نور سرد استفاده کرد ؛

۶ــ صدا کم‌تر از db ۷۵؛

۷ــ ماکزیمم لرزش g ۰/۰۰۳ ؛ $(g = ۹/۸۱ \frac{m}{S^۲})$

۸ــ پیش‌بینی سیستمی جهت ثبت دما و رطوبت به صورت شبانه‌روزی؛

۹ــ نصب سیستمی جهت تأمین سرمایش و گرمایش، به صورت اتوماتیک؛

۱۰ــ نصب سیستمی جهت تأمین رطوبت، به صورت اتوماتیک.

اصول کلی استفاده و نگه‌داری وسایل اندازه‌گیری :

۱ــ قبل از استفاده از وسایل اندازه‌گیری باید با طرز کار آن‌ها کاملاً آشنا شد.

۲ــ از وسایلی که با آن‌ها آشنایی ندارید استفاده نکنید.

۳ــ از دست‌کاری و تعمیر وسایل اندازه‌گیری، چنان‌چه از آن اطلاع دقیق ندارید و فاقد مهارت لازم هستید خودداری کنید.

۴ــ وسایل اندازه‌گیری را باید همیشه تمیز نگه‌داری نمود.

۵ــ وسایل اندازه‌گیری را باید در جعبه و محافظ مخصوص بایگانی و نگه‌داری نمود.

۶ــ شرایط محیطی نگه‌داری وسایل اندازه‌گیری باید استاندارد باشد.

۷ــ متعلقات وسایل اندازه‌گیری همیشه همراه آن‌ها باشد و هیچ‌وقت آن‌ها را از هم جدا نکنید.

۸ــ در هنگام بایگانی وسایل، آن‌ها کاملاً بسته و روی صفر تنظیم شوند و پیچ قفل آن‌ها نیز سفت باشد. (مماس و بدون ایجاد فشار).

۹ــ وسایل اندازه‌گیری با قطعات کار مخلوط نشوند.

۱۰ــ وسایل اندازه‌گیری در آزمایشگاه برحسب نوع کاربرد و دقتشان مرتب و نگه‌داری شوند.

« در آزمایشگاه اندازه‌گیری همه چیز باید مرتب و در محل مربوطه قرار داشته باشد. »

۱ــ چهارصدوسی‌وپنج سانتی‌متر، چند میلی‌متر و چند میکرون‌متر است؟

۲ــ سی‌ودونیم میکرون‌متر، چند میلی‌متر و چند آنگسترم است؟

۳ــ هشتادوچهار میکرون چند نانو متر و چند پیکومتر است؟

۴ــ دویست‌وشصت‌وسه یارد، چند فوت و چند اینچ است؟

۵ــ دویست‌وچهل‌وهشت‌ونیم فوت، چند یارد و چند اینچ است؟

۶ــ چهل اینچ چند فوت و چند یارد است؟

۷ــ یکصدوبیست‌وهشت اینچ، چند میلی‌متر است؟

۸ــ یکصدوچهل‌ودو یارد، چند میلی‌متر و چند نانومتر است؟

۹ــ یکصدوچهل‌وشش یارد، چند فوت، چند اینچ، چند سانتی‌متر و چند میلی‌متر است؟

۱۰ــ ۶۸/۴۴ سانتی‌متر چند میلی‌متر، چند میکرون‌متر و چند اینچ است؟

۱۱ــ ۲۸/۳۷ فوت چند یارد و چند میلی‌متر است؟

۱۲ــ $(۱,\frac{۳}{۱۶},\frac{۵}{۱۲۸})$ اینچ چند میلی‌متر است؟

۱۳ــ یک کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک $\frac{۱}{۱۲۸}$ اینچ و ۰/۰۵ میلی‌متر مقدار $(۲,\frac{۵}{۱۶},\frac{۷}{۱۲۸})$ اینچ را نشان می‌دهد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد.

۱۴ــ اولاً مقدار ۲۸۵ میلی‌متر چند اینچ است؟ ثانیاً این مقدار را به‌صورت ترکیبی از عدد صحیح و کسرهای $\frac{۱}{۱۶},\frac{۱}{۳۲},\frac{۱}{۶۴},\frac{۱}{۱۲۸}$ نمایش دهید. چنان‌چه مقداری از عدد در هر حالت نادیده گرفته می‌شود، این مقدار چه‌قدر است و علت آن چیست؟

۱۵ــ اولاً مقدار ۵۳/۴۲ میلی‌متر چند اینچ است؟ ثانیاً این مقدار را به‌صورت ترکیبی از عدد صحیح و دو کسر $\frac{۱}{۱۶},\frac{۱}{۱۲۸}$ نمایش دهید. چنان‌چه مقداری از عدد در انتها نادیده گرفته می‌شود، چه‌مقدار است؟ و علت آن چیست؟

۱۶ــ سی‌وچهار درجه و ده دقیقه، چند دقیقه است؟

۱۷ــ شش‌صدوهفتادوهشت دقیقه، چند درجه است؟

۱۸ــ دویست‌وپنجاه‌وچهار ثانیه، چند دقیقه و چند درجه است؟

۱۹ــ حاصل جمع (چهل‌وسه درجه و بیست دقیقه) و (سی درجه و پنجاه‌وهشت دقیقه) چه‌قدر است؟

۲۰ــ بیست‌وچهار درجه و چهل وشش دقیقه چند رادیان است؟

۲۱ــ یک‌صدوسی‌ونه رادیان چند (درجه، دقیقه و ثانیه) می‌شود؟

۲۲ــ چهارصدوشصت‌وچهار درجه چند رادیان و چند گراد است؟

۲۳ــ زاویه‌سنجی مقدار یک زاویه را ۱۰۹ درجه و ۴۸ دقیقه نشان می‌دهد. مقدار زاویه برحسب دقیقه و ثانیه چه‌قدر است؟

۲۴ــ کولیس ورنیه ارتفاع سنج مقدار $(\frac{۱۳}{۱۰۰۰},\frac{۲۳}{۴۰},۱)$ اینچ را نشان می‌دهد. چنان‌چه این کولیس دارای تقسیم‌بندی ۰/۰۲ میلی‌متر نیز باشد قاعدتاً قسمت میلی‌متری آن باید چه عددی را نشان دهد؟

۲۵ــ بیست‌وچهار گراد ، چند رادیان و چند درجه و چند دقیقه است؟

۲۶ــ حاصل عبارت A+B−C چه‌قدر است در صورتی که...

A : ۴۰ درجه و ۲۸ دقیقه

B : ۱۵ درجه و ۴۳ دقیقه

C : ۲۰ درجه و ۵۵ دقیقه

۲۷ــ میکرومتر اینچی مقدار ۲/۶۳۶۵ اینچ را نشان می‌دهد. معادل میلی‌متری آن روی میکرومتر با تقسیمات ۰/۰۰۱ میلی‌متر چه‌قدر است؟

۲۸ــ چنان‌چه ساعت شروع کلاس اندازه‌گیری هشت صبح باشد و خطای مجازی در حدود ۵± دقیقه برای ورود هنرجویان در نظر گرفته شود وضعیت دقت و درستی آمدن هنرجویان به کلاس را در پنج حالت زیر مشخص کنید.

الف) همهٔ هنرجویان پنج دقیقه مانده به ساعت هشت در کلاس حاضر می‌شوند.

ب) همهٔ هنرجویان هشت‌وپنج دقیقه در کلاس حاضر می‌شوند.

ج) همهٔ هنرجویان رأس ساعت هشت در کلاس حاضر می‌شوند.

د) هنرجویان از ده دقیقه به هشت تا هشت‌وپانزده دقیقه در کلاس حاضر می‌شوند.

هـ) همهٔ دانشجویان یک ربع مانده به هشت در کلاس حاضرند.

فصل ۲

تجهیزات اساسی و پایه

هدف‌های رفتاری : در این فصل فراگیرنده مشخصات، ساختمان، کاربرد، نحوهٔ استفاده از انواع وسایل پایه و کمکی درآزمایشگاه اندازه‌گیری از جمله صفحه صافی، تراز، پرگار، وسایل انتقال اندازه و صفحات کمکی را فرا می‌گیرد و می‌تواند:

۱ـ صفحه صافی را شرح دهد.

۲ـ ترازها را توصیف و در اندازه‌گیری و کنترل از آن‌ها استفاده نماید.

۳ـ از انواع پرگارها برای انتقال اندازه ، رسم خطوط و دوایر، انتقال اندازه و... استفاده کند.

۴ـ برای انتقال اندازه، اندازه‌گیری‌های تلسکوپی و اندازه‌گیری‌های سوراخ را به‌کار گیرد.

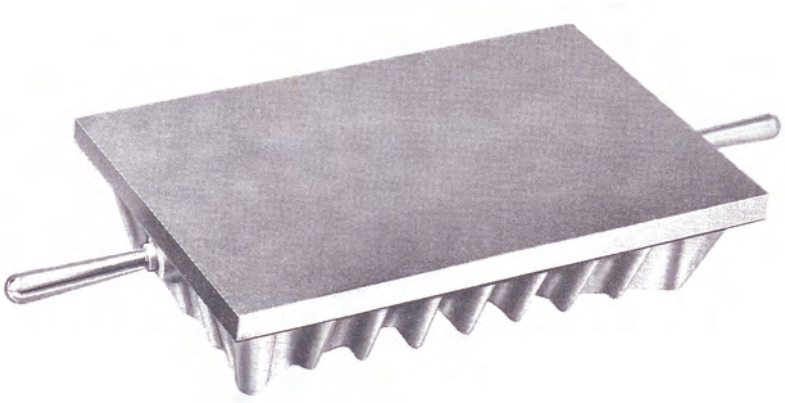
۵ ـ نکات حفاظتی و ایمنی در مورد صفحه صافی، تراز و پرگارها را بیان کند.

عناوین این فصل عبارتند از:

- ✓ صفحه صافی
- ✓ تراز
- ✓ پرگار
- ✓ صفحات کمکی در اندازه‌گیری

صفحه صافی

صفحه صافی جزءِ تجهیزات اساسی آزمایشگاه اندازه‌گیری و کارگاه‌های ساخت است. این وسیله در کارگاه‌های ساخت و قالب‌سازی به عنوان سطح مبنا در انجام عملیات خط‌کشی روی قطعات، کنترل تختی سطوح، کنترل مدوّر بودن میله‌ها، اندازه‌گیری قطعات کار و... هم‌چنین در آزمایشگاه‌های اندازه‌گیری نیز به عنوان سطح اساسی در عملیات اندازه‌گیری و هم‌چنین در دستگاه‌ها و ماشین‌های اندازه‌گیری برای استقرار قطعات کار، کاربرد دارد (شکل ۱ــ۲).



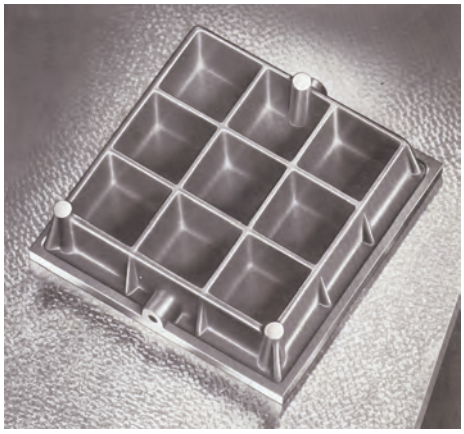
شکل ۱ــ۲ــ صفحه صافی

جنس: صفحه صافی‌ها را از جنس فلزی و یا غیر فلزی تولید می‌کنند. نوع فلزی آن‌ها از چدن خاکستری که به حالت متراکم ریخته‌گری می‌شوند و با عملیات براده‌برداری سطح آن‌ها را پرداخت می‌نمایند. نوع فلزی آن در کارگاه و عملیات بازرسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و نوع غیر فلزی آن، یعنی صفحه صافی‌های گرانیتی که از کیفیت سطح و دقت بالایی برخوردارند و در برابر سرما، گرما و رطوبت بسیار مقاوم هستند در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند البته عیب این صفحه صافی‌ها شکننده بودن آن‌ها است (شکل ۲ــ۲).

شکل ۲ــ۲ــ انواع صفحه صافی

شکل و ساختمان: صفحه صافی‌ها با مقطع مربع یا مربع مستطیل ساخته می‌شوند و برای آن‌که سبک وزن و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند پشت آن‌ها را توخالی در نظر می‌گیرند. هم‌چنین پشت آن‌ها را شبکه‌بندی می‌کنند تا تغییر شکل ندهند (شکل ۳ــ۲).

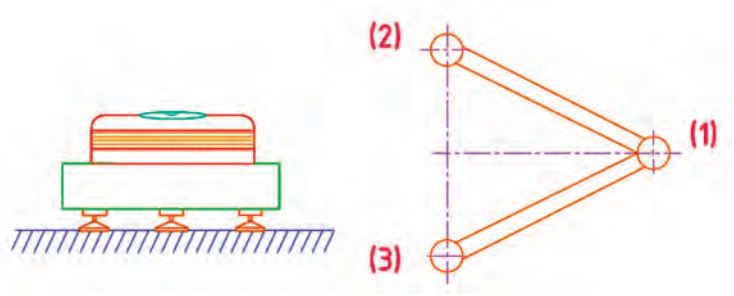
صفحه صافی‌ها، به لحاظ اندازه، در ابعاد (cm×cm) تا (m×m) ساخته می‌شوند.



شکل ۳ــ۲ــ شبکه‌بندی پشت صفحه صافی

نحوهٔ استقرار : صفحه صافی‌ها ممکن است با پایه یا بدون پایه باشند. در نوع بدون پایه، مستقیماً روی محل مورد نظر قرار می‌گیرند، لیکن در نوع پایه‌دار، که عموماً دارای سه پایه و بعضاً دارای پنج پایه هستند، روی پایه‌ها مستقر می‌شوند.

روش تراز و تنظیم صفحه صافی با سه پیچ : در این نوع صفحه صافی دو عدد پیچ در یک‌طرف و یک عدد پیچ در طرف مقابل قرار دارد. ابتدا ترازی با قابلیت تفکیک و طول مناسب روی صفحه صافی و در جهت عمود بر خط‌المرکزین دو پیچ دیگر قرار می‌دهیم و سپس به‌وسیله آچار تخت و یا آچار فرانسه، پیچی را که در یک طرف قرار دارد (پیچ ۱) آن‌قدر می‌چرخانیم تا حباب تراز در وسط و مابین دو خط اصلی استوانهٔ شیشه‌ای تراز قرار گیرد (شکل ۴ــ۲).



شکل ۴ــ۲ــ تراز کردن صفحهٔ صافی

رده‌بندی صفحه صافی : صفحه صافی‌های گرانیتی در پنج رده و به ترتیب در رده های ۰۰ , ۰ , ۱ , ۲ , ۳ ساخته می‌شوند که ردهٔ ۰۰ دارای بالاترین و ردهٔ ۳ دارای پایین ترین دقت می باشد، صفحه صافی‌های چدنی نیز در چهار ردهٔ ۰، ۱، ۲و۳ ساخته می‌شوند که ردهٔ ۰ دارای بالاترین دقت و ردهٔ ۳ دارای پایین‌ترین دقت است.

نکات حفاظت و ایمنی

۱ــ از آن‌جا که صفحه صافی‌های گرانیتی شکننده‌اند باید دقت نمود تا در موقع جابه‌جایی از وارد شدن هر نوع ضربه به آن‌ها جداً خودداری شود.

۲ــ پس از اتمام کار لازم است صفحه صافی را تمیز کنند و سطح آن‌را با کاور مخصوص بپوشانند.

۳ــ صفحه صافی‌های گرانیتی بزرگ را باید با استفاده از لیفتراک دستی یا ماشینی حمل و نقل نمود.

۴ــ قبل از انجام آزمایش لازم است صفحه صافی را تراز نمود.

۵ــ از آن‌جا که صفحه صافی دارای وزن بالایی است، به منظور جلوگیری از بروز حادثه لازم است دقت شود تا انگشتان دست زیر آن نماند.

۶ــ در هنگام اندازه‌گیری بهتر است از قسمت وسط آن استفاده شود.

۷ــ صفحه صافی‌ها از وسایل آزمایشگاهی محسوب می‌شوند و دارای رده بندی هستند. بنابراین لازم است آن‌ها در موعد مقرر کالیبره و تعیین رده شوند.

۸ــ با توجه به این‌که صفحه صافی‌های گرانیتی شکننده هستند. لذا می‌بایست دقت نمود تا در هنگام استفاده از وارد شدن ضربه و برخورد قطعات کار و ابزار به سطح آن‌ها جلوگیری شود. تا در سطح آن‌ها کندگی و ناصافی ایجاد نگردد.

تراز

تراز وسیله‌ای است که از آن در حالت عمومی برای کنترل شیب سطوح و در حالت خاص برای کنترل و اندازه‌گیری پارامترهای هندسی سطوح استفاده می‌شود. کاربردهای تراز عبارتند از :

۱ــ کنترل و اندازه‌گیری شیب سطوح افقی
۲ــ کنترل و اندازه‌گیری شیب سطوح عمودی
۳ــ اندازه‌گیری و کنترل مستقیمی
۴ــ اندازه‌گیری و کنترل تختی
۵ــ اندازه‌گیری و کنترل توازی
۶ــ اندازه‌گیری و کنترل هم‌محوری

تصاویر زیر نمونه‌های کاربرد تراز را نشان می‌دهد (شکل۵ــ۲).

اندازه‌گیری کنترل هم‌محوری — کنترل هم‌سطح بودن — کنترل و اندازه‌گیری نسبت سطوح عمودی — تراز بودن سطح

شکل ۵ ــ۲ــ کاربرد تراز

ساختمان : ترازها عموماً از قسمت‌های زیر تشکیل می شوند :

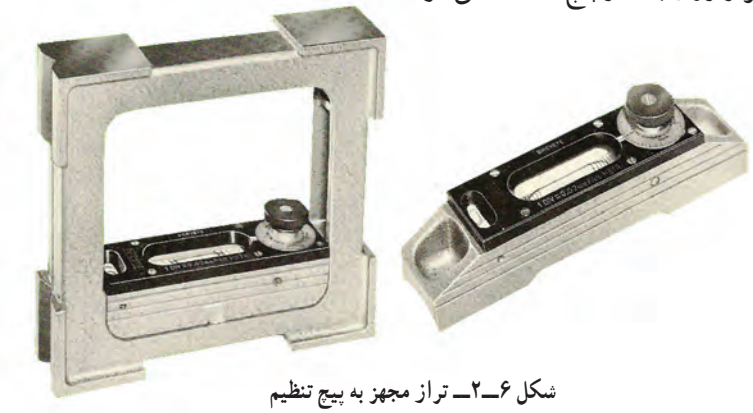
بدنه (قاب) : بدنهٔ تراز ممکن است از جنس چدن، آلومینیوم، چوب یا موادّ پلاستیکی باشد. پشت قاب چدنی به صورت جناقی با زاویهٔ منفرجه ساخته می‌شود. دلیل اصلی این نوع ساخت این است که بتوانیم آن را روی قطعات گرد و محورها قرار دهیم.

استوانه شیشه‌ای (کپسول شیشه‌ای) : این استوانه محتوی مایع که باید جداره خود را تر نکند، تبخیر نشود، به آن نچسبد و غلظت آن نیز پایین باشد، که می‌توان از اِتر استفاده نمود. هم‌چنین، ممکن است ثابت و یا قابل تنظیم باشد. ترازهای قابل تنظیم را ترازهای صنعتی نیز می‌نامند.

محافظ استوانهٔ شیشه‌ای : این قطعه ممکن است از جنس شیشه یا تلق باشد و برای جلوگیری از وارد شدن ضربهٔ مستقیم به استوانهٔ شیشه‌ای به‌کار می‌رود.

پیچ‌های اتصال : برای مونتاژ و بستن قطعات تراز روی بدنه از پیچ استفاده می‌شود.

پیچ تنظیم : ترازهای مدرج دارای پیچ تنظیم‌اند و برای تنظیم و افقی نمودن استوانهٔ شیشه‌ای از آن‌ها استفاده می‌شود. استوانهٔ شیشه‌ای ترازهای غیر مدرج ثابت است (شکل۶ــ۲).



شکل ۶ــ۲ــ تراز مجهز به پیچ تنظیم

درجه‌بندی: همان‌طوری که قبلاً اشاره شد ترازها در دو نوع مدرّج و غیر مدرّج ساخته می‌شوند.

ترازغیرمدرّج: این نوع تراز فاقد درجه بندی است و قرار گرفتن حباب در وسط و مابین دو خط استوانهٔ شیشه‌ای، حاکی از تراز بودن سطح است. این نوع ترازها قابل تنظیم نیستند و برای کنترل مناسب‌اند (شکل۷ــ۲).

شکل ۷ــ۲ــ تراز غیرمدرج

ترازمدرّج: این نوع تراز دارای درجه‌بندی است و می‌تواند علاوه بر عمل کنترل، مقدار انحراف را نیز نشان دهد. مقدار قابلیت تفکیک آن‌ها روی بدنه نوشته می‌شود (شکل۸ــ۲).

شکل ۸ــ۲ــ تراز مدرج

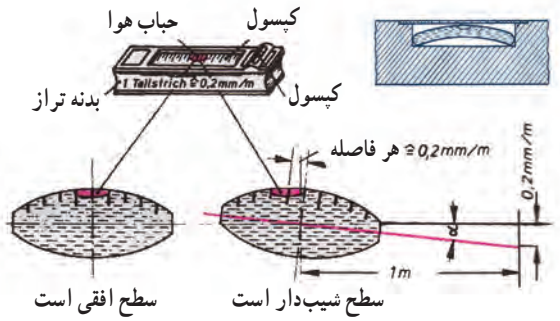
مشخصات تراز

طول تراز: ترازها معمولاً در طول‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر ساخته می‌شوند. اندازهٔ طول تراز معمولاً روی آن نوشته نمی‌شود.

قابلیت تفکیک: ترازها معمولاً با قابلیت تفکیک ۰/۱، ۰/۰۵، ۰/۰۲ و ... میلی‌متر بر متر ساخته می‌شوند.

به‌عنوان مثال تراز ۰/۰۵ mm/m یعنی ترازی که می‌تواند در هر یک متر انحراف ۰/۰۵ میلی‌متر را نشان دهد. قابلیت تفکیک ترازها معمولاً روی آن‌ها نوشته می‌شود.

شایان ذکر است، دقت تراز به شعاع انحنای کپسول شیشه‌ای و فاصلهٔ خطوط روی آن بستگی دارد. در حقیقت استوانهٔ شیشه‌ای به صورت یک لولهٔ خمیده با شعاع انحنای زیاد است، که با توجه به طول تراز، طول کمی از لولهٔ خمیده انتخاب می‌شود و در ساختمان تراز به‌کار می‌رود و چون طول این استوانه کم و شعاع خمیدگی آن زیاد است ما آن‌را به صورت مستقیم مشاهده می‌کنیم (شکل۹ــ۲).



شکل ۹ــ۲ــ استوانهٔ شیشه‌ای تراز

انواع تراز: ترازهای مایعی در انواع مختلفی ساخته می‌شوند که ذیلاً نمونه‌هایی از آن‌ها توضیح داده می‌شود.

تراز افقی یک جهته: این تراز دارای یک استوانهٔ شیشه‌ای در جهت طول می‌باشد. این نوع تراز، چنان‌چه غیرمدرّج باشد، برای کنترل شیب سطوح افقی و اگر مدرّج باشد برای اندازه‌گیری و کنترل شیب سطوح افقی مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱۰ــ۲).

شکل ۱۰ــ۲ــ تراز افقی یک جهته

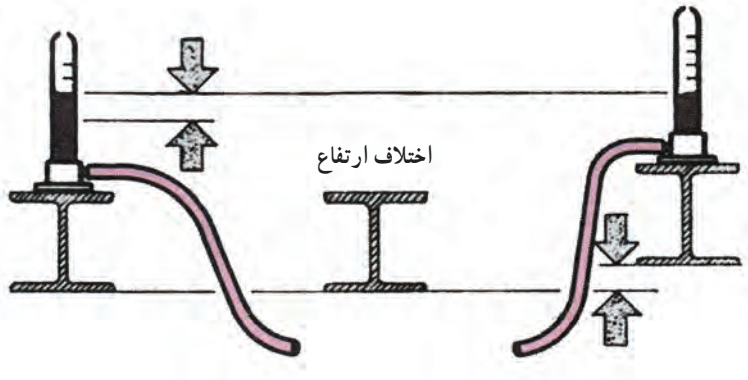
تراز افقی دو جهته : این نوع تراز دارای دو استوانه شیشه‌ای یکی در جهت طول و دیگری در جهت عرض است و می‌توان تراز بودن سطوح را به‌طور هم‌زمان در دو جهت طولی و عرضی کنترل نمود. این تراز نیز مانند تراز یک جهت در دو نوع مدرّج و غیرمدرّج ساخته می‌شود (شکل ۱۱ــ۲).

شکل ۱۱ــ۲ــ تراز افقی دو جهته

تراز چهارگوش : ترازهای چهارگوش، ضمن داشتن استوانهٔ شیشه‌ای در جهت عرض (در روی سطح بیرونی و در بالا) و طول (در قسمت داخلی)، اولاً می‌توانند کار ترازهای افقی دو جهته را انجام دهند، و ثانیاً به لحاظ داشتن قاب می‌توانند تعامد سطوح تخت و استوانه‌ای را نیز کنترل و اندازه‌گیری نمایند. گفتنی است که از چهار وجه بیرونی قاب تراز، دو وجه آن جناقی شکل ساخته شده‌اند تا بتوانند روی سطوح استوانه‌ای افقی و عمودی قرار گیرند (شکل ۱۲ــ۲).

شکل ۱۲ــ۲ــ تراز چهارگوش

تراز شیلنگی: این ترازها براساس ظروف مرتبطه طراحی شده‌اند و دارای دو استوانهٔ شیشه‌ای مدرّج محتوی مایع و یک شیلنگ رابط چند متری هستند. با قرار دادن استوانه‌ها روی دو ستون هم‌سطح بودن آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. از این تراز برای کارهای نصب و ساختمانی استفاده می‌شود (شکل ۱۳ــ۲).

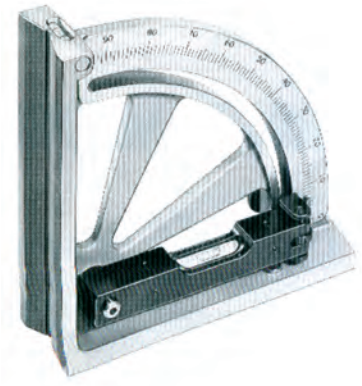


شکل ۱۳ــ۲ــ تراز شیلنگی

تراز میکرومتردار: این تراز به میکرومتر مجهز است و می‌توان مقدار انحراف در هر متر را از روی میکرومتر تراز قرائت نمود (شکل ۱۴ــ۲).

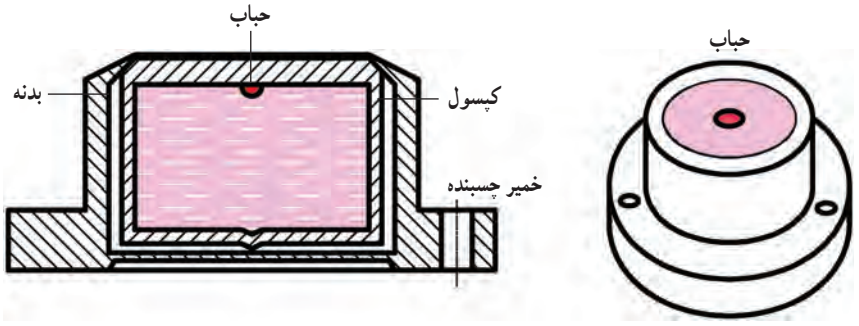
شکل ۱۴ــ۲ــ تراز میکرومتردار

تراز زاویه‌سنج: این تراز مجهز به زاویه‌سنج است و می‌توان مقدار زاویهٔ شیب سطوح را از روی آن خواند (شکل ۱۵ــ۲).



شکل ۱۵ــ۲ــ تراز زاویه‌سنج

تراز کروی: استوانهٔ شیشه‌ای این تراز کروی است و با توجه به وضعیت و موقعیت استوانه و حباب، قادر است انحراف را در جهات مختلف نشان دهد. این نوع ترازها در دوربین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۱۶ــ۲).



شکل ۱۶ــ۲ــ تراز کروی

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ – قبل از استفاده از تراز باید از صحت و سالم بودن آن اطمینان حاصل نمود.

۲ – از وارد کردن هر گونه ضربه به تراز جداً خودداری شود. زیرا استوانهٔ شیشه‌ای آن می‌شکند و در این صورت تراز قابل استفاده نخواهد بود.

۳– چنان‌چه تراز از نوع قابل تنظیم است از دست‌کاری پیچ تنظیم آن خودداری شود.

۴– در عمل کنترل یا اندازه‌گیری باید طول تراز از طول مورد کنترل کم‌تر باشد.

۵– با توجه به نوع کار، تراز غیرمدرّج و یا تراز مدرّج با قابلیت تفکیک مناسب انتخاب شود.

پرگار

پرگارها از جمله وسایل کمکی در اندازه‌گیری هستند که از آن‌ها برای رسم دایره، خط‌کشی، علامت‌گذاری، اندازه‌گیری و انتقال اندازه از قطعه کار به روی ابزار یا بالعکس استفاده می‌شود.

پرگارهای رسم: از این نوع پرگار برای ترسیم دوایر، قوس‌ها، خط‌کشی و... در روی قطعات کار استفاده می شود. این پرگارها، به لحاظ ساختمان، دارای انواع مختلفی هستند (شکل۱۷ــ۲).

الف

پرگار ساده: این نوع پرگارها ساختمان بسیار ساده‌ای دارند و عمل ثابت شدن دو بازوی آن‌ها در اثر اصطکاک بین سطوح آن‌ها صورت می‌گیرد. سوزن‌های آن ممکن است با بازوها یک‌پارچه و یا روی آن نصب شده باشند.

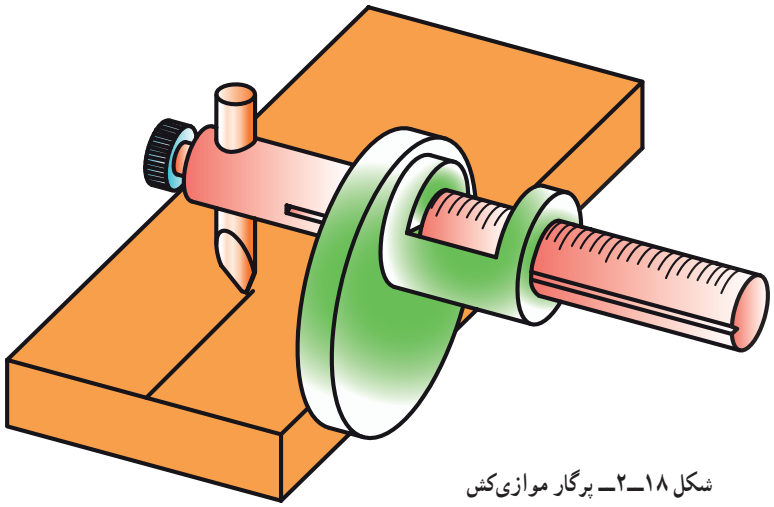
ب

شکل ۱۷ــ۲ــ پرگار رسم

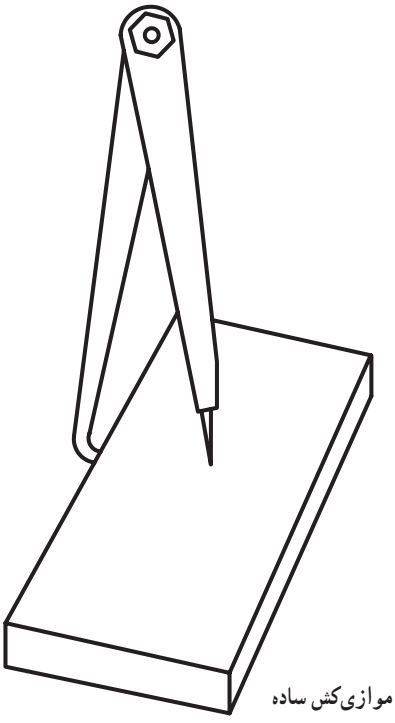
پرگار ساده با پیچ قفل: این پرگار مانند نوع قبل است، با این تفاوت که در روی یکی از بازوها راهنمای شیاردار قوسی شکل بسته شده و در روی بازوی دیگر پینی است که می‌تواند در داخل شیار راهنمای قوسی شکل حرکت کند. پس از بازکردن دهانهٔ پرگار برای تثبیت اندازه، از پیچ قفل استفاده می‌شود(شکل۱۷ــ۲ــ الف).

پرگار فنری: این پرگارها مجهز به دو بازو هستند با سر سوزن‌های سنگ زده و تیز که ممکن است با بازوها یک‌پارچه و یا روی آن‌ها سوار شده باشند. دو بازو، که از یک‌طرف دارای دو سوزن کاملاً سنگ زده شده و تیز هستند و از سمت دیگر توسط یک فنر تخت و دستهٔ آج‌دار به‌هم متصل می‌شود. برای تنظیم مقدار دهنهٔ پرگار از پیچ و مهره استفاده می‌شود(شکل۱۷ــ۲ــ ب).

پرگارهای موازی‌کش: این پرگارها برای رسم خطوط موازی به کار می‌روند . در انواع مختلفی ساخته می‌شوند. نوعی از این پرگار از یک خط‌کش اصلی تشکیل شده که ممکن است مدرج یا ساده باشد. بازوی تخت با مقطع بیضی که به لبهٔ کار استقرار داده شده با سوزن خط‌کش برای ترسیم است. طول سوزن خط‌کش می‌تواند تغییر کند این ویژگی امکان ترسیم در سطوح غیرهم‌سطح را فراهم می‌نماید. از این پرگار برای ترسیم خطوط به موازات لبهٔ کار استفاده می‌شود. روش استفاده به این ترتیب است که ابتدا، با توجه به درجه بندی پیش بینی شده، مقدار مورد نظر را روی بدنهٔ پرگار جدا نموده و با استفاده از پیچ قفل آن را محکم می‌نماییم و سپس، خط مورد نظر را ترسیم می‌کنیم (شکل۱۸ــ۲).



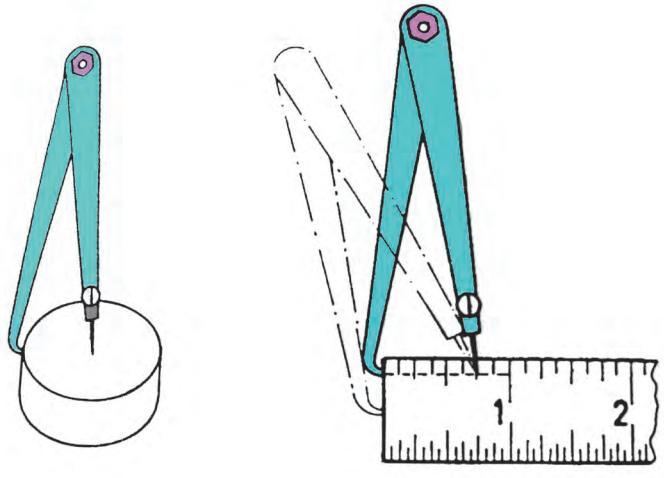
شکل ۱۸ــ۲ــ پرگار موازی‌کش



شکل ۱۹ــ۲ــ پرگار موازی‌کش ساده

نوع سادهٔ پرگار موازی کش دارای یک بازوی مجهز به سوزن خط‌کش است و بازوی دیگر دارای سر خمیده است، که به لبهٔ کار تکیه داده می‌شود. برای استفاده ابتدا مقدار اندازه را به کمک خط‌کش روی آن تنظیم و بازو را قفل می‌کنیم و عمل ترسیم را انجام می‌دهیم (شکل۱۹ــ۲).

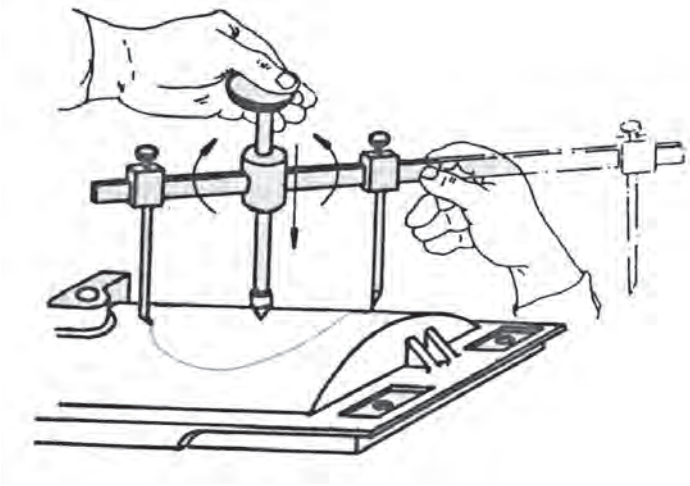
با پرگار سادهٔ موازی‌کش می‌توان مرکز دایره را نیز تعیین نمود. به این ترتیب که ابتدا با معلوم بودن قطر دایره مقدار شعاع را روی پرگار جدا می‌کنیم. سپس، با تکیه دادن لبهٔ کج پرگار روی بدنهٔ قطعهٔ کار نُک سوزن پرگار را روی مقطع دایره قرار می‌دهیم و خط می‌کشیم سپس پرگار را روی محیط دایره جابه‌جا نموده و مانند حالت قبل مجدداً خط می‌کشیم. محل تقاطع دو خط ترسیم شده مرکز دایره است (شکل ۲۰ــ۲).



شکل ۲۰ــ۲ــ تعیین مرکز دایره به کمک پرگار

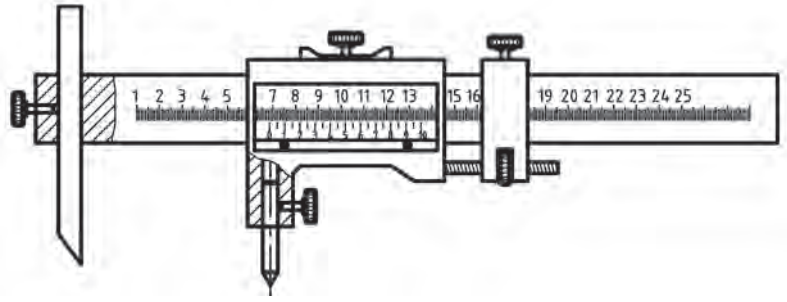
پرگار رسم دایره روی سطح جانبی استوانه‌ها : از این پرگار برای ترسیم دایره روی سطوح منحنی، مانند جدارهٔ لوله‌ها و استوانه‌ها، استفاده می‌شود. این پرگار دارای سه بازو است و انتهای آن‌ها مجهز به سوزن‌اند دو بازوی طرفین روی محیط دایره و بازوی سوم (بازوی وسط) روی مرکز دایره قرار می‌گیرد.

باید توجه داشت که بازوی وسط نسبت به محورش می‌تواند تغییر ارتفاع دهد و برحسب تغییر موقعیت، دو بازوی طرفین روی محیط استوانه بالا و پایین شوند (شکل ۲۱ــ۲).



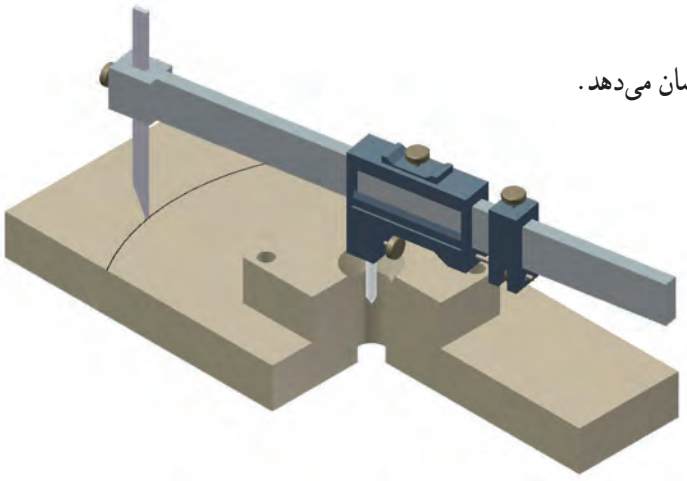
شکل ۲۱ــ۲ــ پرگار رسم دایره روی سطح جانبی استوانه‌ها

پرگار ورنیه‌دار: این پرگار دارای دو فک قابل تعویض است. یک فک آن، هنگام عمل ثابت و فک دوم روی کشوی نصب شده و متحرک است. فک ثابت می‌تواند در جهت عمود بر خط‌کش مدرّج پرگار، حرکت لغزشی داشته باشد و فک متحرک در امتداد خط‌کش حرکت افقی دارد. هر دو فک می‌توانند توسط پیچی در محل‌های خود محکم شوند. با در نظر گرفتن مکانیزم ویژهٔ این پرگار، می‌توان از این وسیله برای کشیدن دایره‌ها و یا قوس‌ها در دو سطح مختلف بهره گرفت. به این صورت که فک مخروطی را در داخل سوراخ قرار دهیم و نُک سوزن رسّام را روی سطح دیگر تنظیم نماییم. سپس با حرکت چرخشی، منحنی مورد نظر را رسم کنیم. حُسن دیگر این پرگار مدرج بودن است و می‌توان مقدار شعاع قوس مورد نظر را مستقیماً روی پرگار مشخص نمود. این پرگار، هم‌چنین دارای فک های یدکی قابل تعویض در اندازه‌ها و فرم‌های مختلف نیز هست. خط‌کش این پرگار مدرّج بوده و مجهز به سیستم ورنیه است. (سیستم ورنیه در فصل چهارم شرح داده خواهد شد). بنابراین می‌توان مقدار اندازه را روی پرگار جدا کرد و پرگار را تنظیم نمود (شکل ۲۲ــ۲).



شکل ۲۲ــ۲ــ پرگار ورنیه‌دار

شکل۲۳ــ۲ نمونه‌ای از کاربرد پرگار ورنیه‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳ــ۲ــ نمونه‌ای از کاربرد پرگار ورنیه‌دار

پرگارهای انتقال اندازه: از این نوع پرگارها برای انتقال اندازه از روی قطعهٔ کار به ابزار و یا بالعکس استفاده می‌شود. توسط این پرگارها می‌توان ابعاد داخلی، خارجی، فواصل بین خطوط و قطعات را روی پرگار تنظیم کرده و سپس به وسیلهٔ اندازه‌گیری، انتقال داد، یا بالعکس آن‌ها را روی وسیله اندازه‌گیری تنظیم نموده و سپس به روی قطعه کار منتقل نمود (شکل۲۴ــ۲).

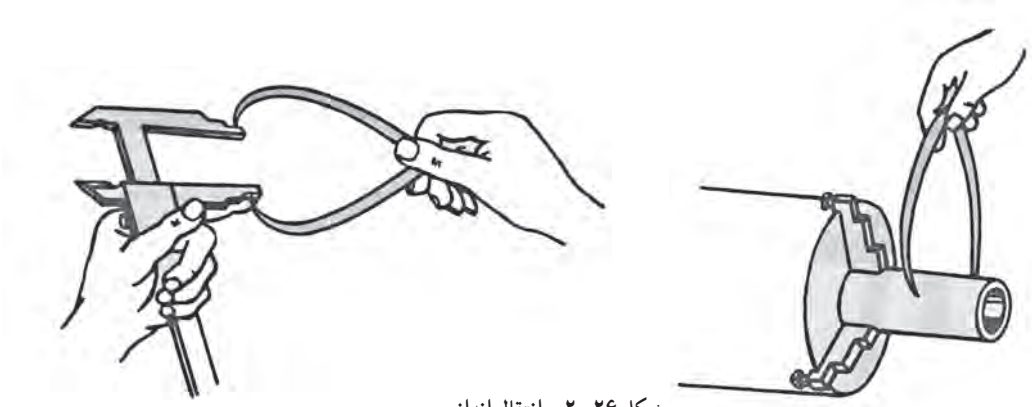
مطابق شکل۲۴ــ۲ این وسیله از یک جفت ساق قوسی شکل، که توسط پیچ و مهره به‌هم وصل شده‌اند، تشکیل شده‌اند. برای استفاده از این وسیله ابتدا سر خمیدهٔ ساق را با کار تماس می‌دهیم و سپس، توسط پیچ و مهره، اندازه را ثابت می‌کنیم و فاصلهٔ بین دو سر پرگار را اندازه می‌گیریم. این نوع پرگارها در انواع مختلفی ساخته می‌شوند، از آن جمله :

پرگار انتقال اندازه خارج: این پرگار که پرگار سرکج داخلی نامیده می‌شود، طوری ساخته شده است که با طرفین قطعهٔ کار مورد اندازه‌گیری تماس حاصل می‌کند و سپس توسط محکم کننده، که ممکن است پیچی باشد، اندازه را ثابت می‌کنیم و آن‌را به روی وسیلهٔ اندازه‌گیری مثلاً خط‌کش؛ منتقل می‌کنیم. این پرگارها در دو نوع فنری و پیچی ساخته می شوند (شکل۲۵ــ۲).

شکل ۲۴ــ۲ــ پرگار انتقال اندازه

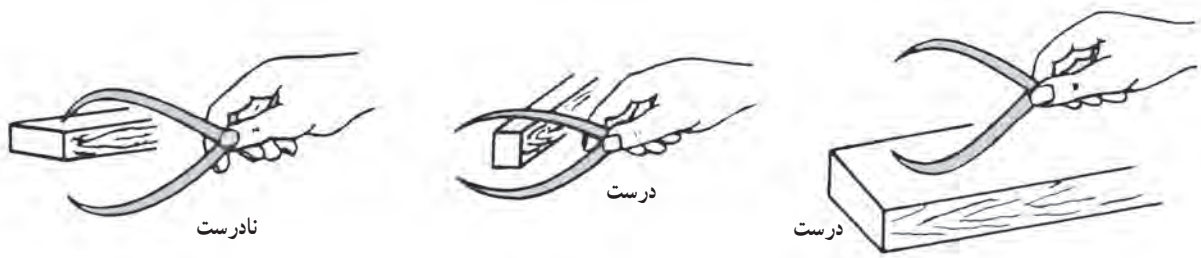
شکل ۲۵ــ۲ــ پرگار انتقال اندازه خارج

در کار کردن با این نوع پرگار باید، ابتدا دهانهٔ پرگار را به اندازهٔ تقریبی قطعه کار باز نمود. سپس، آن‌را، با توجه به نوع کار، روی قطعه یا وسیلهٔ اندازه‌گیری هدایت و تنظیم می‌کنیم (شکل۲۶ــ۲).



شکل ۲۶ــ۲ــ انتقال اندازه

برای میزان کردن دقیق آن، در صورتی‌که دهانه کوچک یا بزرگ باشد، با استفاده از قطعه چوبی، مطابق شکل زیر عمل می‌کنیم (شکل۲۷ــ۲).



شکل ۲۷ــ۲ــ تنظیم دهانهٔ پرگار انتقال اندازه خارج

شکل ۲۸ــ۲ــ پرگار انتقال اندازه داخل

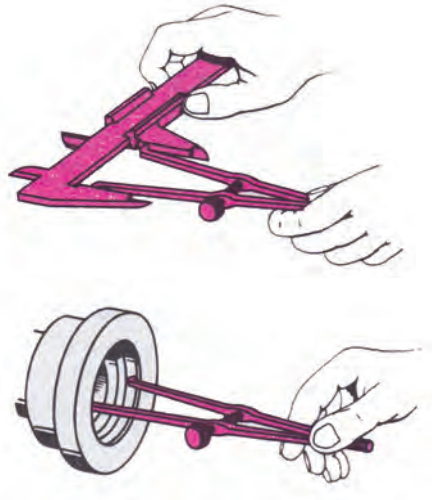
پرگار انتقال اندازه داخل: این پرگار، که به پرگار پاشنه‌ای و پرگار سرکج خارج نیز معروف است، برای انتقال اندازه سوراخ‌ها و فاصلهٔ بین شیارها و شکاف‌ها به‌روی وسیلهٔ اندازه‌گیری یا بالعکس به‌کار برده می‌شوند. این پرگارها در دو نوع ساده و فنری ساخته می‌شوند (شکل ۲۸ــ۲).

درکار با این نوع وسیله برای تنظیم فاصله، پس از باز کردن تقریبی دهانهٔ پرگار، باید از یک قطعه چوب استفاده کرد و از وارد نمودن ضربه به نُک تیز آن خودداری نمود (شکل۲۹ــ۲).

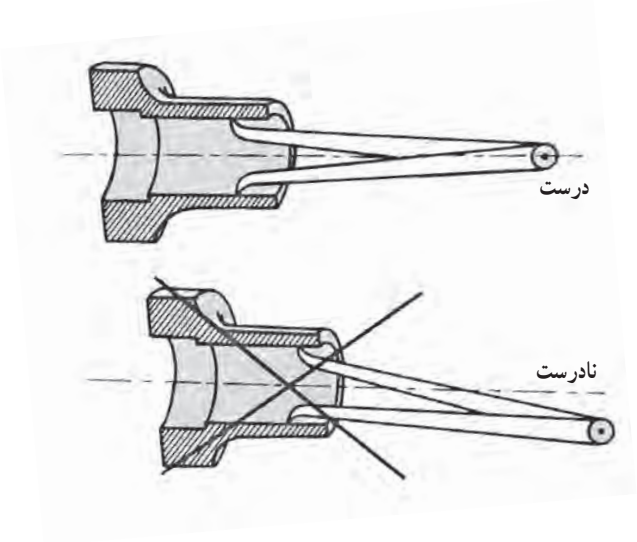
شکل۳۰ــ۲، نمونه‌ای از انتقال اندازه بوسیلهٔ این نوع پرگار را نشان می‌دهد.

در کار با این پرگار باید دقت کرد تا محور تقارن بازوهای پرگار بر محور تقارن قطعه کار منطبق باشد (شکل۳۱ــ۲).

شکل ۲۹ــ۲ــ تنظیم دهانهٔ پرگار انتقال اندازه داخل

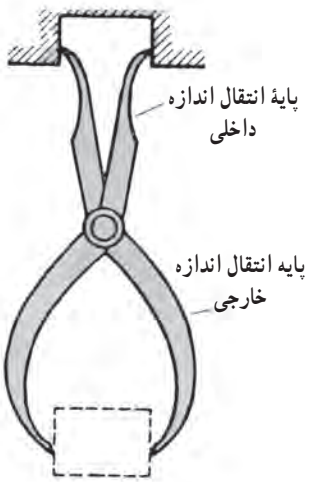


شکل ۳۰ــ۲ــ انتقال اندازه به وسیلهٔ پرگار انتقال اندازه داخل



شکل ۳۱ــ۲ــ عمود بودن محور تقارن بازوهای پرگار بر محور تقارن قطعه

پرگار دو طرفه : از این پرگار برای انتقال اندازه‌های داخلی و خارجی قطعات استفاده می‌شود. به‌وسیلهٔ این نوع پرگار می‌توان به طور همزمان از یک طرف برای انتقال اندازه قطعه و از طرف دیگر برای مقایسهٔ مقدار آن با یک وسیلهٔ اندازه‌گیری مناسب، استفاده نمود. از طرفی هر دو نوع پرگار اندازه‌گیر خارجی و اندازه‌گیر داخلی روی یک پرگار پیش‌بینی شده است. ضمناً عمل اندازه‌گیری را می‌توان بدون خارج کردن پرگار از داخل قطعه انجام داد (شکل۳۲ــ۲).

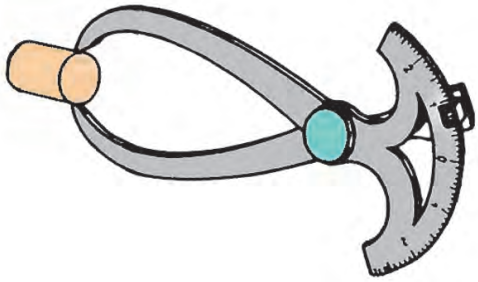


شکل ۳۲ــ۲ــ پرگار دوطرفه

پرگارهای مدرّج: این پرگار دارای صفحهٔ خمیدهٔ مدرّج است، که مقدار اندازه را می‌توان مستقیماً از روی آن قرائت نمود. با این پرگارها می‌توان قطرهای داخلی، خارجی، فاصلهٔ بین شکاف‌ها، شیارها و هم‌چنین ضخامت ورق‌ها را اندازه گرفت (شکل۳۳ـ۲).

شکل زیر اندازه‌گیری با پرگار مدرج را نشان می‌دهد(شکل۳۴ـ۲).

شکل ۳۳ـ۲ـ پرگار مدرّج



شکل ۳۴ـ۲ـ اندازه‌گیری با پرگار مدرّج

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ ـ از ضربه زدن به نُک تیز پرگار خودداری شود.

۲ ـ پرگارهای کوچک را با یک دست و پرگارهای بزرگ را با دو دست روی کار هدایت نمایید.

۳ـ از به‌کار بردن پرگار روی قطعهٔ کاری که در حال حرکت است جداً خودداری شود تا از بروز سانحه جلوگیری شود.

۴ـ هنگام استفاده از پرگار مواظب باشید نُک تیز بازوهای آن باعث ایجاد خراش بر روی پوست نشود.

۵ـ دقت شود پرگارهای فنری که با دست جمع می‌شوند، یک‌باره و ناگهانی باز نشوند تا از اصابت احتمالی نُک تیز آن‌ها به دست جلوگیری شود.

۶ـ از باز کردن زیاد پیچ پرگارها خودداری شود.

۷ـ قبل از استفاده از پرگار از سالم بودن آن مطمئن شوید.

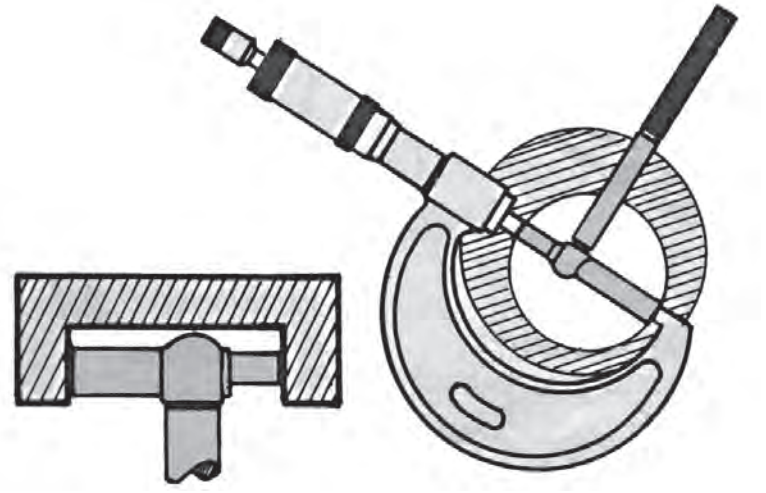
۸ـ از آن‌جا که پرگارهای انتقال اندازه دارای دقت بالایی نیستند لذا برای کارهای دقیق از وسیلهٔ مناسب دیگری استفاده شود.

اندازه‌گیر تلسکوپی

یکی‌دیگر از وسایل انتقال اندازه، که می‌توان برای انتقال اندازه از روی قطر داخلی استوانه‌ها، شیارها، شکاف ها از آن بهره گرفت، اندازه‌گیر تلسکوپی است. البته این وسیله، به دلیل ساختاری که دارد، فقط می‌تواند اندازهٔ سوراخ‌ها و شیارهای مستقیم را منتقل نماید. این وسیله از بازوهای متحرک با قطرهای مختلف، که هنگام جمع شدن به صورت تلسکوپی عمل می‌کند، فنرمارپیچ، دستهٔ آج‌دار، پیچ قفل و بدنه تشکیل شده است (شکل۳۵ــ۲).

شکل ۳۵ــ۲ــ اندازه‌گیر تلسکوپی

برای استفاده از این وسیله، ابتدا فک‌ها را جمع نموده و اندازه‌گیر را قفل می‌کنیم. سپس آن را در داخل قطعهٔ کار می‌بریم و قفل را باز می‌کنیم تا سندان‌ها بر دیوارهٔ کار مماس شوند. پیچ قفل را محکم می‌کنیم و اندازه‌گیر را از داخل کار بیرون می‌آوریم و برای مشخص شدن مقدار اندازه، آن را به داخل وسایل اندازه‌گیری هدایت می‌کنیم. یادآوری می‌شود این وسیله در سری‌های میلی‌متری و اینچی ساخته می‌شود (شکل۳۶ــ۲).



شکل ۳۶ــ۲ــ اندازه‌گیری به‌وسیلهٔ اندازه‌گیر تلسکوپی

اندازه‌گیر سوراخ: این وسیله مخصوص انتقال اندازهٔ سوراخ‌های دایره‌ای شکل است. اندازه‌گیر سوراخ از دسته، بدنه، پین سرمخروطی و فشنگی که با سطح کار مماس می‌شود تشکیل شده است (شکل۳۷ــ۲).

شکل ۳۷ــ۲ــ اندازه‌گیر سوراخ

برای استفاده از آن لازم است ابتدا با چرخاندن دستهٔ آج‌دار قطر آن را کم‌تر از مقدار سوراخ قطعهٔ کار تنظیم، سپس آن‌را به داخل قطعه کار هدایت نموده و با چرخاندن دستهٔ آج‌دار سطوح فشنگی اندازه‌گیری با کار تماس پیدا کرده، در همین حالت اندازه‌گیر را از داخل سوراخ کار بیرون کشیده و به روی وسیلهٔ اندازه‌گیری هدایت می‌نماییم.

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ ــ در موقع بایگانی، پیچ قفل اندازه‌گیرهای تلسکوپی شل باشد.

۲ ــ از باز کردن ناگهانی اندازه‌گیرهای تلسکوپی، که جمع شده‌اند، خودداری شود. ابتدا با دو انگشت دو سر میله‌های آن‌را نگه دارید. سپس، پیچ قفل را باز و به آرامی انگشتانتان را از میله‌های اندازه‌گیری آن جدا کنید.

۳ــ برای هر نوع اندازه‌ای، اندازه‌گیر تلسکوپی یا اندازه‌گیر سوراخ مناسب انتخاب کنید.

۴ــ با توجه به این‌که اندازه‌گیر تلسکوپی به سیستم فنر مجهز است و انرژی در فنرهای آن ذخیره و میله‌های آن جمع می‌شود از هر گونه ضربه و رهاسازی در زمان باز شدن فنرها جلوگیری کنید.

۵ــ توجه داشته باشید که این وسایل مخصوص انتقال اندازهٔ شیارها و سوراخ‌های مستقیم هستند. از هرگونه استفادهٔ غیر متعارف از آن‌ها خودداری شود.

۶ــ در مماس نمودن سر فشنگی اندازه‌گیر سوراخ جهت مماس شدن با جدارهٔ سوراخ، اندازه‌گیر را در سوراخ به سمت بالا و پایین حرکت داده تا اولاً از مماس شدن آن بر جداره مطمئن و ثانیاً از باز کردن زیاد پیچ خودداری گردد.

۷ــ با توجه به ساختار خاص اندازه‌گیر تلسکوپی، دقت شود در هنگام استفاده، محور اندازه‌گیر در امتداد محور سوراخ قرار گیرد.

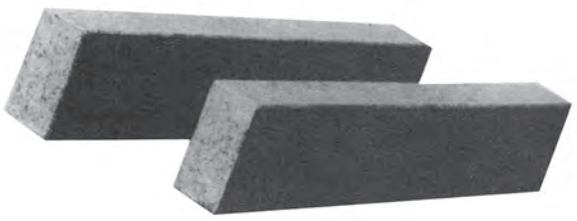
وسایل و صفحات کمکی : این دسته از وسایل به‌صورت وسایل کمکی در اندازه‌گیری و کنترل کاربرد دارند در حالی که وسیلهٔ اندازه‌گیری نیستند. ذیلاً نمونه هایی از این وسایل کمکی شرح داده می‌شود.

استوانه کنترل : استوانهٔ کنترل وسیلهٔ دقیقی است که به کمک صفحه صافی می‌تواند برای کنترل زاویهٔ قائمه در کارگاه و آزمایشگاه مورد استفاده قرار گیرد با سطح بسیار دقیق و پرداخت شده و وزن زیادی که دارد کاملاً بر روی صفحه صافی بدون هیچ‌گونه ارتعاشی قرار گرفته و ثابت شده و شرایط برای کنترل تعامد قطعات را فراهم می‌نماید.

استوانه‌های کنترل در ابعاد مختلفی از قطر ۶۰ و طول ۱۶۰ میلی‌متر تا قطر ۱۷۵ و طول ۸۰۰ میلی‌متر ساخته می‌شود. یکی از کاربردهای آن این است که بر روی صفحه صافی گذاشته و می‌توان برای کنترل گونیا بودن قطعات و ابزار از آن استفاده شود (شکل ۳۸ــ۲).

شکل ۳۸ــ۲ــ استوانه کنترل

منشورهای موازی : این قطعات که به نام شمش‌های موازی نیز معروف‌اند قطعات فلزی و گرانیتی دقیقی هستند که در کارگاه (نوع فلزی آن) و آزمایشگاه (نوع گرانیتی آن) کاربرد دارد سطوح جانبی آن کاملاً پرداخت و موازی هستند. این منشورها در اندازه‌ها و شکل‌های مختلف ساخته می‌شوند. شکل ۳۹ــ۲ نمونه‌ای از منشورهای موازی را نشان می‌دهد.



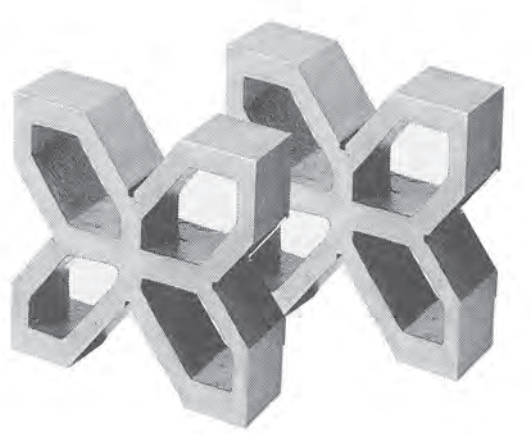
شکل ۳۹ــ۲ــ منشورهای موازی

منشورهای زاویه دار : نوع دیگری از این منشورها شیب دارند و از آن‌ها به صورت سطح کمکی استفاده می‌شود این منشورها به‌صورت سوراخ‌دار و بدون سوراخ ساخته می‌شود (شکل ۴۰ــ۲).

منشورهای پله‌دار : منشورهای پله‌دار نوع دیگری از این وسایل‌اند که دارای پله‌هایی با ارتفاعات مختلف هستند (شکل ۴۱ــ۲).

شکل ۴۰ــ۲ــ منشورهای زاویه‌دار

شکل ۴۱ــ۲ــ منشورهای پله‌دار



شکل ۴۲ــ۲ــ منشور V شکل

منشورهای V شکل (جناقی) : این نوع منشورها دارای چهار زاویهٔ قائمه در چهار سطح جانبی با اندازه‌های مختلف‌اند که از آن‌ها برای تکیه‌گاه و استقرار میله‌ها جهت کنترل دور بودن آن‌ها و وسیلهٔ کمکی در اندازه‌گیری‌ها و هم‌چنین در کارگاه برای کارهای مختلف استفاده می‌شود، این منشورها از جنس چدن و گرانیت ساخته می‌شوند که نوع گرانیتی آن دارای دقت بیش‌تر ولی شکننده و آسیب‌پذیرتر از نوع چدنی است (شکل ۴۲ــ۲).

این منشورها به صورت یک‌طرفه (با یک زاویهٔ قائمه) نیز ساخته می‌شوند هم‌چنین نوعی از این منشورها مجهز به مغناطیس نیز هستند (شکل ۴۳ــ۲).

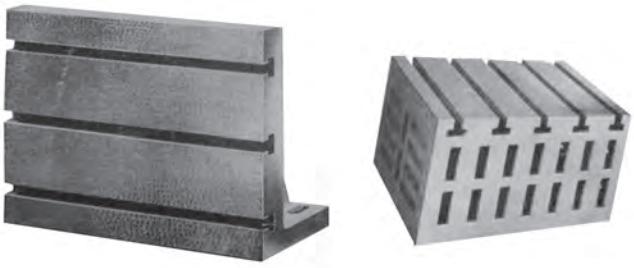
شکل ۴۳ــ۲ــ منشور V شکل با یک زاویهٔ قائمه

صفحات گونیایی : صفحات گونیایی نوعی از وسایل کمکی در اندازه‌گیری با نوع چدنی و گرانیتی هستند که در کارگاه و آزمایشگاه اندازه‌گیری کاربرد دارند.

شکل۴۴ــ۲ نوعی از این صفحات که دارای دسته نیز هست و برای کنترل تختی سطوح به روش دوده‌مالی یا کات‌کبود از آن استفاده می‌شود، نشان می‌دهد.

شکل ۴۴ــ۲ــ صفحات گونیایی

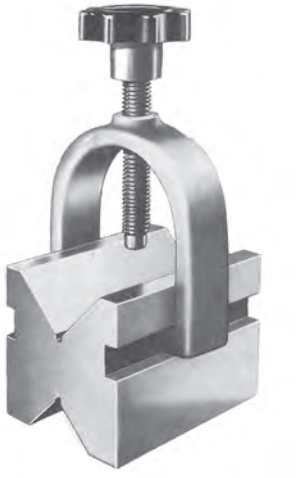
نوعی از این صفحات دارای شیارهای بیضی، تی شکل و دایره ای هستند که قطعات کار روی آن‌ها بسته می‌شوند این صفحات محل استقرار و نگه‌دارندهٔ قطعات محسوب می‌شوند و مجموعهٔ روی میز ماشین‌های براده‌برداری و یا اندازه‌گیری قرار می‌گیرد (شکل۴۵ــ۲). این صفحات ممکن است زاویه‌پذیر هم باشند.



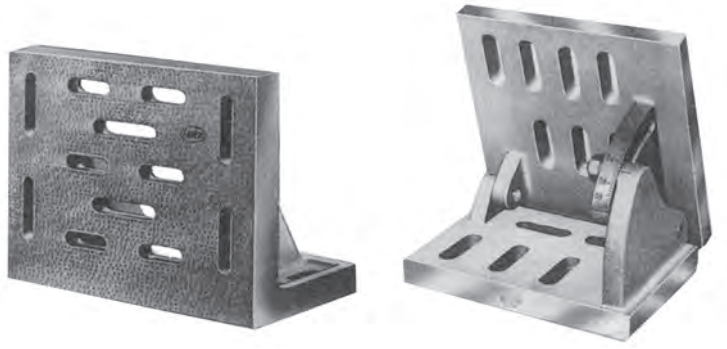
شکل ۴۵ــ۲ــ صفحات گونیایی شیاردار

نوع دیگری از این منشورها جهت بستن قطعات، روبنده دارند (شکل۴۶ــ۲).

به‌وسیلهٔ صفحات گونیایی زاویه‌دار می‌توان قطعات را تحت زاویه قرار دارد (شکل۴۷ــ۲).



شکل ۴۶ــ۲ــ صفحات مجهز به روبنده



شکل ۴۷ــ۲ــ صفحات گونیایی زاویه‌دار

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ ــ با توجه به سنگین بودن صفحات و بلوک‌های کمکی و برای جلوگیری از رها شدن آن‌ها در حمل و نقل و ایجاد سانحه، لازم است دقت کافی به‌عمل آید.

۲ ــ نظر به این‌که صفحات و بلوک‌های گرانیتی شکننده‌اند، هنگام جابه‌جایی آن‌ها مواظب باشید ضربه‌ای به آن‌ها وارد نشود.

۳ــ در هنگام استفاده از صفحات و بلوک‌های فلزی و یا گرانیتی دقت شود که دست یا انگشتانتان زیر آن‌ها نماند.

۴ــ قطعات کار به آرامی به صفحات و بلوک‌های گرانیتی تماس داده شود.

۵ــ با توجه به این‌که استوانه‌های کنترل دارای وزن زیاد و مقطع کوچک هستند و ممکن است در اثر کج کردن بیفتند و باعث سانحه شوند لذا در این خصوص لازم است مراقبت لازم به‌عمل آید.

۱ــ کاربردهای صفحهٔ صافی را بنویسید.

۲ــ ویژگی‌ها (مزیت‌ها و عیوب) صفحه صافی گرانیتی نسبت به صفحه صافی چدنی، را بنویسید.

۳ــ چرا برای استقرار صفحه صافی‌ها سه عدد پایه پیش بینی شده است؟

۴ــ علل ساخت صفحه صافی‌ها به‌صورت پشت خالی و شبکه بندی شده چیست؟

۵ــ چرا صفحه صافی‌های گرانیتی را به‌صورت پشت خالی نمی‌سازند؟

۶ــ چگونه می‌توان مستقیم بودن (نداشتن خمیدگی) یک میله نسبتاً بلند (تقریباً به طول ۳۰۰ میلی‌متر) را به کمک صفحه صافی تشخیص داد؟ توضیح دهید.

۷ــ مایع داخل استوانهٔ شیشه‌ای تراز چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟

۸ــ در روی ترازها معمولاً چه مشخصه‌ای از آن‌ها نوشته می‌شود. چرا؟

۹ــ چگونه می‌توان از صحت ترازها اطمینان حاصل نمود؟ شرح دهید.

۱۰ــ آیا از تراز چهارگوش می توان به‌صورت تراز افقی یک‌جهته یا دوجهته استفاده نمود؟ چگونه؟

۱۱ــ با رسم شکل، روش کنترل تعامد یک ستون استوانه ای شکل را نسبت به سطح افق به کمک تراز چهارگوش نشان دهید.

۱۲ــ آیا برای کنترل تراز بودن صفحه صافی که روی میز اندازه‌گیری قرار دارد، می‌توان از تراز کروی استفاده نمود؟ چگونه؟

۱۳ــ طبیعی‌ترین تراز در روی کرهٔ زمین کدام است؟ چرا؟

۱۴ــ چگونه می‌توان مستقیم بودن (نداشتن خمیدگی) یک میله را به کمک منشورهای اندازه گیری و تراز تشخیص داد؟ (با رسم شکل نشان دهید).

۱۵ــ برای کنترل میزی به طول ۲ متر از تراز ۰/۰۵ میلی‌متر بر متر استفاده شده و حباب تراز به اندازهٔ ۳ فاصله منحرف گردیده است. تعیین کنید : اولاً مقدار انحراف میز بر حسب میلی‌متر . ثانیاً مقدار زاویهٔ انحراف برحسب درجه، دقیقه و ثانیه.

۱۶ــ چگونه می‌توان زاویه یک سطح شیب‌دار را به کمک صفحهٔ گونیایی زاویه‌دار و تراز تعیین نمود؟ (بارسم شکل نشان دهید).

۱۷ــ آیا در قسمت مدرج پرگارهای مدرّج، از خاصیت بزرگ‌نمایی استفاده شده یا فاصله یک میلی‌متر حقیقی است. چرا؟

۱۸ــ برای انتقال اندازه، پرگارهای فنری از دقت و صحت بیش‌تری برخوردارند یا پرگارهای پیچی؟ علت را توضیح دهید.

۱۹ــ دقت و صحت عملکرد اندازه‌گیر تلسکوپی بیش‌تر است یا پرگار؟ چرا؟

۲۰ــ آیا از اندازه‌گیر تلسکوپی می‌توان برای انتقال قطر شیارهای داخلی پس نشسته در استوانه‌ها استفاده نمود؟ چرا؟

۲۱ــ برای انتقال، اندازهٔ قطر سوراخ، اندازه‌گیر تلسکوپی مناسب‌تر است یا اندازه‌گیر سوراخ؟ چرا؟

فصل ۳

مترها و خط‌کش‌ها

هدف‌های رفتاری: در این فصل انواع مترها، خط‌کش‌ها به لحاظ مختلف از جمله قابلیت تفکیک، گسترهٔ اندازه‌گیری، نحوهٔ درجه‌بندی، و روش استفاده از آن‌ها آموزش داده می‌شود به گونه‌ای که فراگیر بتواند:

۱ـ انواع مترها را شرح دهد.

۲ـ انواع خط‌کش‌ها را شرح دهد.

۳ـ چرخ اندازه‌گیر را تعریف کند.

۴ـ روش‌های استفاده از مترها و خط‌کش را شرح دهد.

۵ـ نکات حفاظت و ایمنی در مورد خط‌کش‌ها را بیان کند.

عناوین این فصل عبارتند از:

- ✓ مترها
- ✓ خط‌کش‌ها

مترها

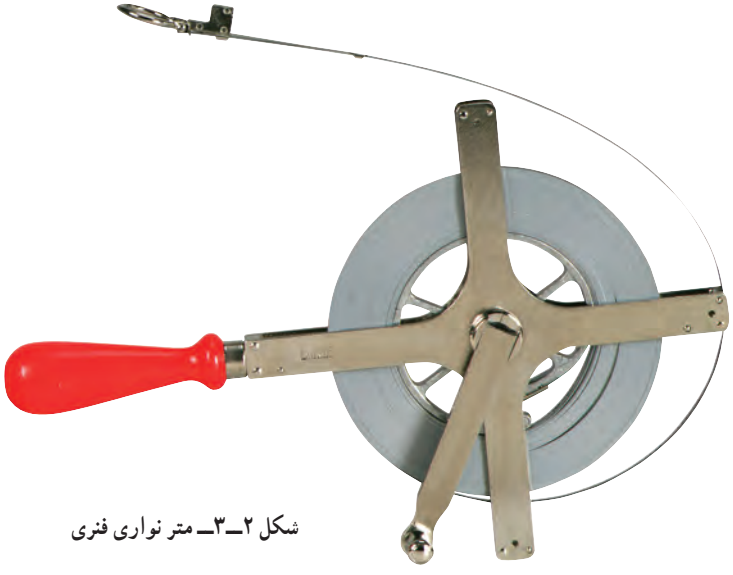
مترها جزء وسایل اندازه‌گیری طول هستند که در صنایع و کارهای نجّاری، ساختمانی، معماری، خیّاطی، مکانیکی، جوشکاری و ... کاربرد فراوان دارند.

مترها در دو دستگاه یکاهای بین‌المللی و انگلیسی درجه‌بندی می‌شوند. قابلیت تفکیک مترها در دستگاه یکاهای بین‌المللی عموماً یک میلی‌متر و گسترهٔ اندازه‌گیری از یک متر تا چند متر و در دستگاه انگلیسی با قابلیت تفکیک $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ و گسترهٔ اندازه‌گیری از یک یارد تا چند یارد هستند و بر حسب موارد کاربردشان، در نمونه‌های زیر تولید می‌شوند :

متر تاشو : این متر از جنس فولاد، فلزات سبک و یا از چوب ساخته می‌شود. این نوع مترها در اندازه‌های ۱ متر و ۲ متر با تعداد قطعات، به ترتیب ۶ و ۱۰ ساخته و به هم پین می‌شوند. این نوع مترها معمولاً دارای تقسیمات سانتی‌متر و میلی‌متر و اینچ می‌باشند (شکل ۱ــ۳).

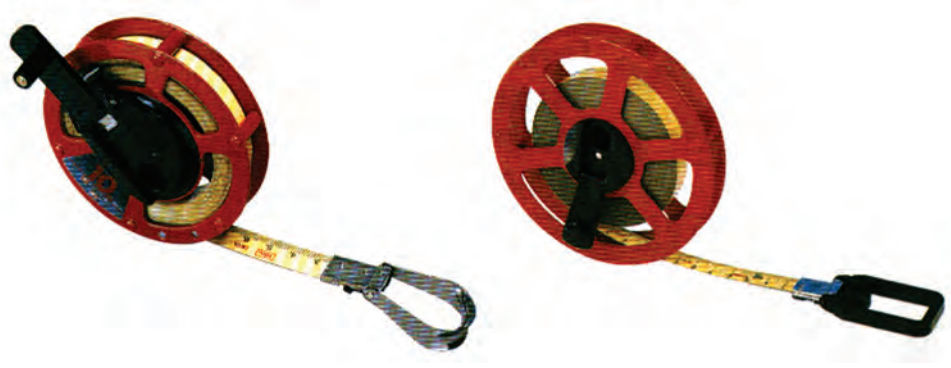
شکل ۱ــ۳ــ متر تاشو

متر نواری فنری : این نوع مترها که از جنس فولاد ساخته می‌شوند و با دسته‌ای که روی آن پیش‌بینی شده است، می‌توان آن را جمع کرده و دور قرقرهٔ مربوطه پیچاند. این متر در طول‌های مختلف ساخته می‌شوند از این متر به دلیل انعطاف‌پذیر بودنش برای اندازه‌گیری طول قوس‌ها نیز استفاده می‌شود (شکل ۲ــ۳).



شکل ۲ــ۳ــ متر نواری فنری

متر نواری پارچه‌ای : این متر، که به دستهٔ جمع‌کننده مجهز است در طول‌های ۱۰، ۲۰، ۲۵و ... متر تهیه می‌شود. جنس پارچهٔ آن دارای بافت مخصوص است و ابتدای آن دارای قلابی جهت نگه‌داشتن یا اتصال به محل اندازه‌گیری است. از این نوع مترها در کارهای ساختمانی استفاده می‌شود (شکل۳ــ۳).

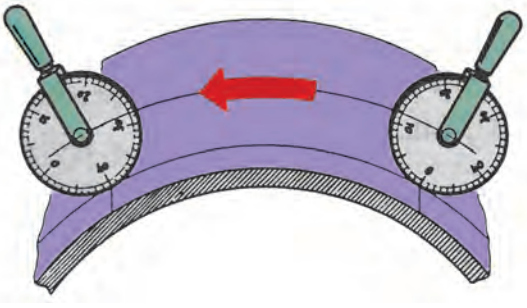


شکل ۳ــ۳ــ متر نواری پارچه‌ای

شکل ۴ــ۳ــ متر فلزی جیبی

متر فلزی جیبی : این نوع مترها برای انواع کارهای ساخت، از جمله نجّاری، ورق‌کاری، جوشکاری و... کاربرد دارند و در طول‌های یک تا پنج متر و از جنس فولاد ساخته می‌شوند. سر صفر این مترها قلابی جهت اتصال آن به لبهٔ قطعه کار پیش‌بینی شده است. این مترها دارای قفل‌اند و در حالت آزاد نمودن قفل، متر جمع می‌شود و در داخل محفظهٔ پلاستیکی و یا فلزی جاسازی می‌شود (شکل۴ــ۳).

چرخ اندازه‌گیر: چرخ اندازه‌گیری نیز جز دستهٔ مترها به حساب می‌آید، که برای اندازه‌گیری سطوح منحنی، سطوح صاف یا طول‌های زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرگاه این وسیله به دستگاه دورسنج مجهز باشد، استفاده از آن آسان‌تر می‌شود، زیرا با مشخص شدن تعداد دور چرخیده شده و معلوم بودن محیط چرخ، طول پیموده شده به‌دست می‌آید (شکل۶ــ۳).



شکل ۵ــ۳ــ چرخ اندازه‌گیر

خط‌کش‌ها

خط‌کش‌ها با قابلیت تفکیک بالاتر و گسترهٔ اندازه‌گیری کم‌تر نسبت به مترها ساخته می‌شوند و برای اندازه‌گیری قطعات، با دقتی بالاتر از آن‌چه که راجع به مترها ذکر شد و هم‌چنین اندازه‌گیری با طول‌های پایین‌تر نسبت به مترها در صنایع مختلف، و عملیات ترسیم و خط‌کشی کاربرد دارند. جنس خط‌کش‌ها ممکن است چوبی، پلاستیکی یا فلزی باشد. خط‌کش‌ها در انواع مختلفی تولید و به بازار عرضه می‌شوند، از آن جمله :

خط‌کش تخت : این خط‌کش تقریباً از پرمصرف‌ترین خط‌کش‌هاست که در کارهای مختلف برای اندازه‌گیری و رسم خط از آن استفاده می‌شود. این نوع خط‌کش در طول‌های مختلفی تا یک متر و یک یارد ساخته می‌شوند. متداول‌ترین آن‌ها، خط‌کش‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر و ۰/۵، ۱ و ۲ اینچ هستند. جنس این خط‌کش‌ها فولادی است که در مقابل ضربه، مقاوم و قابلیت انعطاف‌پذیری و خمش مناسب دارند.

خط‌کش‌ها عموماً در یک طرف دارای درجه‌بندی میلی‌متری و در طرف دیگر دارای تقسیمات اینچی هستند.

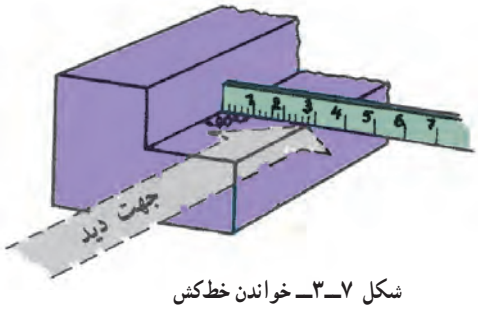
قابلیت تفکیک قسمت میلی‌متری آن‌ها معمولاً ۱ میلی‌متر و ۰/۵ میلی‌متر و قسمت اینچی آن‌ها $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ و قسمت اول آن معمولاً دارای تقسیمات $\frac{۱}{۶۴}$ اینچ هستند (شکل ۶ــ۳).

شکل ۶ــ۳ــ خط‌کش تخت

در اندازه‌گیری‌های مختلف با خط‌کش تخت باید به نکات زیر توجه نمود :

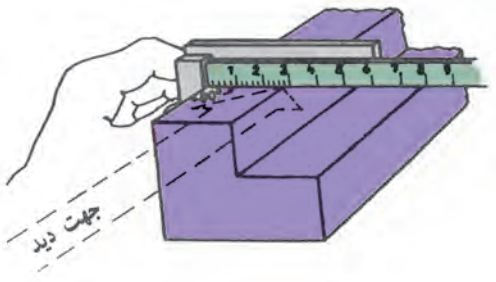
۱ــ برای خواندن اندازه لازم است به‌صورت عمودی به اندازه نگاه کرد (شکل ۷ــ۳).

۲ــ برای تطابق لبهٔ خط‌کش با لبهٔ قطعه کار و هم‌چنین عمود شدن آن بر خط لبهٔ قطعه کار بهتر است از یک گونیا کمک گرفته شود (شکل ۸ــ۳).

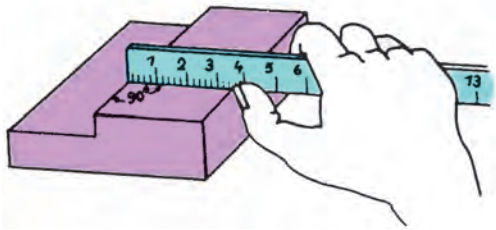


شکل ۷ــ۳ــ خواندن خط‌کش

۳ــ در اندازه‌گیری‌هایی که قطعه کار فاقد لبه است و امکان استفاده از وسایل کمکی نیز وجود ندارد، بهتر است ضمن استقرار لبهٔ خط‌کش به لبهٔ قطعه کار، از سر ناخن برای مشخص کردن اندازه استفاده نمود (شکل ۹ــ۳).

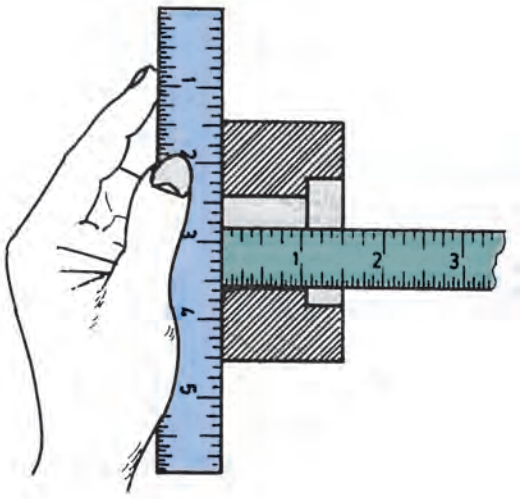


شکل ۸ــ۳ــ استقرار خط‌کش



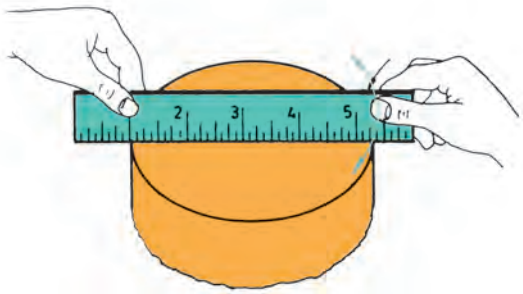
شکل ۹ــ۳ــ استفاده از سر ناخن جهت خواندن خط‌کش

۴ــ در اندازه‌گیری عمق قطعات سوراخ‌دار بهتر است برای استقرار لبهٔ خط‌کش از یک تکیه‌گاه مناسب، مثلاً صفحهٔ تخت یا خط‌کش تخت استفاده شود (شکل ۱۰ــ۳).



شکل ۱۰ــ۳ــ اندازه‌گیری عمق قطعات با خط‌کش

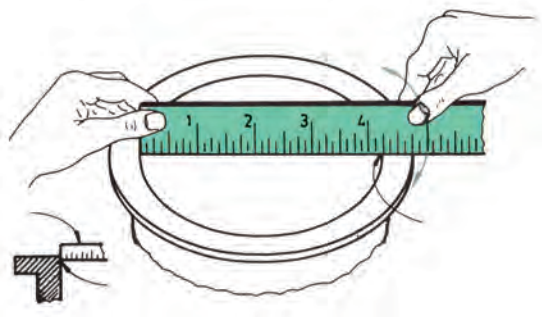
۵ــ در اندازه‌گیری قطرهای خارجی باید یکی از خطوط درجه‌بندی خط‌کش را بر لبهٔ کار مماس نمود و سپس با حرکت چرخشیِ خط‌کش روی مقطع قطعه، بزرگ‌ترین اندازهٔ نشان داده شده قطر قطعه خواهد بود(شکل۱۱ــ۳).



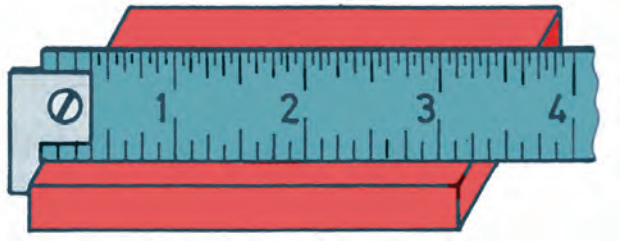
شکل ۱۱ــ۳ــ تعیین قطر خارجی با خط‌کش

۶ــ برای اندازه‌گیری قطرهای داخلی باید لبهٔ خط‌کش را بر لبهٔ داخلی قطعهٔ کار چسبانید. سپس، خط‌کش را روی لبهٔ داخلی قطعه چرخاند. بزرگ‌ترین اندازهٔ نشان داده شده قطر داخلی قطعه خواهد بود (شکل۱۲ــ۳).

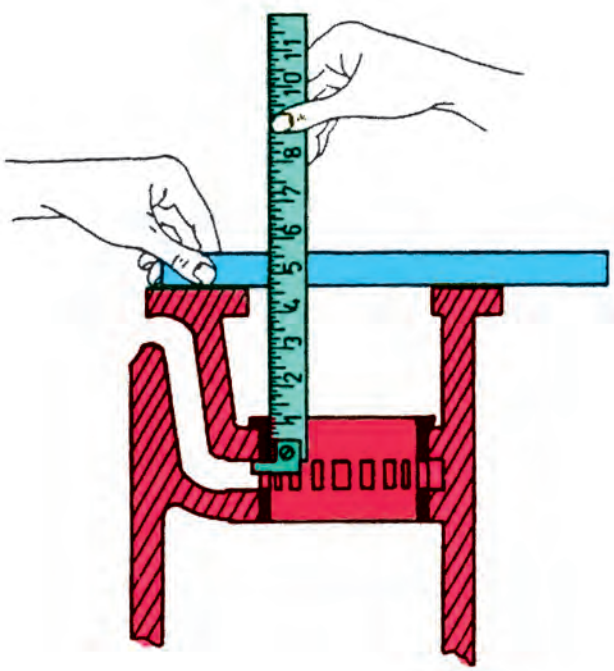
خط‌کش قلاب‌دار: با قلابی که در سر این خط‌کش و در سمت صفر آن پیش‌بینی شده می‌توان آن‌را به لبهٔ کار گیر داده ضمن ایجاد سرعت عمل در اندازه‌گیری، به دلیل استقرار دقیق لبهٔ صفر خط‌کش روی قطعه کار، از خطای اندازه‌گیری جلوگیری نمود(شکل ۱۳ــ۳).



شکل ۱۲ــ۳ــ تعیین قطر داخلی با خط‌کش



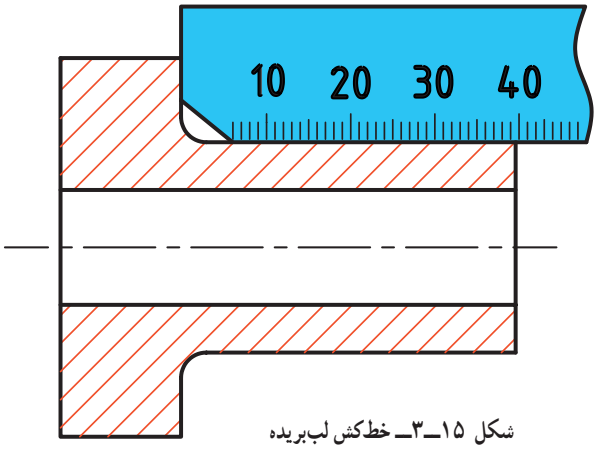
شکل ۱۳ــ۳ــ خط‌کش قلاب‌دار



شکل ۱۴ــ۳ــ استفاده از خط‌کش قلاب‌دار

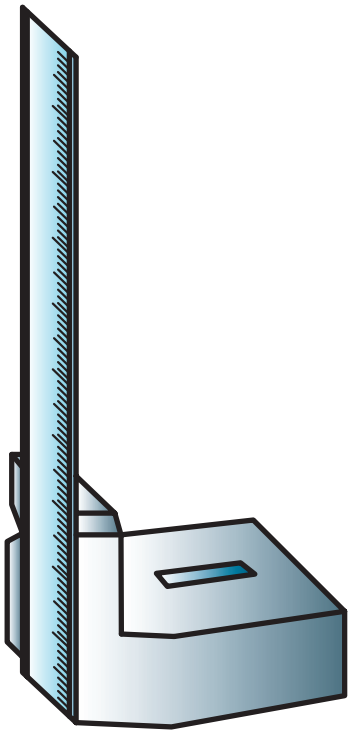
شکل ۱۴ــ۳، استفاده از این خط‌کش را همراه با وسیلهٔ کمکی برای اندازه‌گیری قسمت‌های غیر قابل دسترس در یک قطعه نشان می‌دهد.

خط‌کش لب بریده: لبهٔ قسمت صفر این خط‌کش دارای بریدگی است. با این طرح امکان اندازه‌گیری طول‌های منتهی به قوس‌ها فراهم گردیده است (شکل۱۵ــ۳).



شکل ۱۵ــ۳ــ خط‌کش لب‌بریده

خط‌کش پایه‌دار: خط‌کش پایه‌دار در حقیقت نوعی خط‌کش تخت است که مجهز به پایهٔ چدنی است و خط‌کش در شیار پیش‌بینی شده روی آن جای گرفته و به‌وسیلهٔ پیچ محکم می‌شود. برای اندازه‌گیری، خط‌کش و قطعهٔ مورد اندازه‌گیری روی صفحه صافی قرار می‌گیرد و اندازه تعیین می‌شود(شکل ۱۶ــ۳).



شکل ۱۶ــ۳ــ خط‌کش پایه‌دار

خط‌کش تلسکوپی : این خط‌کش به شکل استوانه‌های مدرّج با قطرهای مختلف بوده که در حالت جمع شدن داخل هم‌دیگر قرار می‌گیرند وکاملاً به اندازهٔ یک خودکار شده و در جیب جای می‌گیرند، سر صفر این خط‌کش‌ها دارای قلاب برای اتصال به لبه قطعه مورد اندازه‌گیری است (شکل ۱۷ــ۳).

شکل ۱۷ــ۳ــ خط‌کش تلسکوپی

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ ــ نشانه یک کارگر، تکنسین و مهندس خوب تنظیم و مرتب بودن تجهیزات و ابزارهای اندازه‌گیری اش می‌باشد. لذا ضروری است پس از اندازه‌گیری وسایل استفاده شده را مرتب نموده و در محل مربوطه قرار دهید.

۲ ــ درجه‌بندی خط‌کش فولادی باید فاقد زنگ‌زدگی و کوبیدگی باشد. به‌طوری‌که خطوط آن کاملاً قابل رؤیت باشد.

۳ــ تقسیمات خط‌کش باید خوانا و از وضوح کامل برخوردار باشد (کم‌رنگ نباشد).

۴ــ خط‌کش‌هایی که مجهز به قلاب‌اند، باید قلابشان فاقد لقی بوده و کاملاً سفت باشند.

۵ ــ لبه‌های خط‌کش کاملاً صاف و بدون پریدگی و کَندگی باشند.

۶ ــ در اندازه‌گیری‌ها تدابیری اندیشیده شود تا لبهٔ صفر خط‌کش درست منطبق بر لبهٔ قطعه کار باشد.

۷ــ در خواندن اندازه‌ها چنان‌چه لبهٔ قطعه کار در وسط خط اندازهٔ خط‌کش قرار گرفت بهترین موقعیت برای قرائت اندازه است.

۸ ــ در مواردی که لبهٔ قطعه کار مابین دو خط اندازه قرار می‌گیرد از قاعدهٔ گرد کردن اندازه‌ها استفاده می‌شود.

پرسش‌های فصل

۱ــ وسیلهٔ مناسب برای اندازه‌گیری، طول، عرض و ارتفاع کلاس درس چیست ؟

۲ــ وسیلهٔ مناسب و روش اندازه‌گیری قطر یک سکّه را با رسم شکل شرح دهید.

۳ــ روش اندازه‌گیری طول پا، محیط و قطر مچ دست را با متر فلزی جیبی و رسم شکل شرح دهید.

۴ــ وسیلهٔ مناسب برای اندازه‌گیری طول و عرض در و تخته کلاس کدام است؟

۵ــ روش و وسیلهٔ اندازه‌گیری طول قد انسان را با رسم شکل بنویسید.

۶ــ برای اندازه‌گیری اثر خط ترمز خودرویی، از چرخ اندازه‌گیر به قطر ۱۰ سانتی‌متر استفاده شده و چرخ اندازه‌گیر ۱۰ دور زده است . طول خط ترمز چند سانتی‌متر است؟

۷ــ از آن‌جا که قسمت کوچکی از خط‌کش فلزی تخت به طول ۳۰ سانتی‌متر، دارای تقسیمات ۰/۵ میلی‌متر است روش اندازه‌گیری طول یک مداد را با دقت ۰/۵میلی‌متر به وسیلهٔ خط‌کش فوق و با رسم شکل شرح دهید.

۸ــ آیا خط‌کش فلزی تخت برای اندازه‌گیری طول و قطر مداد نُکی مناسب است؟ چرا؟

فصل ۴

کولیس‌ها

هدف‌های رفتاری : پس از آموزش این فصل فراگیر ساختمان، مقدار قابلیت تفکیک، گسترهٔ اندازه‌گیری، نحوهٔ درجه‌بندی و قواعد اندازه‌گیری با انواع کولیس‌های ورنیه‌دار، ساعتی و دیجیتالی را می‌شناسد و می‌تواند:

۱ـ کولیس ورنیه را توصیف کند.

۲ـ نحوهٔ درجه‌بندی کولیس‌های ورنیه‌دار را شرح دهد.

۳ـ روش خواندن کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک مختلف را بیان کند.

۴ـ کولیس ساعتی را بیان کند.

۵ـ نحوهٔ درجه‌بندی کولیس ساعتی را شرح دهد.

۶ـ روش خواندن کولیس ساعتی را بیان کند.

۷ـ کولیس دیجیتالی را توصیف کند.

۸ـ نحوهٔ درجه‌بندی کولیس دیجیتالی را شرح دهد.

۹ـ روش خواندن کولیس دیجیتالی را بیان کند.

۱۰ـ نکات حفاظتی و ایمنی را در کولیس‌ها بیان کند.

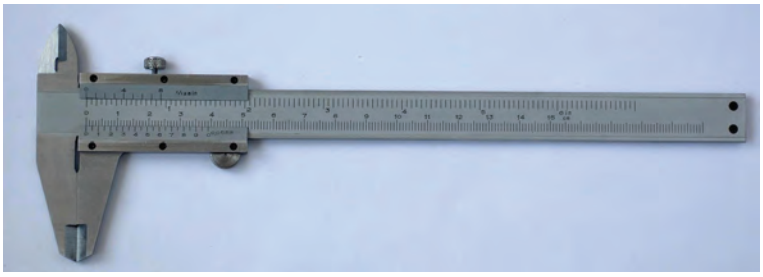
عناوین این فصل عبارتند از:

- ✓ **کولیس‌های ورنیه‌دار**
- ✓ **کولیس‌های ساعتی**
- ✓ **کولیس‌های دیجیتالی**

کولیس ورنیه

کولیس ورنیه توسط یک مهندس ریاضی‌دان فرانسوی به‌نام پیر ورنیه طراحی شده است. با ساخت این وسیله امکان اندازه‌گیری ابعادی قطعات تا دقت ۰/۰۲ mm و ۰/۰۰۱ inch فراهم گردید. به‌وسیلهٔ انواع کولیس ورنیه می‌توان اندازه‌گیری‌های مختلف را انجام داد، از آن جمله اندازه‌گیری انواع ابعاد داخلی، خارجی، قطر، شیار، عمق، طول، شکاف، ارتفاع، ضخامت و ... را می‌توان نام برد.

شکل و ساختمان : مطابق شکل(۱ــ۴) کولیس ورنیهٔ معمولی از قسمت‌های زیر تشکیل شده است :



شکل ۱ــ۴ــ کولیس ورنیه

۱ــ خط‌کش با تقسیمات میلی متری و اینچی، که معمولاً قابلیت تفکیک قسمت میلی‌متری آن‌ها ۱ mm و در کولیس‌های اینچی $\frac{۱}{۱۶}$ inch و ۰/۰۲۵ = $\frac{۱}{۴۰}$ است.

۲ــ فک ثابت، از سه قسمت چاقویی، تخت و پله‌ای تشکیل شده و با خط‌کش یک‌پارچه است.

۳ــ فک متحرک، این فک نیز از سه قسمت چاقویی، تخت و پله‌ای تشکیل شده و با کشوی یک‌پارچه است.

توجه

* از فک ثابت و متحرک برای انواع اندازه‌گیری‌های خارجی استفاده می‌شود.
* بهتر است در اندازه‌گیری‌های عمومی‌از قسمت تخت فک‌ها استفاده شود.
* از قسمت چاقویی کولیس برای اندازه‌گیری گلویی‌ها و شیارهای باریک استفاده شود.

۴ــ شاخک ثابت که با خط‌کش یک‌پارچه است و لبهٔ اندازه‌گیری آن تیز است.

۵ــ شاخک متحرک که با کشوی یک‌پارچه است و لبهٔ اندازه‌گیری آن تیز است.

توجه : از شاخک ثابت و متحرک برای انواع اندازه گیری‌های داخلی استفاده می‌شود.

۶ــ کشوی که ورنیه‌های میلی‌متری و اینچی روی آن قرار دارد.

۷ــ پیچ قفل کشوی که از آن برای قفل کردن کشوی و در نتیجه ثابت نمودن ورنیه استفاده می‌شود.

۸ــ خار لقی‌گیر : از آن‌جا که خط‌کش داخل کشوی می‌بایست حرکت نماید لذا لازم است مابین این دو قطعه لقی کمی‌وجود داشته باشد و این لقی دریک طرف قرار داشته باشد.

۹ــ پیچ‌های تنظیم لقی بین کشوی و خط‌کش.

۱۰ــ ورنیه‌ها، که ممکن است با کشوی یک‌پارچه یا به‌وسیلهٔ پیچ روی آن بسته شده باشند.

۱۱ــ پیچ‌های اتصال ورنیه به کشوی (در صورت یک‌پارچه نبودن)

۱۲ــ شستی محرّک کشوی و ورنیه.

۱۳ــ زبانهٔ عمق‌سنج که در داخل شیار پشت خط‌کش جاسازی شده، یک سر آن آزاد و سر دیگر آن داخل کشوی و به پشت آن متصل شده است.

۱۴ــ محدودکنندهٔ حرکت کشوی (استاپ ورنیه) که از آن برای جلوگیری از بیرون آمدن قسمت‌های متحرک کولیس استفاده می‌شود.

۱۵ــ پیچ‌های اتصال محدودکننده حرکت کشوی به خط‌کش.

توجه: گفتنی است همهٔ اجزای فوق ممکن است روی بعضی کولیس‌ها وجود نداشته باشد.

قابلیت تفکیک و گسترهٔ اندازه‌گیری

الف) کولیس‌های ورنیه‌دار میلی‌متری

۱ــ قابلیت تفکیک : کولیس‌های میلی‌متری با قابلیت تفکیک ۰/۱ ، ۰/۰۵ ، ۰/۰۲ میلی‌مترساخته می‌شوند.

۲ــ گسترهٔ اندازه‌گیری : بر اساس استاندارد، گسترهٔ اندازه‌گیری کولیس‌های میلی‌متری به یک متر می‌رسد.

ب) کولیس‌های ورنیه‌دار اینچی:

۱ــ قابلیت تفکیک : کولیس‌های اینچی با قابلیت تفکیک $\frac{۱}{۱۲۸}$ و $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ اینچ ساخته می‌شود.

۲ــ گسترهٔ اندازه‌گیری : براساس استاندارد، گسترهٔ اندازه‌گیری کولیس‌های اینچی به ۴۰ اینچ می‌رسد.

نحوهٔ درجه‌بندی: کولیس‌های ورنیه‌دار بر مبنای تفاضل قابلیت تفکیک خط‌کش و ورنیه درجه‌بندی می‌شوند. براین‌اساس که مقدار مشخصی از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به تعداد فواصل مساوی تقسیم می‌شود و از تفاضل اندازهٔ تقسیمات خط‌کش و ورنیه دقت کولیس و به عبارت بهتر قابلیت تفکیک کولیس ورنیه به‌دست می‌آید.

الف) کولیس ورنیه‌های میلی‌متری

۱ـ کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک ۰/۱ mm : مطابق جدول(۱ــ۴) دو نوع درجه‌بندی برای این کولیس‌ها شرح داده می‌شود. شایسته است یادآوری شود که ورنیه این کولیس‌ها ۱۰ قسمتی است.

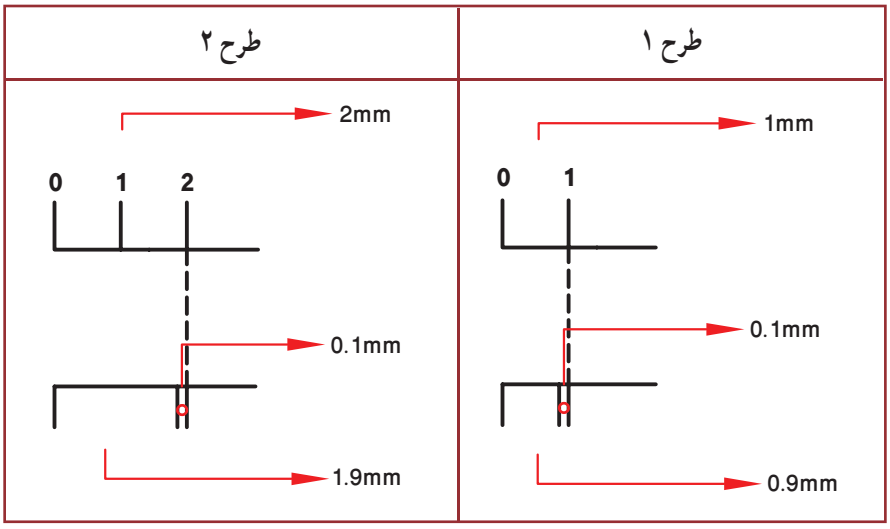
طرح ۱: در این طرح، مقدار ۹ میلی‌متر از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

طرح ۲: در این طرح، مقدار ۱۹ میلی‌متر از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول۱ــ۴ــ انواع درجه‌بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک ۰/۱ mm

عوامل مؤثر بر درجه‌بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک خط‌کش	۱mm	۱mm
مقیاس انتخاب شده	۹mm	۱۹mm
تعداد تقسیمات ورنیه	۱۰	۱۰
قابلیت تفکیک ورنیه	۹ ÷ ۱۰ = ۰/۹ mm	۱۹ ÷ ۱۰ = ۱/۹ mm
قابلیت تفکیک کولیس	۱ − ۰/۹ = ۰/۱ mm	۲ − ۱/۹ = ۰/۱ mm

شکل(۲ــ۴) مقایسه تقسیمات این دو نوع درجه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۲ــ۴ــ مقایسه تقسیمات ۰/۱ میلی‌متر

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با کولیس، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد. مطابق زیر عمل می‌کنیم :

با در نظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه نسبت به تقسیمات خط‌کش، اندازه‌های صحیح را، که مضربی از یک میلی‌متر می‌باشند از روی خط‌کش کولیس می‌خوانیم. لازم است یادآوری شود اگر خط صفر ورنیه کاملاً با یکی از خطوط خط‌کش هم‌امتداد باشد. مقدار اندازه، ارقام اعشاری ندارد و مقدار رؤیت شده، اندازهٔ مورد نظر است، ولی چنان‌چه صفر ورنیه مابین دو خط از خط‌کش قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می‌دهیم :

- ☑ هم امتداد بودن یکی از خطوط ورنیه را با یکی از خطوط خط‌کش شناسایی می‌کنیم.
- ☑ تعداد فواصل روی ورنیه را، که قبل از خط هم امتداد قرار گرفته است، را شمارش می‌کنیم.
- ☑ با ضرب عدد به‌دست آمده در ۰/۱ مقدار اعشاری اندازه به‌دست خواهد آمد.
- ☑ با جمع کردن اندازهٔ صحیح با اندازهٔ اعشاری مقدار اندازهٔ قطعه حاصل می‌شود.

مثال

در یک کولیس با قابلیت تفکیک ۰/۱ mm، خط صفر ورنیه بعد از عدد ۲۵ میلی‌متر از خط‌کش قرار دارد. خط هفتم ورنیه (بدون در نظر گرفتن خط صفر ورنیه) نیز در امتداد یکی از خطوط خط‌کش قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد.

مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود : ۲۵ mm

مقداری که از روی ورنیه خوانده می‌شود : ۷ × ۰/۱ = ۰/۷ mm

مقداری که کولیس ورنیه نشان می‌دهد : ۲۵ + ۰/۷ = ۲۵/۷mm

۲ـ کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک ۰/۰۵ mm : این کولیس‌ها نیز عموماً در دو طرح مختلف مطابق جدول (۲ـ۴) درجه‌بندی می‌شوند. گفتنی است ورنیهٔ این کولیس‌ها ۲۰ قسمتی است.

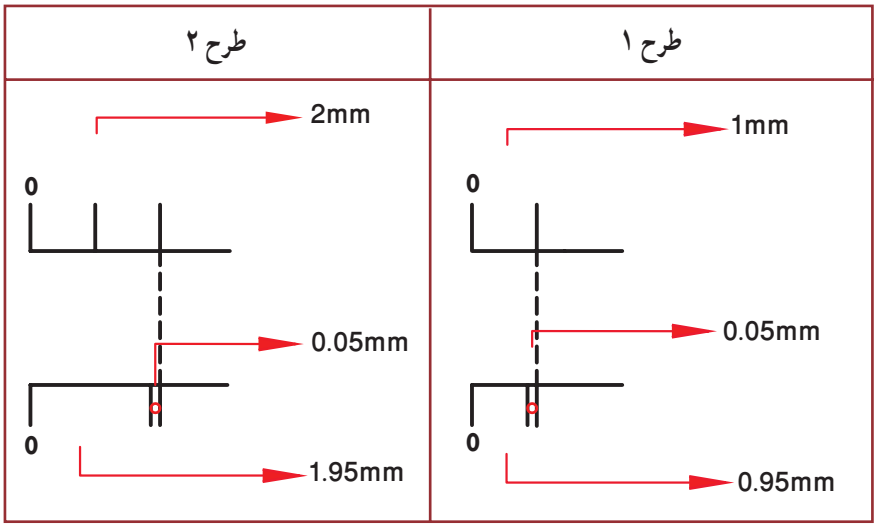
طرح ۱: در این طرح مقدار ۱۹ میلی‌متر از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۲۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

طرح ۲: در این طرح مقدار ۳۹ میلی‌متر از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۲۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول ۲ـ۴ـ انواع درجه‌بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک ۰/۰۵ mm

عوامل مؤثر بر درجه بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک خط‌کش	۱mm	۱mm
مقیاس انتخاب شده	۱۹mm	۳۹mm
تعداد تقسیمات ورنیه	۲۰	۲۰
قابلیت تفکیک ورنیه	۱۹ ÷ ۲۰ = ۰/۹۵ mm	۳۹ ÷ ۲۰ = ۱/۹۵
قابلیت تفکیک کولیس	۱ − ۰/۹۵ = ۰/۰۵ mm	۲ − ۱/۹۵ = ۰/۰۵ mm

شکل(۳ـ۴) مقایسه تقسیمات این دو نوع درجه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۳ـ۴ـ مقایسه تقسیمات ۰/۰۵ میلی‌متر

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری وکار با کولیس، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

با درنظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه روی خط‌کش کولیس، اندازه‌های صحیح را،که مضربی از یک میلی‌متر می‌باشند، از روی خط‌کش کولیس می‌خوانیم.یادآوری می‌شود اگر خط صفر ورنیه کاملاً با یکی از خطوط خط‌کش هم امتداد باشد مقدار اندازه، ارقام اعشاری ندارد و مقدار رؤیت شده اندازهٔ مورد نظر برحسب میلی‌متر است، ولی چنان‌چه خط صفر ورنیه مابین دوخط

از خط‌کش قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می‌دهیم :

☑ هم امتداد بودن یکی از خطوط ورنیه را با یکی از خطوط خط‌کش شناسایی می‌کنیم.

☑ تعداد فواصل روی ورنیه را، که قبل از خط هم امتداد با خط‌کش قرار گرفته است را، شمارش می‌کنیم.

☑ عدد به‌دست‌آمده را در ۰/۰۵ ضرب می‌کنیم. در این صورت، مقدار اعشاری اندازه بر حسب میلی‌متر به‌دست خواهد آمد.

☑ با جمع کردن اندازهٔ صحیح با اندازهٔ اعشاری مقدار اندازهٔ قطعه حاصل می‌شود.

مثال

در یک کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک ۰/۰۵ mm و گسترهٔ اندازه‌گیری mm (۱۵۰ـ ۰) خط صفر ورنیه بعد از اندازه ۱۳۴ mm از خط‌کش قرار دارد، خط هفدهم ورنیه (بدون در نظر گرفتن خط صفر ورنیه) نیز در امتداد یکی از خطوط خط‌کش قرار دارد. این کولیس چه‌مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد؟

مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود : ۱۳۴ mm

مقداری که از روی ورنیه خوانده می‌شود : ۱۷ × ۰/۰۵ = ۰/۸۵ mm

مقداری که از روی کولیس ورنیه نشان می‌دهد. ۱۳۴ + ۰/۸۵ = ۱۳۴/۸۵

۳ـ کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک ۰/۰۲ mm : این کولیس‌ها عموماً در دو طرح مختلف ساخته می‌شوند. که مطابق جدول(۳ـ۴) شرح داده می‌شود. گفتنی است ورنیه این کولیس‌ها ۵۰ قسمتی است.

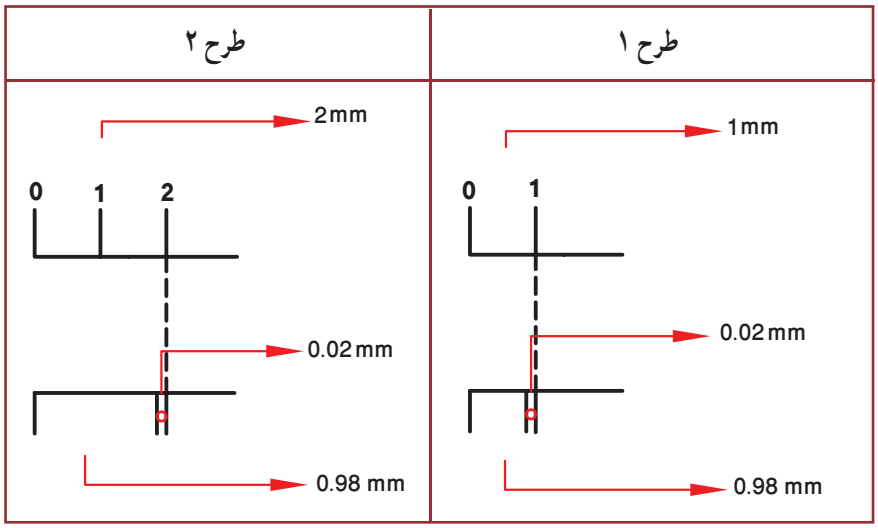
طرح ۱: در این طرح مقدار ۴۹ میلی‌متر از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۵۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

طرح ۲: در این طرح مقدار ۹۹ میلی‌متر از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۵۰ قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول ۳ـ۴ـ انواع درجه بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک ۰/۰۲ mm

عوامل مؤثر بر درجه بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک خط‌کش	۱mm	۱mm
مقیاس انتخاب شده	۴۹mm	۹۹mm
تعداد تقسیمات ورنیه	۵۰	۵۰
قابلیت تفکیک ورنیه	۴۹ ÷ ۵۰ = ۰/۹۸ mm	۹۹ ÷ ۵۰ = ۱/۹۸ mm
قابلیت تفکیک کولیس	۱ − ۰/۹۸ = ۰/۰۲ mm	۲ − ۱/۹۸ = ۰/۰۲ mm

شکل(۴ــ۴) مقایسه تقسیمات این دو نـوع درجـه‌بنـدی را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۴ــ مقایسه تقسیمات ۰/۰۲ میلی‌متر

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری وکار با کولیس، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

با درنظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه روی خط‌کش کولیس، اندازه‌های صحیح را،که مضربی از یک میلی‌متر می‌باشد را از روی خط‌کش کولیس می‌خوانیم. باید متذکر شد اگر خط صفر ورنیه کاملاً با یکی از خطوط خط‌کش هم امتداد باشد مقدار اندازه، ارقام اعشاری ندارد و مقدار رؤیت شده اندازهٔ مورد نظر برحسب میلی‌متر است، ولی چنان‌چه خط صفر ورنیه مابین دوخط از خط‌کش قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می‌دهیم :

- ☑ هم امتداد بودن یکی از خطوط ورنیه را با یکی از خطوط خط‌کش شناسایی می‌کنیم.
- ☑ تعداد فواصل روی ورنیه را، که قبل از خط هم امتداد با خط‌کش قرار گرفته است، شمارش می‌کنیم.
- ☑ عدد به‌دست‌آمده را در ۰/۰۲ ضرب می‌کنیم. در این صورت، مقدار اعشاری اندازه بر حسب میلی‌متر به‌دست خواهد آمد.
- ☑ با جمع کردن اندازهٔ صحیح با اندازهٔ اعشاری مقدار اندازهٔ قطعه به‌دست می‌آید.

مثال

در یک کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک ۰/۰۲ mm و گستره اندازه‌گیری mm (۱۲۰ ــ ۰) خط صفر ورنیه بعد از اندازه ۶۷ mm از خط‌کش قرار دارد و خط سی‌وششم ورنیه (بدون در نظر گرفتن خط صفر ورنیه) در امتداد یکی از خطوط خط‌کش قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد؟

مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود : ۶۷ mm

مقداری که از روی ورنیه خوانده می‌شود : ۳۶ × ۰/۰۲ = ۰/۷۲ mm

مقداری که کولیس ورنیه نشان می‌دهد : ۶۷ + ۰/۷۲ = ۶۷/۷۲ mm

ب) کولیس ورنیه‌های اینچی

۱ـ کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک $\frac{۱}{۱۲۸}$ inch : دو نوع درجه‌بندی برای این نوع کولیس شرح داده می‌شود. شایان ذکر است که ورنیه این کولیس‌ها ۸ قسمتی است.

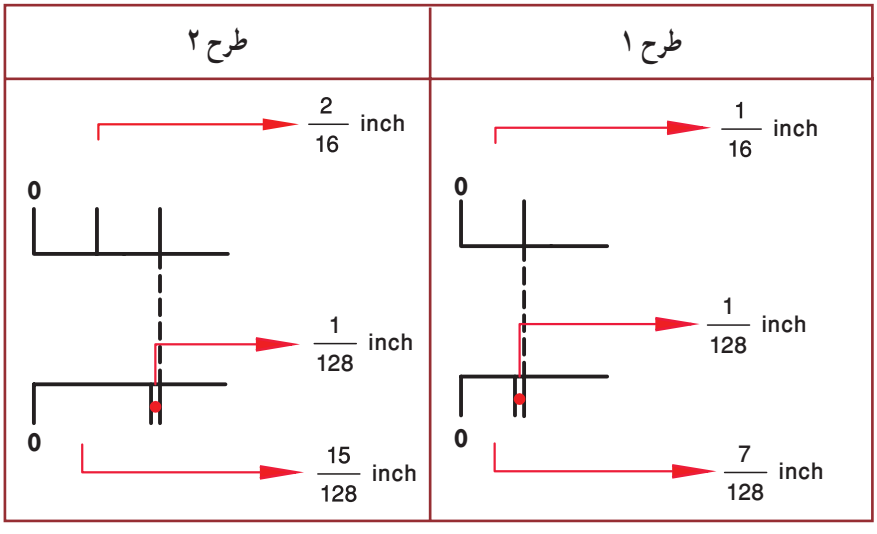
طرح ۱: در این طرح مقدار $\frac{۷''}{۱۶}$ از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۸ قسمت مساوی تقسیم شده است.

طرح ۲: در این طرح مقدار $\frac{۱۵''}{۱۶}$ از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۸ قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول ۴ـ۴ـ انواع درجه‌بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک $\frac{۱}{۱۲۸}$ inch

عوامل مؤثر بر درجه بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک خط‌کش	$\frac{۱}{۱۶}=\frac{۸''}{۱۲۸}$	$\frac{۱}{۱۶}=\frac{۸''}{۱۲۸}$
مقیاس انتخاب شده	$\frac{۷''}{۱۶}$	$\frac{۱۵''}{۱۶}$
تعداد تقسیمات ورنیه	۸	۸
قابلیت تفکیک ورنیه	$\frac{۷}{۱۶}\div۸=\frac{۷''}{۱۲۸}$	$\frac{۱۵}{۱۶}\div۸=\frac{۱۵''}{۱۲۸}$
قابلیت تفکیک کولیس	$\frac{۱}{۱۶}-\frac{۷}{۱۲۸}=\frac{۱''}{۱۲۸}$	$\frac{۲}{۱۶}-\frac{۱۵}{۱۲۸}=\frac{۱''}{۱۲۸}$

شکل(۵ـ۴) مقایسه تقسیمات طرح ۱ و ۲ را نشان می‌دهد.



شکل ۵ـ۴ـ مقایسه تقسیمات $\frac{۱}{۱۲۸}$ اینچ

روش خواندن : ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با کولیس، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

با درنظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه روی خط‌کش کولیس، اندازه‌های صحیح را، که مضربی از یک شانزدهم اینچ‌اند، را از روی خط‌کش کولیس می‌خوانیم. لازم است یادآوری شود اگر خط صفر ورنیه کاملاً با یکی از خطوط خط‌کش هم امتداد باشد مقدار اندازه ارقام اعشاری ندارد و مقدار رؤیت شده اندازهٔ مورد نظر بر حسب اینچ است. ولی چنان‌چه خط صفر ورنیه مابین دوخط از خط‌کش قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می‌دهیم :

- ☑ هم امتداد بودن یکی از خطوط ورنیه را با یکی از خطوط خط‌کش شناسایی می‌کنیم.
- ☑ تعداد فواصل روی ورنیه که قبل از خط هم امتداد قرار گرفته است را شمارش می‌کنیم.
- ☑ عدد به‌دست آمده را در $\frac{۱}{۱۲۸}$ ضرب می‌کنیم. در این صورت، مقدار اعشاری اندازه بر حسب اینچ به‌دست خواهد آمد.
- ☑ با جمع کردن اندازهٔ صحیح با اندازه اعشاری مقدار اندازهٔ قطعه حاصل می‌شود.

مثال

در یک کولیس ورنیه، با قابلیت تفکیک $\frac{۱}{۱۲۸}$ اینچ و گسترهٔ اندازه‌گیری inch (۶ـ۰) خط صفر ورنیهٔ بعد از سومین خط بعد از اندازهٔ inch ۲ و هم‌چنین چهارمین خط ورنیه (بدون در نظر گرفتن خط صفر ورنیه)در امتداد یکی از خطوط خط‌کش قرار دارد این کولیس چه‌مقداری را بر حسب اینچ نشان می‌دهد؟

مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود : $۲\frac{۳}{۱۶}\text{ inch}$

مقداری که از روی ورنیه خوانده می‌شود : $۴\times\frac{۱}{۱۲۸}=\frac{۴}{۱۲۸}\text{inch}$

مقداری که کولیس ورنیه نشان می‌دهد : $(۲,\frac{۳}{۱۶},\frac{۴}{۱۲۸})\text{inch}$

و یا به طور خلاصه می‌شود : $۶\frac{۲۸}{۱۲۸}\text{ inch}$

۲ ـ کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ inch : دو نوع درجه بندی برای این نوع کولیس شرح داده می‌شود، شایسته است یادآوری شود که ورنیه این کولیس‌ها ۲۵قسمتی است.

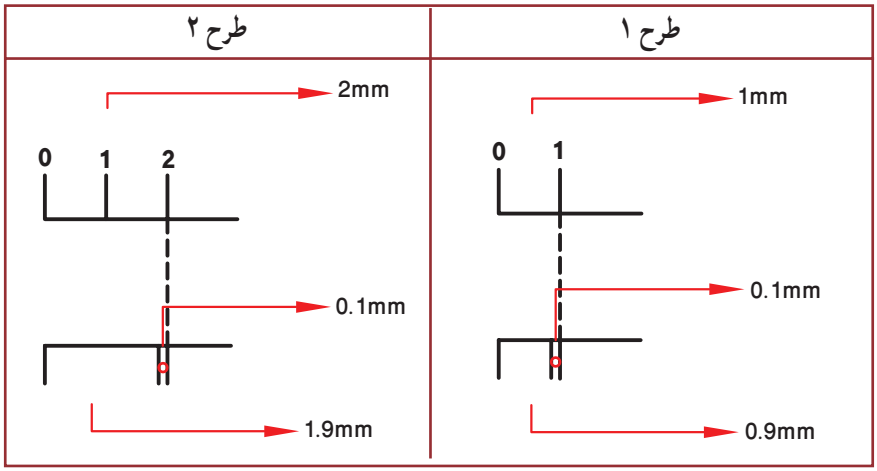
طرح ۱ : در این طرح مقدار $\frac{۲۴}{۴۰}$ اینچ از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۲۵ قسمت مساوی تقسیم شده است.

طرح ۲ : در این طرح مقدار $\frac{۴۹}{۴۰}=۱\frac{۹}{۴۰}$ اینچ از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۲۵ قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول ۵ــ۴ــ انواع درجه‌بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ inch

عوامل مؤثر بر درجه‌بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک خط‌کش	$\frac{۱}{۴۰} = \frac{۲۵''}{۱۰۰۰}$	$\frac{۱}{۴۰} = \frac{۲۵''}{۱۰۰۰}$
مقیاس انتخاب شده	$\frac{۲۴''}{۴۰}$	$۱\frac{۹}{۴۰} = \frac{۴۹''}{۴۰}$
تعداد تقسیمات ورنیه	۲۵	۲۵
قابلیت تفکیک ورنیه	$\frac{۲۴}{۴۰} \div ۲۵ = \frac{۲۴''}{۱۰۰۰}$	$\frac{۴۹}{۴۰} \div ۲۵ = \frac{۴۹''}{۱۰۰۰}$
قابلیت تفکیک کولیس	$\frac{۱}{۴۰} - \frac{۲۴}{۱۰۰۰} = \frac{۱''}{۱۰۰۰}$	$\frac{۲}{۴۰} - \frac{۴۹}{۱۰۰۰} = \frac{۱''}{۱۰۰۰}$

شکل ۶ــ۴ــ مقایسه تقسیمات این دو نوع درجه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۶ــ۴ــ مقایسه تقسیمات $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ اینچ

روش خواندن : ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری وکار با کولیس، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

با درنظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه اینچی روی خط‌کش کولیس، اندازه‌های صحیح را، که مضربی از ۰/۰۲۵ اینچ می‌باشند، را از روی خط‌کش کولیس می‌خوانیم. لازم است یادآوری شود اگر خط صفر ورنیه کاملاً با یکی از خطوط خط‌کش هم امتداد باشد مقدار اندازه، ارقام اعشاری ندارد و مقدار رؤیت شده اندازهٔ مورد نظر بر حسب اینچ است، ولی چنان‌چه خط صفر ورنیه

مابین دوخط از خط‌کش قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می‌دهیم :

- ☑ هم امتداد بودن یکی از خطوط ورنیه را با یکی از خطوط خط‌کش شناسایی می‌کنیم.
- ☑ تعداد فواصل روی ورنیه را، که قبل از خط هم امتداد قرار گرفته است را شمارش می‌کنیم.
- ☑ عدد به‌دست آمده را در ۰/۰۰۱ ضرب می‌کنیم. در این صورت، مقدار اعشاری اندازه برحسب اینچ به‌دست خواهد آمد.
- ☑ با جمع کردن اندازهٔ صحیح با اندازهٔ اعشاری مقدار اندازهٔ قطعه حاصل می‌شود.

مثال

در یک کولیس ورنیه اینچی با مشخصات inch (۶ـ۰)، خط صفر ورنیه از اندازهٔ ۲ inch خط‌کش گذشته و بعد از یازدهمین خط، خط‌کش قرار گرفته و از طرفی خط نوزدهم ورنیه (بدون در نظر گرفتن خط صفر ورنیه) دقیقاً در امتداد یکی از خطوط ورنیه قرار گرفته است. این کولیس چه مقداری را بر حسب اینچ نشان می‌دهد؟

مقدار اصلی که از روی خط‌کش خوانده می‌شود : ۲inch

مقدار فرعی که از روی خط‌کش خوانده می‌شود : $\frac{۱۱}{۴۰}\text{inch} = \frac{۱۱}{۴۰} \times \frac{۲۵}{۲۵} = \frac{۲۷۵}{۱۰۰۰} = ۰/۲۷۵$

مقداری که از روی ورنیه خوانده می‌شود : ۱۹×۰/۰۰۱ = ۰/۰۱۹ inch

مقداری که کولیس نشان می‌دهد : ۲+۰/۲۷۵ + ۰/۰۱۹ = ۲/۲۹۴ inch

همان‌گونه که ملاحظه شد، برای هر نوع کولیس اعم از این‌که دارای تقسیم‌بندی میلی‌متری و یا اینچی باشد، سه نوع درجه‌بندی پیش‌بینی شده است. تفاوت و مزیت طرح با مقیاس انتخاب شده بیش‌تر عبارت است از :

۱ـ مقیاس انتخاب شدهٔ بیش‌تر

۲ـ تقسیمات روی ورنیه درشت‌تر

۳ـ رؤیت راحت‌تر

۴ـ خطای چشم کم‌تر

رابطه زیر در مورد انواع کولیس‌های میلی‌متری و اینچی صادق است :

$$R = \frac{r}{n}$$

r = قابلیت تفکیک خط‌کش کولیس

n = تعداد تقسیمات ورنیه

R = قابلیت تفکیک کولیس ورنیه

مثال

قابلیت تفکیک کولیس ورنیه که تعداد تقسیمات ورنیهٔ آن ۲۰ و قابلیت تفکیک خط‌کش آن یک میلی‌متر است. چه‌مقدار می‌باشد؟

$$R = \frac{r}{n} \Rightarrow R = \frac{۱}{۲۰} = ۰/۰۵\text{mm}$$

اصول و قواعد کار با کولیس

۱ــ با توجه به نوع و دقت مورد نظر برای اندازه‌گیری لازم است کولیس مناسب با تقسیمات میلی‌متری یا اینچی انتخاب نمایید.

۲ــ کولیس عیب و نقص نداشته، سالم بوده و عملکرد آن درست باشد.

۳ــ از باز کردن زیاد پیچ قفل کشوی خودداری شود.

۴ــ با استفاده از پارچهٔ تنظیف مخصوص، کولیس را کاملاً تمیز کنید (به‌ویژه سطح فک‌ها)

۵ــ کولیس را کاملاً ببندید و از تطابق صفر ورنیه بر خط‌کش آن اطمینان حاصل کنید.

۶ــ کولیس ورنیه را در دست راست قرار دهید، به‌گونه‌ای که انگشتان دست راست روی پشت خط‌کش قرار گیرند و انگشت شست روی شستی آج دار کشوی ورنیه قرار گیرد. در این حالت درجه‌بندی کولیس روبه‌روی شما قرار می‌گیرد.

توجه : برای افراد چپ‌دست کولیس مخصوص ساخته شده است، که با گرفتن آن با دست چپ، درجه‌بندی آن روبه‌روی شخص قرار می‌گیرد.

۷ــ در صورت نیاز به گرفتن فک ثابت، آن را با دست چپ بگیرید.

۸ــ در اندازه‌گیری‌ها سعی کنید قطعه کار را با قسمت تخت و پهن فکین درگیر نمایید.

۹ــ کولیس را به‌صورت مایل روی قطعه کار قرار دهید تا سطح درگیری آن زیاد شود و اندازه‌گیری به‌صورت دقیق‌تر صورت گیرد.

توجه : از قسمت چاقویی فک‌ها برای اندازه‌گیری گلویی‌ها و شیارهای باریک استفاده شود.

۱۰ــ در هنگام خواندن کولیس به صورت عمودی به آن نگاه شود.

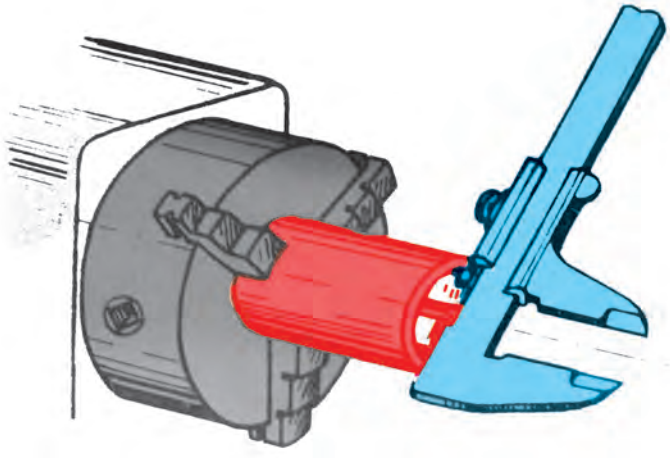
۱۱ــ در هنگام تنظیم کردن کولیس روی قطعه کار، شستی (زائدهٔ آج‌دار) کولیس را به مقداری فشار دهید که انگشت شست روی آن سر بخورد.

۱۲ــ در کولیس‌های ساعتی قبل از استفاده، از تطابق عقربهٔ بزرگ بر صفر صفحهٔ بزرگ در حالت بسته بودن کولیس اطمینان حاصل نمایید.

۱۳ــ در اندازه‌گیری ابعاد خارجی ابتدا دهانهٔ کولیس را بیش‌تر از اندازهٔ قطعه باز نموده و پس از استقرار کولیس روی قطعه کار، فک‌های کولیس را به قطعه بچسبانید و اندازه را بخوانید (شکل ۷ــ۴).

شکل ۷ــ۴ــ اندازه‌گیری ابعاد خارجی

۱۴ــ در اندازه‌گیری ابعاد داخلی، دهانهٔ کولیس را کم‌تر از بعد مورد اندازه‌گیری باز کرده، شاخک‌های کولیس را در دهانهٔ قطعه کار قرار داده و پس از چسباندن و میزان کردن، اندازه را بخوانید (شکل ۸ــ۴).



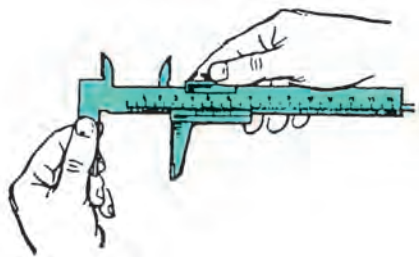
شکل ۸ــ۴ــ اندازه‌گیری ابعاد داخلی

شکل ۹ــ۴ــ چرخانیدن شاخک‌های کولیس در داخل کار

۱۵ــ در هر یک از حالات قبل اندازه‌های داخلی و خارجی برای به‌دست آوردن کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین اندازهٔ قطعه کار، کولیس را روی اندازهٔ مورد نیاز بچرخانید تا بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازهٔ احتمالی قطعه را بیابید (شکل۹ــ۴). البته به جای چرخش کولیس می‌توان قطعه کار را نیز چرخانید.

۱۶ــ مقدار نیروی وارد بر قطعهٔ کار یک نیوتن است، که این مقدار در حدود نیروی سُر دادن انگشت شست روی شستی پیش‌بینی شده روی کشوی کولیس است.

۱۷ــ چنان‌چه اندازه، در هنگام قرار گرفتن کولیس روی قطعهٔ کار خوانده می‌شود نیازی به قفل کردن کشوی توسط پیچ قفل‌کنندهٔ آن نیست. ولی اگر لازم است کولیس را از کار جدا کنید و سپس آن‌را بخوانید در آن صورت لازم است قفل شود (شکل ۱۰ــ۴).



شکل ۱۰ــ۴ــ سفت کردن پیچ قفل کشوی

انواع کولیس

کولیس‌های ورنیه‌دار به لحاظ شکل ظاهری و کاربرد در انواع مختلف ساخته می‌شوند، ازجمله :

۱ـ کولیس ورنیهٔ معمولی : این کولیس استفادهٔ عمومی‌دارد و برای انواع اندازه‌گیری‌های داخل و خارج به‌کار گرفته می‌شود ؛ که قبلاً به تفصیل شرح داده شد.

۲ـ کولیس ورنیه ارتفاع سنج : از کولیس ورنیه ارتفاع‌سنج برای اندازه‌گیری ارتفاع انواع قطعات استفاده می‌شود.

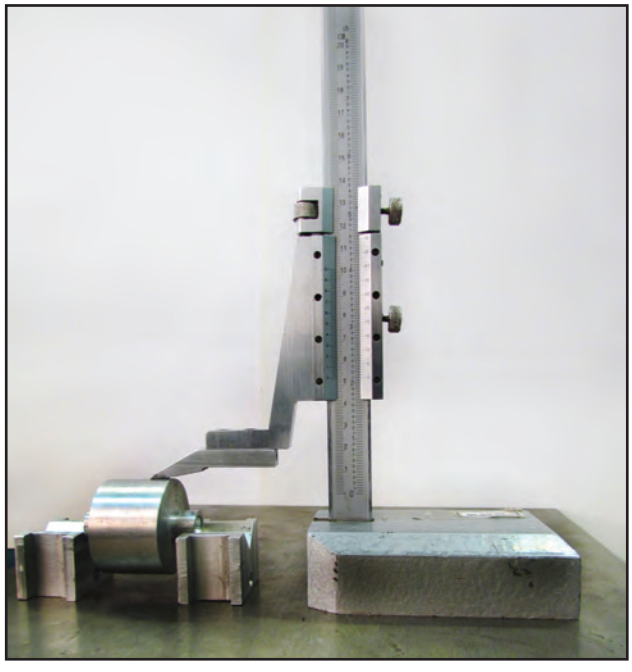
شکل ۱۱ــ۴ــ کولیس ورنیه ارتفاع‌سنج

ساختمان : این کولیس از قسمت‌های مختلف زیر تشکیل شده است :

پایه، که معمولاً سنگین‌ترین قسمت آن است، پشت آن را توخالی می‌سازند برای این که اولاً سبک باشد و از نظر اقتصادی نیز ارزان‌تر تمام شود. ثانیاً پرداخت آن راحت‌تر باشد. ثالثاً در اثر کم شدن سطح اتکا، به سطح میزکار یا صفحه صافی نچسبد.

توجه : برای جابه‌جایی کولیس ارتفاع‌سنج بهتر است آن را از پایه به دست گرفت و جابه‌جا نمود.

- ✓ پیچ‌های اتصال خط‌کش به پایه
- ✓ خط‌کش که دارای تقسیمات میلی‌متری و اینچی است.
- ✓ کشوی
- ✓ خار لقی‌گیر
- ✓ پیچ‌های تنظیم لقی
- ✓ پیچ قفل کشوی
- ✓ ورنیه‌ها
- ✓ پیچ‌های اتصال ورنیه به خط‌کش
- ✓ شاخک اندازه‌گیری، که معمولاً سر آن سخت‌کاری می‌شود تا در برابر سایش مقاوم گردد.
- ✓ بست اتصال شاخک اندازه‌گیری به زبانهٔ سر کشوی
- ✓ خارِ بستِ شاخک
- ✓ پیچ محکم کننده شاخک اندازه‌گیری
- ✓ مکانیزم تنظیم مقادیر کم : برای تنظیم مقادیر کم روی کولیس لازم است پیچ قفل این مکانیزم را سفت و پیچ کشوی را شل کنیم. سپس با چرخاندن مهرهٔ واسط بین کشوی و مکانیزم فوق مقادیر کم را جدا نماییم.
- ✓ محدودکنندهٔ حرکت کشوی



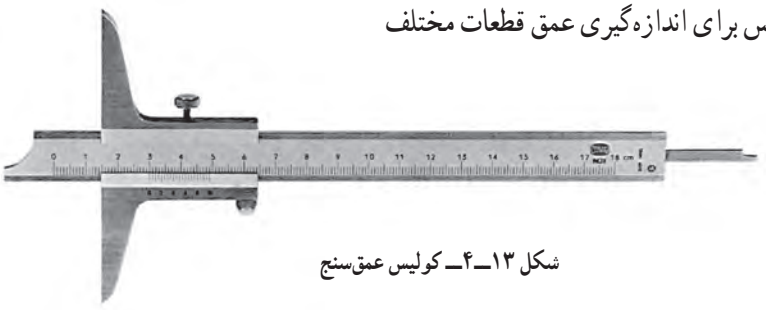
شکل ۱۲ــ۴ــ کاربرد کولیس ورنیه ارتفاع‌سنج

توجه :

* گفتنی است اجزای فوق ممکن است در روی همهٔ کولیس‌ها وجود نداشته باشد.

* قابلیت تفکیک، گسترهٔ اندازه‌گیری، جنس، نحوهٔ درجه‌بندی و نحوهٔ خواندن آن مانند کولیس ورنیهٔ معمولی است، که قبلاً به تفصیل شرح داده شده است. شکل(۱۲ــ۴) نمونه‌ای از کاربرد کولیس ورنیه ارتفاع‌سنج را نشان می‌دهد.

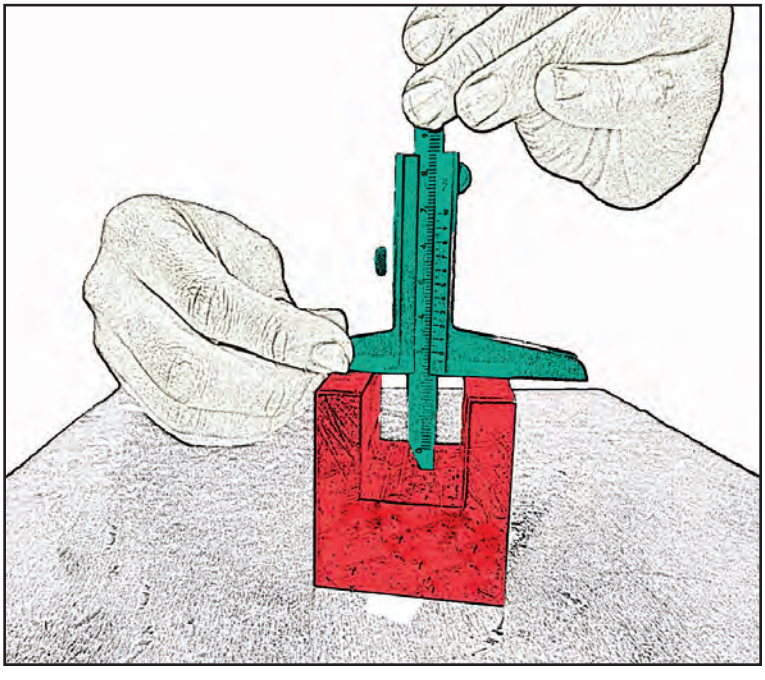
۳ـ کولیس ورنیهٔ عمق‌سنج : از این کولیس برای اندازه‌گیری عمق قطعات مختلف استفاده می‌شود (شکل۱۳ـ۴).



شکل ۱۳ـ۴ـ کولیس عمق‌سنج

ساختمان: این کولیس از قسمت‌های زیر تشکیل شده است :

- ✓ خط‌کش مدرج با تقسیمات میلی‌متری و اینچی
- ✓ پایهٔ متصل به کشوی که محل استقرار کولیس روی قطعه و موضع مورد اندازه‌گیری است.
- ✓ کشوی
- ✓ خار لقی‌گیر
- ✓ پیچ‌های تنظیم لقی
- ✓ پیچ قفل کشوی
- ✓ شستی محرک کشوی
- ✓ ورنیه‌ها
- ✓ پیچ‌های اتصال ورنیه‌ها به کشوی
- ✓ مکانیزم تنظیم مقادیر کوچک
- ✓ خار لقی‌گیر
- ✓ پیچ‌های تنظیم لقی



شکل ۱۴ـ۴ـ کاربرد کولیس ورنیه عمق‌سنج

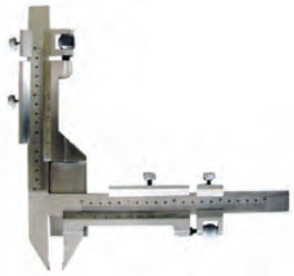
توجه

* گفتنی است مکانیزم تنظیم مقادیر کوچک روی همه کولیس‌ها پیش‌بینی نشده است.

* قابلیت تفکیک، گسترهٔ اندازه‌گیری، جنس، نحوهٔ درجه‌بندی و نحوهٔ خواندن آن مانند کولیس ورنیهٔ معمولی می‌باشد که قبلاً به تفصیل شرح داده شده است. شکل(۱۴ـ۴) نمونه‌ای از کاربرد کولیس ورنیهٔ عمق‌سنج را نشان می‌دهد.

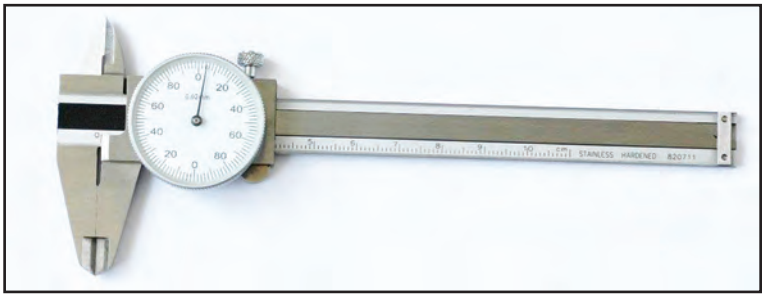
علاوه بر کولیس ورنیه‌هایی که به تفصیل شرح داده شد، انواع دیگری نیز ساخته شده که در جدول (۶ــ۴) آمده است.

جدول ۶ــ۴ــ انواع کولیس

ردیف	نام	شکل	شرح
۱	کولیس با فک‌گردان		سر فک ثابت آن نیم‌کره است که می‌تواند حول سر خط‌کش بچرخد و تحت زاویه قرار گیرد. به‌این‌وسیله می‌توان فواصل محوری سوراخ‌ها، که نسبت به‌هم تحت زاویه قرار دارند را اندازه گرفت.
۲	کولیس با فک کشوی		فک‌ثابت این کولیس نسبت به فک متحرک آن بلندتر است و برحسب مورد می‌توان این فک را در جهت عمودی و محل خودش جابه‌جا نمود. به دلیل این ویژگی از آن می‌توان برای اندازه‌گیری فاصلهٔ پله‌ها و محور تا محور سوراخ‌های غیر هم‌سطح استفاده نمود.
۳	کولیس‌اندازه‌گیر عمق جای خار		همان‌طوری‌که از نامش پیداست با زبانه‌ای که در وسط آن پیش‌بینی شده است می‌توان عمق جای‌خار روی محورها را با این کولیس اندازه گرفت.
۴	کولیس با فک‌میله‌ای		فک‌های این کولیس به صورت میله‌ای است و می‌توان با آن فاصلهٔ محور تا محور سوراخ‌ها را اندازه گرفت.
۵	کولیس با فک‌پهن		فک‌های این کولیس پهن است و می‌توان از آن‌ها برای اندازه‌گیری اجسام انعطاف‌پذیر مانند اسفنج و لاستیک استفاده نمود.
۶	کولیس چرخ دنده		این کولیس دارای دو کولیس افقی و عمودی به‌صورت عمود بر هم است که روی کولیس عمودی مقدار ارتفاع تنظیم و از روی کولیس افقی مقدار ضخامت خطی دندانه چرخ‌دنده روی دایره گام خوانده می‌شود.

ردیف	نام	شکل	شرح
۷	کولیس فک چاقویی		شاخک‌های ثابت و متحرک این کولیس چاقویی است و فک‌های ثابت و متحرک آن معمولاً بلندتر از حد معمول است. از این کولیس می‌توان برای اندازه‌گیری فاصلهٔ محوری سوراخ‌ها، شیارهای باریک، ... و سایر مواردی که با کولیس معمولی انجام می‌شود استفاده نمود.
۸	کولیس اندازه‌گیر شیارهای داخلی		فک‌های ثابت این کولیس به سمت خارج است و توسط آن می‌توان قطر شیارهای داخلی را اندازه گرفت.
۹	کولیس با فک‌های نُک تیز		مطابق شکل نُک فک‌های این کولیس تیز است و از آن برای اندازه‌گیری فاصله محور تا محور سوراخ‌های ریز و ... استفاده می‌شود.
۱۰	کولیس لب‌بریده		از این کولیس برای اندازه‌گیری عمق سوراخ‌های غیر قابل دسترس استفاده می‌شود.

کولیس ساعتی (عقربه‌دار): این نوع کولیس‌ها بر اساس دندهٔ شانه‌ای، چرخ‌دنده، عقربه و صفحهٔ مدرج کار می‌کنند و باتوجه به بزرگ‌نمایی، که از مشخصات بارز اندازه‌گیرهای ساعتی است، کار کردن با آن‌ها ساده، خطای چشمی کم و در مقابل تغییر اندازه، حساس‌اند. این نوع وسایل در مقابل ضربه آسیب‌پذیر هستند. کولیس‌های ساعتی معمولاً با قابلیت تفکیک ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۵، ۰/۱ میلی‌متر و ۰/۰۰۱ اینچ طراحی و ساخته می‌شوند و این ارقام به مشخصات دندهٔ شانه‌ای، چرخ‌دنده و تعداد تقسیمات صفحهٔ مدرج بستگی دارد. بر خلاف کولیس‌های ورنیه‌دار که در روی یک کولیس هر دو تقسیمات میلی‌متری و اینچی در روی یک کولیس قرار دارد، کولیس‌های ساعتی فقط می‌توانند دارای یک تقسیم‌بندی روی یک کولیس باشند. (میلی‌متری یا اینچی) (شکل ۱۵ـ۴).



شکل ۱۵ــ۴ــ کولیس ساعتی

ساختمان: این نوع کولیس‌ها از قسمت‌های زیر تشکیل شده‌اند :

✓خط‌کش با تقسیمات میلی‌متری یا اینچی که معمولاً قابلیت تفکیک قسمت میلی‌متری آن‌ها ۱ mm و در کولیس‌های اینچی ۰/۱ اینچ می‌باشند.

✓ فک ثابت، که از سه قسمت چاقویی، تخت و پله‌ای تشکیل شده است.

✓ فک متحرک، این فک نیز از سه قسمت چاقویی، تخت و پله‌ای تشکیل شده است.

توجه:

* از فک ثابت و متحرک برای انواع اندازه‌گیری‌های خارجی استفاده می‌شود.
* بهتر است در اندازه‌گیری‌های عمومی از قسمت تخت فک‌ها استفاده شود.
* از قسمت چاقویی کولیس صرفاً برای اندازه‌گیری گلویی‌ها و شیارهای باریک استفاده شود.

✓ شاخک ثابت که با خط‌کش یک‌پارچه است.

✓شاخک متحرک که با کشوی یک‌پارچه است.

توجه: از شاخک ثابت و متحرک برای انواع اندازه‌گیری‌های داخلی استفاده می‌شود.

✓کشوی

✓پیچ قفل کشوی

✓خار لقی گیر

✓پیچ قفل مجموعهٔ طوقه و صفحهٔ مدرج

✓پیچ‌های تنظیم لقی بین کشوی و خط‌کش

✓صفحهٔ مدرج، که روی کشوی نصب می‌شود.

✓عقربه، که با جابه‌جایی کشوی حرکت می‌کند.

✓طوقهٔ متحرک، که صفحهٔ مدرج ساعت به آن متصل است.

توجه: قبل از استفاده از کولیس ساعتی باید آن‌را کاملاً ببندیم، پیچ قفل طوقه را شل کنیم و با چرخاندن طوقه، صفر صفحهٔ مدرج را زیر عقربه می‌آوریم و سپس طوقه را قفل می‌کنیم.

✓ دندهٔ شانه‌ای که در سراسر طول خط‌کش قرار دارد و به‌وسیلهٔ پیچ به خط‌کش متصل شده است.

✓ چرخ دنده‌ها

✓ اجزای آب‌بندی

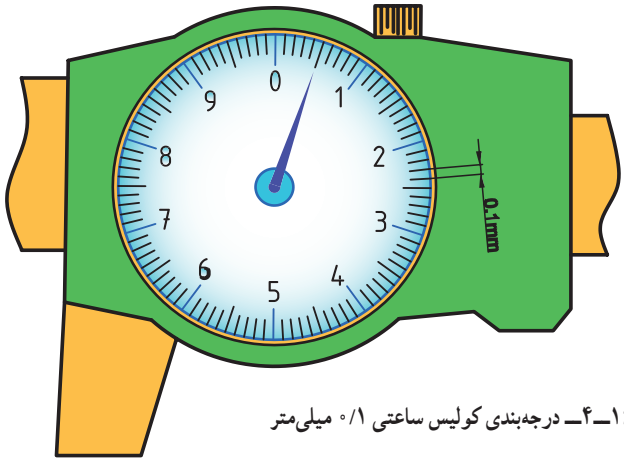
✓ اجزای اتصال
✓ شستی محرک کشوی (که معمولاً به‌صورت غلطک آج‌دار در نظر گرفته شده و حول محورش می‌چرخد)
✓ زبانهٔ عمق‌سنج
✓ محدودکنندهٔ حرکت کشوی (استاپ کشوی)

نحوهٔ درجه‌بندی

الف) کولیس ساعتی میلی‌متری

۱ـ کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک ۰/۱ mm

- صفحهٔ بزرگ این کولیس ۱۰۰ قسمتی است.
- هر واحد آن نشان دهندهٔ ۰/۱ mm است.
- هر دور صفحهٔ ساعت معادل ۱۰ mm است. ۰/۱ × ۱۰۰ = ۱۰ mm



شکل۱۶ـ۴ـ درجه‌بندی کولیس ساعتی ۰/۱ میلی‌متر

روش خواندن: هر تقسیم روی صفحهٔ مدرج این کولیس معادل ۰/۱ mm است. بنابراین اندازه‌های ۰/۱ میلی‌متر تا رقم ۱۰ mm از روی صفحهٔ مدرج خوانده می‌شود. خط‌کش کولیس نیز دارای تقسیمات یک میلی‌متری است که اندازهٔ مورد نظر از محل تطابق لبهٔ کشوی با خط‌کش خوانده می‌شود.

مثال

در یک کولیس ساعتی با مشخصات mm (۱۵۰ـ۰/۱)، لبهٔ کشوی کولیس بعد از اندازهٔ ۴۰ میلی‌متر خط‌کش قرار دارد و عقربهٔ کولیس نیز روی هشتمین فاصلهٔ بعد از رقم صفر صفحهٔ مدرج قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد؟

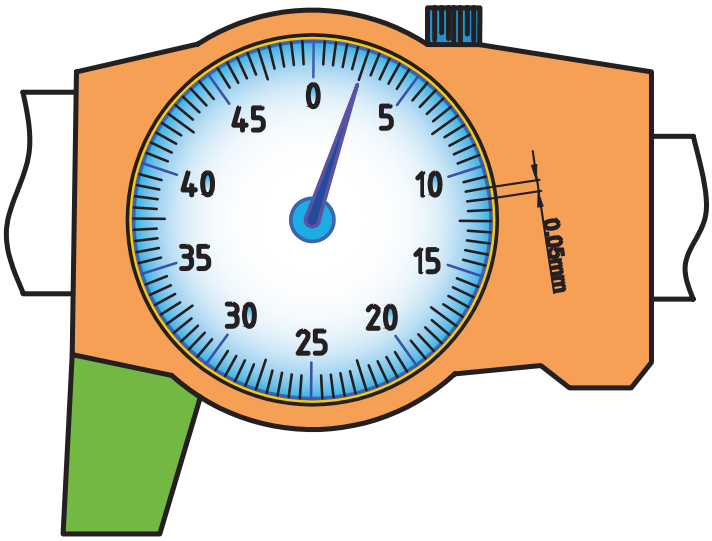
مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود. ۴۰ mm

مقداری که از روی صفحهٔ مدرج خوانده می‌شود. ۸×۰/۱=۰/۸mm

مقداری که کولیس ساعتی نشان می‌دهد. ۴۰×۰/۸=۴۰/۸mm

۲ـ کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک ۰/۰۵ mm

- صفحهٔ مدرج این کولیس ۱۰۰ قسمتی است.
- هر واحد آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۵ mm است.
- هر دور صفحهٔ ساعت معادل ۵ mm می‌باشد. $۰/۰۵ \times ۱۰۰ = ۵\ mm$



شکل ۱۷ــ۴ــ درجه‌بندی کولیس ساعتی ۰/۰۵ میلی‌متر

روش خواندن: هر تقسیم روی صفحهٔ مدرج این کولیس معادل ۰/۰۵ mm است. بنابراین، اندازه‌های ۰/۰۵ mm تا رقم ۵ mm از روی صفحهٔ مدرج خوانده می‌شود. خط‌کش کولیس نیز دارای تقسیمات یک میلی‌متری است، که اندازهٔ مورد نظر از محل تطابق لبهٔ کشوی با خط‌کش خوانده می‌شود.

مثال

در یک کولیس ساعتی با مشخصات mm (۱۲۰ــ۰/۰۵) لبهٔ کشوی کولیس بعد از اندازهٔ ۱۵ میلی‌متر خط‌کش قرار دارد و عقربهٔ کولیس نیز روی سیزدهمین فاصلهٔ بعد از رقم صفر صفحهٔ مدرج قرار دارد. این کولیس چه‌مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد؟

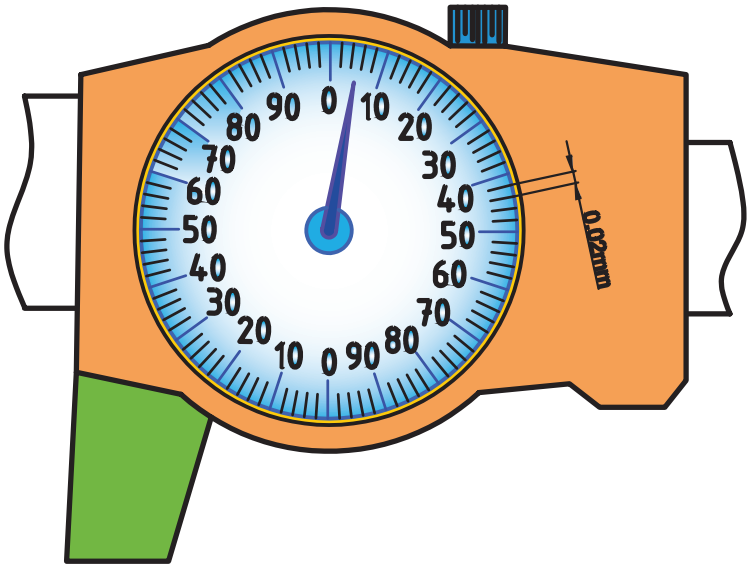
مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود. ۱۵ mm

مقداری که از روی صفحهٔ مدرج خوانده می‌شود. $۱۳ \times ۰/۰۵ = ۰/۶۵\ mm$

مقداری که کولیس ساعتی نشان می‌دهد. $۱۵ + ۰/۶۵ = ۱۵/۶۵\ mm$

۳ـ کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک ۰/۰۲ mm

- صفحهٔ مدرج این کولیس ۱۰۰ قسمتی است.
- هر واحد آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۲ mm است.
- هر دور صفحهٔ ساعت معادل ۲ mm است. ۰/۰۲ × ۱۰۰ = ۲ mm



شکل ۱۸ــ۴ــ درجه‌بندی کولیس ساعتی ۰/۰۲ میلی‌متر

روش خواندن: هر تقسیم روی صفحهٔ مدرج این کولیس معادل ۰/۰۲ mm است. بنابراین، اندازه‌های ۰/۰۲ mm تا رقم ۲ mm از روی صفحهٔ مدرج خوانده می‌شود. خط‌کش کولیس نیز دارای تقسیمات یک میلی‌متری است و اندازهٔ مورد نظر از محل تطابق لبهٔ کشوی با خط‌کش خوانده می‌شود.

مثال

در یک کولیس ساعتی با مشخصات mm (۲۰۰ــ۰/۰۲) لبهٔ کشوی کولیس بعد از رقم ۱۲۷ mm از خط‌کش قرار گرفته است و عقربهٔ کولیس نیز روی دومین فاصله بعد از عدد ۸۰ سمت چپ صفحهٔ مدرج قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد؟

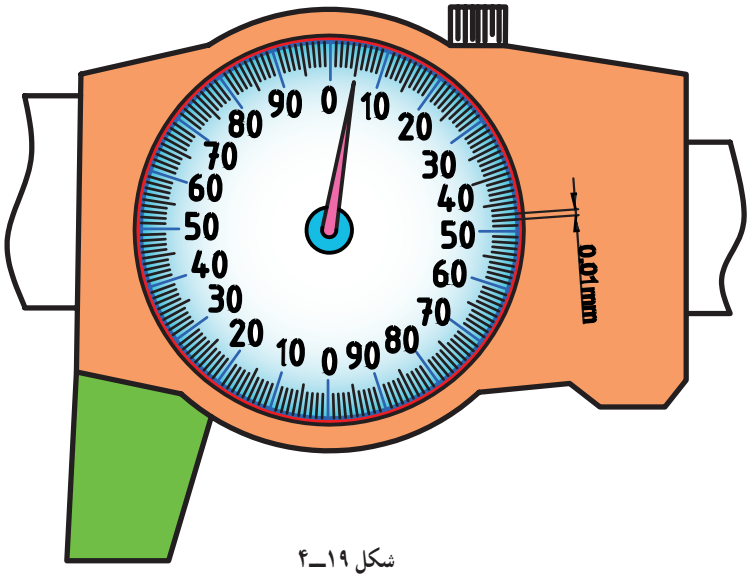
مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود. ۱۲۷ mm

مقادیری که از روی صفحه مدرج خوانده می‌شود. ۰/۸ + (۲×۰/۰۲) = ۰/۸۴ mm

مقداری که کولیس ساعتی نشان می‌دهد. ۱۲۷ + ۰/۸۴ = ۱۲۷/۸۴ mm

۴ـ کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ mm

- صفحه مدرج این کولیس ۲۰۰ قسمتی است.
- هر واحد آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۱mm است.
- هر دور صفحهٔ ساعت معادل ۲mm است. ۰/۰۱ × ۲۰۰ = ۲mm



شکل ۱۹ــ۴

روش خواندن: هر تقسیم روی صفحهٔ مدرج این کولیس معادل ۰/۰۱ mm است. بنابراین، اندازه‌های ۰/۰۱ mm تا رقم ۲ mm از روی صفحهٔ مدرج خوانده می‌شود. خط‌کش کولیس نیز دارای تقسیمات یک میلی‌متری است و اندازهٔ مورد نظر از محل تطابق لبهٔ کشوی با خط‌کش خوانده می‌شود.

مثال

در یک کولیس ساعتی با مشخصات mm (۱۵۰ــ۰/۰۱) لبهٔ کشوی کولیس بعد از رقم ۳۴ mm از خط‌کش قرار گرفته است و عقربهٔ کولیس نیز روی چهار فاصله بعد از عدد ۷۰ صفحهٔ مدرج قرار دارد. این کولیس چه‌مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد؟

مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود. ۳۴ mm

مقادیری که از روی صفحهٔ مدرج خوانده می‌شود. ۷۰ × ۰/۰۱ = ۰/۷۰ mm

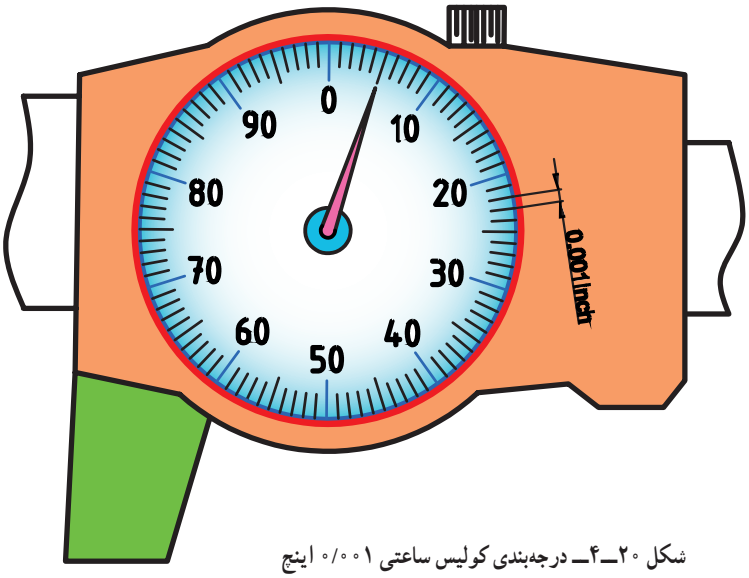
۴ × ۰/۰۱ = ۰/۰۴ mm

مقداری که کولیس ساعتی نشان می‌دهد. ۳۴ + ۰/۷۰ + ۰/۰۴ = ۳۴/۷۴ mm

ب) کولیس ساعتی اینچی

۱ـ کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ inch

- صفحهٔ بزرگ این کولیس ۱۰۰ قسمتی است.
- هر واحد آن نشان دهندهٔ ۰/۰۰۱ inch است.
- هر دور صفحهٔ ساعت معادل ۰/۱ inch است. ۱۰۰×۰/۰۰۱= ۰/۱ inch



شکل ۲۰ـ۴ـ درجه‌بندی کولیس ساعتی ۰/۰۰۱ اینچ

روش خواندن: هر تقسیم روی صفحهٔ مدرج این کولیس معادل ۰/۰۰۱ inch است. بنابراین، اندازه‌های ۰/۰۰۱ inch تا رقم ۰/۱ inch از روی صفحهٔ مدرج خوانده می‌شود. خط‌کش کولیس نیز دارای تقسیمات ۰/۱ inch است و اندازهٔ مورد نظر از محل تطابق لبهٔ کشوی با خط‌کش خوانده می‌شود.

مثال

در یک کولیس ساعتی با مشخصات ۰/۰۰۱ inch (۶ـ۱) لبهٔ کشوی کولیس بعد از رقم ۵ inch قرار گرفته است و عقربهٔ کولیس نیز روی هشت فاصله بعد از عدد صفر صفحهٔ مدرج قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب اینچ نشان می‌دهد؟

مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود. ۵ inch

۸ ×۰/۰۰۱ = ۰/۰۰۸ inch

مقداری که کولیس نشان می‌دهد. ۸ ×۰/۰۰۱ = ۰/۰۰۸ inch

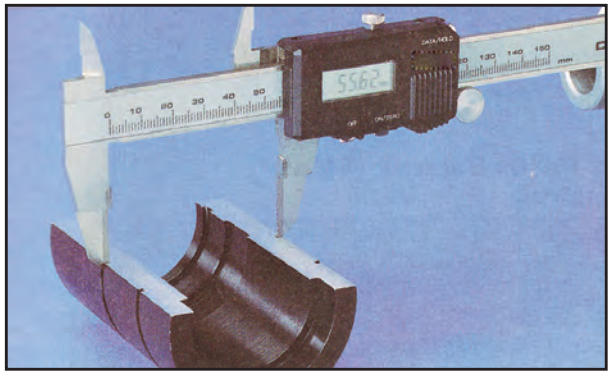
بیش‌تر انواع کولیس‌هایی که قبلاً شرح داده شد به صورت ساعتی نیز ساخته می‌شوند.

۲ـ کولیس دیجیتالی: سیستم عملکرد این کولیس‌ها الکترونیکی است. این کولیس‌ها در مقابل ضربه آسیب‌پذیر و در برابر تغییر اندازه حساس‌اند، کار کردن با آن‌ها آسان است و به مهارت خاصی نیاز ندارد، هر دو سیستم میلی‌متری و اینچی روی یک کولیس پیش‌بینی شده است. دقت این کولیس‌ها در سیستم میلی‌متری mm ۰/۰۱ و در سیستم اینچی inch ۰/۰۰۱ است.

شکل ۲۱ــ۴ــ کولیس دیجیتالی

قسمت‌های مختلف این کولیس‌ها عبارت‌اند از :

- ✓ خط کش با تقسیمات میلی‌متری و اینچی
- ✓ فک ثابت
- ✓ فک متحرک
- ✓ شاخک ثابت
- ✓ شاخک متحرک
- ✓ کشوی
- ✓ پیچ قفل کشویی
- ✓ شستی محرک کشوی (که معمولاً به‌صورت غلطک آج‌دار با محور هرز گرد است.)
- ✓ صفحهٔ نمایش‌گر : این صفحه مقدار اندازه را بر حسب میلی‌متر یا اینچ نشان می‌دهد.
- ✓ قاب صفحهٔ نمایش‌گر، که در روی آن کلیدها پیش‌بینی شده است.
- ✓ کلید mm/inch : از این کلید برای مشخص نمودن سیستم اندازه‌گیری (میلی‌متر یا اینچ) استفاده می‌شود.
- ✓ کلید OFF /ON : از این کلید برای خاموش و روشن کردن کولیس استفاده می‌شود.
- ✓ کلید ZERO : برای صفر کردن ارقام نشان داده شده روی صفحه نمایش‌گر استفاده می‌شود. گفتنی است که اعداد در حافظهٔ کولیس ذخیره می‌گردد و با تغییر موقعیت کشوی، مقادیر بیش‌تر و یا کم‌تر نسبت به اندازهٔ ذخیره شده، به‌صورت مثبت یا منفی در روی نمایش‌گر نشان داده می‌شوند.
- ✓ کلید HOLD : در مواقعی که بخواهیم اندازه در حافظه ذخیره شده و روی صفحه نمایش‌گر کولیس ثابت باقی بماند و با تغییر و جابه‌جایی کشوی تغییری در اندازه ایجاد نگردد از این کلید استفاده می‌شود.
- ✓ زبانهٔ عمق سنج
- ✓ محدود کنندهٔ حرکت کشوی (استاپ کشوی)
- ✓ دندهٔ شانه‌ای
- ✓ بُرد الکترونیکی
- ✓ پیچ‌های اتصال
- ✓ بعضاً این کولیس‌ها می‌توانند توسط کابل مخصوص به چاپگر متصل شده و اندازه‌ها را چاپ نماید.



شکل ۲۲ــ۴ــ اندازه‌گیری با کولیس دیجیتالی

روش خواندن : در این نوع کولیس‌ها مقدار اندازه به صورت ترکیبی از اعداد صحیح و اعشاری از روی صفحهٔ نمایش‌گر کولیس برحسب میلی‌متر و یا اینچ خوانده می‌شود (شکل ۲۲ــ۴).

انواع کولیس‌ها به صورت دیجیتالی نیز ساخته می‌شوند.

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ــ از سفت کردن زیاد پیچ قفل کشوی کولیس‌ها جداً خودداری شود.

۲ــ در هنگام استفاده از انواع کولیس دقت شود تا پیچ‌های محدود کنندهٔ حرکت کشوی آن شُل نباشند.

۳ــ از بیرون آوردن کشوی کولیس‌ها از روی خط‌کش جداً خودداری شود.

۴ــ نظر به این‌که وسایل اندازه‌گیری دیجیتالی و ساعتی در برابر ضربه بسیار آسیب‌پذیرند، از هر گونه ضربه زدن به آن‌ها جداً خودداری شود.

۵ــ در هنگام بایگانی وسایل اندازه‌گیری، آن‌ها را در جعبهٔ سربسته و بدون نفوذ گرد و غبار نگه‌داری کنید.

۶ــ در استفاده از کولیس‌های دیجیتالی دقت شود تا باتری آن شارژ باشد.

۷ــ در استفاده از کولیس، ارتفاع‌سنج آن‌را از پایه بگیرید و جابه‌جا کنید و از گرفتن خط‌کش یا کشوی آن برای جابه‌جا نمودن جداً خودداری شود.

۸ــ با توجه به این‌که بعضاً کولیس‌های عمق‌سنج فاقد محدودکنندهٔ حرکت کشوی هستند، هنگام استفاده مواظب باشید تا کشوی از روی خط‌کش بیرون نیاید.

۹ــ از اندازه‌گیری قطعات روی دستگاه‌های در حال کار جداً خودداری شود.

۱۰ــ برای تنظیم لقی بین کشوی و خط‌کش از خار برنجی استفاده شده است. بنابراین، قبل از استفاده، از وجود خار برنجی اطمینان حاصل نمایند.

۱۱ــ در هنگام اندازه‌گیری با کولیس ارتفاع‌سنج صرفاً از قسمت نُک شاخک اندازه‌گیری که معمولاً سخت‌کاری نیز شده است استفاده شود.

۱۲ــ از وارد کردن فشار زیاد به فک‌های کولیس خودداری شود.

۱۳ــ در هنگام اندازه‌گیری دقت شود تا قطعه‌کار در قسمت پله‌ای فک‌ها قرار نگیرد.

۱۴ــ از لبهٔ چاقویی فک‌ها برای اندازه‌گیری گلویی‌ها استفاده شود.

۱ــ با ترسیم شکل یک کولیس ورنیه‌دار معمولی، قسمت‌های مختلف آن‌را مشخص کنید.
۲ــ به چه منظوری از خار تخت برنجی در کولیس‌ها استفاده می‌شود؟
۳ــ مکانیزم عمل کولیس‌های ورنیه‌دار را بنویسید.
۴ــ کولیس‌های ورنیه‌دار بر چه اساسی درجه‌بندی می‌شوند؟
۵ــ قابلیت تفکیک کولیس‌های ورنیه‌دار میلی‌متری و اینچی چه‌قدر است؟
۶ــ ورنیهٔ کدام دسته از کولیس‌ها قابل تنظیم است؟ روش تنظیم آن‌را شرح دهید.
۷ــ قابلیت تفکیک کولیس ورنیهٔ ۰/۱ mm بیش‌تر است یا کولیس ورنیهٔ $\frac{۱}{۱۲۸}$ اینچ؟ چرا؟
۸ــ مورد استفاده قسمت چاقویی کولیس ورنیه چیست؟
۹ــ با ترسیم شکل یک کولیس ورنیهٔ عمق‌سنج، قسمت‌های مختلف آن‌را مشخص کنید.
۱۰ــ آیا کولیس عمق‌سنج در اختیار دارای محدودکنندهٔ حرکت کشویی است؟
۱۱ــ روش کنترل صفر کولیس عمق‌سنج را با رسم شکل توضیح دهید.
۱۲ــ با ترسیم شکل یک کولیس ارتفاع سنج، قسمت‌های مختلف آن‌را شرح دهید.
۱۳ــ در اندازه‌گیری با ارتفاع سنج، قطعه کار را باید با کدام قسمت شاخک درگیر نمود؟
۱۴ــ چرا پایهٔ کولیس ارتفاع سنج را توخالی می‌سازند؟
۱۵ــ قابلیت تفکیک کولیس ارتفاع‌سنج ۰/۰۰۱ اینچ بیش‌تر است یا ۰/۰۲ mm ؟ چرا؟
۱۶ــ روش استفاده از مکانیزم تنظیم مقادیر کوچک در کولیس ارتفاع سنج را شرح دهید.
۱۷ــ قابلیت تفکیک کولیس ورنیه عمق‌سنج میلی‌متری در اختیارتان بیش‌تر است یا اینچی؟ چرا؟
۱۸ــ با رسم شکل، قسمت‌های مختلف یک کولیس دیجیتالی را نام ببرید.
۱۹ــ روش جدا نمودن اندازهٔ ۲۵/۲۴ میلی‌متر را روی کولیس دیجیتالی بنویسید.
۲۰ــ روش تنظیم اندازه برای عملیات کنترل روی کولیس دیجیتالی را شرح دهید.
۲۱ــ پیرامون عمر کولیس ورنیه‌دار، کولیس ساعتی و کولیس دیجیتالی بحث و نتیجه‌گیری کنید. بگویید کدام یک از اجزای این وسایل، تأثیر بیش‌تری در صحت عملکرد آن دارند؟
۲۲ــ مزایا و معایب کولیس‌های دیجیتالی نسبت به کولیس ورنیه را بنویسید.
۲۳ــ از سه نوع کولیس ورنیه‌دار، ساعتی، دیجیتالی، کدام‌یک قبل از استفاده نیاز به آماده‌سازی و تنظیم دارند؟ چرا و چگونه؟
۲۴ــ چنان‌چه در قرائت اندازه از یک کولیس ورنیه هیچ‌یک از خطوط ورنیه بر خطوط خط‌کشی منطبق نباشد، چگونه اندازه را می‌خوانید؟
۲۵ــ آیا کولیس ساعتی قبل از استفاده نیاز به تنظیم دارد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ روش کار را شرح دهید.
۲۶ــ آیا کولیس دیجیتالی قبل از استفاده نیاز به تنظیم دارد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ روش کار را شرح دهید.
۲۷ــ روش ذخیره‌سازی و ثابت نمودن اندازه ۴۸/۳۳ میلی‌متر را روی کولیس دیجیتالی بنویسید.
۲۸ــ موقعیت عقربه و لبه کشوی نسبت به خط‌کش در کولیس ساعتی در تثبیت اندازه ۶۸/۵۴ را با قابلیت ۰/۰۲ میلی‌متر بنویسید.

فصل ۵

میکرومتر

هدف‌های رفتای: فراگیر در این فصل با ساختمان، نحوهٔ درجه‌بندی روش خواندن، اصول و قواعد اندازه‌گیری میکرومترها و انواع آن‌ها آشنا می‌شود و می‌تواند:

۱ـ میکرومتر اندازه‌گیر خارجی را توصیف کند.

۲ـ نحوهٔ درجه‌بندی میکرومترهای میلی‌متری را شرح دهد.

۳ـ نحوهٔ درجه‌بندی میکرومترهای اینچی را شرح دهد.

۴ـ انواع میکرومترها را توصیف کند.

۵ـ میکرومتر دیجیتالی را شرح دهد.

۶ـ روش تنظیم صفر میکرومتر را شرح دهد.

۷ـ اندازه‌های مختلف را از روی میکرومتر بخواند.

عناوین این فصل عبارتند از:

- ✓ میکرومتر با مکانیزم پیچ و مهره
- ✓ میکرومتر دیجیتالی

میکرومتر

ضرورت تولید قطعات با دقت بالا به طراحی و ساخت وسایل اندازه‌گیری با دقتی بیش‌تر از ۰/۰۲ mm نیاز داشت که در این راستا ژان‌پالمر فرانسوی میکرومتر را طراحی نمود. مکانیزم عمل این وسیله مکانیکی از نوع پیچ و مهره‌ای است و دقت آن به مقدار گام پیچ و مهرهٔ میکرومتر بستگی دارد.

کاربردها: از میکرومترها می‌توان برای اندازه‌گیری‌های داخلی، خارجی، ارتفاع، ضخامت ورق‌ها، قطر سیم‌ها و میله‌ها، فاصلهٔ شیارها، قطر پیچ‌ها و مهره‌ها، چرخ‌دنده‌ها، قطر تیغه‌فرزها، مته‌ها، قلاویزها و ... استفاده نمود.

شکل و ساختمان

میکرومتر اندازه‌گیر خارج: این نوع میکرومتر از متداول‌ترین میکرومترها است و بیش‌ترین کاربرد را در صنعت دارد. از این میکرومتر برای اندازه‌گیری انواع ابعاد خارجی در صنعت استفاده می‌شود (شکل ۱ــ۵).

شکل ۱ــ۵ــ میکرومتر اندازه‌گیر خارج

مطابق شکل، این میکرومتر از قسمت‌های زیر تشکیل شده است :

۱ـ قاب کمانی شکل: که بنا به دلایل زیر به‌شکل کمانی ساخته می‌شود :

- ✓ افزایش قطر کارگیری
- ✓ افزایش استحکام
- ✓ خوش‌دست شدن
- ✓ مقاوم شدن در برابر تغییر شکل

ضمناً قاب میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری بالا را، به‌صورت سوراخ دار می‌سازند، برای این‌که :

- ✓ وزن آن کاهش پیدا کند.
- ✓ استحکام آن افزایش پیدا کند.
- ✓ قیمت آن کم شود.
- ✓ حرارت انتقالی ناشی از به‌دست گرفتن، بهتر انتقال پیدا کند.

۲ـ پلاک مشخصات: که از آن برای درج مشخصات میکرومتر از قبیل قابلیت تفکیک، گسترهٔ اندازه‌گیری، نام کارخانهٔ سازنده، مارک تجارتی و ... استفاده می‌شود.

۳ـ فک ثابت: که در خصوص میکرومتر، برای افراد راست‌دست در سمت چپ و در خصوص میکرومتر مخصوص افراد چپ‌دست در سمت راست آن قرار دارد.

۴ـ فک متحرک: شایسته است یادآوری شود که سطوح کاری فک‌ها را، برای مقاوم نمودن در برابر سایش، سخت‌کاری می‌کنند.

۵ـ قفل: که با مکانیزم اهرمی یا پیچی است.

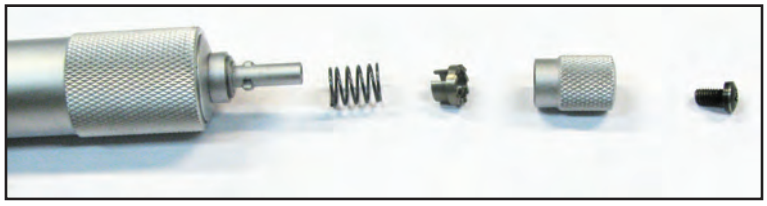
۶ـ استوانهٔ مدرج ثابت (غلاف ثابت یا پوستهٔ ثابت): که معمولاً در میکرومترهای میلی‌متری دارای تقسیمات ۱mm و ۰/۵ mm و در میکرومترهای اینچی دارای تقسیمات ۰/۱ inch و ۰/۰۲۵ inch است.

۷ـ استوانهٔ مدرج متحرک (غلاف متحرک یا پوسته متحرک): که دارای تقسیمات کوچک‌تر نسبت به استوانهٔ ثابت است. ضمناً قسمت انتهای آن آج‌دار بوده که برای به‌دست گرفتن است.

۸ـ دستهٔ جغجغه

۹ـ سیستم جغجغه : برخلاف کولیس‌های ورنیه‌دار که نیروی وارده از طرف فک‌ها به قطعه کار تحت کنترل نبود، در میکرومترها نیروی وارد بر فک‌ها و قطعه کار با سیستم جغجغه، تحت کنترل در آمده است. به این معنی که نیروی وارده بر قطعهٔ کار به حد مشخصی که رسید دستهٔ جغجغه به‌صورت هرز می‌چرخد.

یکی از متداول‌ترین سیستم‌های جغجغه، سیستم پنجه‌ای (کوپلینگی) است. این سیستم مجهز به دو صفحهٔ دندانه‌دار (کوپلینگ) و فنر مارپیچ مطابق شکل است و همیشه دو کوپلینگ با هم‌دیگر درگیر هستند، با چرخاندن دستهٔ جغجغه فک متحرک حرکت کرده و پس از مماس شدن بر قطعهٔ کار و فشرده شدن فنر، سیستم به‌صورت هرز می‌چرخد. به این ترتیب نیروی وارده بر قطعه کار از طرف استفاده‌کنندگان مختلف یکسان خواهد بود (شکل۲ــ۵).



شکل ۲ــ۵ــ سیستم جغجغه

گفتنی است سیستم‌های جغجغه با مکانیزم‌های ساچمه‌ای و پینی نیز طراحی و ساخته شده است.

توجه: در یک اندازه‌گیری صحیح پس از تماس سطح فک‌ها با قطعه کار، کافی است دستهٔ جغجغه سه بار چرخانیده شود.

۱۰ـ پیچ و مهره: حرکت فکین میکرومتر به‌وسیلهٔ پیچ و مهره که در داخل استوانه ثابت و متحرک میکرومتر قرار دارند انجام می‌شود. مقدار گام آن‌ها در میکرومترهای میلی‌متری ۰/۵ mm و بعضاً ۱ mm و در میکرومترهای اینچی ۰/۰۲۵ inch است.

قابلیت تفکیک و گسترهٔ اندازه‌گیری

الف) میکرومترهای میلی‌متری

۱ـ قابلیت تفکیک: میکرومترهای میلی‌متری معمولاً با قابلیت تفکیک ۰/۰۱mm ,۰/۰۰۵mm ,۰/۰۰۱mm ساخته می‌شوند.

۲ـ گسترهٔ اندازه‌گیری: میکرومترهای میلی‌متری معمولاً تا گسترهٔ اندازه‌گیری ۵۰۰ mm ساخته می‌شوند.

میکرومترهای میلی‌متری به لحاظ گسترهٔ اندازه‌گیری در سری‌های مختلف مطابق زیر ساخته می‌شوند :

(۰–۲۵)mm , (۲۵–۵۰)mm , (۵۰–۷۵)mm , (۷۵–۱۰۰)mm , . . . , (۴۷۵–۵۰۰)mm

ب) میکرومترهای اینچی

۱ـ قابلیت تفکیک: میکرومترهای اینچی معمولاً با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ inch , ۰/۰۰۰۱ inch , ۰/۰۰۰۵ inch ساخته می‌شوند.

۲ـ گسترهٔ اندازه‌گیری: گسترهٔ اندازه‌گیری میکرومترهای اینچی به ۲۰ inch می‌رسد.

میکرومترهای اینچی نیز به لحاظ گسترهٔ اندازه‌گیری در سری‌های مختلف مطابق زیر ساخته می‌شوند :

(۰–۱)inch , (۱–۲)inch , (۲–۳)inch , (۳–۴)inch , . . . , (۱۹–۲۰)inch

علل ساخت میکرومترها در سری‌های مختلف عبارت‌اند از :

✓سرعت اندازه‌گیری افزایش پیدا می‌کند و از اتلاف وقت جلوگیری می‌شود. برای مثال فرض کنیم میکرومتری با گسترهٔ اندازه‌گیری(۵۰۰–۰)mm و گام پیچ ومهره ۰/۵ mm ساخته شده باشد و بخواهیم اندازه ۴۵۰ mm را با آن جدا کنیم، برای این کار لازم است دستهٔ میکرومتر را ۹۰۰ بار بچرخانیم (دور ۹۰۰=۰/۵÷۴۵۰) همچنین برای جدا نمودن اندازهٔ ۱۸ inch روی یک میکرومتر inch (۲۰–۰) وگام پیچ و مهره ۰/۰۲۵ inch باید دستهٔ جغجغهٔ میکرومتر را ۷۲۰ بار چرخانید. (دور ۷۲۰=۰/۰۲۵÷۱۸)

✓دقت اندازه‌گیری بالا می‌رود.

✓به دلیل کوتاه شدن میلهٔ پیچ، استهلاک میکرومتر کاهش پیدا می‌کند.

✓استفاده‌کننده، با توجه به اندازهٔ قطعات مورد اندازه‌گیری، میکرومتر با نزدیک‌ترین گسترهٔ اندازه‌گیری انتخاب کرده و هزینهٔ کم‌تری را جهت خرید آن پرداخت می‌نماید.

گفتنی است میکرومترهایی با گسترهٔ اندازه‌گیری خارج از موارد ذکر شده در بالا نیز ساخته می‌شوند.

درجه بندی : همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، میکرومترها بر مبنای مقدار گام پیچ ومهرهٔ آن‌ها درجه‌بندی شده‌اند. بنابراین، مبنای دقت آن‌ها مقدار گام پیچ و مهرهٔ آن‌هاست. مقدار گام در میکرومترهای میلی‌متری عموماً ۰/۵ mm و بعضاً ۱mm و در میکرومترهای اینچی $\frac{۱}{۴۰}$ = ۰/۰۲۵inch است. براین اساس، با چرخاندن یک دور کامل دستهٔ جغجغه فاصلهٔ بین فکین میکرومتر به اندازهٔ مقدار گام تغییر می‌نماید. مقدار قابلیت تفکیک میکرومترهای میلی‌متری و اینچی را می‌توان از رابطهٔ زیر به دست آورد :

$$R = \frac{P}{n}$$

که در آن :

P ــ مقدار گام پیچ و مهرهٔ میکرومتر برحسب میلی‌متر یا اینچ

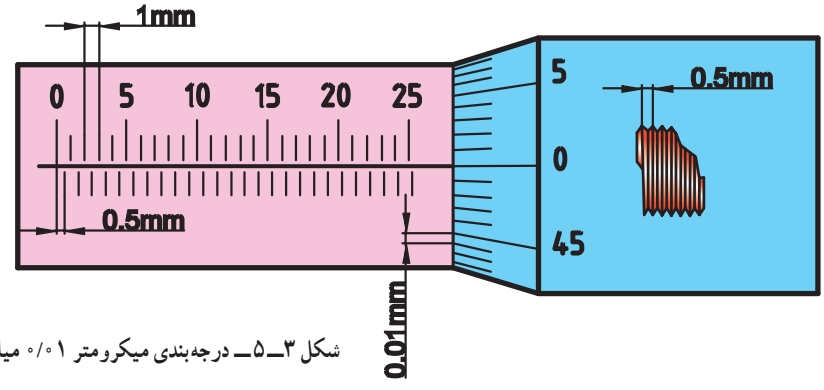
n ــ تعداد فواصل استوانهٔ متحرک میکرومتر

R ــ قابلیت تفکیک میکرومتر برحسب میلی‌متر و یا اینچ

میکرومترها مطابق روش‌های زیر درجه‌بندی می‌شوند :

الف) میکرومترهای میلی‌متری

۱ ـ میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ mm و گام پیچ و مهره ۰/۵ mm



شکل ۳ــ۵ــ درجه‌بندی میکرومتر ۰/۰۱ میلی‌متر با گام ۰/۵ میلی‌متر

مطابق شکل :

✓ در قسمت بالای خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات یک میلی‌متری پیش‌بینی شده است.

✓ زیر خط صفر، استوانهٔ ثابت تقسیمات ۰/۵ میلی‌متری پیش‌بینی شده است. (اختلاف هر خط از پایین با نزدیک‌ترین خط از بالا)

✓ استوانهٔ متحرک ۵۰ قسمتی است.

✓ هر تقسیم آن نشان دهندهٔ ۰/۰۱ mm است.

✓ هر دور استوانهٔ متحرک معادل ۰/۵ mm است.

هم‌چنین مطابق رابطهٔ میکرومتر می‌توان نوشت : $R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{۰/۵}{۵۰} = ۰/۰۱ mm$

روش خواندن : ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

☑ در نظر گرفتن اندازهٔ پایهٔ میکرومتر، که برحسب گسترهٔ اندازه‌گیری ممکن است ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ... میلی‌متر باشد.

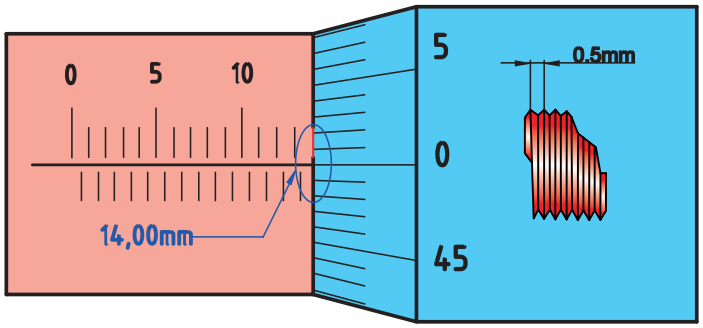
☑ شناسایی موقعیت لبهٔ استوانهٔ متحرک (غلاف متحرک) میکرومتر نسبت به خطوط بالای خط صفر استوانهٔ ثابت و مشخص کردن اندازه‌های صحیح (مضرب یک میلی‌متر).

☑ شناسایی موقعیت لبهٔ استوانهٔ متحرک (غلاف متحرک) میکرومتر نسبت به خطوط پایین خط صفر استوانهٔ ثابت و در صورت وجود اندازهٔ ۰/۵ mm، مد نظر قرار دادن آن.

☑ شناسایی موقعیت خطی از استوانهٔ متحرک (غلاف متحرک) میکرومتر که در امتداد خط صفر استوانهٔ ثابت قرار گرفته و تعیین اندازهٔ اعشاری با ضرایب ۰/۰۱ mm، توجه داشته باشید هر فاصلهٔ روی استوانهٔ متحرک نشان‌دهندهٔ ۰/۰۱ mm است.

مثال

در یک میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری ۲۵ــ۰ mm و قابلیت تفکیک ۰/۰۱ mm، لبهٔ استوانهٔ متحرک دقیقاً روی خط چهاردهم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) قسمت بالای استوانهٔ ثابت قرار گرفته و خط صفر استوانهٔ متحرک نیز دقیقاً در امتداد خط صفر استوانهٔ ثابت است. مقدار اندازه چند میلی‌متر است؟

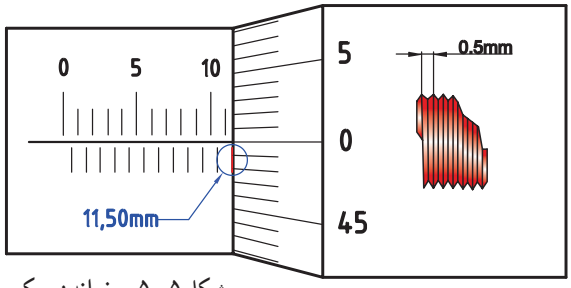


شکل ۴ــ۵ــ خواندن میکرومتر ۰/۰۱ میلی‌متر

جواب : با توجه به شرایط مذکور، میکرومتر اندازهٔ ۱۴mm را نشان می‌دهد.

مثال

در یک میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری mm (۲۵ــ۰) و قابلیت تفکیک mm ۰/۰۱، لبهٔ استوانهٔ متحرک بعد از خط یازدهم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) قسمت بالای استوانهٔ ثابت و دقیقاً در امتداد خط نیم پایین قرار گرفته و خط صفر استوانهٔ متحرک نیز در امتداد خط صفر استوانهٔ ثابت است. میکرومتر چه مقداری را نشان می‌دهد؟ (شکل ۵ــ۵).



شکل ۵ــ۵ــ خواندن میکرومتر ۰/۰۱ میلی‌متر

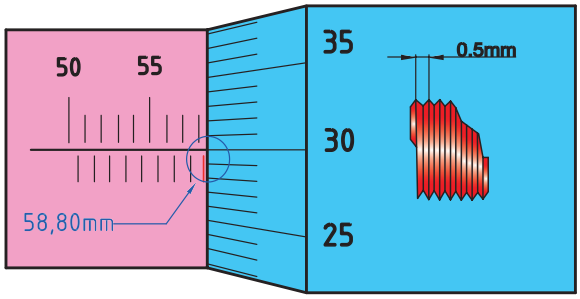
مقداری که از قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت خوانده می‌شود. ۱۱mm

مقداری که از قسمت پایین خط صفر استوانهٔ ثابت خوانده می‌شود. ۰/۵mm

مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد. ۱۱+۰/۵=۱۱/۵۰ mm

مثال

در یک میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری mm(۷۵ــ۵۰) وقابلیت تفکیک mm ۰/۰۱، که مقدار گام پیچ و مهرهٔ آن mm ۰/۵ است لبهٔ استوانهٔ متحرک بعد از خط هشتم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) قسمت بالای استوانهٔ ثابت و بعد از خط نیم پایین قرار گرفته و هم‌چنین خط مربوط به عدد ۳۰ استوانهٔ متحرک نیز دقیقاً در امتداد خط صفر استوانهٔ ثابت قرار دارد. مقدار اندازه چند میلی‌متر است ؟



شکل ۶ــ۵ــ خواندن میکرومتر ۰/۰۱ میلی‌متر

اندازهٔ پایه ۵۰mm

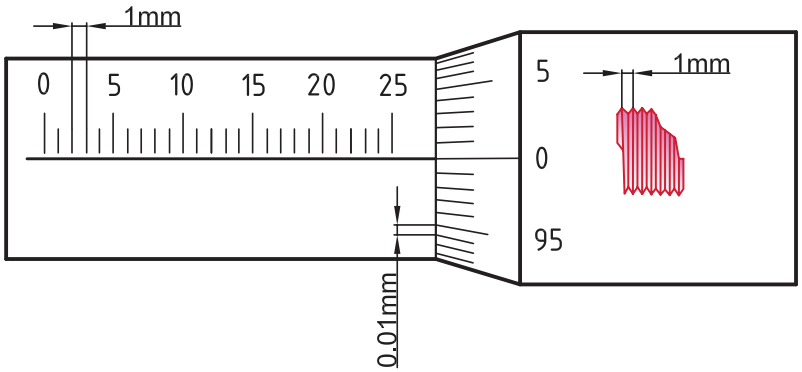
مقداری که از قسمت بالای خط صفر استوانهٔ ثابت خوانده می‌شود. ۸mm

مقداری که از قسمت پایین خط صفر استوانه ثابت خوانده می‌شود. ۰/۵mm

مقداری که از روی استوانهٔ متحرک خوانده می‌شود. ۰/۳۰mm

مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد. ۵۰+۸+۰/۵۰+۰/۳۰=۵۸/۸۰mm

۲ـ میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ mm و گام پیچ و مهره ۱ mm



شکل ۷ـ۵ـ میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ و گام ۱ میلی‌متر

- در قسمت بالای خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات ۱ میلی‌متری پیش‌بینی شده است.
- استوانهٔ متحرک ۱۰۰ قسمتی است.
- هر تقسیم آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۱ mm است.
- هر دور آن معادل ۱ mm است.

هم‌چنین مطابق رابطهٔ میکرومتر می‌توان نوشت :

$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{۱}{۱۰۰} = ۰/۰۱ mm$$

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد مطابق زیر عمل می‌کنیم :

- ☑ در نظر گرفتن اندازهٔ پایهٔ میکرومتر در صورت وجود
- ☑ خواندن اندازه‌های صحیح، از قسمت بالای استوانهٔ مدرج که مضربی از اندازهٔ یک میلی‌متری هستند.
- ☑ خواندن ارقام اعشاری از روی استوانهٔ متحرک که مضربی از عدد ۰/۰۱ mm است.

مثال

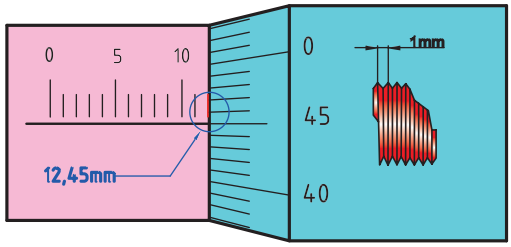
در یک میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری mm (۲۵ـ۰) و قابلیت تفکیک ۰/۰۱ mm که مقدار گام پیچ و مهرهٔ آن یک میلی‌متر است. لبهٔ استوانهٔ متحرک روی خط ۱۲ استوانه ثابت، و عدد ۴۵ استوانه متحرک دقیقاً در امتداد خط صفر استوانه ثابت قرار دارد. این میکرومتر چه مقداری را نشان می‌دهد؟

مقداری که استوانهٔ ثابت نشان می‌دهد. ۱۲mm

مقداری که استوانهٔ متحرک نشان می‌دهد. ۰/۴۵mm

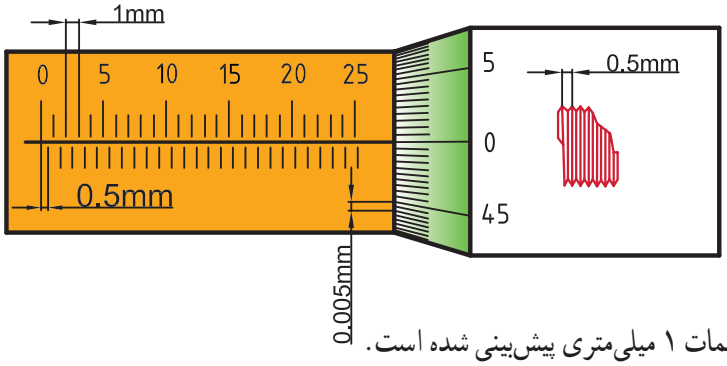
مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد.

۱۲ + ۰/۴۵=۱۲/۴۵mm



شکل ۸ـ۵ـ خواندن میکرومتر ۰/۰۱ میلی‌متر

۳ ـ میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۵ mm و گام پیچ و مهره ۰/۵ mm



شکل ۹ــ۵ــ درجه‌بندی میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۵ و گام ۰/۵ میلی‌متر

- ✓در قسمت بالای خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات ۱ میلی‌متری پیش‌بینی شده است.
- ✓زیر خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات ۰/۵ میلی‌متری پیش‌بینی شده است.
- ✓استوانهٔ متحرک ۱۰۰ قسمتی است.
- ✓هر تقسیم آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۰۵ mm است.
- ✓هر دور استوانهٔ متحرک معادل ۰/۵ mm است.

هم‌چنین مطابق رابطه میکرومتر می‌توان نوشت :

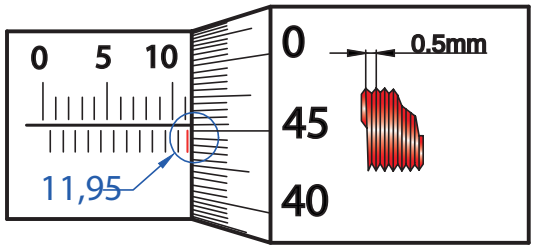
$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{۰/۵}{۱۰۰} = ۰/۰۰۵mm$$

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

- ☑در نظر گرفتن اندازهٔ پایهٔ میکرومتر در صورت وجود
- ☑خواندن اندازه‌های صحیح، که مضربی از اندازه‌های یک میلی‌متر هستند از قسمت بالای خط صفر استوانهٔ ثابت
- ☑خواندن اندازهٔ ۰/۵ mm از قسمت پایین خط صفر استوانهٔ متحرک در صورت وجود
- ☑خواندن ارقام اعشاری از روی استوانهٔ متحرک، که مضربی از عدد ۰/۰۰۵ mm است.

مثال

در یک میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری (۲۵ــ۰) mm و قابلیت تفکیک ۰/۰۰۵ mm، که مقدار گام پیچ و مهرهٔ آن ۰/۵ mm است، لبهٔ استوانهٔ متحرک کمی جلوتر از خط یازدهم بالای استوانهٔ ثابت و بعد از خط نیم زیر آن قرار دارد در حالی که اولین خط بعد از عدد ۴۵ استوانهٔ متحرک دقیقاً در امتداد خط صفر استوانهٔ ثابت قرار گرفته است. میکرومتر چه‌مقداری را نشان می‌دهد؟



شکل ۱۰ــ۵ــ خواندن میکرومتر ۰/۰۰۵ میلی‌متر

مقداری که قسمت بالای خط صفر استوانهٔ ثابت نشان می‌دهد. ۱۱mm

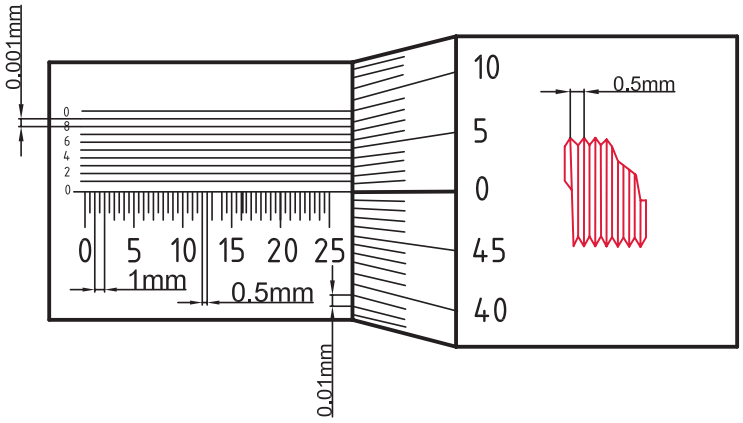
مقداری که قسمت پایین خط صفر استوانهٔ ثابت نشان می‌دهد. ۰/۵ mm

مقداری که استوانهٔ متحرک نشان می‌دهد. (۰/۴۵+۰/۰۰۵) mm

مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد. ۱۱+۰/۵+۰/۴۵+۰/۰۰۵=۱۱/۹۵۵ mm

۴ـ میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ mm و گام پیچ و مهرهٔ ۰/۵ mm

روی این میکرومترها ابتدا تقسیمات ۰/۰۱ میلی‌متر (قبلاً شرح داده شد) ایجاد شده با این تفاوت که تقسیمات یک میلی‌متر و نیم میلی‌متر زیر خط صفر استوانهٔ ثابت قرار دارند (شکل ۱۱ــ ۵).



شکل ۱۱ــ۵ــ میکرومتر ۰/۰۰۱ میلی‌متر با گام ۰/۵ میلی‌متر

- ✓ زیر خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات ۱mm و ۰/۵ mm پیش‌بینی شده است.
- ✓ استوانهٔ متحرک ۵۰ قسمتی است.
- ✓ هر تقسیم نشان دهندهٔ ۰/۰۱ mm است.
- ✓ هر دور استوانهٔ متحرک معادل ۰/۵ mm است.

هم‌چنین مطابق رابطهٔ میکرومتر می‌توان نوشت :

$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{۰/۵}{۵۰} = ۰/۰۱mm$$

برای ایجاد قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱mm از روش درجه‌بندی کولیس‌های ورنیه دار استفاده می‌شود. به‌این ترتیب که مقدار مشخصی از استوانهٔ متحرک انتخاب و روی استوانهٔ ثابت به فواصل مساوی تقسیم می‌شود. برای ایجاد این درجه‌بندی ابتدا خط صفر استوانهٔ متحرک را در امتداد خط صفر استوانهٔ ثابت قرار می‌دهیم و میکرومتر را قفل می‌کنیم. سپس، مقدار مشخصی از استوانهٔ متحرک را انتخاب و روی استوانهٔ ثابت به فواصل مساوی تقسیم می‌کنیم. برای این درجه‌بندی دو طرح مطابق زیر ارائه می‌شود :

جدول ۱ــ۵ــ درجه‌بندی میکرومتر ۰/۰۰۱ mm

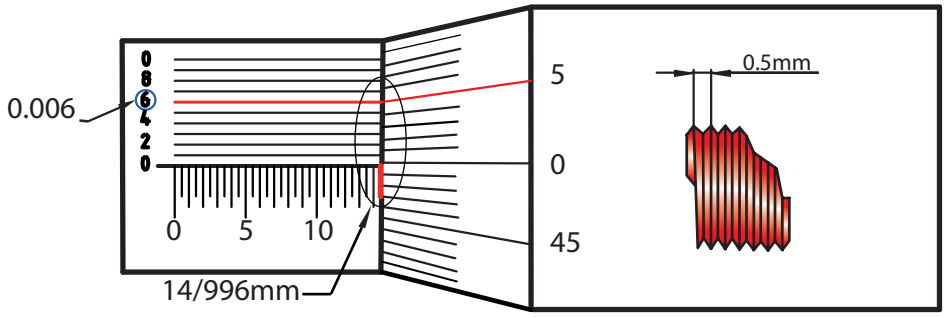
عوامل مؤثر بر درجه‌بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک استوانهٔ متحرک	۰/۰۱ mm	۰/۰۱ mm
مقیاس انتخاب شده	۰/۰۹ mm	۰/۱۹ mm
تعداد تقسیمات بالای استوانهٔ ثابت	۱۰	۱۰
قابلیت تفکیک استوانهٔ ثابت	۰/۰۹ ÷ ۱۰ = ۰/۰۰۹ mm	۰/۱۹ ÷ ۱۰ = ۰/۰۱۹ mm
قابلیت تفکیک میکرومتر	۰/۰۱ − ۰/۰۰۹ = ۰/۰۰۱ mm	۰/۰۲ − ۰/۰۱۹ = ۰/۰۰۱ mm

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

- ☑ در نظر گرفتن اندازهٔ پایهٔ میکرومتر در صورت وجود
- ☑ خواندن اندازه‌های صحیح، که مضربی از اندازهٔ یک میلی‌متر هستند، از قسمت پایین استوانهٔ ثابت
- ☑ خواندن اندازهٔ ۰/۵ mm از قسمت پایین استوانهٔ ثابت در صورت وجود
- ☑ خواندن ارقام اعشاری ۰/۰۱mm از روی استوانهٔ متحرک
- ☑ برای خواندن اندازه‌های ۰/۰۰۱mm از خطوط بالای خط صفر استوانهٔ ثابت استفاده می‌شود به این ترتیب که ابتدا خطی از ده خط بالای خط صفر استوانهٔ ثابت را، که هم امتداد یکی از خطوط بالای استوانهٔ متحرک است، شناسایی و تعداد فواصل آن را در عدد ۰/۰۰۱ ضرب می‌کنیم که حاصل مقدار اندازه، یک هزارمی است.

مثال

در یک میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری mm (۲۵ــ۰) و قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ میلی‌متر،که مقدار گام پیچ و مهرهٔ آن ۰/۵ mm است، لبهٔ استوانهٔ متحرک کمی جلوتر از خط چهاردهم ونیم میلی‌متر قسمت پایین استوانهٔ ثابت است. استوانهٔ متحرک نیز مقدار ۰/۴۹ میلی‌متر را نشان داده. هم‌چنین، یکی از خطوط استوانهٔ متحرک، هم‌امتداد ششمین خط بالای خط صفر استوانهٔ ثابت قرار گرفته است. میکرومتر چه مقداری را نشان می‌دهد؟



شکل ۱۲ــ۵ ــ خواندن میکرومتر ۰/۰۰۱ میلی‌متر

مقداری که قسمت پایین خط صفر استوانهٔ ثابت نشان می‌دهد. (۱۴+۰/۵)mm

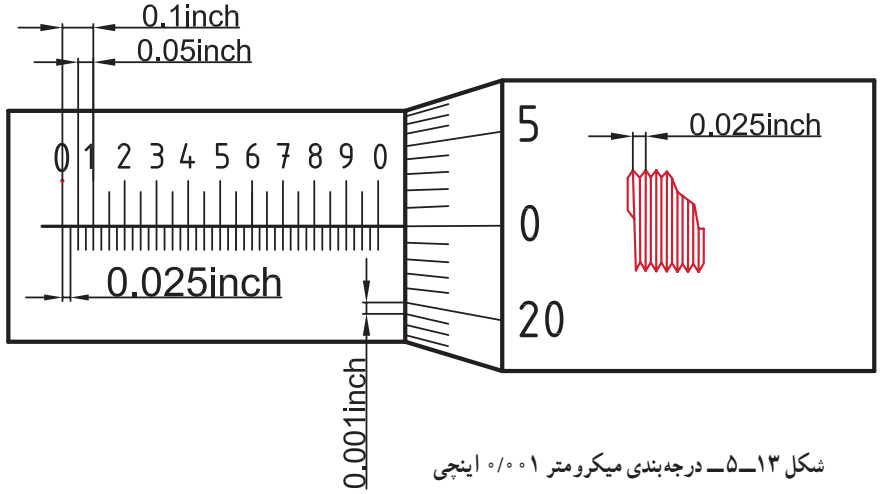
مقداری که استوانهٔ متحرک نشان می‌دهد. ۰/۴۹mm

مقداری که از قسمت بالای خط صفر استوانهٔ ثابت خوانده می‌شود. ۶×۰/۰۰۱=۰/۰۰۶mm

مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد. ۱۴+۰/۵+۰/۴۹+۰/۰۰۶=۱۴/۹۹۶mm

ب) میکرومترهای اینچی: درجه‌بندی میکرومترهای اینچی نیز مشابه میکرومترهای میلی‌متری است.

۱ـ میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ inch و گام پیچ و مهرهٔ ۰/۰۲۵ inch



شکل ۱۳ــ۵ــ درجه‌بندی میکرومتر ۰/۰۰۱ اینچی

- ✓در قسمت بالای خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات ۰/۱ inch و ۰/۰۵ inch پیش‌بینی شده است.
- ✓زیر خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات ۰/۰۲۵ اینچ پیش‌بینی شده است.
- ✓استوانهٔ متحرک ۲۵ قسمتی است.
- ✓هر تقسیم آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۰۱ inch است.
- ✓هر دور استوانه متحرک معادل ۰/۰۲۵ inch است.

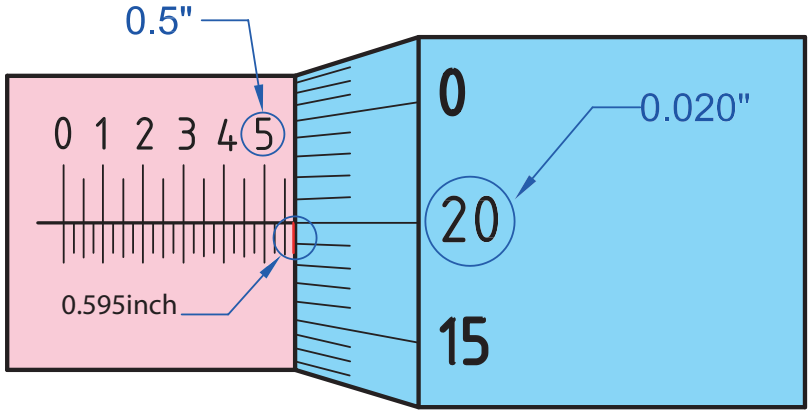
$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{۰/۰۲۵}{۲۵} = ۰/۰۰۱ inch$$

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

- ☑در نظر گرفتن اندازهٔ پایهٔ میکرومتر در صورت وجود
- ☑شناسایی موقعیت لبهٔ استوانهٔ متحرک میکرومتر نسبت به خطوط بالای خط صفر استوانهٔ ثابت، و مشخص کردن اندازه‌های ۰/۱ inch
- ☑شناسایی موقعیت لبهٔ استوانهٔ متحرک میکرومتر نسبت به خطوط پایین خط صفر استوانهٔ ثابت، و در صورت وجود اندازه‌های ۰/۰۲۵ inch، مد نظر قرار دادن آن
- ☑برای خواندن ارقام اعشاری ۰/۰۰۱ inch از روی استوانهٔ متحرک، که مضربی از عدد ۰/۰۰۱ inch هستند، استفاده می‌شود.

مثال

در یک میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری inch(۱ـ۰) و قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ inch، لبهٔ استوانهٔ متحرک کمی جلوتر از خط پنجم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) قسمت بالای استوانهٔ ثابت و جلوتر از خط سوم پایین قرار گرفته و خط بیستم استوانهٔ متحرک نیز دقیقاً در امتداد خط صفر استوانهٔ ثابت قرار دارد. این میکرومتر چه مقداری را برحسب اینچ نشان می‌دهد؟



شکل ۱۴ـ۵ـ خواندن میکرومتر ۰/۰۰۱ اینچ

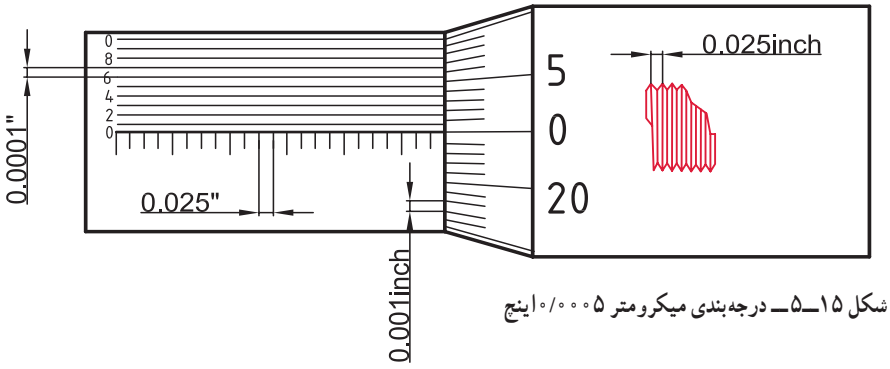
مقداری که از قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت خوانده می‌شود. ۰/۵ inch

مقداری که از زیر خط صفر استوانه ثابت خوانده می‌شود. ۳×۰/۰۲۵=۰/۰۷۵ inch

مقداری که از روی استوانه متحرک خوانده می‌شود. ۰/۰۲۰

مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد. ۰/۵+۰/۰۷۵+۰/۰۲۰=۰/۵۹۵ inch

۲ـ میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۵ inch و گام پیچ و مهرهٔ ۰/۰۲۵ inch



شکل ۱۵ـ۵ـ درجه‌بندی میکرومتر ۰/۰۰۰۵ اینچ

✓ در قسمت بالای خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات ۰/۱ inch پیش‌بینی شده است.

✓ زیر خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات ۰/۰۲۵ inch پیش‌بینی شده است.

✓ استوانهٔ متحرک ۵۰ قسمتی است.

✓ هر تقسیم آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۰۰۵ inch است.

✓ هر دور استوانه متحرک معادل ۰/۰۲۵ inch است.

$$R=\frac{P}{n}\Rightarrow R=\frac{۰/۰۲۵}{۵۰}=۰/۰۰۰۵\text{inch}$$

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

☑ در نظر گرفتن اندازهٔ پایهٔ میکرومتر در صورت وجود

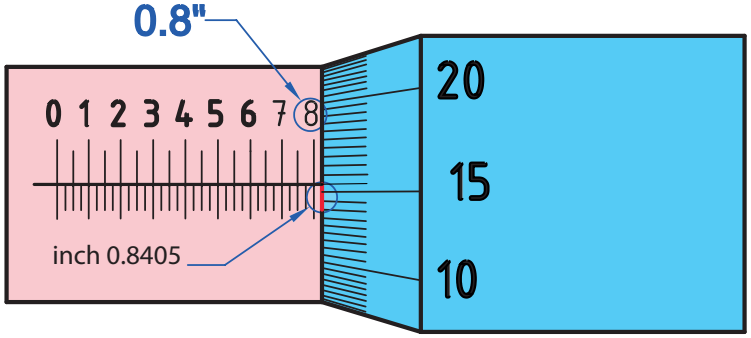
☑ شناسایی موقعیت لبهٔ استوانهٔ متحرک میکرومتر نسبت به خطوط بالای خط صفر استوانهٔ ثابت و مشخص کردن اندازه‌های ۰/۱ inch

☑ شناسایی موقعیت لبهٔ استوانهٔ متحرک میکرومتر نسبت به خطوط پایین خط صفر استوانهٔ ثابت و در صورت وجود اندازه‌های ۰/۰۲۵ inch، مد نظر قرار دادن آن

☑ برای خواندن ارقام اعشاری ۰/۰۰۰۵ inch از روی استوانهٔ متحرک، که مضربی از عدد ۰/۰۰۰۵ inch هستند، استفاده می‌شود.

مثال

در یک میکرومتر با گستره اندازه‌گیری inch (۲ــ۱) و قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۵ inch، لبهٔ استوانهٔ متحرک بعد از خط هشتم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) تقسیمات بالای استوانهٔ ثابت و نیز بعد از خط اوّل تقسیمات کوچک پایین استوانهٔ ثابت قرار گرفته و یک خط بعد از خط پانزدهم استوانهٔ متحرک دقیقاً در امتداد خط صفر استوانهٔ ثابت است. مقدار اندازه چند اینچ است؟



شکل ۱۶ــ۵ــ خواندن میکرومتر ۰/۰۰۰۵ اینچ

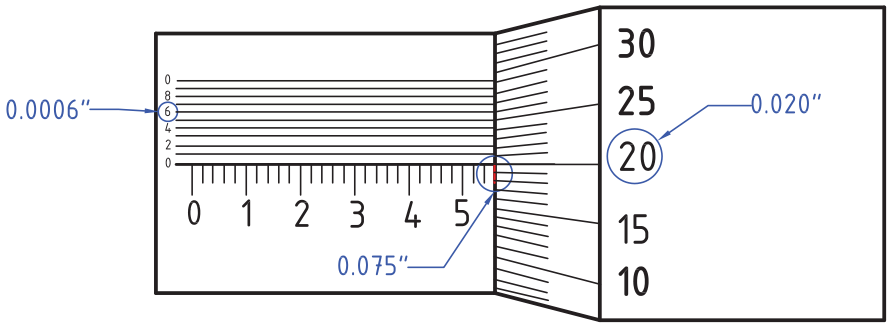
مقداری که قسمت بالای استوانه ثابت نشان می‌دهد. $۸\times۰/۱=۰/۸\,\text{inch}$

مقداری که از قسمت پایین استوانه ثابت خوانده می‌شود. $۱\times۰/۰۲۵=۰/۰۲۵$

مقداری که استوانه متحرک نشان می‌دهد. $۰/۰۱۵+۰/۰۰۰۵=۰/۰۱۵۵$

مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد. $۰/۸+۰/۰۲۵+۰/۰۱۵۵=۰/۸۴۰۵$

۳ـ میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۱ inch و گام پیچ و مهره ۰/۰۲۵ inch



شکل ۱۷ــ۵ــ درجه‌بندی میکرومتر ۰/۰۰۰۱ اینچ

- ✓ زیر خط صفر استوانهٔ ثابت تقسیمات ۰/۱ inch و ۰/۰۲۵ inch پیش‌بینی شده است.
- ✓ استوانهٔ متحرک ۲۵ قسمتی است.
- ✓ هر تقسیم آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۰۱ inch است.
- ✓ هر دور استوانهٔ متحرک معادل ۰/۰۲۵ inch است.

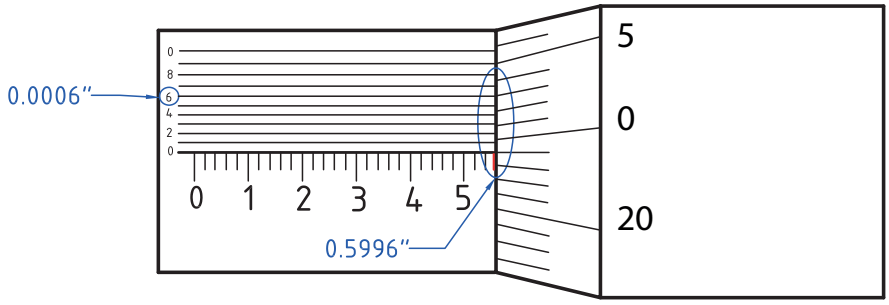
برای ایجاد قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۱ inch از روش درجه‌بندی کولیس‌های ورنیه‌دار استفاده می‌شود. به‌این‌ترتیب که مقدار مشخصی از استوانهٔ متحرک انتخاب و روی استوانهٔ ثابت به تعداد فواصل مساوی تقسیم می‌شود. در این رابطه دو طرح مختلف مطابق زیر ارائه می‌شود.

جدول ۲ــ۵ــ درجه‌بندی میکرومتر ۰/۰۰۰۱ inch

ردیف	عوامل مؤثر بر درجه‌بندی	طرح ۱	طرح ۲
۱	قابلیت تفکیک استوانهٔ متحرک	۰/۰۰۱ inch	۰/۰۰۱ inch
۲	مقیاس انتخاب شده	۰/۰۰۹ inch	۰/۰۱۹ inch
۳	تعداد تقسیمات بالای استوانهٔ ثابت	۱۰	۱۰
۴	قابلیت تفکیک تقسیمات بالای استوانهٔ ثابت	۰/۰۰۹÷۱۰=۰/۰۰۰۹inch	۰/۰۱۹÷۱۰=۰/۰۰۱۹inch
۵	قابلیت تفکیک میکرومتر	۰/۰۰۱ − ۰/۰۰۰۹ = ۰/۰۰۰۱inch	۰/۰۰۲ − ۰/۰۰۱۹ = ۰/۰۰۰۱inch

مثال

در یک میکرومتر با گسترهٔ اندازه‌گیری inch (۱ــ۰) و قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۱ inch، لبهٔ استوانهٔ متحرک کمی جلوتر از سه فاصله بعد از خط پنجم بلند در قسمت پایین استوانهٔ ثابت (بدون در نظر گرفتن خط صفر) و خط بیست‌وچهارم استوانهٔ متحرک کمی پایین‌تر از خط صفر استوانهٔ ثابت قرار دارد. چنان‌چه خط ششم بالای استوانهٔ ثابت در امتداد یکی از خطوط استوانهٔ متحرک باشد، این میکرومتر چه‌مقداری را برحسب اینچ نشان می‌دهد؟



شکل ۱۸ــ۵ ــ خواندن میکرومتر ۰/۰۰۰۱ اینچ

مقداری که قسمت پایین استوانهٔ ثابت نشان می‌دهد.	۵×۰/۱ =۰/۵inch
	۳×۰/۰۲۵ =۰/۰۷۵
مقداری که استوانهٔ متحرک نشان می‌دهد.	۲۴×۰/۰۰۱ =۰/۰۲۴ inch
مقدار اندازه دهزارمی	۶×۰/۰۰۰۱ =۰/۰۰۰۶inch
مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد.	۰/۵+۰/۰۷۵+۰/۰۲۴+۰/۰۰۰۶=۰/۵۹۹۶inch

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

- ☑ در نظر گرفتن اندازهٔ پایهٔ میکرومتر در صورت وجود
- ☑ خواندن اندازه‌های ۰/۱ inch از قسمت پایین استوانهٔ ثابت
- ☑ خواندن اندازه‌های ۰/۰۲۵ inch از قسمت پایین استوانهٔ ثابت در صورت وجود
- ☑ خواندن ارقام ۰/۰۰۱ inch از روی استوانهٔ متحرک
- ☑ برای خواندن اندازه‌های ۰/۰۰۰۱ inch از خطوط بالای خط صفر استوانهٔ ثابت استفاده می‌شود.

به‌این‌ترتیب که ابتدا خطی از استوانهٔ ثابت را، که هم‌امتداد یکی از خطوط استوانه متحرک است، شناسایی و تعداد فواصل آن‌را در عدد ۰/۰۰۰۱ inch ضرب می‌کنیم که حاصل آن مقدار اندازهٔ یک‌هزارمی اینچ است.

تنظیم صفر میکرومتر

بسیاری از مواقع اتفاق می‌افتد که صفر میکرومتر تنظیم نبوده و باعث خطا در اندازه‌گیری شده است. برای تطابق خط صفر استوانهٔ ثابت بر خط صفر استوانه متحرک و رفع این نوع خطا لازم است :

۱ــ سطح فکیّن میکرومتر را کاملاً تمیز کنید.

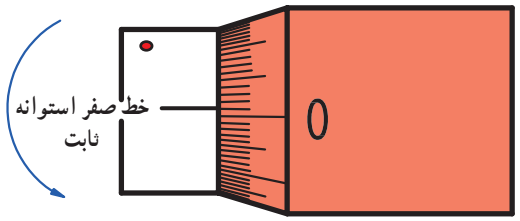
۲ــ از باز بودن قفل میکرومتر اطمینان حاصل نمایید.

۳ــ میکرومتر را کاملاً ببندید.

توجه: چنان‌چه گسترهٔ اندازه‌گیری میکرومتر بیش از ۲۵mm و یا ۱ inch باشد قطعهٔ استاندارد همراه میکرومتر را، که اندازهٔ آن با توجه به گسترهٔ اندازه‌گیری میکرومتر متفاوت است، کاملاً تمیز نموده و سپس مابین میکرومتر قرار می‌دهیم و میکرومتر را می‌بندیم.

۴ــ چنان‌چه خط صفر استوانهٔ ثابت بر خط صفر استوانه متحرک منطبق باشد. میکرومتر به لحاظ تنظیم صفر مشکلی ندارد. در غیر این صورت میکرومتر نیاز به تنظیم صفر دارد و مطابق زیر عمل می‌شود.

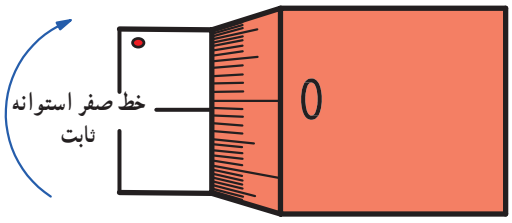
۵ــ چنان‌چه خط صفر استوانهٔ متحرک بالای خط صفر استوانهٔ ثابت باشد. با استفاده از آچار پین‌دار مخصوص و سوراخ پیش‌بینی شده روی استوانهٔ ثابت، آن‌را به مقداری در جهت خلاف عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم که خط صفر استوانهٔ ثابت بر خط صفر استوانهٔ متحرک منطبق شود. توجه داشته باشید که این عمل باید کاملاً با دقت و حوصله و به‌آرامی صورت پذیرد تا خطا در جهت دیگر ایجاد نشود.



شکل ۱۹ــ۵

حال میکرومتر را به اندازهٔ چند میلی‌متر باز کنید و مجدداً آن‌را ببندید. چنان‌چه خط صفر استوانهٔ ثابت بر خط صفر استوانهٔ متحرک منطبق باشد میکرومتر تنظیم شده است. در غیر این‌صورت عملیات قبل را آن‌قدر ادامه می‌دهیم تا صفر میکرومتر تنظیم شود.

۶ــ چنان‌چه خط صفر استوانهٔ متحرک پایین خط صفر استوانهٔ ثابت باشد، با استفاده از آچار پین‌دار مخصوص و سوراخ پیش‌بینی شدهٔ روی استوانهٔ ثابت، آن‌را آن‌قدر در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم تا خط صفر استوانهٔ ثابت بر خط صفر استوانه متحرک منطبق شود. توجه داشته باشید که این عمل باید کاملاً با دقت و حوصله و به آرامی صورت پذیرد تا خطا در جهت دیگر ایجاد نشود.



شکل ۲۰ــ۵

حال میکرومتر را به اندازهٔ چند میلی‌متر باز کنید و مجدداً آن‌را ببندید. چنان‌چه خط صفر استوانهٔ ثابت بر خط صفر استوانهٔ متحرک منطبق بود میکرومتر تنظیم شده است. در غیر این‌صورت عملیات قبل را آن‌قدر ادامه می‌دهیم تا صفر میکرومتر تنظیم شود.

شکل ۲۱ــ۵ــ میکرومتر (۱۰۰ــ۷۵) میلی‌متر

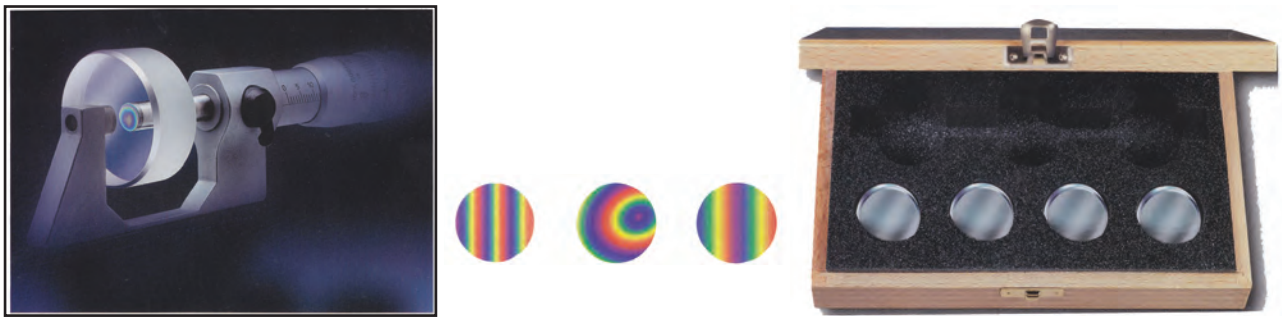
اصول و قواعد کار با میکرومتر

۱ــ با توجه به نوع قطعه، ابعاد مورد اندازه‌گیری میکرومتر را مناسب انتخاب کنید.

۲ــ میکرومتر عیب و نقص نداشته، سالم بوده و عملکرد آن درست باشد.

۳ــ فکّین آن را با پارچه مخصوص تمیز کنید.

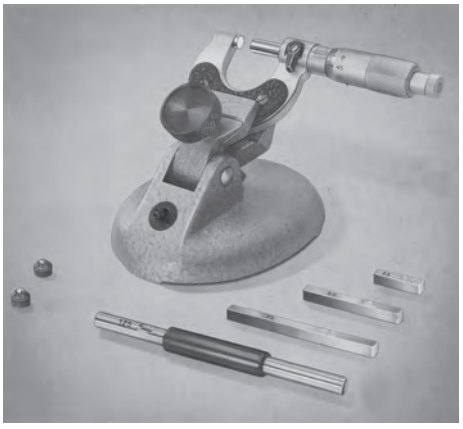
۴ــ برای کنترل تختی سطح فکّین آن می‌توان از شیشهٔ تخت نوری استفاده کنید. مشاهده تداخل خطوط و لکهٔ سیاه از پشت شیشهٔ تخت نوری نشانهٔ فرورفتگی سطح فک و تخت نبودن آن است.



شکل ۲۲ــ۵ــ کنترل سطح فکین میکرومتر با شیشهٔ تخت نوری

۵ــ با بستن میکرومتر از تنظیم بودن صفر آن مطمئن شوید. در صورت نیاز، صفر آن را مطابق روش شرح داده شده در قسمت قبل تنظیم کنید.

۶ــ در صورت نیاز میکرومتر را به پایهٔ مخصوص بسته و سپس از آن استفاده کنید.



شکل ۲۳ــ۵ــ بستن میکرومتر به گیرهٔ مخصوص (پایه مخصوص)

در هنگام مماس نمودن فک‌ها به سطح قطعه کار فقط از دسته جغجغه استفاده شود.

۷ــ برای باز و بسته کردن میکرومتر از جغجغه استفاده کنید.

۸ــ برای اندازه گیری، ابعاد خارجی، میکرومتر را کمی بیش‌تر از اندازهٔ قطعه باز کنید و قطعه را مابین فکّین و چسبیده به فک ثابت قرار دهید و میکرومتر را بسته و آن را بخوانید.

۹ــ برای اندازه‌گیری ابعاد داخلی، میکرومتر را کمی کم‌تر از اندازهٔ قطعه باز و فکین را به داخل بعد هدایت کنید و پس از چسباندن فک‌ها به دیوارهٔ کار و میزان کردن میکرومتر، مقدار را بخوانید.

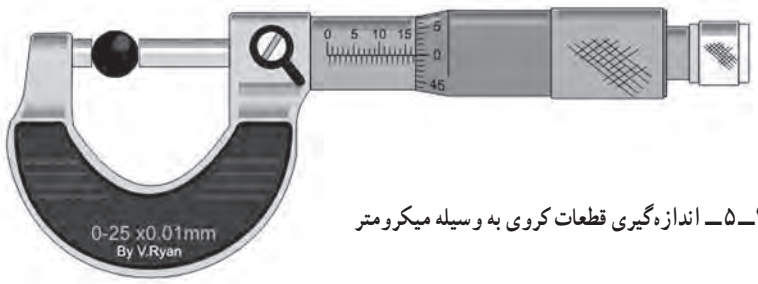
۱۰ــ با استفاده از دستهٔ جغجغه فک متحرک میکرومتر را برقطعهٔ مورد اندازه‌گیری مماس می‌کنیم.

۱۱ــ توجه داشته باشید برای اطمینان از تماس فک‌ها با کار و اعمال نیروی لازم برای اندازه‌گیری، چرخاندن دستهٔ جغجغه تا سه بار کفایت می‌کند.

۱۲ــ در صورت نیاز می‌توانید از قفل میکرومتر استفاده کنید.

۱۳ــ مقدار نشان داده شده توسط میکرومتر را مطابق قاعدهٔ مربوطه می‌خوانیم.

۱۴ــ برای خواندن به‌صورت عمودی به درجه‌بندی نگاه کنید.
۱۵ــ در اندازه‌گیری قطر کره‌ها، قطعهٔ کار با وسط سطح فکّین درگیر شود.



شکل ۲۴ــ۵ــ اندازه‌گیری قطعات کروی به وسیله میکرومتر

شکل ۲۵ــ۵ــ میکرومتر جهت بایگانی

۱۶ــ پس از اتمام اندازه‌گیری، میکرومتر را از قطعه کار جدا می‌کنیم و آن را می‌بندیم.
۱۷ــ میکرومتر را بدون آن‌که قفل کنیم در جعبهٔ مخصوص می‌گذاریم و درِ جعبه را می‌بندیم.
۱۸ــ توجه شود در هنگام جمع نمودن و بایگانی میکرومتر، پیچ قفل شل باشد تا اجزای آن تحت اثر فشار و تنش قرار نگیرد.

انواع میکرومتر از نظر مکانیزم

میکرومترها به لحاظ سیستم عملکرد در انواع مختلفی ساخته می‌شوند که عموماً در بیش‌تر آن‌ها علاوه بر سیستم پیچ و مهره که امکان خواندن اندازه‌ها از روی استوانه‌های ثابت و متحرک آن‌ها میسر است می‌توان مقدار اندازه را از روی سیستم کنتور، صفحهٔ مدرج و عقربه و یا سیستم الکترونیکی آن نیز قرائت نمود، ذیلاً این نوع میکرومترها به طور خلاصه شرح داده می‌شوند. لازم به ذکر است که انواع میکرومترها به لحاظ نوع اندازه‌گیری که انجام می‌دهند نیز با مکانیزم‌های زیر ساخته می‌شوند.

الف) میکرومتر با مکانیزم پیچ و مهره‌ای : این میکرومترها از پرمصرف‌ترین میکرومترها بوده و دارای انواع مختلفی هستند که قبلاً شرح داده شد (شکل۲۶ــ۵).

شکل ۲۶ــ۵ــ میکرومتر اندازه‌گیر خارج

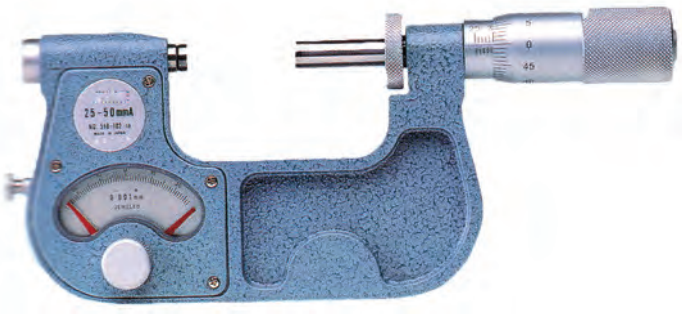
ب) میکرومتر با مکانیزم شماره‌انداز (کنتوردار): این نوع میکرومترها کاملاً مانند میکرومترهای قبلی است. با این تفاوت که، علاوه بر سیستم مکانیکی (پیچ و مهره‌ای) و این‌که مقدار اندازه از روی استوانه‌های ثابت و متحرک خوانده می‌شود، به موازات می‌توان مقدار اندازه را به‌صورت خیلی راحت‌تر و سریع‌تر از روی سیستم کنتور آن نیز خواند.

سیستم کنتور این میکرومتر در روی قاب میکرومتر نصب و از چرخ‌دنده‌های پلاستیکی، که در داخل محفظه قاب پیش‌بینی شده است، تشکیل می‌شود. این چرخ‌دنده‌ها با محور فک متحرک میکرومتر ارتباط دارد و در اثر جابه‌جا شدن فک متحرک میکرومتر، شماره‌های نمایش‌گر میکرومتر تغییر می‌کند. بر حسب آن‌که سیستم اندازه‌گیری میکرومتر میلی‌متری یا اینچی باشد مقدار اندازه از روی نمایش‌گر خوانده می‌شود. گفتنی است ساختمان، جنس و نحوهٔ درجه‌بندی استوانه‌های ثابت و متحرک این میکرومتر مانند میکرومتر اندازه‌گیر خارج است که قبلاً به تفصیل شرح داده شد.

شکل ۲۷ــ۵ــ میکرومتر کنتوردار فک بشقابی

ج) میکرومترهای ساعت دار: این میکرومترها علاوه‌بر داشتن سیستم پیچ ومهره، به صفحهٔ مدرج و عقربه نیز مجهّزند و از آن‌ها برای کنترل قطعات استفاده می‌شود. شکل ۲۸ــ۵ نمونه‌ای از این میکرومترها را که به نیم‌صفحه مدرج و عقربه مجهز است نشان می‌دهد.

نوع دیگر این میکرومترها به صفحه تمام‌دایره و عقربه و شاخک مجهّزند، مقدار تولرانس مابین شاخک‌های آن تنظیم می‌شود.



شکل ۲۸ــ۵ــ میکرومتر عقربه‌دار با صفحه نیم‌دایره

شکل ۲۹ــ۵ــ میکرومتر عقربه‌دار با صفحه دایره‌ای شکل

د) میکرومتر با مکانیزم دیجیتالی: این نوع میکرومترها کاملاً مانند میکرومترهای قبلی است، با این تفاوت که علاوه بر سیستم مکانیکی پیچ و مهره‌ای و این‌که مقدار اندازه از روی استوانه‌های ثابت و متحرک میکرومتر قابل خواندن است، به سیستم الکترونیکی نیز مجهّز است و می‌توان مقدار اندازه را از روی صفحهٔ نمایش‌گر الکترونیکی آن نیز قرائت نمود.

شکل ۳۰ــ۵ــ میکرومتر دیجیتالی

ساختمان: این میکرومترها، علاوه بر مواردی که برای میکرومتر اندازه‌گیر خارج شرح داده شد، شامل :

- ✓ برد الکترونیکی
- ✓ صفحهٔ نمایش‌گر
- ✓ کلید خاموش و روشن (ON – OFF)
- ✓ کلید سیستم میلی‌متری و اینچ (mm – inch)
- ✓ کلید صفر (ZERO)
- ✓ کلید نگه‌داری اندازه (HOLD)

شکل ۳۱ــ۵ یک نمونه اندازه‌گیری با میکرومتر دیجیتالی را نشان می‌دهد.

شکل ۳۱ــ۵ــ اندازه‌گیری به وسیلهٔ میکرومتر دیجیتالی

چند یادآوری

۱ــ قابلیت تفکیک میکرومترهای دیجیتالی معمولاً در سیستم میلی‌متری ۰/۰۰۱ mm و در سیستم اینچی ۰/۰۰۰۱ inch است.

۲ــ هردو سیستم میلی‌متری و اینچی در روی یک میکرومتر پیش‌بینی شده است.

۳ــ بعضاً این نوع میکرومترها قابلیت اتصال به چاپگر را دارند و می‌توان مقادیر اندازه‌گیری شده را ذخیره و یا چاپ نمود.

۴ــ ساختمان، جنس و نحوهٔ درجه‌بندی استوانه‌های ثابت و متحرک این میکرومتر مانند میکرومتر اندازه‌گیر خارج است، که قبلاً به تفصیل شرح داده شد.

۵ــ این میکرومترها در مقابل ضربه بسیار حساس هستند. لذا در نگه‌داری و حفاظت آن باید دقت نمود.

۶ــ در موقع اندازه‌گیری باید از وارد نمودن هرگونه فشار اضافه به غلطک هرز گرد آن خودداری شود.

میکرومترها به لحاظ شکل ظاهری و کاربرد در انواع مختلفی ساخته می‌شوند که نمونه‌هایی از آن در جدول ۳ــ۵ به طور خلاصه توضیح داده می‌شود.

انواع میکرومتر به لحاظ کاربرد

جدول ۳ــ۵ــ انواع میکرومتر

ردیف	نام	شکل	کاربرد
۱	میکرومتر عمق‌سنج		از میکرومتر عمق‌سنج برای اندازه‌گیری عمق انواع قطعات استفاده می‌شود.
۲	میکرومتر فک‌بشقابی (فک پهن)		برای اندازه‌گیری ضخامت اجسام انعطاف‌پذیر، سیم‌ها و میله‌ها، اندازه‌گیری پیچ‌ها به روش سه میله اندازه‌گیری چرخ‌دنده‌ها و ... از آن استفاده می‌شود.
۳	میکرومتر اندازه‌گیر قطر متوسط و قطر کوچک پیچ		فک‌های این میکرومتر سوراخ‌دار است و با سوار کردن فک‌های مخصوص اندازه‌گیری که دارای سر مخروطی و U شکل هستند، قطر متوسط و قطر کوچک روی آن، می‌توان قطر مربوطه را مستقیماً اندازه گرفت.
۴	میکرومتر اندازه‌گیر قطر متوسط و قطر بزرگ مهره		فک‌های میکرومتر اندازه‌گیر قطر متوسط مهره نیز سوراخ‌دار است و این فک‌ها روی میکرومتر می‌شوند و می‌توانند روی قطر کوچک و قطر متوسط مهره درگیر شوند.
۵	میکرومتر اندازه‌گیر طول شیارهای داخلی		توسط این میکرومترها می‌توان طول شیارهای داخلی را اندازه گرفت.
۶	میکرومتر فک‌جناقی		فک ثابت این میکرومتر به شکل جناقی (V) بوده و می‌توان از آن برای اندازه‌گیری قطعات دندانه‌دار با تعداد دندانهٔ فرد ۵،۳ و... و زاویه مشخص استفاده نمود.

۷	میکرومتر فک دوقلو		همان‌طوری که از شکل این میکرومتر ملاحظه می‌شود، این میکرومتر دارای دو میکرومتر جداگانه ولی با قاب مشترک است و می‌توان برای کنترل قطعات با تولرانس‌های مختلف از آن استفاده کرد.
۸	میکرومتر فک مخروطی		فک‌های ثابت و متحرک این میکرومتر مخروطی است و این ویژگی باعث گردیده تا برای اندازه‌گیری قطر قطعات با شیارهای V و T کوچک کاربرد داشته باشد.
۹	میکرومتر فک تیغه‌ای		این میکرومتر مجهز به فک‌های تیغه‌ای و باریک است و برای اندازه‌گیری قطر طولی شیارهای باریک و مستطیلی کاربرد دارد.
۱۰	میکرومتر ضخامت‌سنج لوله		مطابق شکل فک ثابت این میکرومتر به‌صورت کروی است. این فک در داخل لوله‌ها قرار می‌گیرد و فک متحرک به جدارهٔ بیرونی لوله می‌چسبد و مقدار ضخامت لوله اندازه‌گیری می‌شود.
۱۱	میکرومتر سه فک		از این میکرومتر، برای اندازه‌گیری قطر سوراخ‌های استوانه استفاده می‌شود. این نوع میکرومتر وسیله‌ای بسیار مناسب و دقیق برای اندازه‌گیری قطر داخلی استوانه‌ها است. زیرا با استقرار در سه نقطه از جداره استوانه، محور وسیله بر محور استوانه منطبق می‌شود.
۱۲	اندازه‌گیر ضخامت ورق		برای اندازه‌گیری ضخامت ورق‌های فلزی با پهنای زیاد از میکرومتری استفاده می‌شود که عمق قاب کمانی شکل آن زیاد باشد.

۱ــ چنان‌چه میکرومتری با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ میلی‌متر و گسترهٔ اندازه‌گیری (۵۰ــ۰) میلی‌متر با گام پیچ و مهره ۰/۵ میلی‌متر ساخته شده باشد، برای باز کردن دهانهٔ میکرومتر به اندازهٔ ۴۲/۵ میلی‌متر دستهٔ جغجغه چند بار باید چرخانده شود؟ چرا؟

۲ــ اگر قاب میکرومتر به‌صورت چهارگوش (مربع یا مستطیل)ساخته شود چه مشکلاتی ممکن است بروز نماید.

۳ــ فکر کنید چنان‌چه میکرومتر به لحاظ فک‌های اندازه‌گیری مانند کولیس ورنیه ساخته شود (شاخک‌های اندازه‌گیر داخل و خارج) کارآرایی آن افزایش و یا کاهش می‌یابد؟ معایب و محاسن آن‌را بنویسید.

۴ــ با توجه به این‌که استوانهٔ مدرج متحرک میکرومتر با گام پیچ و مهرهٔ ۰/۵ میلی‌متر ۵۰ قسمتی و میکرومتر با گام پیچ و مهره یک میلی‌متر ۱۰۰ قسمتی است. چه تفاوتی در اندازهٔ تقسیمات و قطر این استوانه‌ها، استوانه مدرج و متحرک وجود دارد؟

۵ــ با توجه به این‌که مقدار گام میکرومترهای میلی‌متری نیم و یک میلی‌متر است، سرعت عمل آن‌ها چگونه است؟ چرا؟

۶ــ در مقایسهٔ میکرومتر میلی‌متری با گام نیم‌میلی‌متر و اینچی با گام ۰/۰۲۵ اینچ کدام‌یک سرعت عمل بیش‌تری دارند؟ چرا؟

۷ــ به‌طور کلی تفاوت رزوه‌های میکرومتر اندازه‌گیر خارج و میکرومتر اندازه‌گیر داخل (فک میله‌ای یا شاخکی) در چیست؟ چرا؟

۸ــ مکانیزم عمل میکرومتر چگونه است، مبنای درجه‌بندی آن چیست؟

۹ــ روش اندازه‌گیری با میکرومتر اندازه‌گیر داخل (فک شاخک‌دار) را شرح دهید.

۱۰ــ در مورد خطای کسینوسی که ممکن است در میکرومتر اندازه‌گیر داخل رخ دهد بحث و نتیجه‌گیری کنید.

۱۱ــ گام در پیچ ومهره را تعریف نموده، مقدار آن را در میکرومترهای میلی‌متری و اینچی بنویسید.

۱۲ــ چرا سطح فکّین میکرومترها را سخت‌کاری می‌کنند؟

۱۳ــ قابلیت تفکیک میکرومتر ۰/۰۰۱ میلی‌متر بیش‌تر است یا ۰/۰۰۰۱ اینچ ؟ چرا؟

۱۴ــ آیا می‌توان میکرومتر با مکانیزم پیچ و مهره‌ای با درجه‌بندی میلی‌متری و اینچی طراحی نمود؟ درصورت مثبت بودن پاسخ، چگونه؟ در صورتی که پاسخ منفی است، چرا؟

۱۵ــ افزایش و یا کاهش قطر استوانه‌های مدرّج ثابت و متحرک چه اثری در دقت و عملکرد میکرومتر دارد؟

۱۶ــ در اندازه‌گیری قطر یک استوانه، میکرومتر میلی‌متری با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ میلی‌متر،مقدار ۴۳/۳۱ را نشان می‌دهد. چنان‌چه این قطعه با میکرومتر اینچی ۰/۰۰۱ اینچ اندازه‌گیری شود، قاعدتاً میکرومتر چه مقداری را نشان خواهد داد. چرا؟

۱۷ــ قابلیت تفکیک میکرومتر ۰/۰۰۵ میلی‌متر بالاتر است یا ۰/۰۰۰۵اینچ ؟ چرا؟

۱۸ــ در اندازه‌گیری با میکرومتر ۰/۰۰۵ میلی‌متر مقادیر زیر گزارش شده است اندازه‌های صحیح و غلط را مشخص نموده، علت را توضیح دهید. ۲۴/۸۵ , ۲۰/۳۵ , ۱۹/۶۲ , ۱۷ , ۱۵/۵ , ۱۴/۸۱ , ۳۲/۶۳ , ۳۰/۴۵ , ۱۵/۶۱ و ۱۲/۷۵

فصل ۶

ساعت‌های اندازه‌گیری

هدف‌های رفتاری: در این فصل فراگیر با ساختمان، قابلیت تفکیک ، نحوهٔ درجه‌بندی و روش استفاده ساعت‌های اندازه‌گیری آشنا می‌شود به‌طوری‌که در پایان این فصل می‌تواند:

۱ـ ساعت‌های اندازه‌گیری را توصیف کند.

۲ـ کاربردهای ساعت‌های اندازه‌گیری را بیان کند.

۳ـ نحوهٔ درجه‌بندی ساعت‌های اندازه‌گیری را شرح دهد.

۴ـ مقدار اندازه را از روی ساعت بخواند.

۵ـ روش کار با ساعت را بیان کند.

۶ـ حفاظت و نگه‌داری ساعت‌های اندازه‌گیری را شرح دهد.

۷ـ نگه‌دارندهٔ ساعت‌های اندازه‌گیری را توصیف کند.

۸ـ انواع ساعت‌های اندازه‌گیری و کاربرد آن‌ها را بیان کند.

عناوین این فصل عبارتند از:

- ✓ ساعت‌های اندازه‌گیری
- ✓ انواع ساعت‌های اندازه‌گیری

ساعت اندازه‌گیری

ازجمله وسایل اندازه‌گیری که هم می‌تواند کار اندازه‌گیری و هم عمل کنترل را انجام دهد ساعت اندازه‌گیری است. این وسایل کاربرد وسیعی در صنعت دارد، از آن جمله :

۱ــ اندازه‌گیری و کنترل انواع طول، قطر، ارتفاع، ضخامت و . . .

۲ــ کنترل و تنظیم ماشین‌های ابزار

۳ــ تنظیم قطعات روی ماشین‌های ابزار

۴ــ تنظیم ابزار روی ماشین‌های ابزار

۵ــ کنترل قطعات و دستگاه‌ها در هنگام مونتاژ، نصب و تعمیرات

۶ــ کنترل قالب‌ها و فیکسچرها

۷ــ اندازه‌گیری و کنترل تولرانس‌های اَبعادی و هندسی

۸ــ اندازه‌گیری و کنترل قطعات خودرو

شکل ۱ــ۶ ــ انواع ساعت اندازه‌گیری

ویژگی‌ها

- ✓ اندازه‌های کوچک را در مقیاس بزرگ نشان می‌دهد.
- ✓ نیروی دست اندازه‌گیر روی اندازه‌گیری اثری ندارد.
- ✓ حرارت دست به آن منتقل نمی‌شود.
- ✓ فاصلهٔ تقسیمات آن بزرگ‌تر است.
- ✓ خواندن اندازه‌ها راحت‌تر است.
- ✓ خطای چشمی کم‌تر است.
- ✓ در برابر تغییر اندازه حساس است.

محدودیت‌ها

✓ در برابر ضربه بسیار حساس و آسیب‌پذیر است.

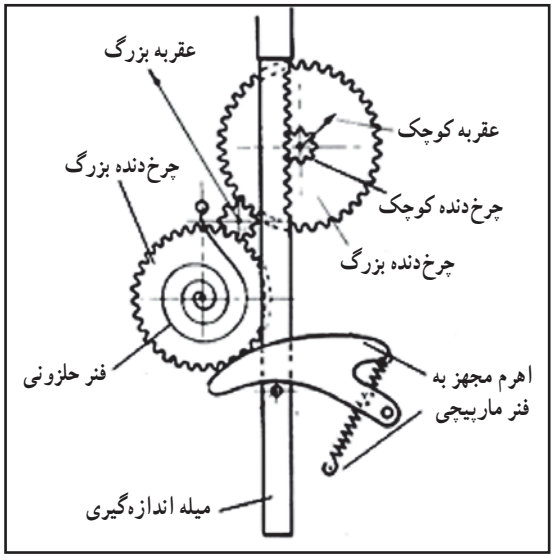
✓ به تنهایی قابل استفاده نیست (نیاز به نگه‌دارنده جهت نصب دارد).

✓ قبل از استفاده نیاز به تنظیم دارد.

✓ گسترهٔ اندازه‌گیری آن محدود است.

مکانیزم عمل : ساعت‌های اندازه‌گیری با سیستم چرخ‌دنده و اهرم کار می‌کند و مبنای درجه‌بندی آن مشخصات چرخ‌دنده، اهرم و میله‌های رابط در آن است.

ساعت‌های اندازه‌گیری عموماً با چهار عدد چرخ‌دنده با مشخصات زیر طراحی و ساخته می‌شوند :



شکل ۲ــ۶ــ قسمت‌های داخلی ساعت

$P = ۰/۶۲۵mm$

$Z_۱ = ۱۶$

$Z_۲ = ۱۰۰$

$Z_۳ = ۱۰$

$Z_۴ = ۱۰۰$

P = مقدار گام چرخ‌دنده‌ها

Z = تعداد دندانهٔ چرخ‌دنده‌ها

ساختمان : ساعت اندازه‌گیری با مکانیزم چرخ‌دنده‌ای معمولاً از قسمت‌های زیر تشکیل می‌شود(شکل۳ــ۶) :

۱ــ بدنهٔ اصلی که قسمت‌های مختلف ساعت روی آن سوار می شود.

۲ــ صفحهٔ پشت ساعت که زبانهٔ سوراخ‌دار آن محل مخصوص بستن ساعت به نگه‌دارنده است.

۳ــ میلهٔ اندازه‌گیری که وظیفهٔ انتقال اندازه را به چرخ‌دنده‌های داخلی به عهده دارد و قسمتی از آن که در داخل ساعت قرار دارد دندانه‌دار است.

۴ــ سر اندازه‌گیر که برای تماس با قطعهٔ کار پیش‌بینی شده و قابل تعویض است و به شکل عدسی، کروی، مخروطی، بشقابی، میله‌ای و ... ساخته می‌شود.

۵ــ لاستیک گردگیر برای جلوگیری از نفوذ گرد و غبار به داخل ساعت

۶ــ راهنمای میله اندازه‌گیری (غلاف)

۷ــ انتهای میلهٔ اندازه‌گیری

۸ــ کلاهک انتهای میلهٔ اندازه‌گیری که حالت محافظ برای انتهای میلهٔ اندازه‌گیری را دارد.

۹ــ طوقهٔ متحرک

۱۰ــ شاخک‌های تولرانسی که روی طوقهٔ متحرک نصب شده و نقش آن برای نشان دادن محدودهٔ تولرانس قطعهٔ روی ساعت شاخص است.

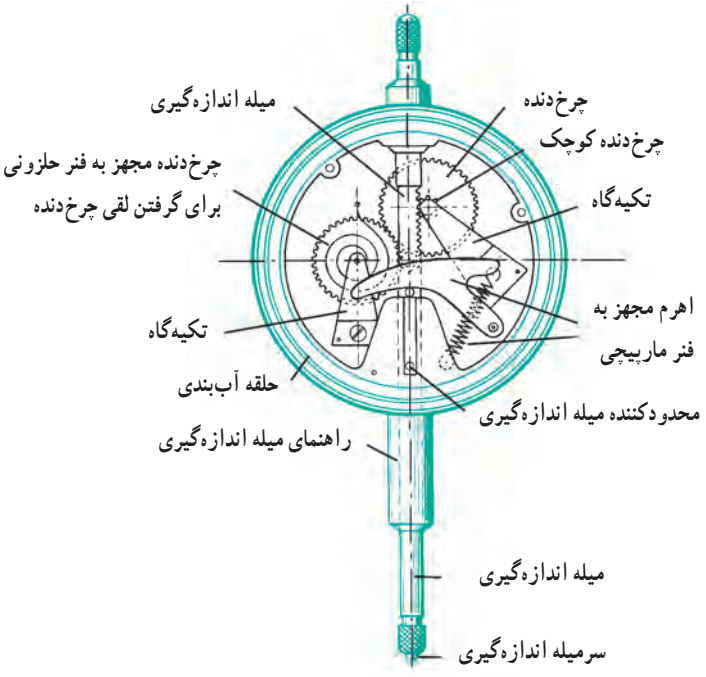
۱۱ــ پیچ و زبانهٔ محکم‌کنندهٔ طوقهٔ متحرک

۱۲ــ صفحهٔ شیشه‌ای ساعت که معمولاً از جنس تلق است.

۱۳ــ صفحهٔ مدرج بزرگ برای نشان دادن اندازه‌های کوچک که متحرک است و با عقربهٔ بزرگ کار می‌کند.

۱۴ــ عقربهٔ بزرگ برای نشان دادن اندازه‌های کوچک که با صفحهٔ بزرگ کار می‌کند.

۱۵ــ صفحهٔ کوچک مدرج (دورشمار) که اندازه‌های بزرگ را نشان می‌دهد. این صفحه ثابت است و با عقربهٔ کوچک کار می‌کند.



شکل ۳ــ۶ــ قسمت‌های مختلف ساعت اندازه‌گیری

۱۶ــ عقربهٔ کوچک برای نشان دادن اندازه‌های بزرگ است که با صفحهٔ کوچک کار می‌کند.

۱۷ــ چرخ‌دنده‌ها

۱۸ــ رابط‌ها

۱۹ــ فنرهای مارپیچ و حلزونی

۲۰ــ اجزای آب‌بندی برای جلوگیری از نفوذ رطوبت و گرد و غبار به داخل ساعت

۲۱ــ تکیه‌گاه‌ها و راهنماها

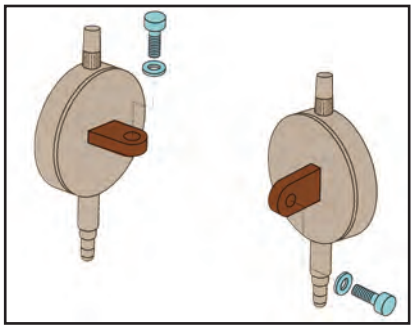
۲۲ــ پیچ ومهره‌های اتصال

۲۳ــ سایر اجزا (که بر حسب مورد و توسط کارخانجات سازنده ساعت، روی آن پیش‌بینی می‌شود.)

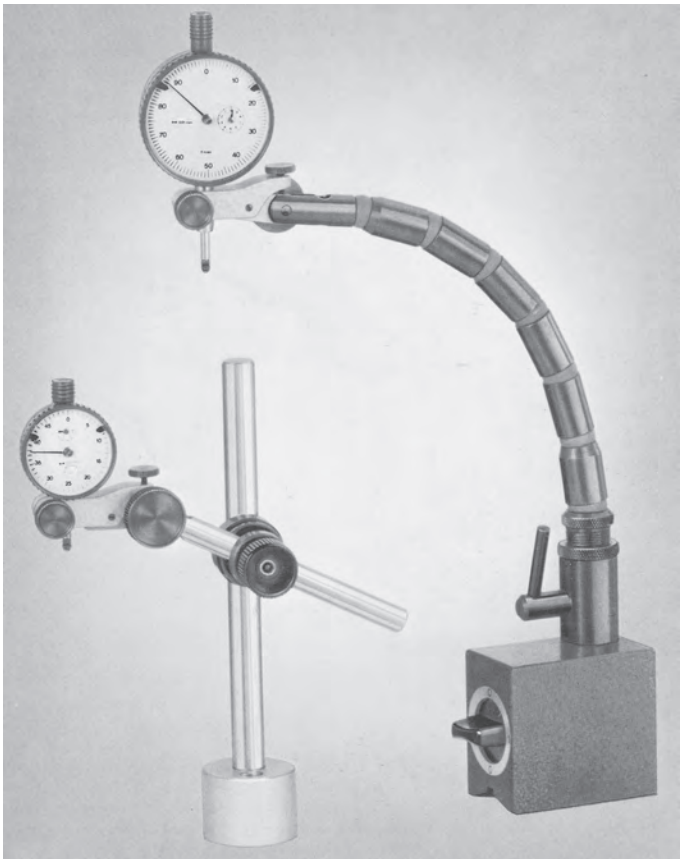
محل‌های بستن ساعت : ساعت‌ها از دو محل به نگه‌دارنده بسته می‌شود :

۱ــ زبانه سوراخ دار صفحه پشت ساعت:
این زبانه مخصوص بستن ساعت به نگه‌دارنده می‌باشد.

۲ــ محل گلویی غلاف راهنمای میله اندازه‌گیری



شکل ۴ــ۶ــ بستن ساعت از محل زبانهٔ سوراخ‌دار پشت ساعت



شکل ۵ــ۶ــ بستن ساعت از محل گلویی غلاف میله اندازه‌گیری

مشخصات ساعت‌های اندازه‌گیری

ساعت‌های اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک و گسترهٔ اندازه‌گیری مختلف، به شرح زیر ساخته می‌شود :

الف) سری میلی‌متری

۱ــ قابلیت تفکیک : ساعت اندازه‌گیری میلی‌متری معمولاً با قابلیت تفکیک از ۰/۱ میلی‌متر تا ۰/۰۰۱ میلی‌متر ساخته می شود. البته نوع دیجیتالی آن‌ها عموماً با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ میلی‌متر ساخته می‌شوند.

۲ــ گسترهٔ اندازه‌گیری : گسترهٔ اندازه‌گیری ساعت میلی‌متری به ۱۰۰mm می‌رسد.

ب) سری اینچی

۱ــ قابلیت تفکیک : ساعت اندازه‌گیری اینچی معمولاً با قابلیت تفکیک از ۰/۰۰۱ اینچ تا ۰/۰۰۰۱ اینچ ساخته می‌شود. ساعت‌های دیجیتالی نیز با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۱ اینچ ساخته می‌شوند.

۲ــ گسترهٔ اندازه‌گیری : گسترهٔ اندازه‌گیری ساعت اینچی به inch ۴ می‌رسد.

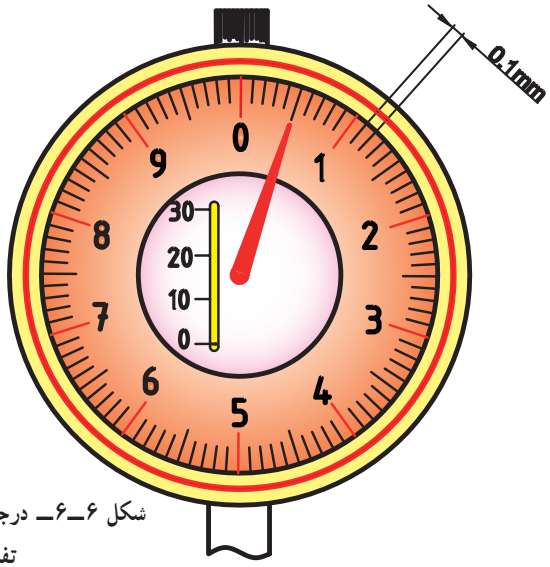
توجه : قابلیت تفکیک ساعت‌ها با گسترهٔ اندازه‌گیری آن‌ها نسبت عکس دارد، یعنی هرچه قابلیت تفکیک ساعت بالاتر باشد (دقت آن بالاتر باشد) گسترهٔ اندازه‌گیری آن کم‌تر است.

نحوه درجه بندی: ساعت‌های اندازه‌گیری بر اساس مشخصات چرخ‌دنده‌ها، طول میلهٔ اندازه‌گیری و تعداد تقسیمات صفحات بزرگ و کوچک درجه‌بندی می‌شوند و همان‌گونه که گفته شد، با قابلیت تفکیک مختلفی ساخته می‌شوند. به‌طوری‌که قابلیت تفکیک کولیس‌ها و میکرومترها را پوشش می‌دهند. ذیلاً نمونه‌هایی از آن‌ها شرح داده می‌شود.

ساعت‌های اندازه‌گیری با درجه‌بندی میلی‌متری

۱ــ ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۱ میلی‌متر و گسترهٔ اندازه‌گیری ۳۰ میلی‌متر

- ✓ صفحهٔ بزرگ ساعت ۱۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر واحد آن نشان دهندهٔ ۰/۱ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحهٔ بزرگ معادل ۱۰ میلی‌متر است. $۰/۱ \times ۱۰۰ = ۱۰ mm$
- ✓ صفحهٔ کوچک سه قسمتی است.
- ✓ هر واحدآن نشان‌دهندهٔ ۱۰ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین گسترهٔ اندازه‌گیری ساعت ۳۰ میلی‌متر است. $۳ \times ۱۰ = ۳۰ mm$



شکل ۶ــ۶ــ درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۱ میلی‌متر

مثال

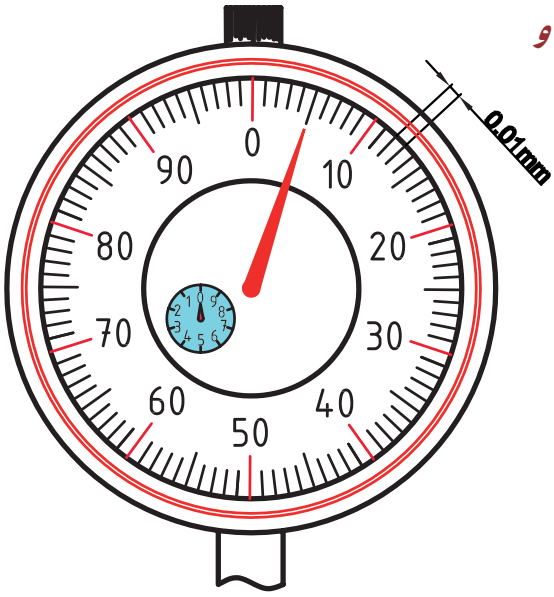
در یک ساعت اندازه‌گیری با مشخصات mm (۳۰ــ۰/۱) عقربهٔ کوچک کمی جلوتر از عدد ۲۰ صفحهٔ دورشمار و عقربهٔ بزرگ آن دقیقاً روی خط بیست و چهارمین فاصله از صفحهٔ بزرگ قرار دارد. مقدار اندازه چند میلی‌متر است؟

۲۰/۰۰

۲۴×۰/۱ = ۲/۴ mm

۲۰+۲/۴ = ۲۲/۴ mm ← مقداری که ساعت نشان می‌دهد

۲ـ ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ میلی‌متر و گسترهٔ اندازه‌گیری ۱۰ میلی‌متر



شکل ۷ـ۶ـ ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ میلی‌متر

- ✓ صفحهٔ بزرگ ساعت ۱۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر واحد آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۱ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحهٔ بزرگ معادل ۱ میلی‌متر است.

$۰/۰۱ \times ۱۰۰ = ۱ mm$

- ✓ صفحهٔ کوچک ساعت ۱۰ قسمتی است.
- ✓ هر واحد صفحهٔ کوچک معادل ۱ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین گسترهٔ اندازه‌گیری ساعت ۱۰ میلی‌متر است.

$۱ \times ۱۰ = ۱۰ mm$

مثال

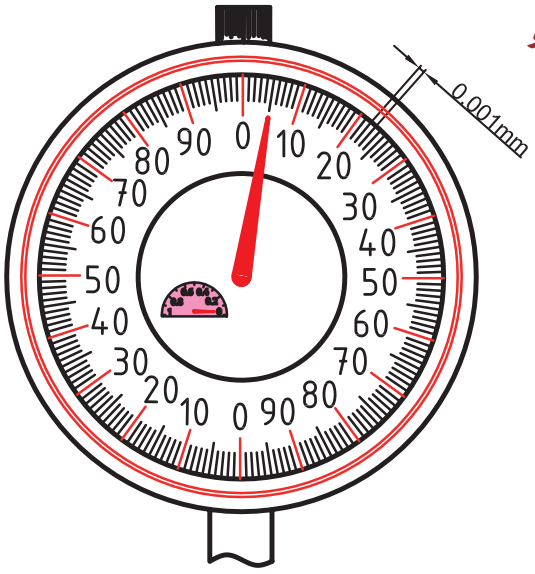
در یک ساعت اندازه‌گیری با مشخصات mm (۱۰ـ ۰/۰۱) عقربهٔ کوچک کمی جلوتر از عدد ۷ صفحهٔ دورشمار و عقربهٔ بزرگ آن دقیقاً ۶۷ فاصله از صفحهٔ بزرگ را طی نموده است. مقدار اندازه چند میلی‌متر است؟

مقداری که صفحهٔ دورشمار نشان می‌دهد. ۷/۰۰

مقداری که از روی صفحهٔ بزرگ خوانده می‌شود. $۶۷ \times ۰/۰۱ = ۰/۶۷$

مقداری که ساعت نشان می‌دهد. $۷/۰۰ + ۰/۶۷ = ۷/۶۷ mm$

۳ـ ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ میلی‌متر و گسترهٔ اندازه‌گیری ۱ میلی‌متر



شکل ۸ـ۶ـ درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ میلی‌متر

- ✓ صفحهٔ بزرگ ساعت ۲۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر واحد آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۰۱ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحهٔ بزرگ معادل ۰/۲ میلی‌متر است.

$۰/۰۰۱ \times ۲۰۰ = ۰/۲ mm$

- ✓ صفحهٔ کوچک ساعت ۵ قسمتی است.
- ✓ هر واحد صفحه کوچک معادل ۰/۲ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحه کوچک معادل ۱ میلی‌متر است.

$۰/۲ \times ۵ = ۱ mm$

توجه: از آن‌جا که از این ساعت بیش‌تر برای عملیات کنترل استفاده می‌شود لذا درجه‌بندی دو طرف خط صفر با عدد یک شروع شده است.

مثال

در یک ساعت اندازه‌گیری با مشخصات mm (۱ــ۰/۰۰۱) عقربهٔ کوچک کمی جلوتر از عدد ۰/۸صفحهٔ دورشمار و عقربهٔ بزرگ آن روی عدد ۴۸ صفحهٔ بزرگ ساعت قرار دارد. مقدار اندازه چند میلی‌متر است؟

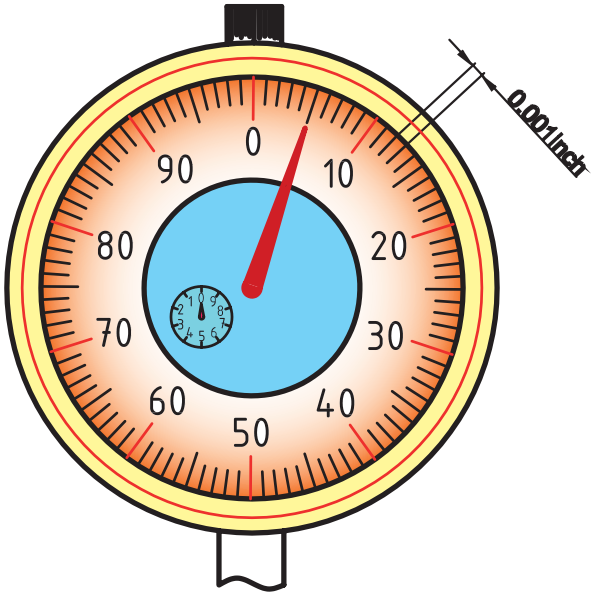
مقداری که صفحهٔ دورشمار نشان می‌دهد. ۰/۸

مقداری که صفحه بزرگ نشان می‌دهد. ۴۸ × ۰/۰۰۱ = ۰/۰۴۸

مقداری که ساعت نشان می‌دهد. ۰/۸ + ۰/۰۴۸ = ۰/۸۴۸ mm

ساعت‌های اندازه‌گیری با درجه‌بندی اینچی

۱ــ ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ اینچ و گسترهٔ اندازه‌گیری ۱ اینچ



شکل۹ــ۶ــ درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ اینچ

- ✓ صفحهٔ بزرگ این ساعت ۱۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر تقسیم آن نشان دهندهٔ ۰/۰۰۱ اینچ است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحهٔ بزرگ معادل ۰/۱ اینچ است.

  ۰/۰۰۱ × ۱۰۰ = ۰/۱ inch

- ✓ صفحهٔ کوچک این ساعت می‌تواند ۱۰ قسمتی باشد.
- ✓ هر واحد آن نشان‌دهندهٔ ۰/۱ اینچ است.
- ✓ بنابراین گسترهٔ اندازه‌گیری این ساعت ۱ اینچ است.

  ۰/۱ × ۱۰ = ۱ inch

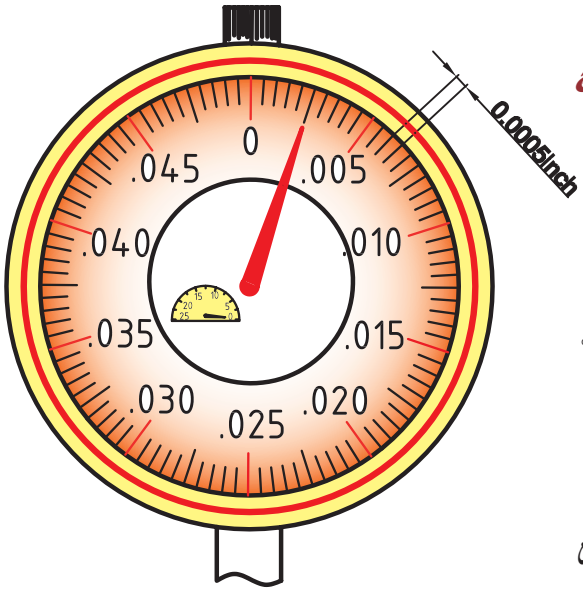
مثال

در یک ساعت اندازه گیری با مشخصات inch (۱ــ ۰/۰۰۱) عقربهٔ کوچک کمی جلوتر از خط سوم صفحهٔ دورشمار است و عقربهٔ بزرگ آن روی عدد ۴۴ صفحه بزرگ ساعت قرار دارد. مقدار اندازه چه‌مقدار می‌باشد؟

مقداری که صفحهٔ دورشمار نشان می‌دهد. ۰/۳ inch

مقداری که صفحهٔ بزرگ نشان می‌دهد. ۴۴ × ۰/۰۰۱ = ۰/۰۴۴ inch

مقداری که ساعت نشان می‌دهد. ۰/۳ + ۰/۰۴۴ = ۰/۳۴۴ inch



شکل ۱۰ــ۶ــ درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۵ اینچ

۲ــ ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۵ اینچ و گسترهٔ اندازه‌گیری ۰/۲۵ اینچ

- ✓ صفحهٔ بزرگ این ساعت ۱۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر تقسیم آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۰۰۵ اینچ است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحهٔ بزرگ معادل ۰/۰۵ اینچ است.

۰/۰۰۰۵ × ۱۰۰ = ۰/۰۵ inch

- ✓ صفحهٔ کوچک این ساعت ۵ قسمتی است.
- ✓ هر واحد آن معادل ۰/۰۵ اینچ است.
- ✓ بنابراین گسترهٔ اندازه‌گیری این ساعت ۰/۲۵ اینچ است.

۵ × ۰/۰۵ = ۰/۲۵ inch

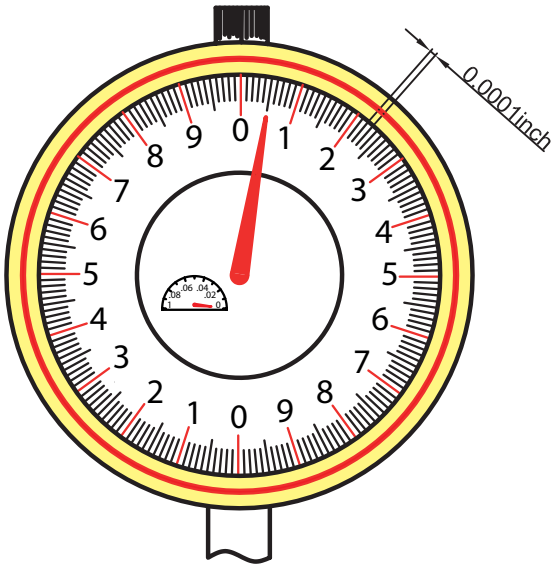
مثال

در یک ساعت اندازه‌گیری با مشخصات inch (۰/۲۵ــ۰/۰۰۰۵) عقربهٔ بزرگ، پس از پیمودن سه دور کامل از صفحهٔ کوچک چهارده فاصله از صفحهٔ بزرگ را نیز بعد از سومین دور طی نموده و ایستاده است. مقدار اندازه بر حسب اینچ چه‌مقدار می‌باشد؟

مقداری که صفحهٔ دورشمار نشان می‌دهد. ۳ × ۰/۰۵ = ۰/۱۵ inch

مقداری که صفحهٔ بزرگ نشان می‌دهد. ۱۴ × ۰/۰۰۰۵ = ۰/۰۰۷۰ inch

مقداری که ساعت نشان می‌دهد. ۰/۱۵ + ۰/۰۰۷۰ = ۰/۱۵۷۰ inch



شکل ۱۱ــ۶ــ درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۱ اینچ

۳ــ ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۱ اینچ و گسترهٔ اندازه‌گیری ۰/۱ اینچ

- ✓ صفحهٔ بزرگ این ساعت ۲۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر تقسیم آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۰۰۱ اینچ است.
- ✓ بنا براین هر دور صفحهٔ بزرگ معادل ۰/۰۲ اینچ است.

۰/۰۰۰۱ × ۲۰۰ = ۰/۰۲ inch

- ✓ صفحهٔ کوچک این ساعت ۵ قسمتی است.
- ✓ هر واحد آن معادل۰/۰۲ اینچ است.
- ✓ بنابراین گسترهٔ اندازه‌گیری این ساعت ۰/۱ اینچ است.

۵ × ۰/۰۲ = ۰/۱ inch

توجه: از آن‌جا که از این ساعت بیش‌تر برای عملیات کنترل استفاده می‌شود لذا درجه‌بندی دو طرف خط صفر با عدد یک شروع شده است.

مثال

در یک ساعت اندازه‌گیری با مشخصات inch (۰/۱ــ۰/۰۰۰۱)عقربهٔ بزرگ پس از پیمودن ۲ دور کامل از صفحهٔ بزرگ، روی خط سی‌وچهارم از نیمهٔ اول صفحه ایستاده است. مقدار اندازه بر حسب اینچ چه‌مقدار می‌باشد؟

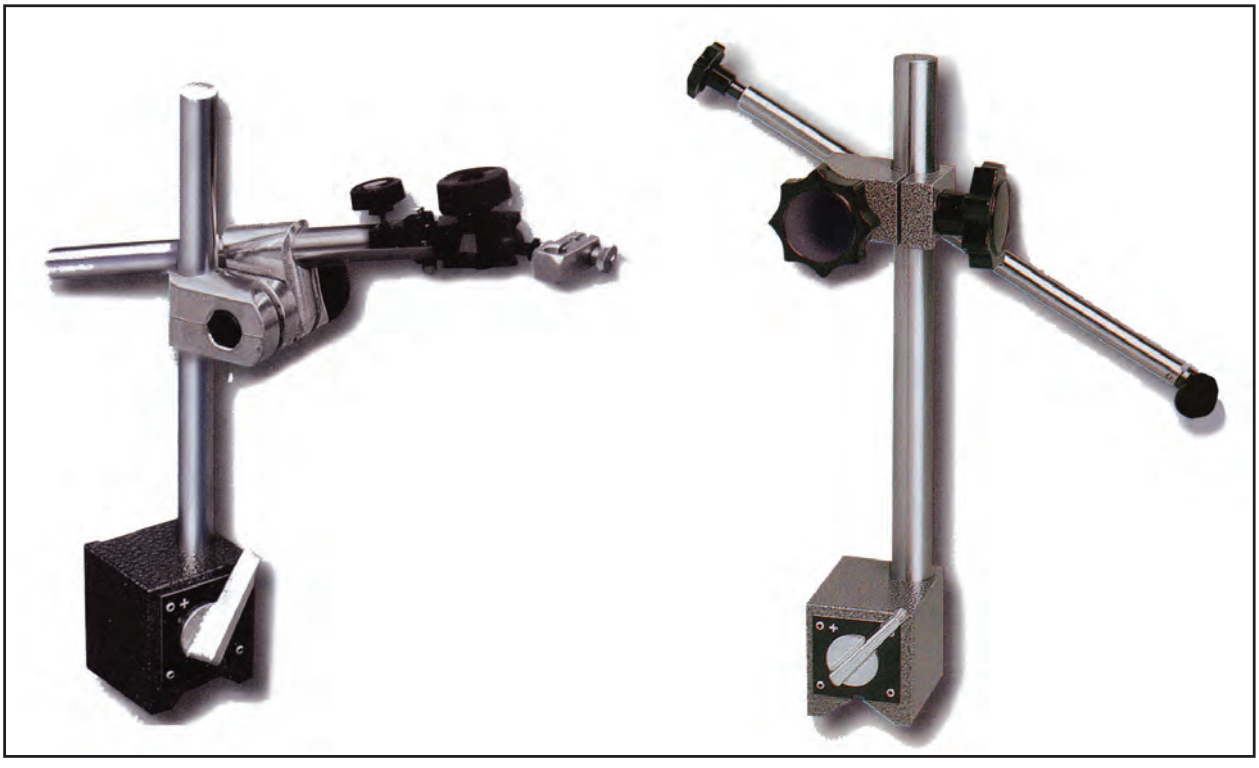
مقداری که صفحهٔ دورشمار نشان می‌دهد. $۲ \times ۰/۰۲ = ۰/۰۴$ inch

مقداری که صفحهٔ بزرگ نشان می‌دهد. $۳۴ \times ۰/۰۰۰۱ = ۰/۰۰۳۴$ inch

مقداری که ساعت نشان می‌دهد. $۰/۰۴ + ۰/۰۰۳۴ = ۰/۰۴۳۴$ inch

نگه‌دارنده‌های ساعت اندازه‌گیری: ساعت‌های اندازه‌گیری به تنهایی کاربرد نداشته و لازم است روی نگه‌دارنده مناسب سوار شوند تا قابل استفاده باشند. در این خصوص انواع مختلفی از پایه‌ها ساخته شده و به بازار عرضه شده است از آن جمله :

نگه‌دارندهٔ میله‌ای با پایهٔ آهن‌ربایی: این نوع پایه تشکیل شده است از پایه، آهن‌ربا، کلید قطع و وصل آهن‌ربا، میلهٔ عمودی، میلهٔ افقی و بند و بست‌ها که ساعت به آن بسته می‌شود (شکل۱۲ــ۶).



شکل ۱۲ــ۶ــ نگه‌دارندهٔ میله‌ای با پایهٔ آهن‌ربایی

***نگه‌دارندهٔ میله‌ای مفصلی با پایهٔ آهن‌ربایی:** این نوع نگه‌دارنده قابلیت انعطاف‌پذیری بیش‌تری نسبت به نوع قبل دارد و دارای پایهٔ آهن‌ربایی، میلهٔ مفصلی، پیچ و بند و بست نگه‌دارندهٔ ساعت است (شکل۱۳ــ۶).

***نگه‌دارندهٔ انعطاف‌پذیر:** از انعطاف‌پذیرترین نگه‌دارنده‌های ساعت است. این وسیله تشکیل شده است از پایهٔ آهن‌ربایی، کلید قطع و وصل، اهرم و بادامک تثبیت کنندهٔ موقعیت، استوانه‌های سر مخروطی، کابل و بند و بست نگه‌دارندهٔ ساعت (شکل ۱۴ــ۶).

شکل ۱۳ــ۶ــ نگه‌دارندهٔ مفصلی

شکل ۱۴ــ۶ــ نگه‌دارندهٔ انعطاف‌پذیر

*** نگه‌دارندهٔ میله‌ای با پایهٔ چدنی:** این نوع نگه‌دارنده دارای پایهٔ وزین چدنی میله‌ها، بند و بست برای اتصال میله و اتصال ساعت است و می‌تواند موقعیت مناسب و خوبی برای ساعت ایجاد نماید (شکل ۱۵ــ۶).

شکل ۱۵ــ۶ــ نگه‌دارندهٔ میله‌ای با پایهٔ چدنی

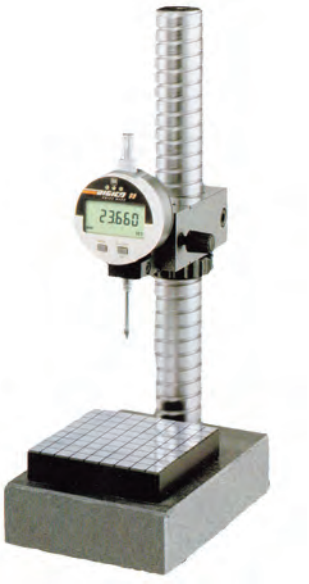
*** نگه‌دارندهٔ میله‌ای با پایهٔ شیاردار :** این نوع نگه‌دارنده مانند نوع قبل می‌باشد با این تفاوت که پایهٔ آن دارای شیار T شکل بوده و میلهٔ عمودی ساعت می‌تواند در طول آن جابه‌جا شود (شکل ۱۶ــ۶).

*** نگه‌دارندهٔ ثابت مجهز به صفحه صافی :** این نگه‌دارنده تشکیل شده از میز مجهّز به سطح صاف فلزی جهت استقرار قطعهٔ کار، ستون که کاملاً بر پایه عمود است و بند و بست نگه‌دارندهٔ ساعت (شکل ۱۷ــ۶).

*** نگه‌دارندهٔ ثابت مجهز به صفحه صافی شیاردار :** این نگه‌دارنده با پایهٔ سنگینی که دارد موقعیت آن ثابت و بدون لرزش و ارتعاش است. این نگه‌دارنده تشکیل شده از پایهٔ مجهّز به صفحه صافی، ستون و بند و بست نگه‌دارندهٔ ساعت (شکل ۱۸ــ۶).

شکل ۱۶ــ۶ــ نگه‌دارندهٔ میله‌ای با پایهٔ شیاردار

شکل ۱۷ــ۶ــ نگه‌دارندهٔ ثابت مجهز به صفحه صافی



شکل ۱۸ــ۶ــ نگه‌دارندهٔثابت مجهز به صفحه صافی فلزی شیاردار

*** نگه‌دارندهٔ ثابت مجهز به صفحه صافی گرانیتی :** استفاده از صفحه صافی گرانیتی برای این نگه‌دارنده کاربرد از آن را نسبت به سایر نگه‌دارنده‌ها متمایز نموده و کاربرد آن برای آزمایشگاه‌های متروواوژی و کالیبراسیون مناسب شده است. این نوع نگه‌دارنده از صفحه صافی گرانیتی، ستون و بند و بست ساعت تشکیل شده است (شکل ۱۹ــ۶).

شکل ۱۹ــ۶ــ نگه‌دارنده ثابت مجهز به صفحه صافی گرانیتی

آماده‌سازی ساعت اندازه‌گیری برای انجام کار: همان‌طوری‌که قبلاً توضیح داده شد، برای استفاده از ساعت‌های اندازه‌گیری لازم است قبل از استفاده، آن‌ها را تنظیم و آماده بهره‌برداری نماییم. لذا، بر حسب نوع استفاده اندازه‌گیری یا کنترل آن‌را مطابق زیر آماده می‌کنیم :

الف) آماده‌سازی و تنظیم ساعت برای اندازه‌گیری

۱ــ با توجه به ابعاد قطعات مورد اندازه‌گیری، ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک و گسترهٔ اندازه‌گیری مناسب انتخاب می‌کنیم.

۲ــ ساعت اندازه‌گیری را روی نگه‌دارندهٔ مناسب سوار می‌کنیم.

۳ــ مجموعه را روی صفحهٔ صافی قرار می‌دهیم.

۴ــ سر میلهٔ اندازه‌گیری ساعت روی صفحه صافی آورده شود، به‌گونه‌ای‌که اولاً بر صفحه صافی مماس باشد، ثانیاً بر آن عمود گردد و ثالثاً عقربهٔ بزرگ ساعت به اندازهٔ یک‌چهارم دور صفحهٔ بزرگ تحت فشردگی قرار گیرد تا لقی بین چرخ‌دنده‌ها و خلاصی ساعت گرفته شود.

۵ــ با استفاده از طوقهٔ متحرک، صفر صفحهٔ بزرگ را زیر عقربهٔ بزرگ می‌آوریم.

۶ــ به وسیلهٔ پیچ و زبانهٔ مخصوص، طوقهٔ متحرک را قفل می‌کنیم.

با انجام مراحل فوق ساعت اندازه‌گیری برای کار اندازه‌گیری آماده است.

شکل ۲۰ــ۶ــ آماده‌سازی ساعت برای عملیات اندازه‌گیری

ب) آماده‌سازی و تنظیم ساعت برای کنترل

۱ــ با توجه به دقت مورد نیاز برای عمل کنترل ساعت اندازه‌گیری، با قابلیت تفکیک مناسب انتخاب می‌کنیم.

۲ــ ساعت اندازه‌گیری را روی نگه‌دارنده مناسب سوار می‌کنیم.

۳ــ مجموعه را روی صفحه صافی قرار می‌دهیم.

۴ــ بلوک‌سنجه (بلوک سنجه در فصل هشتم شرح داده می‌شود) را، به ضخامت اندازهٔ اسمی قطعات مورد کنترل، انتخاب می‌کنیم.

۵ــ بلوک‌سنجه را روی صفحه صافی می‌گذاریم.

۶ــ سر میلهٔ اندازه‌گیری ساعت روی بلوک سنجه آورده شود، به‌گونه‌ای که اولاً بر سطح بلوک‌سنجه مماس باشد، ثانیاً بر آن عمود گردد و ثالثاً عقربهٔ بزرگ ساعت در حدود نصف گسترهٔ اندازه‌گیری ساعت تحت فشردگی قرار گیرد تا لقی بین چرخ‌دنده‌ها و خلاصی ساعت گرفته شود و در عملیات کنترل بتوان اندازه‌های کم‌تر و یا بیش‌تر از تولرانس را به راحتی قرائت نمود.

۷ــ با استفاده از طوقهٔ متحرک صفر صفحهٔ بزرگ را زیر عقربهٔ بزرگ می‌آوریم.

۸ــ به‌وسیلهٔ پیچ و زبانهٔ مخصوص طوقهٔ متحرک را قفل می‌کنیم.

۹ــ با استفاده از شاخک‌های تولرانسی مقدار تولرانس قطعه را در دو طرف صفر صفحهٔ بزرگ ساعت قرار می‌دهیم.

۱۰ــ موقعیت عقربهٔ کوچک را یادداشت می‌کنیم.

شکل ۲۱ــ۶ــ آماده‌سازی ساعت برای عملیات کنترل

۱۱ــ طوقه متحرک را قفل می‌کنیم.

۱۲ــ بلوک‌سنجه را از زیر ساعت اندازه‌گیری برمی‌داریم.

با انجام مراحل فوق، ساعت اندازه‌گیری برای کار کنترل آماده است.

اصول و قواعد اندازه‌گیری با ساعت اندازه‌گیری

۱ــ با توجه به مشخصات قطعات مورد اندازه‌گیری یا کنترل ساعت اندازه‌گیری مناسب انتخاب کنید.

۲ــ ساعت اندازه‌گیری انتخاب شده را تمیز می‌کنید.

۳ــ با جابه‌جا کردن و حرکت دادن میلهٔ اندازه‌گیری، از حساسیت ساعت اطمینان حاصل نمایید.

۴ــ تعداد فواصل روی صفحهٔ بزرگ ساعت را شمارش نموده و مقدار هر فاصله را مشخص کرده، مقدار آن‌را به‌خاطر بسپارید.

۵ــ در شروع کار موقعیت عقربهٔ کوچک (دورشمار) را به‌خاطر بسپارید.

۶ــ با توجه به نوع کار نگه‌دارندهٔ مناسب را انتخاب کنید.

۷ــ قبل از شروع کار، از سالم بودن مکانیزم آهن‌ربای پایهٔ نگه‌دارنده اطمینان حاصل نمایید.

۸ــ از سالم بودن بند و بست‌های نگه‌دارنده ساعت مطمئن شوید.

۹ــ چنان‌چه از نگه‌دارندهٔ انعطاف‌پذیر (خرطومی) استفاده می‌کنید، از سالم بودن کابل که در داخل استوانه‌های سرمخروطی قرار دارد و به کمک دستهٔ اهرمی موجب موقعیت‌دهی به نگه‌دارنده می‌شود اطمینان حاصل نمایید.

۱۰ــ پس از سوار کردن ساعت روی نگه‌دارندهٔ انتخاب شده با موقعیت دادن به ساعت در جوانب و ارتفاع‌های مختلف، از سالم بودن مجموعه اطمینان حاصل نمایید.

۱۱ــ با توجه به نوع کار (اندازه‌گیری یا کنترل) ساعت را آماده و تنظیم کنید.

۱۲ــ در هنگام تنظیم ساعت دقت کنید که اولاً سر میلهٔ اندازه‌گیری ساعت بر سطح کار مماس باشد. ثانیاً بر آن نیز عمود باشد و ثالثاً عقربهٔ بزرگ ساعت تحت فشردگی قرار گیرد.

۱۳ــ در شروع کار، حتماً موقعیت عقربهٔ کوچک (دورشمار) را به‌خاطر بسپارید.

۱۴ــ مقادیر صحیح را از روی صفحهٔ کوچک (دورشمار) و اندازه‌های اعشاری (کوچک) را از روی صفحهٔ بزرگ ساعت بخوانید.

۱۵ــ در استفاده از ساعت‌های اندازه‌گیری حساس، با توجه به‌این‌که سر مفصلی میلهٔ اندازه‌گیری می‌تواند ۱۸۰ درجه جابه‌جا گردد، سعی شود بهترین موقعیت به لحاظ دقت و کم کردن خطا را انتخاب و میله در آن موقعیت تنظیم شود.

۱۶ــ با توجه به‌این‌که ساعت‌های اندازه‌گیریِ حساس، دارای گسترهٔ اندازه‌گیری کم (حدود یک میلی‌متر) هستند و فاقد صفحهٔ دورشمارند لذا باید در خواندن آن دقت نمود تا اشتباهی در تعداد دور رخ ندهد.

۱۷ــ از وارد نمودن هر نوع ضربه به ساعت جداً خودداری شود.

۱۸ــ پیچ قفل طوقهٔ متحرک به میزانی سفت شود که رزوه‌های آن تحت اثر تنش قرار نگیرند و فقط در اثر اصطکاک بین دو سطح سفت شوند.

انواع ساعت‌های اندازه‌گیری

ساعت‌های اندازه‌گیری دارای انواع مختلفی بوده که می‌توان از آن‌ها برای عملیات اندازه‌گیری انواع ابعاد و کنترل قطعات استفاده نمود، ذیلاً پاره‌ای از آن‌ها شرح داده می‌شود.

ساعت کنترل (ساعت اندازه‌گیری حساس) : این نوع ساعت اندازه‌گیری که مخصوص عملیات کنترل است فاقد صفحهٔ

دورشمار (صفحهٔ مدرج کوچک) است و گسترهٔ اندازه‌گیری آن نیز محدود و کم است. به این ساعت اندازه‌گیری ساعت شیطانکی نیز گفته می‌شود. روش درجه‌بندی و خواندن آن مانند ساعت اندازه‌گیری معمولی است (شکل ۲۲ــ۶).

شکل ۲۲ــ۶ــ ساعت کنترل

از آن‌جا که این نوع ساعت مخصوص عمل کنترل است لذا قبل از استفاده باید مطابق قاعده‌ای که قبلاً ذکر شد، تنظیم گردد.

ضخامت‌سنج ساعتی: از ضخامت‌سنج ساعتی برای اندازه‌گیری ضخامت سیم‌ها، میله‌ها، ورق‌ها و صفحات فلزی و غیر فلزی استفاده می‌شود. از آن‌جا که سطح فکّین آن تخت و پهن است لذا استفاده از این وسیله برای اندازه‌گیری قطعات نرم مناسب است.

روش درجه‌بندی وخواندن آن مانند ساعت اندازه‌گیری است (شکل۲۳ــ۶).

عمق سنج ساعتی: نوع دیگری از ساعت اندازه‌گیر است که از آن برای اندازه‌گیری عمق و ارتفاع قطعات استفاده می‌شود. این وسیله به یک سری میله‌های اندازه‌گیری مجهّز می‌باشد و با سوار کردن میله‌ها روی آن، می‌توان عمق و یا طول قطعات را اندازه گرفت. لازم به یادآوری است با توجه به اندازهٔ مورد نظر، میله با طول مناسب انتخاب و روی آن سوار می‌شود. این‌وسیله قبل از استفاده لازم است برای اندازهٔ مورد نظر آماده و تنظیم شود(شکل۲۴ــ۶).

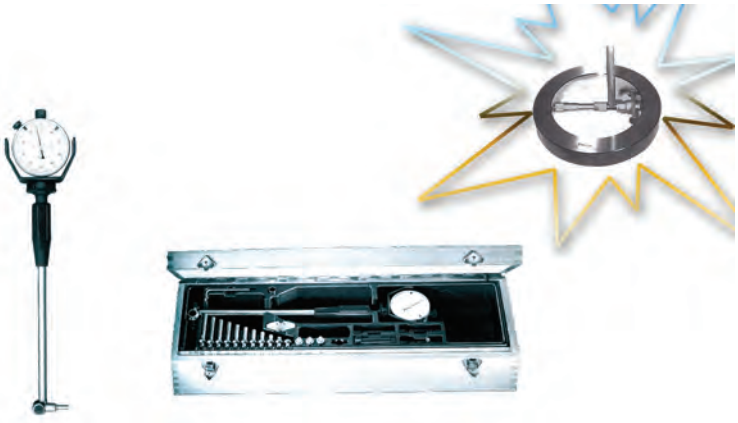
شکل ۲۳ــ۶ــ ضخامت‌سنج ساعتی

شکل ۲۴ــ۶ــ عمق‌سنج ساعتی

ساعت‌های اندازه‌گیری دیجیتالی : ساعت‌های اندازه‌گیری با مکانیزم دیجیتالی نیز در طرح‌های مختلف ساخته می‌شوند (شکل ۲۵ــ۶).

شکل ۲۵ــ۶ــ ساعت اندازه‌گیری دیجیتالی

داخل سنج ساعتی : یکی از بهترین وسایل کنترل قطر داخلی استوانه‌ها، داخل‌سنج ساعتی است. این وسیله در چهار نقطه با سطح کار تماس داشته و خطای محوری در اندازه‌گیری کم می‌شود. با توجه به دسته بلند امکان اندازه‌گیری و کنترل قطر در ارتفاع‌های مختلف سیلندرها وجود دارد. داخل‌سنج ساعتی مجهّز به یک سری میله‌های اندازه‌گیری است که بر حسب مورد روی آن سوار می‌شود. این وسیله قبل از استفاده لازم است برای اندازهٔ خاصی تنظیم گردد. عمل تنظیم را می‌توان به وسیلهٔ میکرومتر، بلوک‌سنجه به همراه متعلقات مربوطه و یا رینگ استاندارد انجام داد.



شکل ۲۶ــ۶ــ داخل‌سنج ساعتی

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ ــ ساعت‌های اندازه‌گیری در برابر ضربه بسیار حساس‌اند. بنابراین، از وارد کردن هر گونه ضربه به آن‌ها جداً خودداری شود.

۲ ــ پس از اتمام کار چنان‌چه ساعت اندازه‌گیری به همراه نگه‌دارنده مربوطه بایگانی می‌شود. محور میلهٔ اندازه‌گیری با میلهٔ عمودی نگه‌دارنده موازی و سر اندازه‌گیری رو به پایین قرار داشته باشد.

۳ــ ساعت‌های اندازه‌گیری که بدون نگه‌دارنده بایگانی و نگه‌داری می‌شوند، حتماً در جعبهٔ مخصوص قرار گرفته و نگه‌داری شوند و از نگه‌داری آن‌ها به صورت بدون جعبهٔ مخصوص جداً خودداری شود.

۴ــ در هنگام اندازه‌گیری سطوح شیب‌دار، ساعت در بالاترین محل سطح شیب‌دار تنظیم و فشرده شود تا حرکت آن سیر نزولی داشته باشد و از احتمال فشرده شدن زیاد آن در حرکت صعودی جلوگیری شود.

۵ ــ از سفت کردن زیاد پیچ و زبانهٔ طوقهٔ ساعت جداً خودداری شود.

۶ ــ شاخک های تولرانسی آن روان حرکت کند و همیشه جدای از هم باشند.

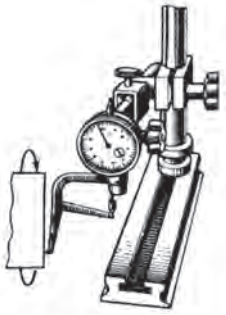
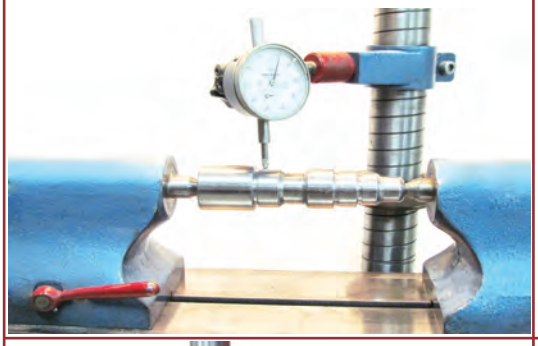
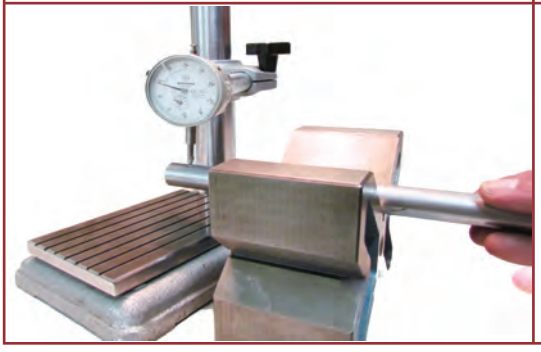
۷ــ از دست‌کاری و تعمیر ساعت چنان‌چه اطلاع و مهارت ندارید، جداً خودداری کنید.

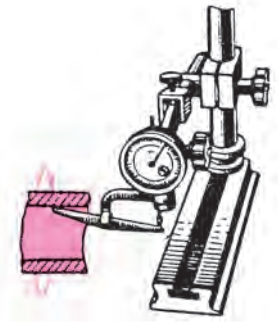
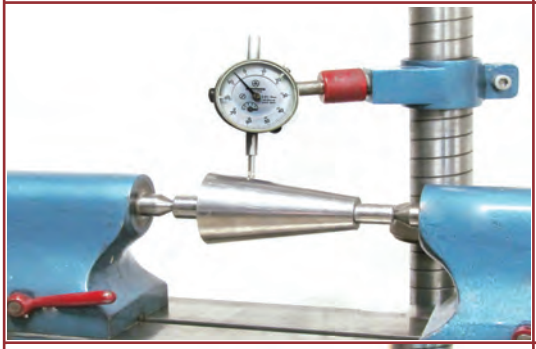
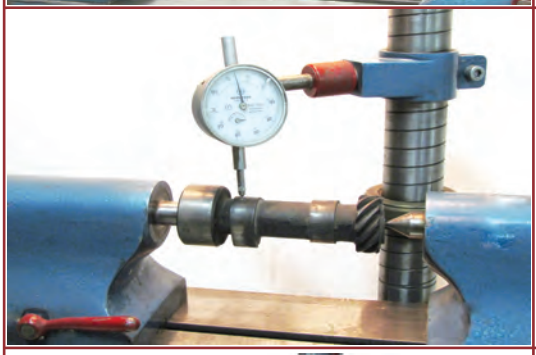
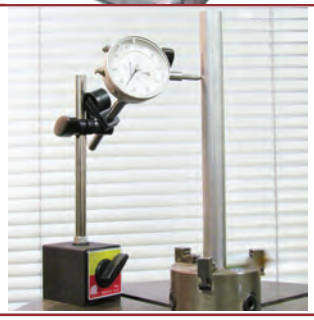
۸ ــ برای بستن از محل زبانه سوراخ‌دار پشت ساعت استفاده شود.

نمونه‌هایی از کاربردهای ساعت اندازه‌گیری

همان‌طوری‌که در ابتدای این فصل بیان شد ساعت‌های اندازه‌گیری کاربردهای فراوان و متنوعی در صنعت دارد. ذیلاً نمونه‌هایی از آن به‌طور اختصار توضیح داده شود.

جدول ۱ــ۶ــ نمونه‌هایی از کاربردهای ساعت اندازه‌گیری

ردیف	شرح	شکل
۱	برای کنترل تختی سطوح افقی، ساعت اندازه‌گیری را روی نگه‌دارندهٔ مناسب سوار نموده، پس از تنظیم، سر میلهٔ اندازه‌گیری را در مسیر مورد کنترل حرکت داده و مقدار پستی و بلندی‌های سطح، از روی ساعت خوانده می‌شود.	
۲	شکل مقابل روش کنترل تختی پیشانی سطوح گرد را به کمک ساعت اندازه‌گیری و استفاده از اهرم‌ها و متعلقات جانبی آن نشان می‌دهد. در این حالت مجموعهٔ ساعت اندازه‌گیری، ثابت و قطعهٔ کار حرکت دورانی دارد.	
۳	در کنترل گردی قسمت بیرونی یک استوانه و یا میله، آن‌را مابین مرغک‌های دستگاه مرغک بسته و سر میلهٔ اندازه‌گیری ساعت را روی محیط قطعهٔ کار آورده شده و با دوران قطعهٔ کار، دایره‌ای بودن آن‌را کنترل می‌کنیم.	
۴	با استفاده از قطعه جناقی (V_Block) می‌توان گردی میله‌ها را به کمک ساعت اندازه‌گیری کنترل نمود.	

ردیف	شرح	شکل
۵	برای کنترل گردی داخلی استوانه‌ها، ساعت اندازه‌گیری را روی نگه‌دارندهٔ مناسب سوار نموده، اهرم‌های کنترل‌های داخلی را روی آن سوار می‌کنیم، مطابق شکل با چرخاندن قطعهٔ کار گردی داخل آن بررسی می‌شود.	
۶	یکی دیگر از کاربردهای ساعت، اندازه‌گیری تعیین زاویهٔ مخروط‌ها است. برای این‌کار مخروط را بین دو مرغک بسته ساعت اندازه‌گیری را روی آن مستقر و تنظیم نموده با حرکت دادن ساعت روی یال و مقدار تغییر اندازه ساعت و طول افقی روی یال زاویه مخروط محاسبه می‌شود.	
۷	در اندازه‌گیری و کنترل لنگی به وسیلهٔ ساعت اندازه‌گیری نیز ساعت بین دو مرغک بسته شده و پس از استقرار و تنظیم ساعت روی محیط لنگ و چرخاندن قطعه کار مقدار لنگی از روی ساعت خوانده می‌شود.	
۸	شکل مقابل اندازه‌گیری و کنترل تختی طوقه‌ها را به کمک ساعت اندازه‌گیری که روی پایه ثابت مجهز به صفحه صافی است نشان می‌دهد.	
۹	شکل مقابل کنترل گردی محوری که به‌صورت عمودی قرار دارد را به وسیله ساعت اندازه‌گیری که روی پایه ثابت از نوع شیاردار بسته شده است را نشان می‌دهد.	

پرسش‌های فصل

۱ــ عمل بزرگ‌نمایی اندازه‌ها در ساعت اندازه‌گیری به چه وسیله‌ای انجام می شود؟

۲ــ آیا طول میلهٔ اندازه‌گیری اثری در گسترهٔ اندازه‌گیری ساعت دارد؟ چرا؟

۳ــ با توجه به این‌که سر میلهٔ اندازه‌گیری به فرم‌های مختلف ساخته می‌شود، شرح دهید که هر کدام برای چه نوع کارهایی مناسب‌اند؟

۴ــ برای جابه‌جایی (حرکت دادن) میلهٔ اندازه‌گیری ساعت از کدام قسمت و چگونه عمل می‌کنید؟

۵ــ مکانیزم سفت و شل کردن نگه‌دارنده انعطاف‌پذیر (خرطومی) ساعت چگونه است؟ با رسم شکل شرح دهید.

۶ــ چنان‌چه صفحهٔ بزرگ ساعت اندازه‌گیری ۲۰۰ قسمتی باشد در دقت اندازه‌گیری چه اثری دارد؟ چرا؟

۷ــ صفحهٔ بزرگ یک ساعت اندازه‌گیری ۸۰ قسمتی و هر واحد آن نشان‌دهندهٔ ۰/۰۱ میلی‌متر است. میلهٔ اندازه‌گیری به اندازهٔ ۰/۹۵ میلی‌متر جابه‌جا شده است. موقعیت عقربهٔ بزرگ ساعت چگونه است؟ (توجه داشته باشید این ساعت اندازه‌گیری فاقد صفحهٔ دورشمار یا صفحهٔ کوچک است.)

۸ــ پیرامون سیستم آهن‌ربای پایهٔ مغناطیسی نگه‌دارندهٔ ساعت بحث و نتیجه‌گیری کنید.

۹ــ آیا می‌توان برای ایجاد بزرگ‌نمایی در ساعت به جای چرخ‌دنده، از اهرم استفاده نمود؟ استفاده از اهرم چه اثری در دقت و صحت عملکرد ساعت دارد؟

۱۰ــ می‌خواهیم تعداد ۵۰ قطعه که به شکل پولک با ضخامت ۰/۰۵ ± ۲۲ میلی‌متر است، را با ساعت اندازه‌گیری، کنترل کنیم. روش تنظیم و انجام کار چگونه است؟

۱۱ــ قابلیت تفکیک ساعت اندازه‌گیری ۰/۰۱ میلی‌متر بیش‌تر است یا ۰/۰۰۱ اینچ؟ چرا؟

۱۲ــ بهترین محل برای بستن ساعت به پایه کدام ناحیه آن است؟ چرا؟

۱۳ــ روش کنترل گردی یک میله را به وسیله ساعت اندازه‌گیری با رسم شکل شرح دهید.

۱۴ــ روش کنترل مستقیمی (عدم خمیدگی) یک میله را به وسیلهٔ ساعت اندازه‌گیری شرح دهید.

۱۵ــ چگونه می‌توان لنگی محور مته‌گیر ماشین مته را به‌وسیلهٔ ساعت اندازه‌گیری حساس کنترل نمود. با رسم شکل شرح دهید.

فصل ۷

تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل زوایا

هدف‌های رفتاری : در این فصل فراگیر زاویه‌سنج‌های ساده، ورنیه‌دار، ساعتی، دیجیتالی، خط‌کش سینوسی و گونیا را می‌شناسد و با نحوهٔ درجه‌بندی و کاربردهایشان آشنا می‌شود، به‌گونه‌ای که در پایان آن می تواند:

۱ـ زاویه‌سنج ساده را توصیف کند.

۲ـ زاویه‌سنج اونیورسال با قابلیت تفکیک پنج دقیقه را شرح دهد.

۳ـ روش درجه‌بندی زاویه سنج‌ها را شرح دهد.

۴ـ روش خواندن زاویه سنج‌ها را شرح دهد.

۵ـ خط کش سینوسی را شرح دهد.

۶ـ کاربرد و روش استفادهٔ خط‌کش سینوسی را بیان کند.

۷ـ انواع گونیاها را شرح دهد.

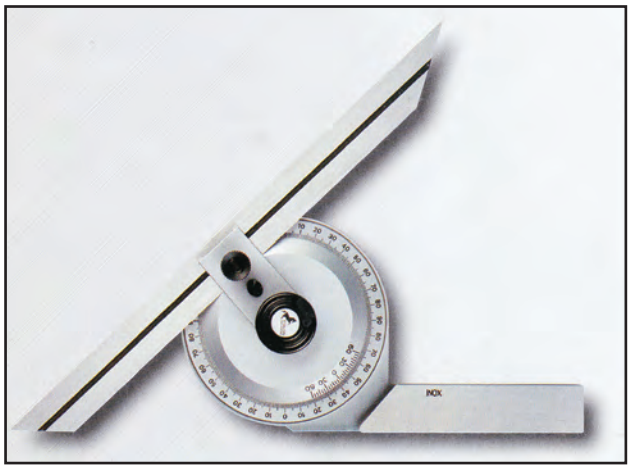
۸ـ گونیای مرکب را توصیف کند.

عناوین این فصل عبارتند از:

- ✓ زاویه‌سنج
- ✓ خط‌کش سینوسی
- ✓ گونیا
- ✓ گونیای مرکب

زاویه‌سنج‌ها

زاویه‌سنج‌ها تجهیزات اندازه‌گیری هستند که از آن‌ها برای تعیین اندازهٔ زوایای قطعات و هم‌چنین انتقال اندازه از روی زاویه‌سنج به قطعه کار استفاده می‌شود. زاویه‌سنج‌ها جزو وسایل اندازه‌گیری بوده و فاقد رده‌بندی هستند (شکل ۱ــ۷).



شکل ۱ــ۷ــ زاویه‌سنج

قابلیت تفکیک و گسترهٔ اندازه‌گیری

۱ـ قابلیت تفکیک : زاویه‌سنج‌های ساده و ورنیه‌دار با قابلیت تفکیک ۱ درجه، ۵ دقیقه و ۲ دقیقه ساخته می‌شوند.

۲ـ گسترهٔ اندازه‌گیری : اندازه‌گیری زوایا تا ۱۸۰ درجه به روش مستقیم و غیر مستقیم و تا ۳۶۰ درجه به روش غیر مستقیم و با استفاده از قاعدهٔ زوایای متمم و مکمل است. بنابراین با آن‌ها می‌توان مقدار زوایا با اندازه‌های مختلف و فرم‌های مختلف را تعیین نمود.

زاویه‌سنج ساده : زاویه‌سنج‌های ساده معمولاً با قابلیت تفکیک ۱ درجه ساخته می‌شوند. آن‌ها دارای ساختمان و سیستمی ساده‌اند و کار کردن با آن‌ها نیز آسان است.

ساختمان

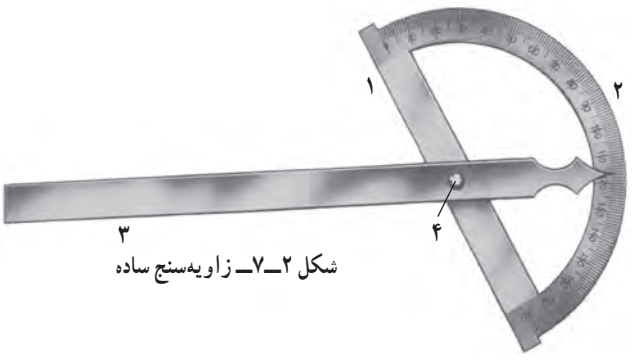
این زاویه‌سنج تشکیل شده از :

۱ــ پایه

۲ــ نقاله با قابلیت تفکیک یک درجه و گسترهٔ اندازه‌گیری (۱۸۰ــ۰) درجه

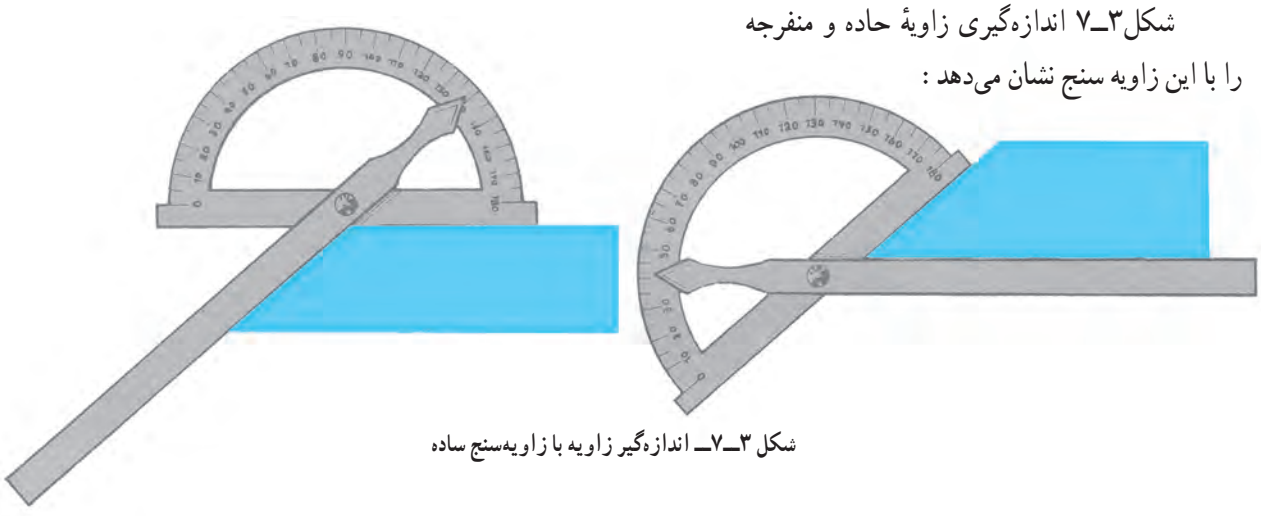
۳ــ تیغه، که ممکن است ساده و یا دارای درجه‌بندی میلی‌متری یا اینچی باشد.

۴ــ پین یا پیچ اتصال



شکل ۲ــ۷ــ زاویه‌سنج ساده

شکل۳ــ۷ اندازه‌گیری زاویهٔ حاده و منفرجه را با این زاویه سنج نشان می‌دهد :



شکل ۳ــ۷ــ اندازه‌گیر زاویه با زاویه‌سنج ساده

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با زاویه سنج، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

- با در نظر گرفتن موقعیت نُک تیغه روی درجه‌بندی نقاله، مقدار زاویه مستقیماً از روی نقالهٔ زاویه‌سنج خوانده می‌شود.

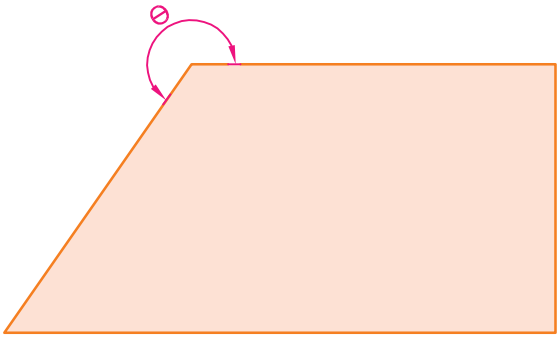
توجه: زاویه‌ای که از روی زاویه‌سنج خوانده می‌شود زاویهٔ داخلی قطعه کار است و چنان‌چه هدف اندازه‌گیری زاویهٔ خارجی شکل باشد لازم است مقدار خوانده شده از ۳۶۰ درجه کم شود.

مثال

برای اندازه‌گیری زاویهٔ θ در شکل ۴ــ۷ نُک تیغهٔ زاویه‌سنج روی عدد ۱۱۳ درجه قرار دارد. مقدار زاویه θ چند درجه است؟

جواب: با توجه به این‌که θ زاویه خارجی قطعه است بنابراین :

$\theta = 360^\circ - 113 = 247$ درجه



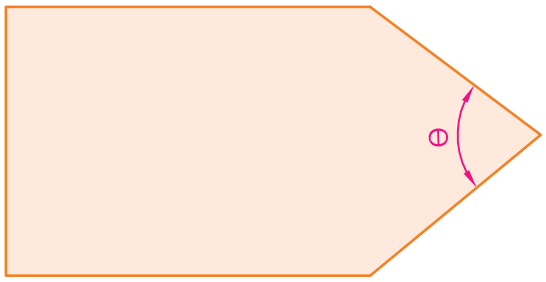
شکل ۴ــ۷ــ اندازه‌گیری زاویه منفرجه

مثال

برای اندازه‌گیری زاویهٔ θ در شکل ۵ــ۷ نُک تیغهٔ زاویه‌سنج روی عدد ۸۴ درجهٔ نقاله قرار دارد. مقدار زاویه چند درجه است؟

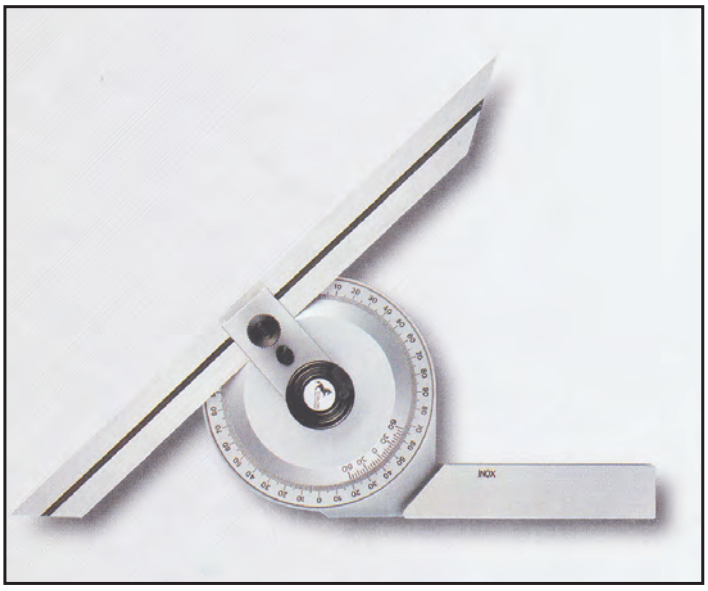
جواب: با توجه به این که θ زاویهٔ داخلی قطعه است بنابراین :

θ : ۸۴ درجه



شکل ۵ــ۷ــ اندازه‌گیری زاویهٔ حاده

زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه: قابلیت تفکیک این زاویه‌سنج‌ها ۵ دقیقه و به عبارتی $\frac{1}{12}$ درجه است. بنابراین، دقت آن دوازده بار از زاویه‌سنج ۱ درجه بیش‌تر است و برای اندازه‌گیری زاویهٔ قطعات با دقت‌های بالاتر استفاده می‌شود. مضاف بر این‌که با ساختمانی که این نوع زاویه‌سنج‌ها دارند دامنهٔ کاربردشان در اندازه‌گیری انواع زوایا افزایش پیدا کرده و به زاویه‌سنج اونیورسال نیز معروف شده‌اند (شکل ۶ــ۷).



شکل ۶ــ۷ــ زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه

ساختمان: این نوع زاویه‌سنج‌ها معمولاً از قسمت‌های زیر تشکیل شده‌اند :

ــ بدنه

ــ پایه

ــ نقاله با قابلیت تفکیک ۱ درجه و گسترهٔ اندازه‌گیری ۳۶۰ درجه، به صورت چهار ناحیهٔ ۹۰ درجه‌ای

ــ ورنیه ۱۲ قسمتی، به‌صورت دو طرفه (۱۲ قسمت در جهت عقربه‌های ساعت و ۱۲ قسمت در جهت خلاف عقربه‌های ساعت) یا بعضاً یک طرفه

ــ پیچ قفل ورنیه

ــ ذره‌بین

ــ درپوش

ــ چرخ‌دنده (که در پشت درپوش و در داخل محفظه پیش‌بینی شده است قرار دارد.)

ــ نگه‌دارندهٔ تیغه

ــ تیغهٔ کوچک و بزرگ

ــ بازوی کمکی

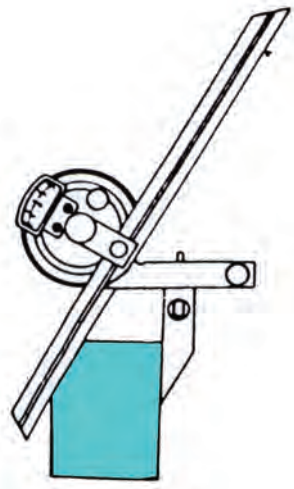
لازم به یادآوری است که اجزای فوق قسمت‌های عمومی زاویه‌سنج بوده و ممکن است این اجزا در زاویه‌سنج‌های ساخته شده توسط کارخانجات مختلف متفاوت باشد.

نحوهٔ درجه‌بندی: این زاویه‌سنج‌ها به ورنیه مجهّزند و روش درجه‌بندی آن‌ها مشابه کولیس‌های ورنیه‌دار است، به‌این صورت که مقدار مشخصی از نقاله انتخاب گردیده و روی ورنیه به تعداد فواصل مساوی تقسیم شده است. نقالهٔ زاویه‌سنج‌های اونیورسال با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه معمولاً ۳۶۰ قسمتی در چهار بخش ۹۰ درجه‌ای است که هر واحد آن معرف ۱ درجه است. روش درجه‌بندی مطابق جدول ۱ــ۷ است :

جدول شماره ۱ــ۷ــ روش درجه‌بندی زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه

ردیف	عوامل مؤثر بر درجه‌بندی	طرح ۱	طرح ۲
۱	قابلیت تفکیک نقاله	۱°	۱°
۲	مقیاس انتخاب شده	۱۱°	۲۳°
۳	تعدادتقسیمات ورنیه	۱۲	۱۲
۴	قابلیت تفکیک ورنیه	$۱۱\div۱۲=\frac{۱۱}{۱۲}=۵۵'$	$۲۳\div۱۲=\frac{۲۳}{۱۲}=۱۱۵'$
۵	قابلیت تفکیک زاویه سنج	$۱-\frac{۱۱}{۱۲}=\frac{۱}{۱۲}=۵'$	$۲-\frac{۲۳}{۱۲}=\frac{۱}{۱۲}=۵'$

در اندازه‌گیری با این زاویه‌سنج قطعهٔ کار مابین تیغه و پایه قرار می‌گیرد و مقدار درجه از روی نقاله و مقدار دقیقه از روی ورنیه خوانده می‌شود (شکل۷ــ۷).



شکل ۷ــ۷ــ اندازه‌گیری با زاویه‌سنج ۵ دقیقه

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با زاویه سنج، که در ادامهٔ این فصل شرح داده می‌شود، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

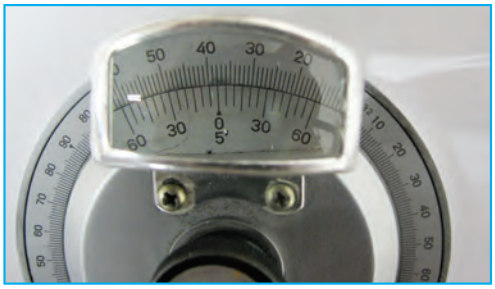
با در نظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه روی نقّالهٔ زاویه سنج، اندازه‌های صحیح را که مضربی از یک درجه‌اند از روی نقاله می‌خوانیم. لازم به ذکر است اگر خط صفر ورنیه کاملاً با یکی از خطوط نقاله هم‌امتداد باشد مقدار اندازه، دقیقه ندارد و مقدار رؤیت شده اندازهٔ مورد نظر بر حسب درجه است، ولی چنان‌چه خط صفر ورنیه مابین دو خط از نقاله قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می‌دهیم :

- هم‌امتداد بودن یکی از خطوط ورنیه را با یکی از خطوط نقاله شناسایی می‌کنیم.
- تعداد فواصل روی ورنیه را، که قبل از خط هم امتداد با نقاله قرار گرفته است، شمارش می‌کنیم.
- عدد به‌دست آمده را در ۵ ضرب می‌کنیم، مقدار کوچک اندازه بر حسب دقیقه به‌دست می‌آید.
- مجموع دو اندازهٔ خوانده شده بر حسب درجه و دقیقه، مقدار زاویه است.

مثال

در یک زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه، خط صفر ورنیه دقیقاً بعد از اندازهٔ ۳۸ درجه از نقاله قرار دارد. مقدار زاویه چه‌مقدار می‌باشد؟ (شکل ۸ــ۷)

جواب: ۳۸درجه

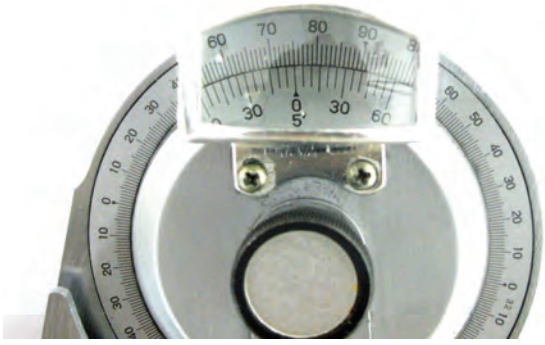


شکل ۸ــ۷ــ خواندن زاویه‌سنج ۵ دقیقه

مثال

در زاویه سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه، خط صفر ورنیه بعد از خط ۹۰ درجه نقاله و روی اندازهٔ ۷۵ درجه نقاله قرار دارد. مقدار زاویه چه مقدار می‌باشد؟ (شکل ۹ــ۷)

جواب: درجه ۱۰۵ = (۷۵ــ۹۰)+۹۰



شکل ۹ــ۷ــ خواندن زاویه‌سنج ۵ دقیقه

مثال

در یک زاویه سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه، خط صفر ورنیه بعد از اندازهٔ ۶۳ درجه نقاله قرار دارد و خط نهم ورنیه (بدون در نظر گرفتن خط صفر ورنیه) دقیقاً در امتداد یکی از خطوط نقاله قرار دارد. این زاویه‌سنج چه مقداری را نشان می‌دهد؟ (شکل ۱۰ــ۷)

جواب:

اندازه صحیح : ۶۳°

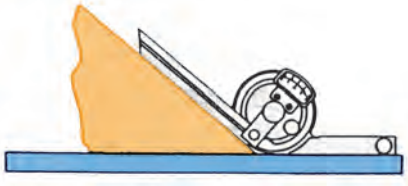
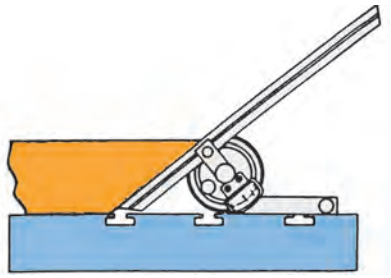
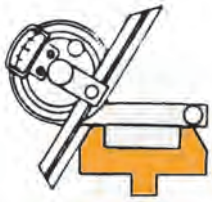
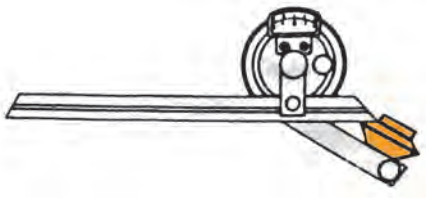
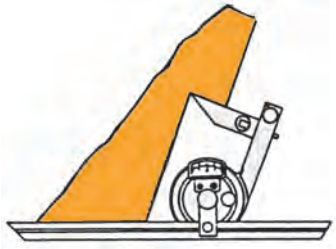
مقدار دقیقه : ۹ × ۵ = ۴۵′

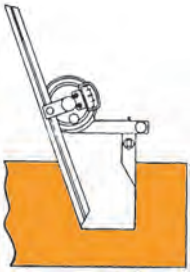
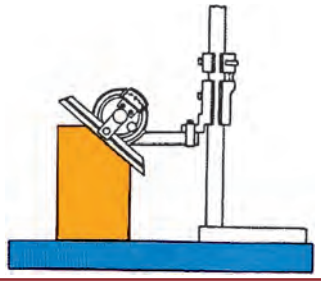
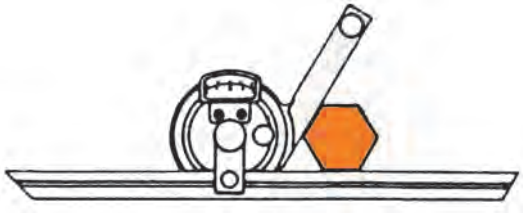
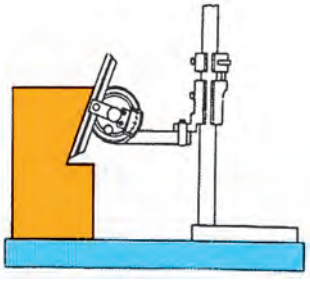
مقدار زاویه : ۶۳°, ۴۵′

شکل ۱۰ــ۷ــ خواندن زاویه‌سنج ۵ دقیقه

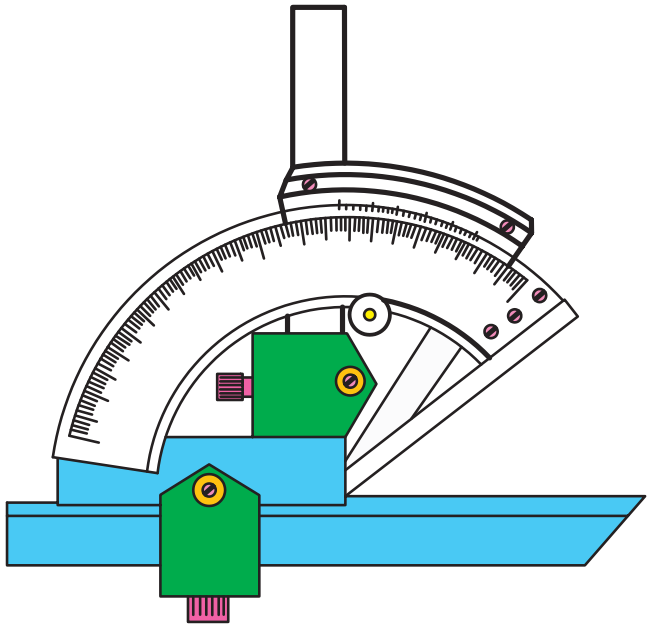
جدول ۲ــ۷ نمونه‌هایی از اندازه گیری زوایای قطعات با زاویه سنج ۵ دقیقه را نشان می دهد.

جدول ۲ــ ۷ ــ اندازه گیری زوایای قطعات با زاویه سنج ۵ دقیقه

ردیف	شرح	شکل
۱	اندازه‌گیری زاویه حاده به کمک صفحه صافی	
۲	اندازه‌گیری زاویه به کمک میز ماشین فرز	
۳	اندازه‌گیری شیب خارجی	
۴	اندازه‌گیری شیب داخلی	
۵	اندازه‌گیری زاویهٔ شیب یک مخروط	
۶	اندازه‌گیری زاویه بین دو سطح	

۷	اندازه‌گیری زاویه خارجی ذوزنقه با زاویه ۹۰ درجه	
۸	اندازه‌گیری زاویه بین دو سطح خارجی ذوزنقه	
۹	اندازه‌گیری زاویه دو سطح داخلی ذوزنقه	
۱۰	اندازه‌گیری زاویهٔ خارجی به کمک کولیس ارتفاع‌سنج	
۱۱	اندازه‌گیری زاویهٔ شش‌ضلعی	
۱۲	اندازه‌گیری زاویه ذوزنقه داخلی	

زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه: قابلیت تفکیک این زاویه‌سنج‌ها ۲ دقیقه و به عبارتی $\frac{۱}{۳۰}$ درجه است. بنابراین دقت آن سی برابر بیش‌تر از زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۱ درجه است. از این زاویه‌سنج‌ها برای اندازه‌گیری زاویهٔ قطعات با دقت‌های بالاتر استفاده می‌شود. مضاف براین‌که با ساختمانی که این نوع زاویه‌سنج‌ها دارند دامنهٔ کاربردشان در اندازه‌گیری زوایا را افزایش داده است. به این زاویه‌سنج‌ها نیز زاویه‌سنج اونیورسال با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه، گفته می‌شود (شکل ۱۱ـ۷).



شکل ۱۱ـ۷ـ زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه

نحوهٔ درجه‌بندی: این زاویه‌سنج نیز به ورنیه مجّهز است و روش درجه‌بندی آن هم مانند زاویه سنج ۵ دقیقه است. با این تفاوت که ورنیهٔ آن ۳۰ قسمتی است. دو نوع درجه‌بندی برای این زاویه‌سنج‌ها در جدول ۳ـ۷ آمده است.

جدول شماره ۳ـ۷ـ روش درجه‌بندی زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه

ردیف	عوامل مؤثر بر درجه بندی	طرح ۱	طرح ۲
۱	قابلیت تفکیک نقاله	۱°	۱°
۲	مقیاس انتخاب شده	۲۹°	۵۹°
۳	تعداد تقسیمات ورنیه	۳۰	۳۰
۴	قابلیت تفکیک ورنیه	$۲۹ \div ۳۰ = \frac{۲۹}{۳۰} = ۵۸'$	$۵۹ \div ۳۰ = \frac{۵۹}{۳۰} = ۱۱۸'$
۵	قابلیت تفکیک زاویه سنج	$۱ - \frac{۲۹}{۳۰} = \frac{۱}{۳۰} = ۲'$	$۲ - \frac{۵۹}{۳۰} = \frac{۱}{۳۰} = ۲'$

روش خواندن: ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با زاویه‌سنج، که در ادامهٔ این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق زیر عمل می‌کنیم :

با در نظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه روی نقالهٔ زاویه‌سنج، اندازه‌های صحیح را، که مضربی از یک درجه‌اند، از روی نقاله می‌خوانیم. گفتنی است اگر خط صفر ورنیه کاملاً با یکی از خطوط نقاله هم‌امتداد باشد مقدار اندازه، دقیقه ندارد و مقدار رؤیت شدهٔ اندازهٔ مورد نظر بر حسب درجه است ولی چنان‌چه خط صفر ورنیه مابین دو خط از نقاله قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می‌دهیم :

- ☑ هم‌امتداد بودن یکی از خطوط ورنیه با یکی از خطوط نقاله را شناسایی می‌کنیم.
- ☑ تعداد فواصل روی ورنیه را که قبل از خط هم امتداد با نقاله قرار گرفته است، شمارش می کنیم.
- ☑ عدد به‌دست آمده را در ۲ ضرب می‌کنیم، مقدار اندازه بر حسب دقیقه به دست می‌آید.
- ☑ مجموع دو اندازهٔ خوانده شده بر حسب درجه و دقیقه مقدار زاویه است.

مثال

در زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه خط صفر ورنیه بعد از اندازهٔ ۳۴ درجه نقاله و خط دوازدهم آن دقیقاً در امتداد یکی از خطوط نقاله قرار دارد، مقدار نشان داده شده به‌وسیلهٔ این زاویه‌سنج چه‌مقدار می‌باشد؟

جواب :

مقدار درجه : 24°

مقدار دقیقه : $12 \times 2 = 24'$

مقدار زاویه : $24^\circ, 24'$

رابطهٔ روبه‌رو در مورد محاسبهٔ قابلیت تفکیک زاویه‌سنج ها مصداق دارد.

$$R = \frac{r}{n}$$

که در آن :

r = قابلیت تفکیک نقاله

n = تعداد تقسیمات ورنیه

R = قابلیت تفکیک زاویه‌سنج

به‌طور کلی تفاوت‌ها و مزیت‌های زاویه‌سنج با طرح دو، نسبت به طرح یک عبارت است از :

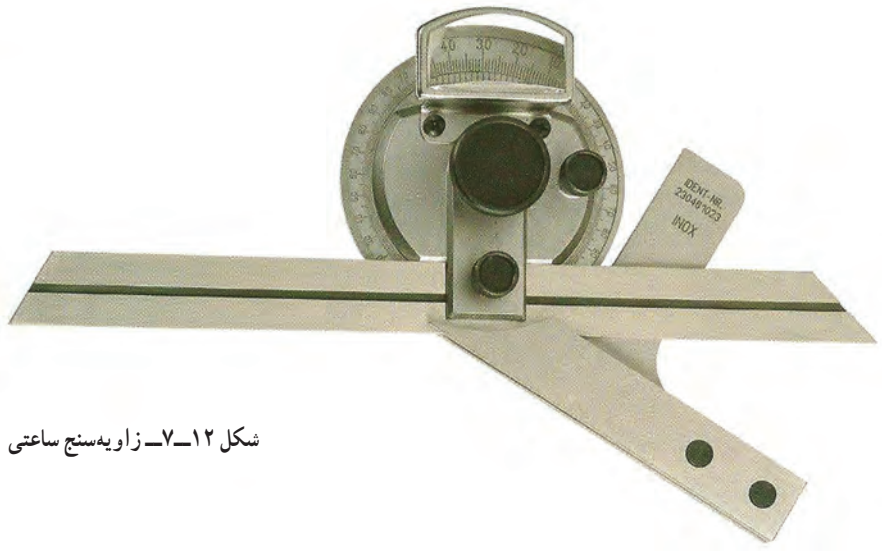
۱ــ مقیاس انتخاب شده، بیش‌تر

۲ــ تقسیمات روی ورنیه، درشت‌تر

۳ــ رؤیت و خواندن مقدار، راحت‌تر

۴ــ خطای چشمی در اندازه‌گیری، کم‌تر

زاویه‌سنج ساعتی با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه : این زاویه‌سنج به صفحهٔ مدرج و عقربه مجهّز است و می‌توان به راحتی مقدار زاویه را از روی آن خواند (شکل ۱۲ــ۷).



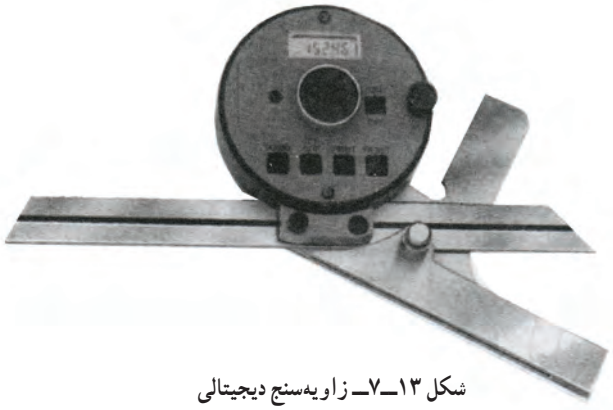
شکل ۱۲ــ۷ــ زاویه‌سنج ساعتی

روش درجه‌بندی: صفحهٔ بزرگ ساعت ۱۲۰ قسمتی و هر فاصله روی آن نشان‌دهندهٔ ۵ دقیقه است. بنابراین هر دور صفحهٔ بزرگ معادل ۱۰ درجه است.

$۵ \times ۱۲۰ = ۶۰۰$ دقیقه

$۶۰۰ \div ۶۰ = ۱۰$ درجه

صفحهٔ داخلی ساعت دارای چهار ناحیهٔ ۹۰ درجه‌ای می‌باشد که هر واحد آن نشان دهندهٔ ۱ درجه است. بنابراین صفحهٔ داخلی معادل ۳۶۰ درجه است.



شکل ۱۳ــ۷ــ زاویه‌سنج دیجیتالی

زاویه‌سنج دیجیتالی : زاویه‌سنج دیجیتالی جدیدترین نوع زاویه‌سنج است که مقدار زاویه از روی نمایشگر آن تا قابلیت تفکیک یک‌صدم درجه قابل خواندن است. این زاویه‌سنج در برابر ضربه حساس و آسیب‌پذیر است (شکل۱۳ــ۷).

اصول و قواعد کار با زاویه سنج

۱ــ با توجه به اندازهٔ قطعه کار، لازم است تیغهٔ مناسب انتخاب شود.

۲ــ تیغه را روی پایه و در محل مربوطه بسته و پیچ آن را کاملاً محکم کنید.

۳ــ پیچ ورنیه کم‌تر از نیم دور شل شده باشد.

۴ــ با توجه به اندازهٔ زاویه (حاده یا منفرجه)، قطعه کار بین پایه و تیغه قرار گیرد، به‌طوری‌که یک ضلع زاویه بر پایه و ضلع دیگر آن بر تیغه مماس شود.

۵ــ پس از مماس شدن پایه و تیغه زاویه‌سنج بر اضلاع زاویه، ورنیه را قفل کنید.

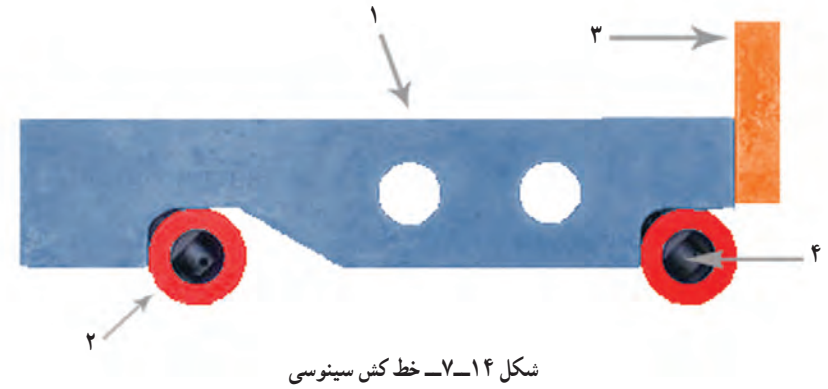
توجه: از سفت کردن زیاد پیچ ورنیه که باعث خرابی آن می‌شود، خودداری کنید.

۶ــ مقدار زاویه را بخوانید.

۷ــ دقت شود با توجه به نوع زاویهٔ خواسته شده ممکن است از جمع و تفریق اندازه‌ها نسبت به ۹۰، ۱۸۰ و ۳۶۰ استفاده نمود.

۸ــ در جمع و تفریق زوایا، یکای اندازه بر حسب درجه و در صورت وجود مقادیر کوچک‌تر بر حسب دقیقه بیان شود و از ذکر اندازه‌های دهم، صدم و هزارم زاویه خودداری شود.

خط‌کش سینوسی: خط‌کش سینوسی وسیله‌ای کمکی برای اندازه‌گیری و کنترل زوایا است. از آن‌جا که روش محاسبهٔ زاویه در این وسیله با استفاده از سینوس زاویه است، به نام خط‌کش سینوسی نامیده می‌شود (شکل۱۴ــ۷).



شکل ۱۴ــ۷ــ خط کش سینوسی

خط‌کش سینوسی از قسمت‌های زیر تشکیل می‌شود :

۱ــ بدنه، که سطح بالایی آن محل استقرار قطعه است و ممکن است سوراخ‌دار ساخته شود. برای این‌که :

۱ــ۱ــ سبک شود.

۱ــ۲ــ حرارت را بهتر منتقل نماید.

۲ــ پایه‌ها، که به شکل استوانه‌اند و باید مقطع آن‌ها کاملاً دایره‌ای و پرداخت باشند.

۳ــ تکیه‌گاه برای استقرار قطعه کار و جلوگیری از سر خوردن آن‌ها. (البته بعضی از خط‌کش‌های سینوسی به این تکیه‌گاه مجّهز هستند).

۴ــ پیچ‌های آلنی، که برای اتصال پایه‌ها به بدنه از آن استفاده می‌شود تا سر آن‌ها بیرون نزند.

خط‌کش‌های سینوسی بر اساس فاصله مرکز تا مرکز پایه‌هایشان مشخص می‌شوند و معمولاً در اندازه‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ... میلی‌متر ساخته می‌شوند.

دقت خط‌کش سینوسی به دقیق بودن فاصلهٔ مرکز تا مرکز پایه‌های آن است. لذا در موقع ساخت این وسایل باید دقت شود تا دو سطح جانبی پایه‌ها کاملاً موازی و دو سطح بالایی آن‌ها کاملاً در یک صفحه قرار داشته باشند.

هم‌چنین، سطح بالایی بدنه (محل استقرار قطعه کار) با سطح زیری آن کاملاً موازی باشد. ضمناً کلیهٔ سطوح باید دقیقاً پرداخت گردند.

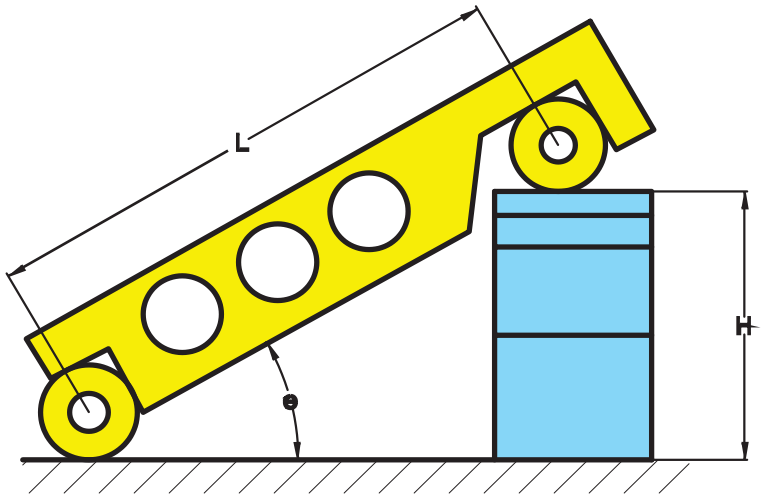
اساس کار خط‌کش بر مبنای سینوس زاویه است و مقدار زاویه با توجه به شکل ۱۵ــ۷ مطابق زیر محاسبه می‌شود.

$$\sin\theta = \frac{H}{L}$$

θ = زاویهٔ رأس مخروط یا زاویه سطح شیب‌دار قطعهٔ مورد بررسی

H = ضخامت بلوک‌سنجه‌های استفاده شده

L = فاصلهٔ خط المرکزین پایه‌های خط‌کش سینوسی



شکل ۱۵ــ۷ــ محاسبه زاویه با خط‌کش سینوسی

روش استفاده: برای اندازه‌گیری و کنترل زاویه لازم است مجموعهٔ قطعه کار و خط‌کش سینوسی مطابق زیر آماده شوند :

۱ــ خط‌کش سینوسی را روی صفحه صافی قرار می‌دهیم.

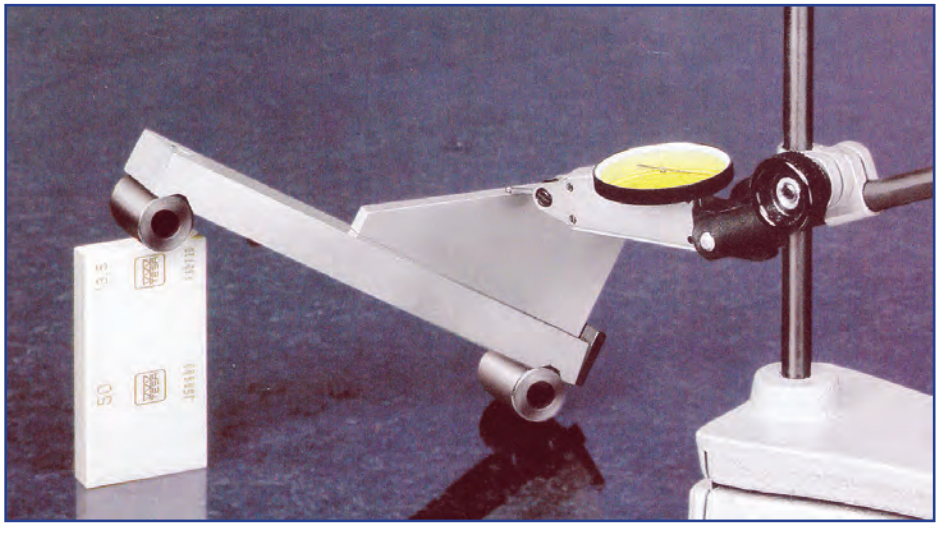
۲ــ قطعه کار را روی خط‌کش سینوسی می‌گذاریم، برای ثابت نمودن قطعه کار می‌توان آن‌را بر تکیه‌گاه پیش‌بینی شده در خط‌کش سینوسی تکیه داد. و در صورتی که خط‌کش سینوسی فاقد تکیه‌گاه برای قطعه کار است می‌توان برای ثابت نمودن آن از خمیر مجسمه‌سازی استفاده نمود.

۳ــ زیر یکی از پایه‌های خط‌کش سینوسی آن‌قدر بلوک سنجه قرار دهید تا تقریباً سطح قطعه کار با افق موازی شود.

۴ــ برای کنترل توازی سطح قطعه کار با سطح افق از ساعت اندازه‌گیری و یا تراز استفاده کنید.

۵ــ مقدار بلوک سنجه‌ها را آن قدر تغییر دهید تا سطح قطعه کار با افق موازی گردد.

۶ــ با داشتن اندازهٔ بلوک سنجه و فاصلهٔ مرکز تا مرکز پایه‌های خط‌کش سینوسی مقدار زاویه را محاسبه کنید (شکل۱۶ــ۷).

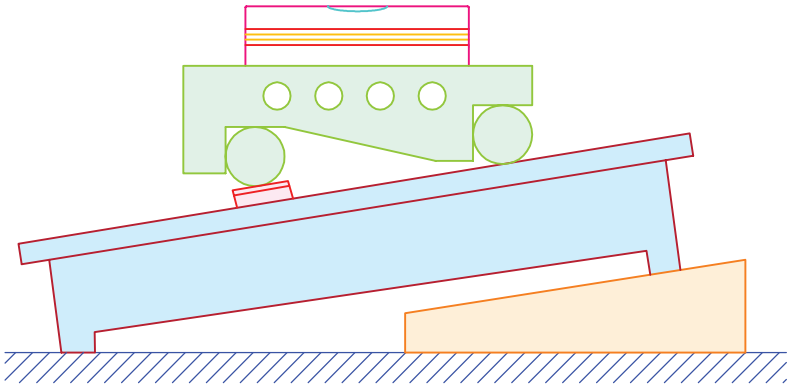


شکل ۱۶ــ۷ــ اندازه‌گیری زاویه به کمک خط‌کش سینوسی

با توجه به شکل، نقش و وظیفهٔ هر یک از اجزا به شرح زیر است :

- ✓ صفحه صافی، به عنوان سطح مبنا
- ✓ خط‌کش سینوسی، به عنوان وسیلهٔ کمکی در اندازه‌گیری زاویه
- ✓ بلوک‌سنجه، به عنوان وسیلهٔ اندازه‌گیری
- ✓ قطعه کار که هدف، تعیین زاویه آن است.
- ✓ ساعت اندازه‌گیری برای کنترل توازی سطح قطعهٔ مورد اندازه‌گیری با سطح افق (صفحه صافی)

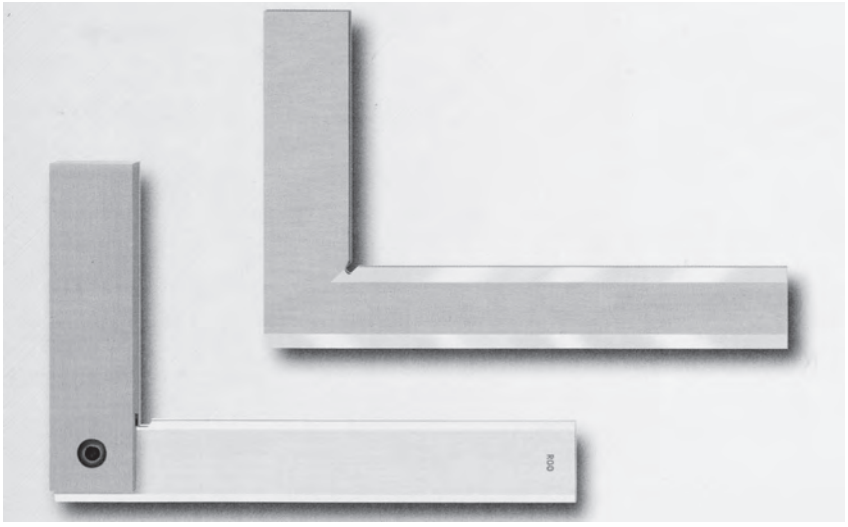
شکل۱۷ــ۷ نمونهٔ دیگری از خط‌کش سینوسی را که برای کنترل توازی سطح کار با صفحه صافی از تراز استفاده شده است، نشان می‌دهد.



شکل ۱۷ــ۷ــ اندازه‌گیری زاویه به کمک خط‌کش سینوسی و تراز

گونیا

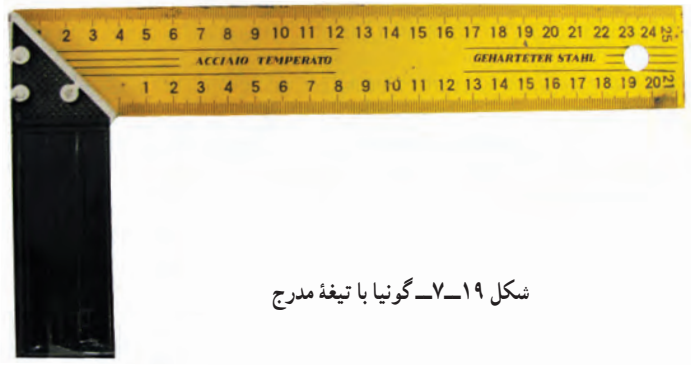
گونیاها وسایلی هستند که از آن‌ها برای عملیات خط‌کشی، کنترل زوایا، بعضاً اندازه‌گیری طول و کنترل تعامد، تختی و مستقیمی سطوح و ... در کارگاه و آزمایشگاه استفاده می شود (شکل ۱۸ــ۷).



شکل ۱۸ــ۷ــ گونیا

ساختمان : گونیاها از دو قسمت عمدهٔ تیغه و پایه، که ممکن است به صورت یک‌پارچه و یا به‌وسیلهٔ پین یا میخ پرچ به هم متصل شده باشند، تشکیل می‌شوند (شکل۱۹ــ۷).

پاره‌ای از گونیاها دارای تیغهٔ مدرج‌اند و از آن برای عمل اندازه‌گیری استفاده می‌شود.



شکل ۱۹ــ۷ــ گونیا با تیغهٔ مدرج

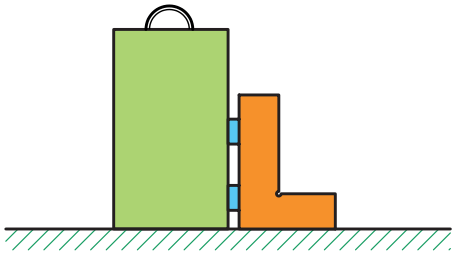
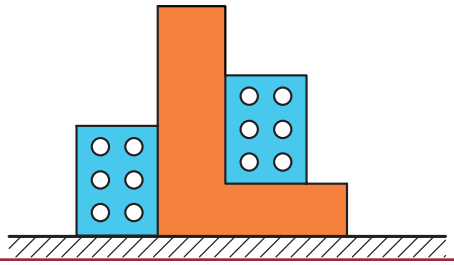
سطوح و لبه‌های گونیا فوق‌العاده پرداخت می‌شوند که این پرداخت ممکن است با عملیات سنگ‌زنی و یا لپن‌کاری (استفاده از گَرد سنباده) انجام شده باشد.

رده بندی گونیا: گونیاها فاقد قابلیت تفکیک بوده و دارای رده‌بندی می‌باشند. گونیاها بر حسب دقت ودرستی در چهار ردهٔ ۰۰، ۰، ۱ و ۲ ساخته می‌شوند. که ردهٔ ۰۰ دارای بالاترین دقت در مجموعهٔ گونیاها است.

روش‌های کنترل گونیا: برای کنترل تعامد تیغهٔ گونیا نسبت به پایهٔ آن از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود که بعضاً در جدول ۴ــ۷ آمده است.

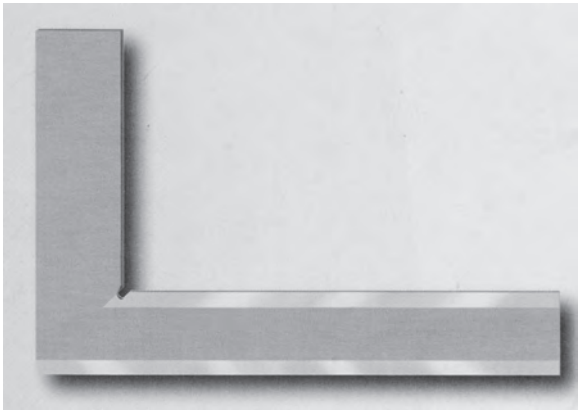
جدول ۴ــ۷ــ روش‌های کنترل گونیا

ردیف	شرح	شکل
۱	کنترل به وسیلهٔ خط‌کشی	
۲	کنترل به وسیلهٔ گونیای ردهٔ بالاتر	
۳	کنترل به کمک استوانهٔ کنترل	

۴	کنترل به کمک استوانهٔ کنترل و بلوک سنجه	
۵	کنترل به کمک بلوک سنجه زاویه	

انواع گونیا: گونیاها در انواع مختلفی ساخته می‌شوند از آن جمله :

گونیای دقیق (گونیای مویی): این نوع گونیا از دقیق‌ترین نوع گونیاها است و به صورت یک‌پارچه ساخته می‌شود و از آن برای عملیات کنترل استفاده می‌شود (شکل ۲۰ــ۷).

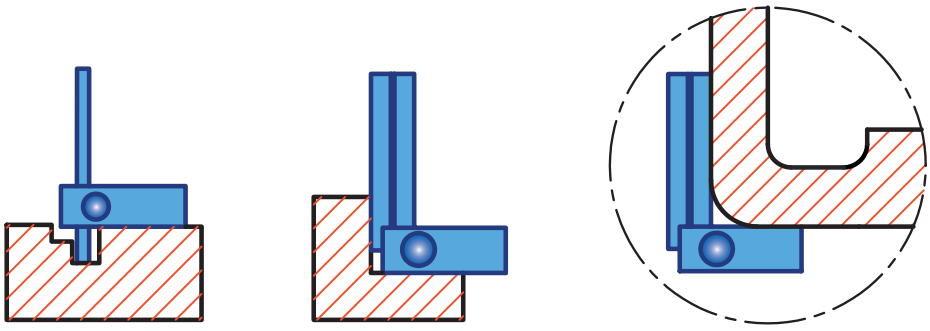


شکل ۲۰ــ۷ــ گونیای دقیق

گونیای قابل تنظیم: پایهٔ این گونیاها نسبت به تیغهٔ آن در جهت طول تیغه قابل تغییر است که این ویژگی کاربرد آن را وسیع‌تر نموده است (شکل ۲۱ــ۷).

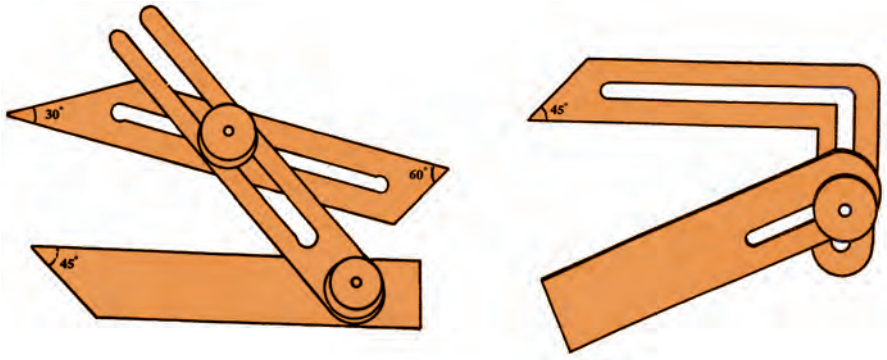
شکل ۲۱ــ۷ــ گونیای قابل تنظیم

شکل۲۲ــ۷ تصاویری از کاربردهای گونیای قابل تنظیم را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲ــ۷ــ کاربردهای گونیای قابل تنظیم

گونیای تاشو: این گونیا به‌صورت دو تکه (گونیای تاشو ساده) یا سه تکه (گونیای تاشو دوبل) ساخته شده و قابل تنظیم است و از آن برای انتقال زوایا از روی قطعه کار به وسیلهٔ اندازه‌گیری یا بالعکس استفاده می‌شود (شکل۲۳ــ۷).

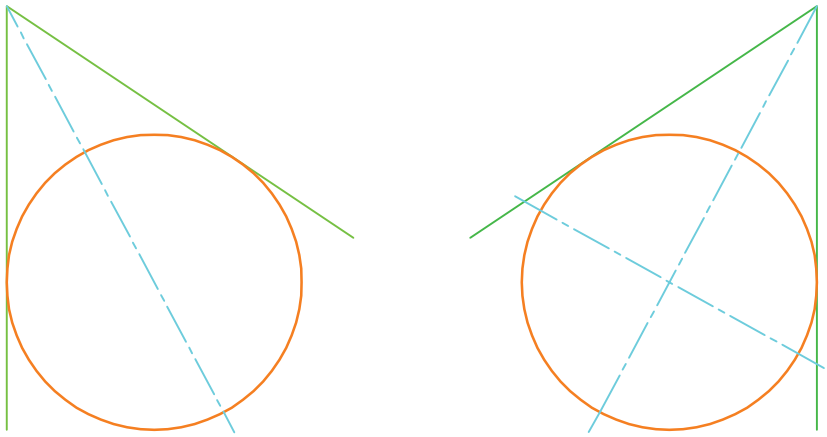


شکل ۲۳ــ۷ــ گونیای تاشو

گونیای مرکزیاب: این گونیا با ساختمانی که دارد می‌تواند برای تعیین مرکز قطعات دایره‌ای شکل مورد استفاده قرار گیرد (شکل۲۴ــ۷).

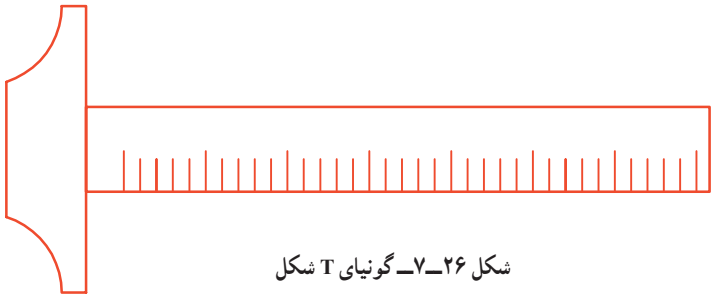
شکل ۲۴ــ۷ــ گونیای مرکزیاب

برای تعیین مرکز قطعات، ابتدا قطعه کار را مابین دو یال مرکز یاب قرار می‌دهیم و به کمک خط کش مرکز یاب قطری از دایره را رسم می‌کنیم، سپس با جابه‌جایی مرکز یاب روی محیط قطعه کار، قطر دیگری را ترسیم می‌کنیم. محل تقاطع قطرها مرکز دایره است. گفتنی است که گونیای مرکزیاب بر اساس قضیهٔ هندسی «از یک نقطهٔ واقع در خارج دایره فقط دو مماس می‌توان بر آن رسم نمود و نیمساز زاویهٔ محیطی از مرکز می‌گذرد.» طراحی شده است. شکل۲۵ــ۷روش مرکزیابی را نشان می‌دهد. در نتیجه محل تقاطع دو قطر مرکز دایره است.



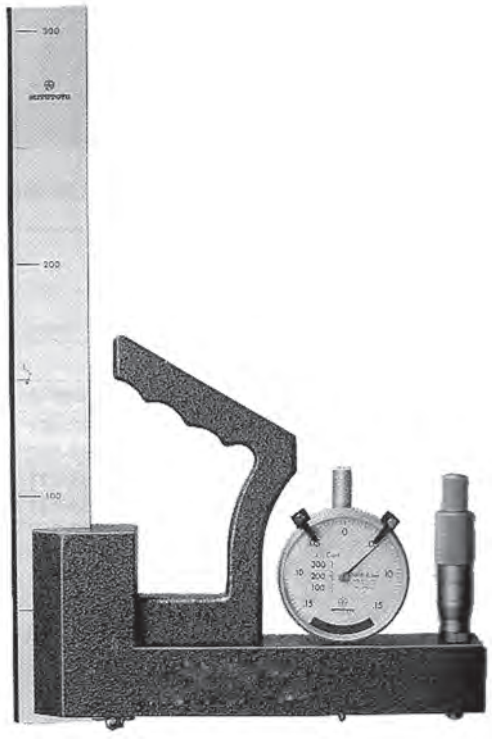
شکل ۲۵ــ۷ــ تعیین مرکز دایره

گونیای T شکل: با این گونیا، علاوه بر کنترل زوایای قائمه، می‌توان عمل خط‌کشی نیز انجام داد (شکل۲۶ــ۷).

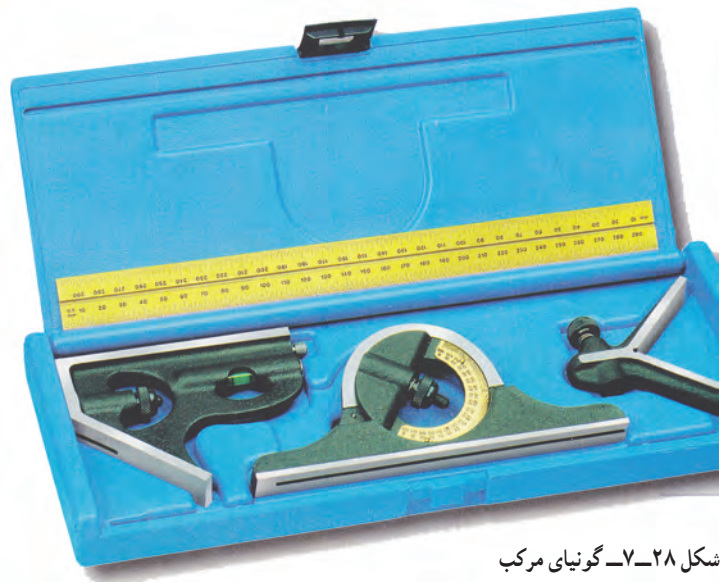


شکل ۲۶ــ۷ــ گونیای T شکل

گونیای ساعتی دقیق: این گونیا به ساعت اندازه‌گیری و میکرومتر مجهّز است و از آن برای اندازه‌گیری زاویهٔ انحراف سطوح استفاده می‌شود (شکل۲۷ــ۷).



شکل ۲۷ــ۷ــ گونیای ساعتی



شکل ۲۸ــ۷ــ گونیای مرکب

گونیای مرکب: گونیای مرکب از جمله تجهیزات اندازه‌گیری است که دارای کاربردهای گوناگونی، از جمله اندازه‌گیری طول، زاویه، ترازیابی، مرکزیابی، کنترل گونیایی، ترسیم و ... می‌باشد (شکل ۲۸ــ۷).

قسمت‌های مختلف و کاربردهای اجزای گونیای مرکب عبارتند از :

خط‌کش: خط‌کش دارای تقسیمات با قابلیت تفکیک ۱ میلی‌متر و $\frac{۱}{۳۲}$ اینچ و گسترهٔ اندازه‌گیری ۳۰ میلی‌متری و معادل آن به اینچ است. هم‌چنین، دارای شیاری جهت سوار کردن قطعات دیگرِ گونیای مرکب روی آن است. از خط‌کش برای اندازه‌گیری طول و خط‌کشی استفاده می‌شود (شکل ۲۹ــ۷).

شکل ۲۹ــ۷ــ خط‌کش

سرگونیایی: این قطعه از گونیای مرکب، از بدنه، تراز، سوزن خط کش، پیچ و مهرهٔ نگه‌دارنده و محکم‌کنندهٔ خط‌کش تشکیل شده است (شکل ۳۰ــ۷).

کاربردهای سر گونیایی عبارت‌اند از :

۱ــ با سرگونیایی می‌توان زوایای ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۲۲۵ درجه را ترسیم و یا کنترل نمود.

۲ــ سرگونیایی مجهز به تراز است و می‌توان توسط آن عملیات ترازیابی افقی و عمودی را انجام داد.

۳ــ از سوزن خط‌کش آن، می‌توان برای انجام عملیات خط‌کشی استفاده نمود.

۴ــ با سوار کردن خط‌کش روی سرگونیایی می‌توان از آن به عنوان خط‌کش ارتفاع‌سنج، خط‌کش عمق‌سنج، گونیای قابل تنظیم و ... استفاده نمود (شکل ۳۰ــ۷).

شکل ۳۰ــ۷ــ سر گونیایی و خط‌کش

سر زاویه یاب : این قطعه که از اصلی‌ترین قطعات گونیای مرکب است از بدنه، تراز، نقاله، پیچ‌های قفل نقاله و پیچ و مهرهٔ محکم‌کنندهٔ خط‌کش تشکیل شده است. با این قطعه می‌توان عملیات ترازیابی افقی و عمودی و اندازه‌گیری زاویه را انجام داد. هم‌چنین با سوار کردن خط‌کش روی آن می‌توانیم، خط‌کش عمق‌سنج، خط‌کش ارتفاع‌سنج و زاویه‌سنج ساده داشته باشیم (شکل ۳۱ــ۷).

شکل ۳۱ــ۷ــ سر زاویه یاب و خط‌کش

سر مرکزیاب : این قطعه از بدنه و پیچ ومهرهٔ محکم کننده تشکیل شده است. با سوار کردن خط‌کش روی آن می‌توان مرکز قطعات گرد را تعیین نمود (شکل ۳۲ــ۷).

شکل ۳۲ــ۷ــ سر مرکزیاب

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ – از افتادن زاویه‌سنج و وارد شدن ضربه به آن جداً خودداری شود.

۲ــ در هنگام بایگانی کردن، نقاله روی صفر تنظیم شود.

۳ــ در هنگام بایگانی، پیچ قفل در حد مماس شدن سفت شود.

۴ــ زاویه سنج در جعبهٔ مخصوص نگه‌داری شود و اجزای آن در محل خود قرار گیرند.

۵ – پیچ‌های بند و بست آن کم‌تر از نیم‌دور باز شوند.

۶ – دقت شود تا تیزی نُک تیغه‌های آن باعث خراش دست نشود.

۷– در هنگام سوار کردن تیغه ها، چنان‌چه قسمت تخت خار در داخل شیار تیغه قرار گیرد تیغه به راحتی روی نگه‌دارندهٔ مخصوص سوار می‌شود. توجه داشته باشید در غیر این صورت خار در محل خود قرار نگرفته و فشار و یا سفت کردن زیاد پیچ، باعث خرابی آن می‌شود.

۸ – از اشاره رفتن و علامت‌گذاری به‌وسیلهٔ مواد و یا خودکار روی درجه‌بندی‌های ورنیه و نقاله خودداری شود.

۹ – برای مشخص کردن تطابق خطوط نقاله و ورنیه از سر ناخن و یا وسیله‌ای که هنرآموز محترم، برای این کار مشخص می‌کند استفاده نمایند. (به عنوان مثال چوب گردی در اندازه و شکل مداد، مخصوص این کار طراحی و تراشیده شود.)

۱۰ – از افتادن و وارد شدن ضربه به استوانهٔ شیشه‌ای سر زاویه‌یاب و سر گونیایی مجموعهٔ گونیای مرکب خودداری شود.

پرسش‌های فصل

۱ــ اجزای مختلف یک زاویه‌سنج اونیورسال با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه را با ترسیم شکل نشان داده، موارد استفادهٔ هر کدام را بنویسید.

۲ــ مبنای درجه بندی زاویه سنج های ورنیه دار را شرح دهید.

۳ــ زاویه سنجی با قابلیت تفکیک ۴ دقیقه طراحی کنید، به‌طوری‌که قابلیت تفکیک ورنیهٔ آن در محدودهٔ ۱ تا ۲ درجه باشد.

۴ــ دو نوع زاویه سنج ۵ دقیقه، با دو طرح درجه بندی مختلف، مطابق زیر، در اختیار است. مزایا و معایب طرح «ب» نسبت به طرح «الف» را بنویسید :

الف) ۲۳ درجه از نقالهٔ روی ورنیه به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم شده است.

ب) ۳۵ درجه از نقالهٔ روی ورنیه به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم شده است.

۵ــ حداقل اندازه‌ای را که به وسیلهٔ زاویه‌سنج ۱درجه و ۵ دقیقه قابل اندازه‌گیری است، بنویسید.

۶ــ آیا می‌توان از زاویه‌سنج به عنوان تراز هم استفاده نمود ؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، چگونه و در صورت منفی بودن پاسخ، علت را بنویسید.

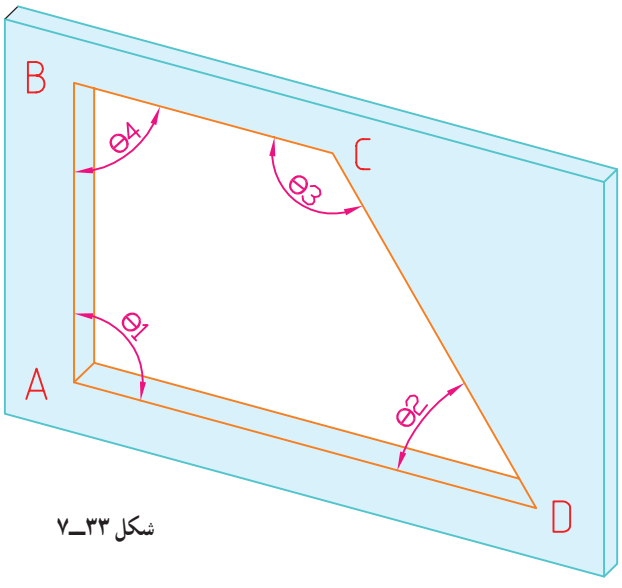
۷ــ با توجه به کوچک بودن فواصل خطوط روی ورنیه، چه تدابیری در طراحی زاویه‌سنج می‌توان اندیشید تا آن‌ها درشت شوند و راحت‌تر دیده شوند؟

۸ــ چه تفاوتی در درستی (صحت) و دقت عملکرد زاویه‌سنج ساعتی با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه و زاویه‌سنج اونیورسال با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه وجود دارد؟ شرح دهید.

۹ــ پیرامون مزایا و معایب دو نمونه زاویه‌سنج اونیورسال با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه و زاویه‌سنج ساعتی ۵ دقیقه بحث و نتیجه گیری کنید.

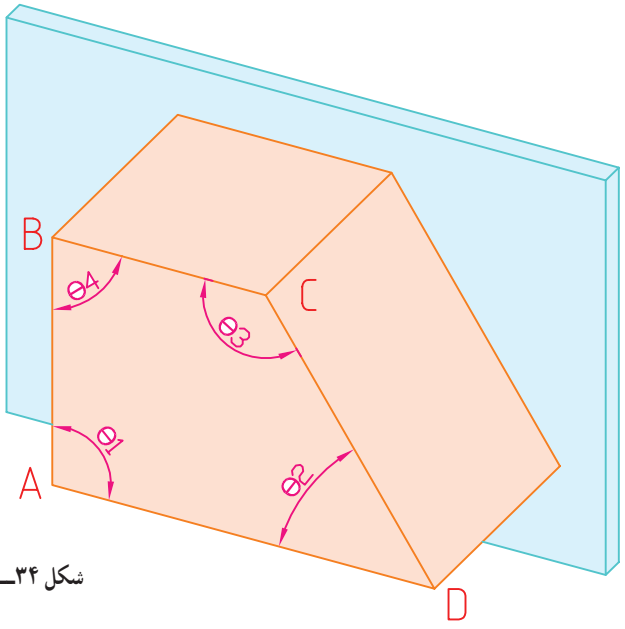
۱۰ــ روش تعیین چهار زاویهٔ ذوزنقه را با رسم شکل شرح دهید (شکل۳۳ــ۷). توضیحاً قطعه کار به‌اندازه کافی بزرگ بوده که زاویه‌سنج می‌تواند روی آن قرار گیرد.

۱۱ــ با رسم شکل اندازه‌گیری زاویه یک سطح شیب‌دار را به کمک خط‌کش سینوسی، شرح دهید.



شکل ۳۳ــ۷

۱۲ــ روش تعیین چهار زاویه ذوزنقه مطابق شکل زیر را بنویسید (۳۴ــ۷). توضیحاً قطعه کار به اندازه کافی بزرگ بوده که زاویه‌سنج می‌تواند روی آن قرار گیرد.



شکل ۳۴ــ۷ــ پرسش ۱۲

۱۳ــ معایب طرح با مقیاس انتخاب شده بیش‌تر در طراحی زاویه‌سنج‌ها کدام است؟

۱۴ــ چنان‌چه ابعاد کلی قطعهٔ (شکل۳۳ــ۷) ، ۲×۲۰× ۳۰ میلی‌متر باشد. پیرامون روش اندازه‌گیری زوایا بحث و نتیجه‌گیری کنید.

۱۵ــ چنان‌چه ابعاد کلی قطعهٔ (شکل۳۴ــ۷) ۲×۲۰× ۳۰ میلی‌متر باشد. پیرامون روش اندازه‌گیری بحث و نتیجه‌گیری کنید.

فصل ۸

اندازه‌گیری ثابت

هدف‌های رفتاری: فراگیر در این فصل با انواع اندازه‌گیرهای ثابت از جمله ، بلوک سنجه‌های طول، بلوک سنجه‌های زاویه، شعاع‌سنج (شابلن قوس)، شیارسنج (فیلر)، رزوه‌سنج (شابلن رزوه)، گلوله‌های اندازه‌گیری ، میله‌های اندازه‌گیری و ... آشنا می‌شود به‌طوری که در پایان فصل می‌تواند:

۱ـ انواع بلوک‌سنجه‌های طول و زاویه را شرح دهد.

۲ـ شعاع‌سنج را شرح دهد.

۳ـ فیلر را توصیف کند.

۴ـ شابلن رزوه را شرح دهد.

۵ـ گلوله‌ها و میله‌های اندازه‌گیری را شرح دهد.

۶ـ فرمان اندازه‌گیری را توصیف کند.

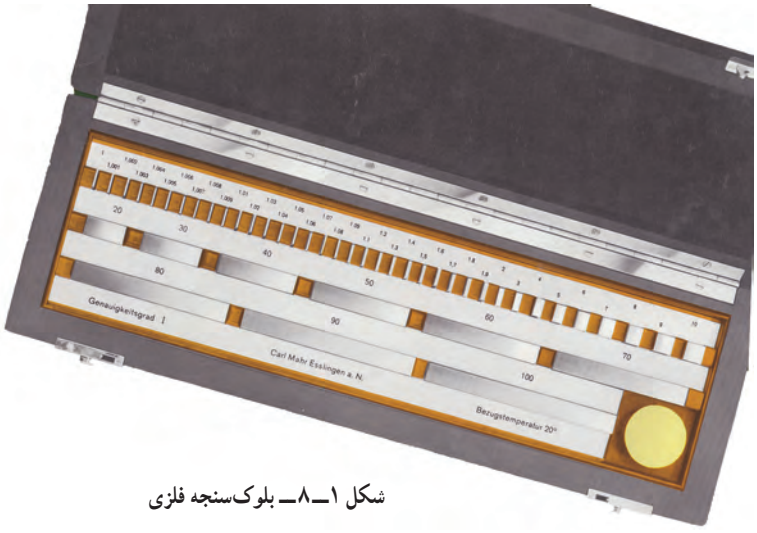
۷ـ نکات ایمنی و حفاظتی آن‌ها را بیان کند.

عناوین این فصل عبارتند از:

- ✓ بلوک سنجه‌های طول
- ✓ بلوک سنجه‌های زاویه
- ✓ فیلر
- ✓ شابلن قوس
- ✓ شابلن رزوه
- ✓ فرمان
- ✓ میله‌های اندازه‌گیری
- ✓ گلوله‌های اندازه‌گیری

بلوک سنجه

بلوک‌سنجه‌های طول یکی از مهم‌ترین وسایل اندازه‌گیری، کنترل و کالیبراسیون طول می‌باشند که برای اولین بار توسط یک شرکت سوئدی به نام یوهانسون ساخته شد که بنا به همین دلیل آن‌ها را قطعات «یوهانسون» نیز می‌نامند (شکل ۱ــ۸).



شکل ۱ــ۸ــ بلوک‌سنجه فلزی

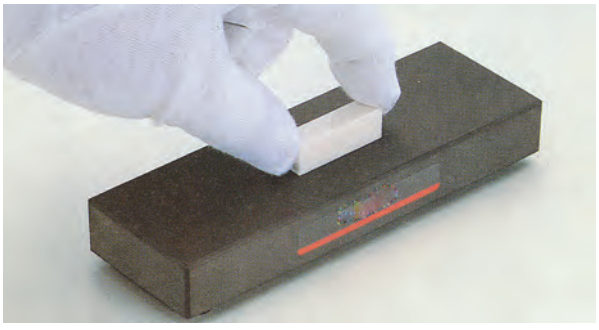
شکل ۲ــ۸

این قطعات به‌نام‌های تکه‌های اندازه‌گیری، پارچه‌های اندازه‌گیری، هزارپارچه، بلوک‌سنجه، قطعات اندازه‌گیری، راپورتر و ... نیز، نامیده می‌شوند.

بلوک سنجه‌های فلزی از فولاد ضد زنگ، ساخته می‌شوند، در برابر انبساط طولی، سایش، زنگ‌زدگی و ... مقاوم می‌باشند.

نوع گرانیتی آن‌ها نیز بسیار صاف و دارای پرداخت دقیق است و به طور طبیعی از نوع فلزی آن‌ها در مقابل تغییرات دما مقاوم‌تر هستند (شکل ۲ــ۸).

برای استفادهٔ بهتر و صحیح تر از بلوک‌سنجه و جلوگیری از انتقال رطوبت و آلودگی دست به بلوک‌سنجه بهتر است از دست‌کش استفاده شود(شکل ۳ــ۸).



شکل ۳ــ۸ــ استفاده از دست‌کش در استفاده از بلوک‌سنجه

شکل ۴ــ۸ــ گرفتن بلوک‌سنجه

با توجه به دقت بالای بلوک‌سنجه‌ها که از آن‌ها در عملیات کالیبراسیون نیز استفاده می‌شود تمیز بودن و نداشتن تماس مستقیم دست به سطوح آن‌ها بسیار مهم است که به این علت برای گرفتن آن‌ها باید از دست‌کش یا گیرهٔ چوبی مخصوص استفاده شود تا حرارت دست و آلودگی به آن‌ها انتقال پیدا نکند (شکل۴ــ۸).

بلوک سنجه‌ها در سری‌های مختلف از جمله ۳۲، ۴۶، ۴۷، ۸۳، ۸۷، ۱۰۳، ۱۱۱، ۱۱۴ و ... پارچه ساخته می‌شوند و مقدار اندازهٔ هر بلوک‌سنجه روی آن نوشته شده است.

جدول ۱ــ۸ یک سری بلوک‌سنجهٔ ۴۶ پارچه را نشان می‌دهد.

جدول ۱ــ۸ــ سری تکه‌های اندازه‌گیری

ردیف	تعداد	اندازهٔ پارچه‌ها (mm)	تغییرات (mm)
۱	۹	۱/۰۰۱ ... ۱/۰۰۹	۰/۰۰۱
۲	۹	۱/۰۱ ... ۱/۰۹	۰/۰۱
۳	۹	۱/۱ ... ۱/۹	۰/۱
۴	۹	۱ ... ۹	۱
۵	۱۰	۱۰ ... ۱۰۰	۱۰

ساختن اندازهٔ ترکیبی : برای ساختن اندازه‌های خاص از ترکیب بلوک‌سنجه‌ها، از کوچک‌ترین مقدار شروع کرده تا به بزرگ‌ترین اندازه برسیم. به عنوان مثال برای جدا کردن اندازهٔ ۴۸/۶۵۴ از سری بلوک‌سنجه۴۶ پارچه (جدول ۱ــ۸) مطابق زیر عمل می‌کنیم :

۱ــ از ردیف ۱ بلوک‌سنجه با اندازهٔ ۱/۰۰۴ mm

۲ــ از ردیف ۲ بلوک‌سنجه با اندازهٔ ۱/۰۵ mm

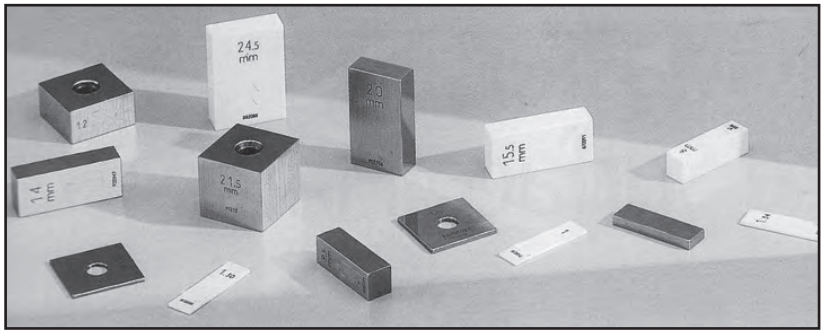
۳ــ از ردیف ۳ بلوک‌سنجه با اندازهٔ ۱/۶ mm

۴ــ از ردیف ۴ بلوک‌سنجه با اندازهٔ ۵ mm

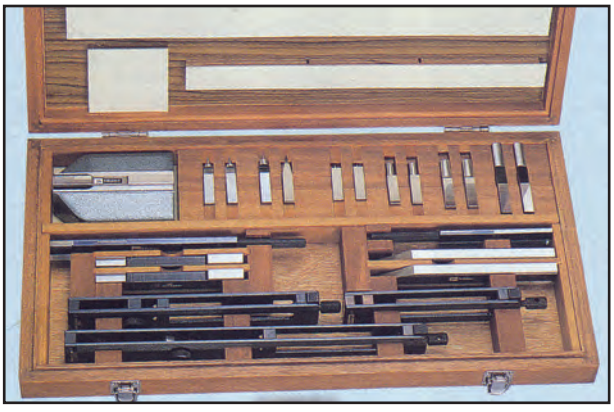
۵ــ از ردیف ۵ بلوک‌سنجه با اندازهٔ ۴۰ mm

۴۰+۵+۱/۶+۱/۰۵+۱/۰۰۴ =۴۸/۶۵۴ mm

بلوک‌سنجه‌های طول با مقطع مربع، مربع مستطیل و دایره ساخته می‌شوند که نوع مربع و دایره‌ای آن‌ها را سوراخ‌دار می‌سازند (شکل۵ــ۸).

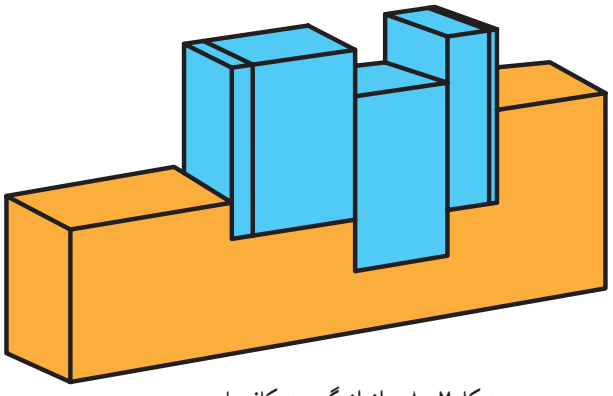


شکل ۵ــ۸ــ انواع بلوک‌سنجه



شکل ۶ــ۸ــ تجهیزات جانبی بلوک‌سنجه‌ها

تجهیزات جانبی بلوک‌سنجه‌ها: کارخانجات سازندهٔ بلوک‌سنجه‌ها، تجهیزات جانبی برای آن‌ها می‌سازند که به کمک این تجهیزات می‌توان کاربردهای بلوک‌سنجه را توسعه داد (شکل۶ــ۸).

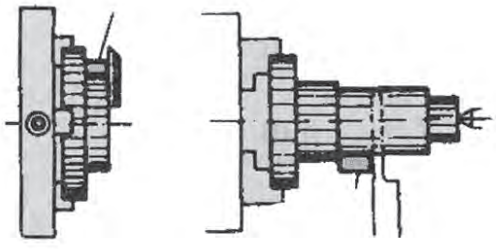


شکل ۷ــ۸ــ اندازه‌گیری شکاف‌ها

کاربردها: بلوک‌سنجه‌های طول به تنهایی و هم‌چنین با کمک متعلقات مربوطه، در صنعت کاربردهای فراوان و مختلفی دارند، که نمونه‌هایی از آن‌ها ذیلاً به اختصار توضیح داده می‌شود.

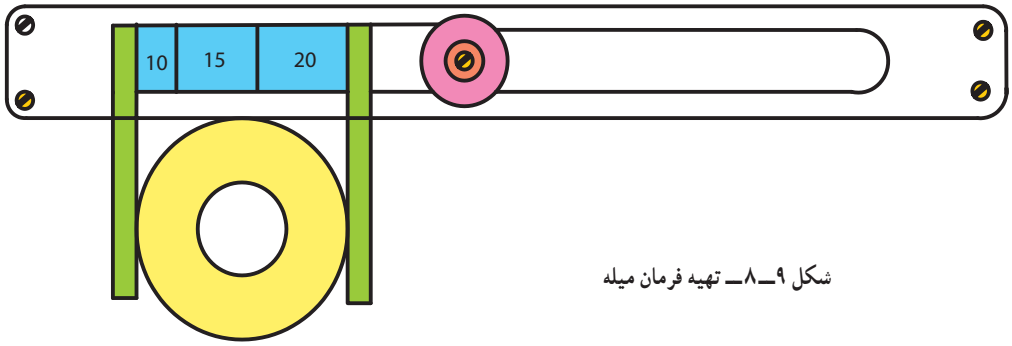
۱ــ اندازه‌گیری فاصلهٔ شیارها و شکاف‌ها (شکل۷ــ۸)

۲ــ تنظیم فاصلهٔ رنده تراشکاری با قطعهٔ کار (شکل۸ــ۸)



شکل ۸ــ۸ــ تنظیم رنده تراشکاری

۳ــ تهیه فرمان کنترل میله به کمک بلوک‌سنجه و متعلقات آن‌ها (شکل۹ــ۸)

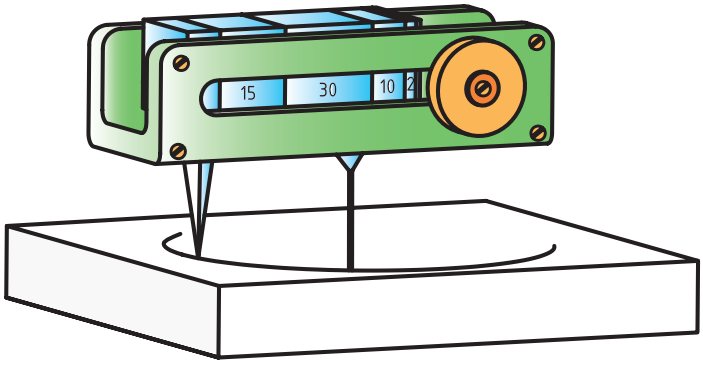


شکل ۹ــ۸ــ تهیه فرمان میله

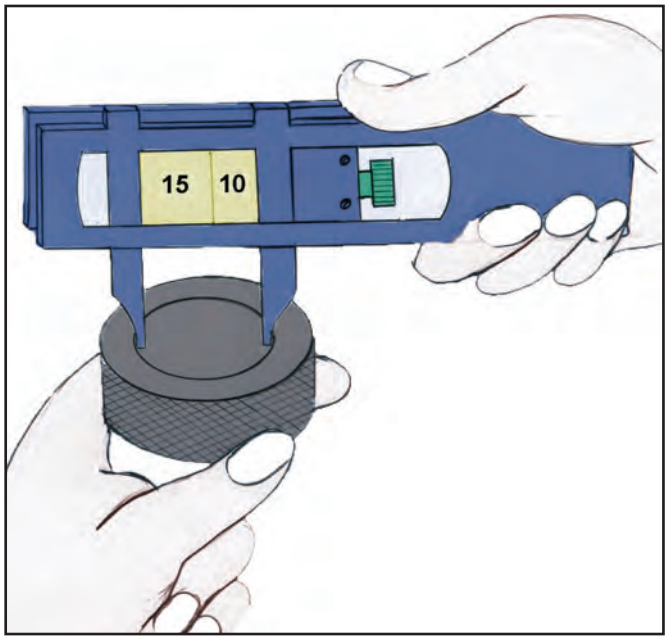
۴ــ با استفاده از شاخک‌های سوزنی، نگه‌دارنده و بلوک‌سنجه‌ها می‌توان پرگار با دقت بالا تهیه نمود (شکل۱۰ــ۸).

۵ــ با استفاده از بلوک‌سنجه، نگه‌دارنده و شاخک‌های داخلی می‌توان برای کنترل ابعاد داخلی قطعات «فرمان» سوراخ تهیه نمود (شکل۱۱ــ۸).

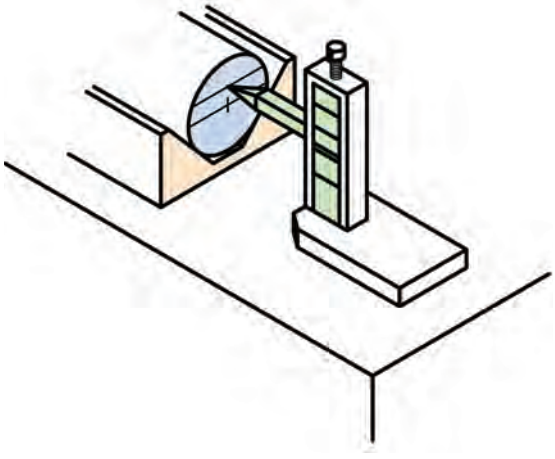
۶ــ باسوار کردن نگه‌دارنده روی پایهٔ مخصوص از مجموعهٔ متعلقات بلوک‌سنجه‌ها و سوزن خط‌کشی، می‌توان سوزن خط‌کش پایه‌دار تهیه نمود (شکل۱۲ــ۸).



شکل ۱۰ــ۸ــ رسم دایره



شکل ۱۱ــ۸ــ تهیهٔ فرمان سوراخ



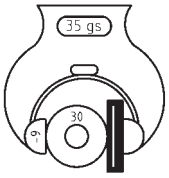
شکل ۱۲ــ۸ــ ترسیم خطوط

۷ــ از بلوک‌سنجه‌های طول می‌توان برا ی کنترل فرامین اندازه‌گیری استفاده نمود (شکل۱۳ــ۸).

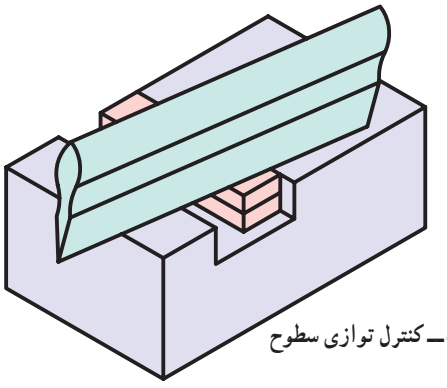
۸ــ به وسیلهٔ بلوک‌سنجه‌ها و خط‌کش مویی می‌توان توازی سطوح هم‌سطح و غیرهم‌سطح را کنترل نمود (شکل ۱۴ــ۸).

۹ــ برای تنظیم ماشین‌های ابزار می‌توان از بلوک‌سنجه‌ها مطابق شکل استفاده نمود (شکل۱۵ــ۸).

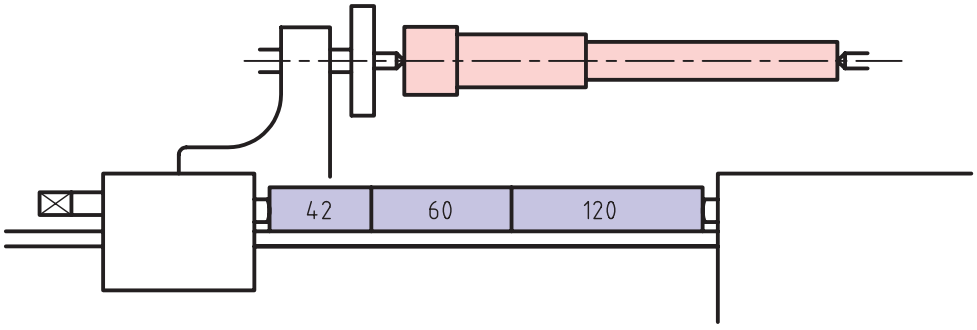
۱۰ــ از بلوک‌سنجه‌ها در اندازه‌گیری زوایا به کمک خط‌کش سینوسی استفاده می‌شود (شکل۱۶ــ۸).



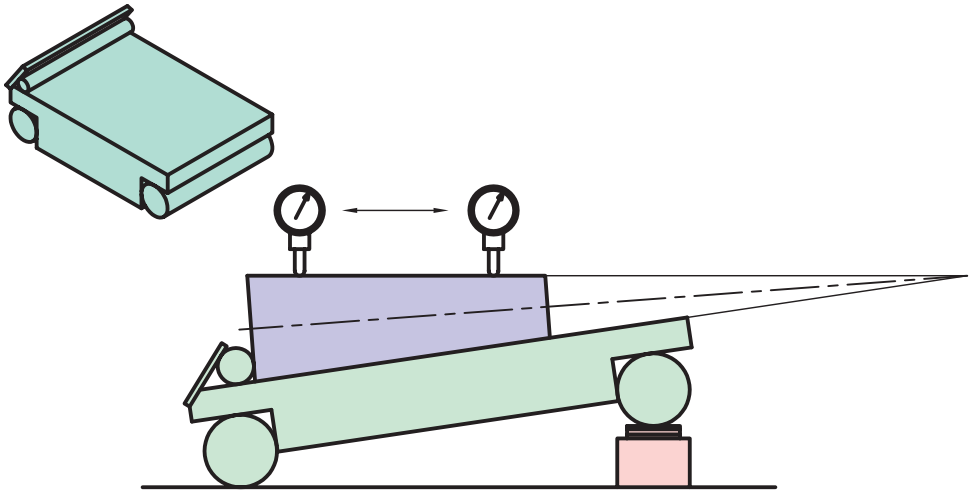
شکل ۱۳ــ۸ــ کنترل فرمان‌ها



شکل ۱۴ــ۸ــ کنترل توازی سطوح



شکل ۱۵ــ۸ــ تنظیم ماشین‌های ابزار



شکل ۱۶ــ۸ــ اندازه‌گیری زاویه به کمک خط‌کش سینوسی

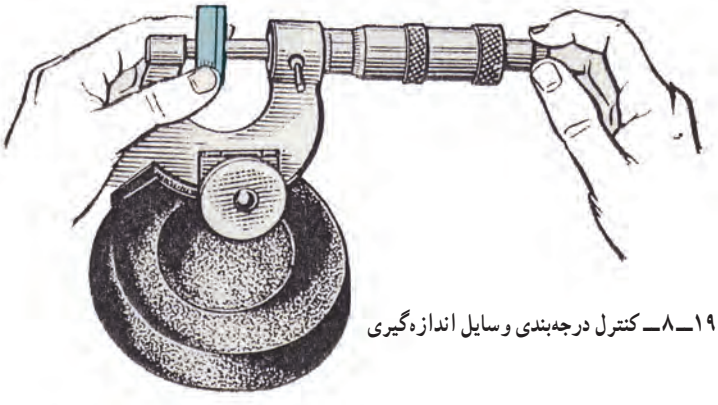
۱۱ــ از بلوک‌سنجه‌های طول و به کمک ساعت اندازه‌گیری می‌توان ارتفاع قطعات پله‌دار را تعیین نمود (شکل۱۷ــ۸).

۱۲ــ از بلوک‌سنجه‌ها می‌توان برای تنظیم ساعت اندازه‌گیری برای عملیات کنترل استفاده نمود (شکل۱۸ــ۸).

۱۳ــ از بلوک‌سنجه‌ها برای کنترل درجه‌بندی انواع وسایل اندازه‌گیری طول استفاده می‌شود (شکل۱۹ــ۸).

شکل ۱۷ــ۸ــ اندازه‌گیری ارتفاع پله‌ها

شکل ۱۸ــ۸ــ تنظیم ساعت اندازه‌گیری



شکل ۱۹ــ۸ــ کنترل درجه‌بندی وسایل اندازه‌گیری

رده‌بندی بلوک‌سنجه‌ها : بلوک‌سنجه‌ها در رده‌های ۲,۱,۰,۰۰ ساخته می‌شوند. ردهٔ ۰۰ دارای بالاترین دقت است. از رده‌های بالا (۰,۰۰) برای کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

اصول و قواعد استفاده از بلوک‌سنجه‌ها

۱ــ از آن‌جا که سطوح بلوک‌سنجه‌ها بسیار پرداخت و صاف‌اند، چنان‌چه سطوح کاملاً تمیز باشد روی هم می‌چسبند و جدا کردن آن‌ها به سختی امکان‌پذیر است و اگر آن‌ها را به صورت افقی و یا مایل نگه‌داریم از روی هم نمی‌افتند. لذا قبل از استفاده می‌بایست سطوح کاری آن‌ها را کاملاً تمیز نمود. که در این خصوص بهتر است از دستمال‌های لطیف و بدون پرز استفاده نمود. شکل۲۰ــ۸

تجهیزات کاملی از لوازم تمیزکاری و حفاظت از بلوک‌سنجه را نشان می‌دهد.

۲ــ برای به‌هم چسباندن بلوک‌سنجه‌ها پس از تمیز نمودن سطوح کاری، آن‌ها را به صورت عمودی و از لبه روی آن فشار می‌دهیم. سپس آن‌ها را به صورت افقی روی هم قرار می‌دهیم (الف)، ضمناً برای جدا نمودن، می‌توان از جابه‌جا کردن و چرخاندن بلوک‌سنجه روبی استفاده نمود (ب) و آن‌ها را ازهم جدا کرد (شکل ۲۱ــ۸).

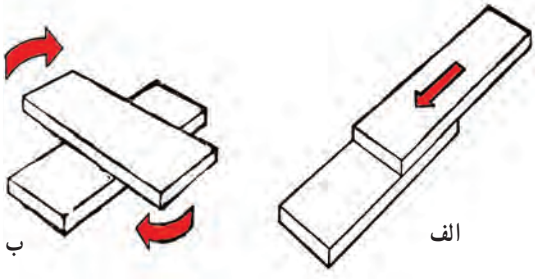
۳ــ در هنگام انتخاب بلوک‌سنجه‌ها به اندازهٔ نوشته شده روی آن توجه کنید.

۴ــ در ایجاد یک اندازهٔ خاص از ترکیب بلوک‌سنجه و برای جداسازی باید از کوچک‌ترین بلوک‌سنجه (دارای رقم اعشاری بالاتر) اقدام نمود.

۵ــ برای تمیز کردن بلوک سنجه می‌توان از تترا کلریدکربن استفاده نمود.

۶ــ در جمع کردن مقدار عددی بلوک‌سنجه‌ها، دقت شودتا دچار خطای ریاضی نشوید.

شکل ۲۰ــ۸ــ لوازم تمیز کردن و نگه‌داری بلوک‌سنجه



شکل ۲۱ــ۸ــ جدا کردن و چسباندن بلوک‌سنجه‌ها

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ ــ پس از استفاده از بلوک‌سنجه‌ها لازم است آن‌ها با پارچهٔ مخصوص تمیز شوند.

۲ ــ در بایگانی طولانی مدت می‌توان جهت محافظت از سطوح کار، آن‌ها را با روغن وازلین چرب نمود.

۳ــ در هنگام بایگانی و برگرداندن آن‌ها به داخل جعبه دقت شود. هر بلوک‌سنجه با توجه به مقداری که روی آن نوشته شده است در محل مخصوص به آن بایگانی شود.

۴ــ از ادغام بلوک‌سنجه‌ها با دو ردهٔ مختلف جداً خودداری شود و در استفاده از دو جعبهٔ بلوک‌سنجه یا دو ردهٔ مختلف به صورت هم‌زمان جداً خودداری شود.

۵ــ در استفاده از تجهیزات جانبی بلوک‌سنجه برای سفت کردن، ابتدا از پیچ بزرگ (سفت‌کاری خشن) و سپس از پیچ ریز (سفت کردن دقیق) استفاده شود.

۶ ــ از وارد شدن ضربه و خراش روی سطوح کاری بلوک‌سنجه جداً خودداری شود.

۷ــ بعد از استفاده از هر بلوک‌سنجه دقت شود با توجه به اندازه نوشته شده روی آن، دقیقاً در محل مربوطه‌اش قرار گیرد.

بلوک‌سنجهٔ زاویه : بلوک سنجه‌های زاویه قطعات زاویه‌دار هستند که از آن‌ها برای تعیین زوایا و کالیبراسیون زاویه‌سنج‌ها، کنترل فیکسچرها و ... استفاده می‌شود (شکل ۲۲ــ۸).

شکل ۲۲ــ۸ــ بلوک سنجه زاویه

بلوک سنجه‌های زاویه در سری‌های مختلف ساخته می‌شوند. جدول۲ــ۸ سری ۳۲ پارچه از این بلوک سنجه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲ــ۸ــ سری بلوک سنجه زاویه ۳۲ پارچه

ردیف	تعداد	اندازه بلوک سنجه ها	تغییرات
۱	۹	$15^\circ,1' - 15^\circ,2' \ldots 15^\circ,9'$	۱ دقیقه
۲	۵	$15^\circ,10' - 15^\circ,20' \ldots 15^\circ,50'$	۱۰ دقیقه
۳	۱۱	$10^\circ, 11^\circ, 12^\circ, \ldots 20^\circ$	۱ درجه
۴	۵	$70^\circ, \ldots, 30^\circ, 40^\circ$	۱۰ درجه
۵	۱	45°	ــ
۶	۱	90°	ــ

برای جدا کردن اندازه‌ای خاص، مانند بلوک سنجه‌های طول باید از کوچک‌ترین جزء زاویه شروع کرد. برای مثال جهت ساختن اندازهٔ ۵۳ درجه و ۴۴ دقیقه به ترتیب بلوک‌سنجه‌های زیر را انتخاب و با هم ترکیب می‌کنیم.

۱ــ بلوک‌سنجه با زاویهٔ $15^\circ,4'$

۲ــ بلوک‌سنجه با زاویهٔ $15^\circ,40'$

۳ــ بلوک‌سنجه با زاویهٔ 13°

۴ــ بلوک‌سنجه با زاویهٔ 10°

$$(15^\circ,4') + (15^\circ,40') + (13^\circ) + (10^\circ) = 53^\circ,44'$$

هم‌چنین برای زاویهٔ ۱۷۷ درجه و ۵۵ دقیقه نیز لازم است :

۱ــ یک عدد بلوک‌سنجه با زاویهٔ $15^\circ,5'$

۲ــ یک عدد بلوک‌سنجه با زاویهٔ $15^\circ,50'$

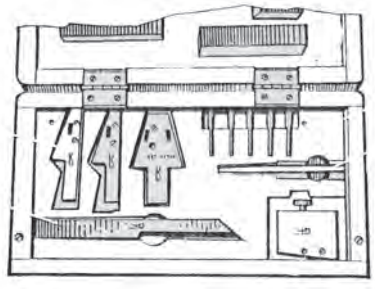
۳ــ یک عدد بلوک‌سنجه با زاویهٔ 17°

۴ــ یک عدد بلوک‌سنجه با زاویهٔ 40°

۵ــ یک عدد بلوک‌سنجه با زاویهٔ 90°

$(۱۵^{\circ},۵')+(۱۵^{\circ},۵۰')+(۱۷^{\circ})+(۴۰^{\circ})+(۹۰^{\circ}) = ۱۷۷^{\circ},۵۵'$

بلوک سنجه‌های زاویه نیز دارای تجهیزات جانبی هستند که از آن‌ها به عنوان نگه‌دارنده بلوک‌های زاویه استفاده می‌شود (شکل۲۳ــ۸).



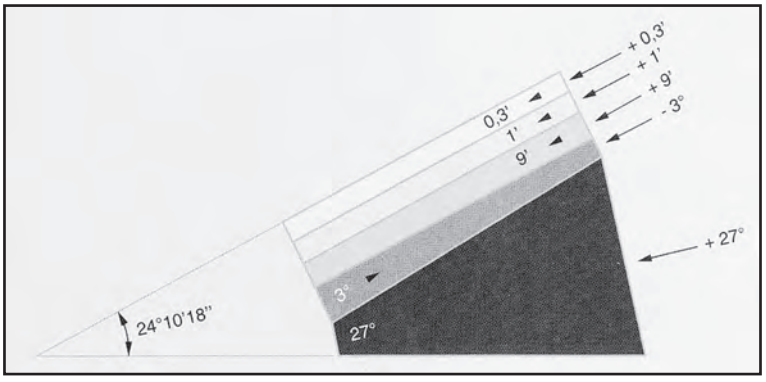
شکل ۲۳ــ۸ــ تجهیزات جانبی بلوک‌سنجه‌های زاویه

توجه : چنان‌چه بلوک سنجه‌ها به صورت هم‌جهت (به طرف تیزی زاویه) کنار هم گذاشته شوند زوایا با یک‌دیگر جمع و چنان‌چه غیرهم‌جهت کنار یک‌دیگر قرار گیرند از هم‌دیگر کسر می‌شوند (شکل۲۴ــ۸) .

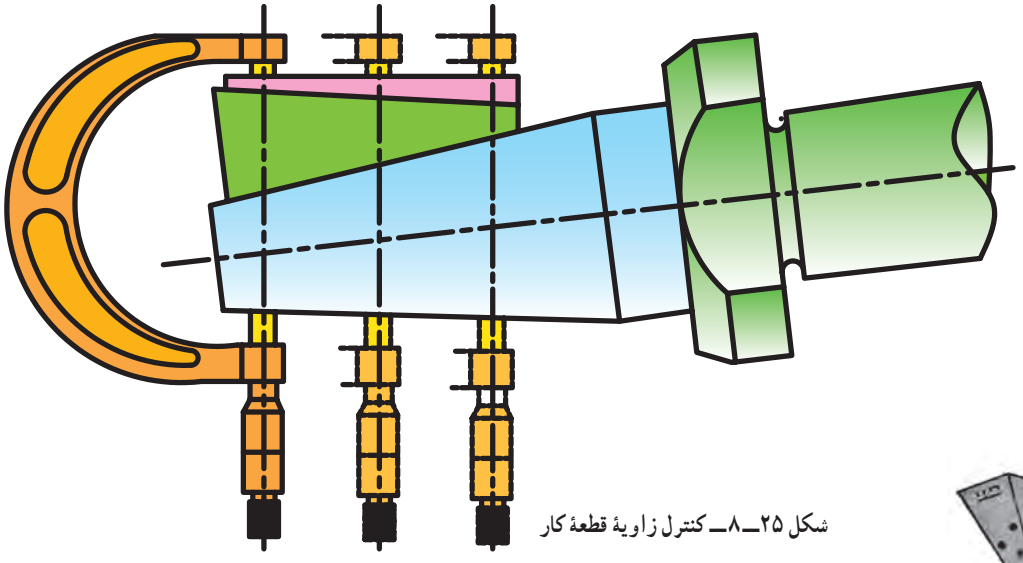
تصاویر زیر نمونه‌هایی از کاربردهای بلوک زاویه را نشان می‌دهد :

۱ــ کنترل زاویهٔ قطعه کار با بلوک‌سنجهٔ زاویه و کمک میکرومتر (شکل۲۵ــ۸).

۲ــ کنترل شابلن زاویه به‌وسیلهٔ بلوک‌سنجهٔ زاویه (شکل۲۶ــ۸).



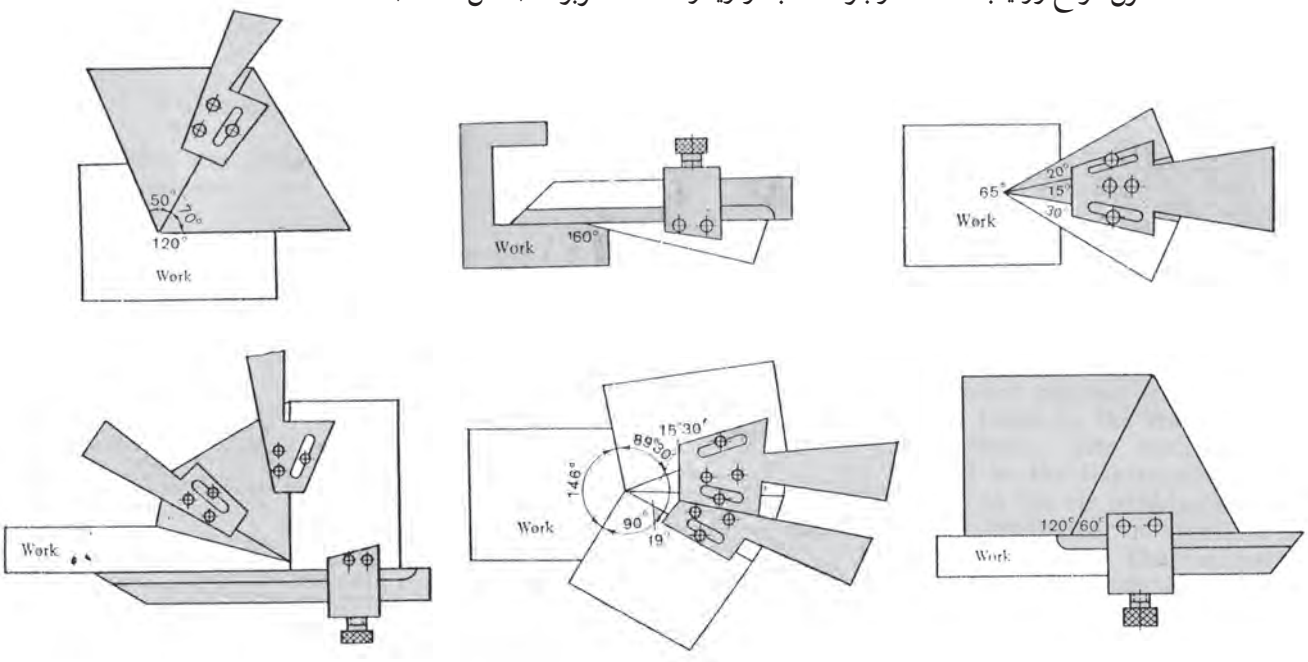
شکل ۲۴ــ۸ــ ترکیب بلوک‌سنجه‌های زاویه



شکل ۲۵ــ۸ــ کنترل زاویهٔ قطعهٔ کار

شکل ۲۶ــ۸ــ کنترل شابلن زاویه

۳ــ کنترل انواع زوایا با استفاده از بلوک‌سنجهٔ زاویه و متعلقات مربوطه (شکل۲۷ــ۸) .



شکل ۲۷ــ۸ــ کنترل زوایای مختلف

اصول و قواعد استفاده از بلوک‌سنجه‌های زاویه

۱ــ در هنگام انتخاب بلوک‌سنجه به مقدار نوشته شده روی آن توجه شود.

۲ــ در ایجاد یک اندازهٔ خاص از ترکیب بلوک‌سنجه‌ها، برای جداسازی باید از کوچک‌ترین جزء زاویه شروع نمود.

۳ــ در تعیین اندازهٔ زوایای قطعات کار، به داخلی و یا خارجی بودن زوایا توجه شود.

۴ــ هنگام مجموع‌نمودن بلوک‌سنجه‌های زاویه، به جهت زاویه توجه شود.

۵ــ در جمع و تفریق دقت شود دچار خطای ریاضی نشوید.

۶ــ با توجه به این‌که مقدار یک زاویه ممکن است ترکیبی از یکاهای درجه و دقیقه باشد لذا دقت شود تا در جمع و یا تفریق آن‌ها اشتباه نکنید.

نکات ایمنی و حفاظتی

۱ ــ دقت شود تا سر تیز بلوک‌سنجه باعث خراش روی دست نشود.

۲ ــ در موقع بایگانی، هر بلوک‌سنجه در محل مربوطه قرار داده شود.

۳ــ در هنگام بایگانی، در جعبه بسته باشد.

۴ــ در ترکیب بلوک‌سنجه‌ها چنان‌چه از نگه‌دارنده‌ها استفاده می‌شود پیچ‌های اتصال کاملاً محکم شوند.

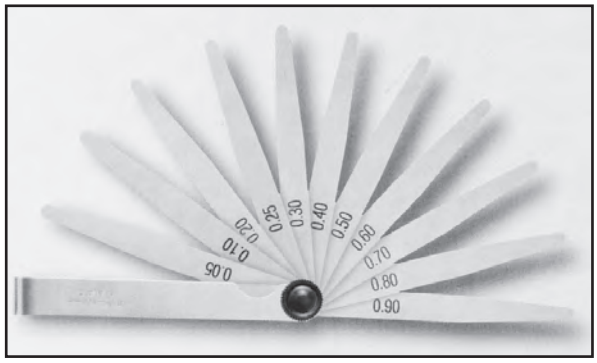
۵ــ چنان‌چه برای دراز مدت بلوک‌سنجه‌ها مورد استفاده قرار نمی‌گیرند سطوح آن‌ها با روغن وازلین چرب‌کاری شود.

شیارسنج (فیلر)

فیلرها تیغه‌های نازک فلزی هستند که از آن‌ها برای اندازه‌گیری و کنترل فاصلهٔ شیارها و شکاف‌ها استفاده می‌شود (شکل ۲۸ــ۸).

یک مجموعه فیلر از تیغه‌ها، قاب و پیچ اتصال تشکیل شده‌اند، به این ترتیب که تعدادی تیغه در داخل یک قاب جاسازی شده‌اند و روی قاب جای انگشتی نیز برای هدایت آن‌ها به بیرون پیش‌بینی شده است.

ضخامت هر تیغه روی آن نوشته شده است به طوری‌که می‌توان از آن‌ها به صورت تکی و یا ترکیبی استفاده نمود. فیلرها با اندازه‌های میلی‌متر و اینچی ساخته می‌شوند. تصاویر زیر نمونه‌هایی از کاربرد فیلر را نشان می‌دهند (شکل۲۹ــ۸).



شکل ۲۸ــ۸ــ فیلر

شکل ۲۹ــ۸ــ نمونه‌هایی از کاربرد فیلر

در استفاده و حفاظت از فیلرها باید :

۱ــ هیچ‌گاه آن‌ها را ازجای خود باز نکنید.

۲ــ پیچ اتصال را کم‌تر از نیم دور شل کنید.

۳ــ در ترکیب آن‌ها باید تیغه‌ها را از محل سر آن‌ها گرفت و روی هم فشار داده و سپس داخل شیار و شکاف نمود.

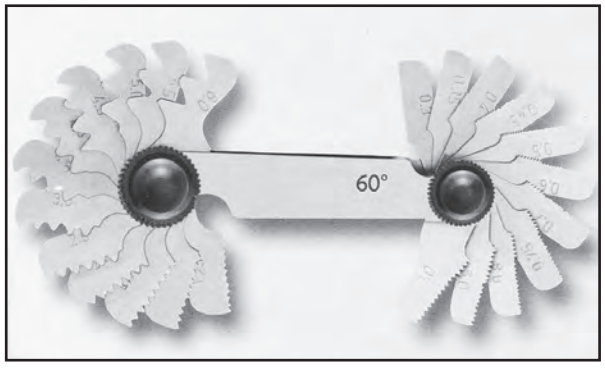
۴ــ در جمع اندازه‌ها مواظب باشید تا دچار خطای ریاضی نشوید.

۵ــ سطوح فیلرها باید کاملاً تمیز باشد.

۶ــ در انتخاب تیغه‌های ظریف(نازک) از تا خوردن و چروک شدن آن‌ها جلوگیری شود.

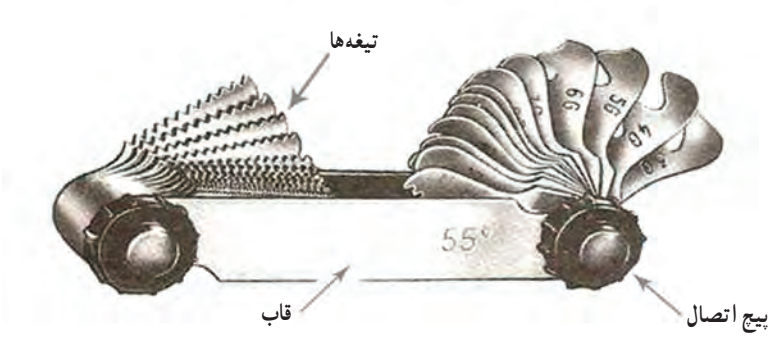
رزوه‌سنج/ دنده‌سنج (شابلن رزوه)

شابلن‌های رزوه تیغه‌های دندانه‌داری هستند که از آن‌ها برای تعیین گام در پیچ و مهره‌های میلی‌متری و تعداد دندانه در یک اینچ در پیچ ومهره‌های اینچی استفاده می‌شود (شکل۳۰ــ۸).



شکل ۳۰ــ۸ــ شابلن رزوه

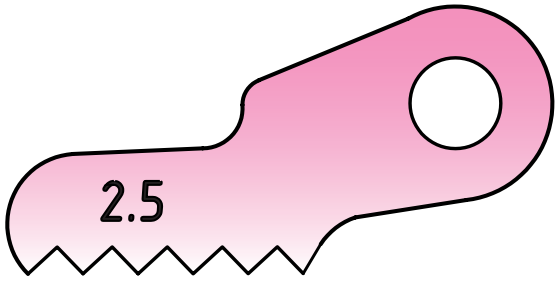
شابلن رزوه از تیغه‌ها، قاب و پیچ اتصال آن‌ها تشکیل شده است (شکل ۳۱ــ۸).



شکل ۳۱ــ۸ــ اجزای شابلن رزوه

مشخصات

شابلن رزوهٔ میلی‌متری: در روی شابلن رزوهٔ میلی‌متری فقط مقدار گام رزوه بر حسب میلی‌متر نوشته می‌شود، که با تطابق دندانه‌های تیغه روی رزوه، مقدار گام مشخص می‌شود، ضمناً زاویه دندانهٔ این تیغه‌ها ۶۰ درجه و برای تعیین مقدار گام پیچ و مهره‌های متریک دنده مثلثی استفاده می‌شود (شکل ۳۲ــ۸).



شکل ۳۲ــ۸ــ شابلن رزوه میلی‌متری

شکل ۳۳ــ۸ استفاده از شابلن رزوه را نشان می‌دهد.

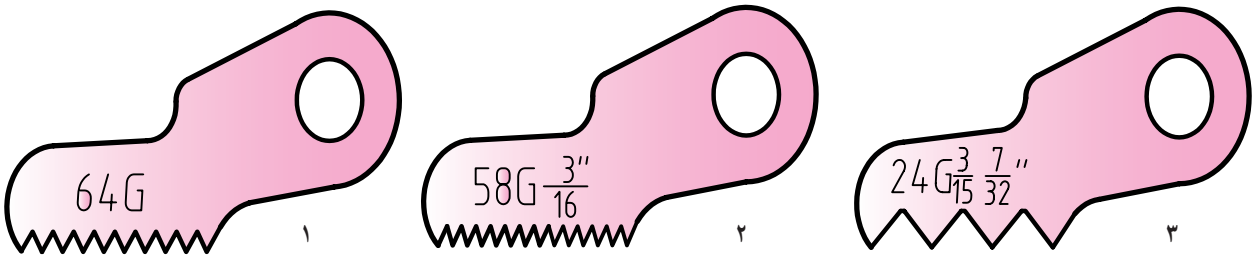
شابلن رزوهٔ اینچی: در روی شابلن رزوهٔ اینچی ممکن است یک عدد، دو عدد، یا سه عدد نوشته شده باشد. که اولین عدد سمت چپ نشان‌دهندهٔ تعداد دندانه در یک اینچ و دو عدد بعدی معرف مقدار قطر بزرگ رزوه استاندارد بر حسب اینچ است (شکل ۳۴ــ۸).

شکل ۳۳ــ۸ــ اندازه‌گیری گام

مطابق شکل ۳۴ــ۸ :

۱ــ رزوه اینچی دنده ویتورث با ۶۴ دندانه در یک اینچ

۲ــ رزوه اینچی دنده ویتورث با تعداد دندانه در یک اینچ ۵۸ و قطر بزرگ رزوه استاندارد $\frac{۳}{۱۶}$ اینچ



شکل ۳۴ــ۸ــ شابلن رزوه اینچی

۳ــ رزوه اینچی دندهٔ ویتورث با ۲۴ دندانه در یک اینچ و قطر بزرگ رزوه استاندارد، $\frac{۳}{۱۵}$ اینچ و $\frac{۷}{۳۲}$ اینچ

با استفاده از رابطهٔ زیر می‌توان مقدار گام رزوه‌های اینچی را بر حسب میلی‌متر به‌دست آورد.

$$p = \frac{۲۵/۴}{z}$$

که در آن :

P = مقدار گام بر حسب میلی‌متر

Z = تعداد دندانه در یک اینچ

در استفاده از شابلن‌های رزوه باید :

۱ــ تیغه‌ها را از جای خود باز نکرده و جدا نکنید.

۲ــ از شل کردن زیاد پیچ اتصال تیغه‌ها خودداری شود.

۳ــ مناسب‌ترین تیغه برای رزوه، تیغه‌ای است که کاملاً روی دندانه‌ها نشسته و بر آن منطبق باشد.

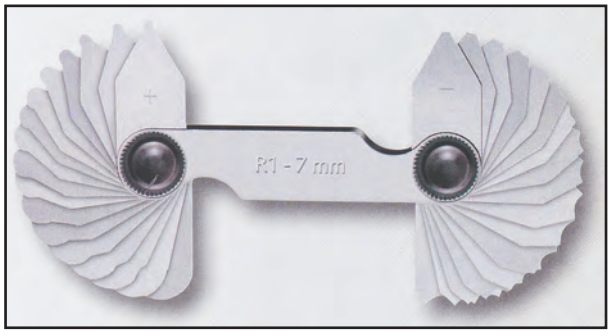
۴ــ از علامت‌گذاری روی تیغه‌ها خودداری شود.

۵ــ در هنگام استفاده از تطابق شابلن رزوه با دندانه‌ها با جلوی نور گرفتن مجموعه اطمینان حاصل کنید.

۶ــ در خواندن اندازه‌ها دقت شود تا از خطای بد خواندن جلوگیری شود.

۷ــ دقت شود تا شابلن رزوه میلی‌متری را با شابلن رزوه اینچی اشتباه نکنید

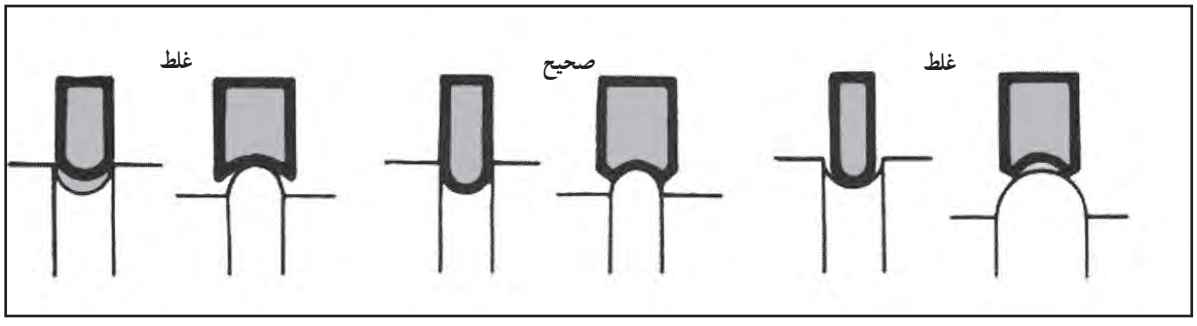
شابلن شعاع‌سنج (شابلن قوس) : شعاع‌سنج‌ها تیغه‌هایی هستند با مقدار شعاع مشخص، که از آن‌ها برای اندازه‌گیری و کنترل شعاع کمان‌های داخلی و خارجی استفاده می‌شود. این شابلن‌ها از تیغه‌ها با شعاع‌های داخلی و خارجی، قاب و پیچ اتصال تشکیل شده‌اند (شکل۳۵ــ۸).



شکل ۳۵ــ۸ــ شابلن قوس

در روی شعاع‌سنج‌ها مقدار شعاع بر حسب میلی‌متر و یا اینچ نوشته شده است.

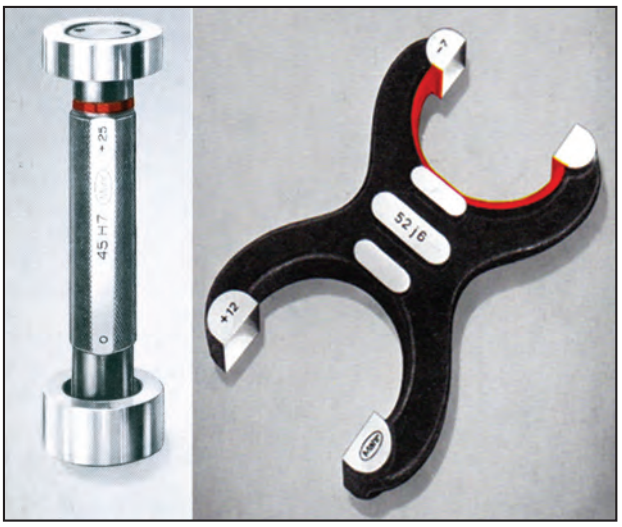
تصاویر زیر نمونه‌هایی از اندازه‌گیری با شعاع‌سنج را نشان می‌دهد.



شکل ۳۶ــ۸ــ نمونه‌هایی از کاربرد شابلن قوس

فرمان

فرمان‌ها وسایلی هستند که از آن‌ها برای کنترل قطعات در تولید انبوه استفاده می‌شود. فرمان‌ها جزءِ اندازه‌گیرهای ثابت بوده و با یک فرمان می‌توان فقط یک نوع بعد با یک اندازه را کنترل نمود. شکل۳۷ــ۸ دو نوع فرمان را نشان می‌دهد.



شکل ۳۷ــ۸ــ فرمان تویی دوسر و دهان از در میله

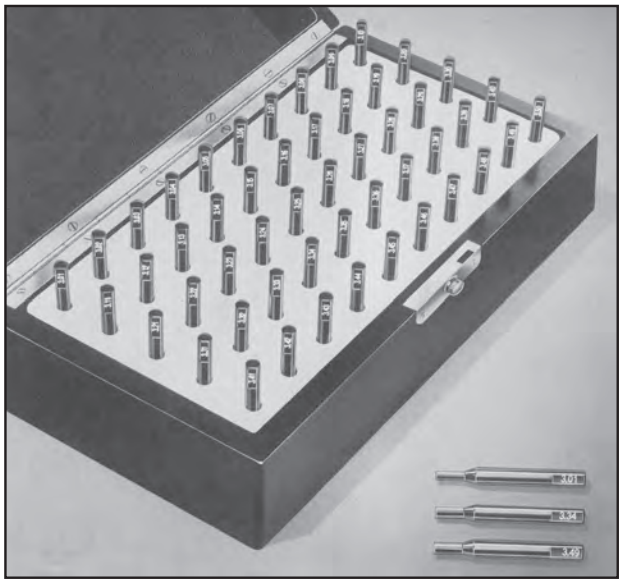
میله‌های اندازه‌گیری

میله‌های اندازه‌گیری نیز جزءِ اندازه‌گیرهای ثابت بوده و از آن‌ها برای کنترل و اندازه‌گیری قطر سوراخ‌های کوچک استفاده می‌شود. سطوح کاری این میله‌ها کاملاً پرداخت و دقیق است. اندازه این میله از ۰/۵ میلی‌متر با تغییرات ۰/۰۱ میلی‌متر شروع می‌شود (شکل۳۸ــ۸).

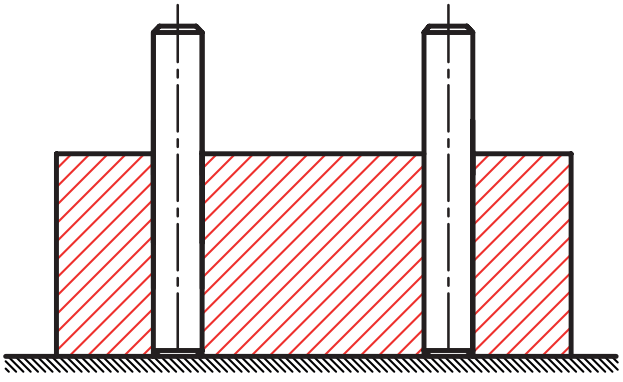
تصاویر زیر نمونه‌هایی از موارد استفاده این میله‌ها را نشان می‌دهد.

۱ــ اندازه‌گیری قطر سوراخ (شکل۳۹ــ۸)

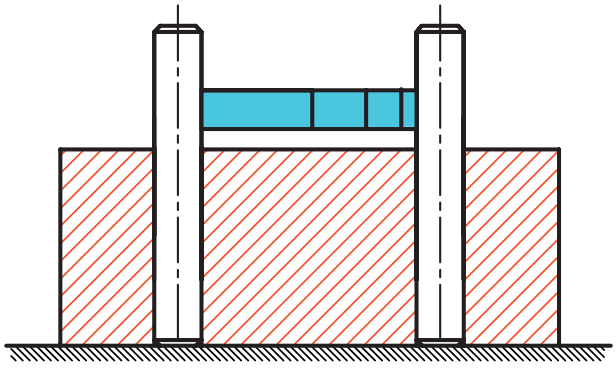
۲ــ اندازه‌گیری و کنترل فاصله سوراخ‌ها به کمک میله اندازه‌گیری و بلوک‌سنجه (شکل۴۰ــ۸)



شکل ۳۸ــ۸ــ میله‌های اندازه‌گیری

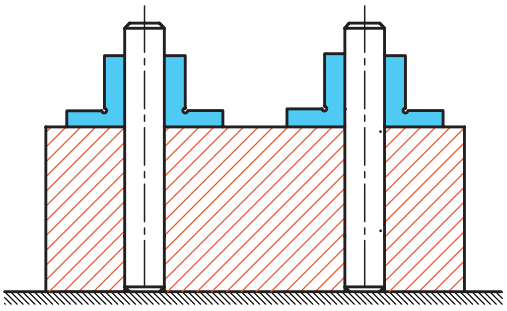


شکل ۳۹ــ۸ــ اندازه‌گیری قطر سوراخ



شکل ۴۰ــ۸ــ اندازه‌گیری و کنترل فاصلهٔ خط‌المرکزین سوراخ‌ها

۳ــ کنترل تعامد محور سوراخ نسبت به سطح شکل(۴۱ــ۸)



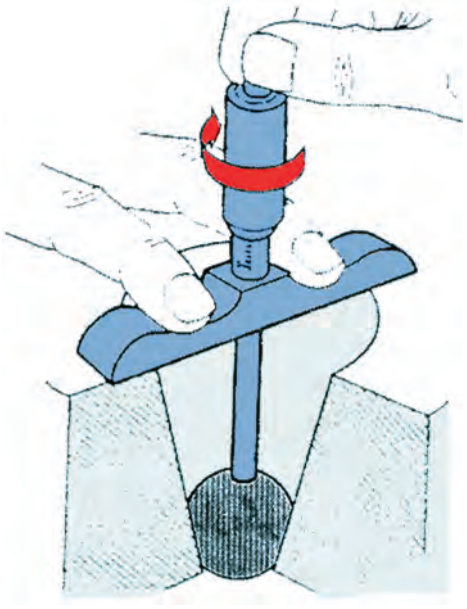
شکل ۴۱ــ۸ــ کنترل تعامد محور سوراخ

گلوله‌های اندازه‌گیری

گلوله‌های اندازه‌گیری نوع دیگری از وسایل اندازه‌گیری ثابت هستند که به شکل کره با سطحی بسیار دقیق و پرداخت تولید می‌شود. از این وسایل نیز برای اندازه‌گیری و کنترل سوراخ‌ها استفاده می‌شود (شکل۴۲ــ۸).

شکل زیر نمونه استفاده از گلوله اندازه‌گیری را نشان می‌دهد (شکل۴۳ــ۸).

شکل ۴۲ــ۸ــ گلوله‌های اندازه‌گیری



شکل ۴۳ــ۸ــ اندازه‌گیری مخروط داخلی

پرسش‌های فصل

۱ــ عددی با سه رقم صحیح و سه رقم اعشار و بر حسب میلی‌متر مثال بزنید و سپس، با توجه به نمونه سری بلوک‌سنجه ذکر شده در این فصل بلوک‌سنجه‌های انتخابی را مشخص و سپس با هم جمع کنید تا به اندازهٔ مورد نظر برسید.

۲ــ عددی، که سه رقم اعشاری داشته باشد و ارقام دهم و صدم آن صفر و از دو رقم عدد صحیح تشکیل شده باشد، بر حسب میلی‌متر مثال بزنید و سپس، با توجه به نمونهٔ سری بلوک‌سنجهٔ ذکر شده در این فصل، بلوک‌سنجه‌های انتخابی را مشخص و سپس با هم جمع نموده تا به اندازهٔ مورد نظر برسید.

۳ــ بلوک‌سنجه‌های انتخابی برای اندازهٔ ۵/۵۵۵ میلی‌متر را با توجه به جدول این فصل بنویسید.

۴ــ با توجه به جدول مربوط به بلوک‌سنجه‌های زاویه در این فصل برای ایجاد زاویهٔ ۴۴ درجه و ۴۴ دقیقه بلوک‌سنجه‌های مناسب را انتخاب و با هم جمع کنید.

۵ــ برای کنترل زوایای داخلی یک شش‌ضلعی منتظم، روش کار و ترکیب بلوک‌سنجه‌ها را بنویسید.

۶ــ برای ایجاد اندازهٔ ۳/۴۵ میلی‌متر از ترکیب چه تیغه فیلرهایی می‌توان استفاده نمود؟

۷ــ منظور از اعداد نوشته شده روی شابلن رزوه میلی‌متری چیست؟

۸ــ در روی شابلن رزوه اینچی ممکن است چند عدد نوشته شده باشد. هر یک را توضیح دهید.

۹ــ با رسم شکل کاربرد یک میلهٔ اندازه‌گیری و گلولهٔ اندازه‌گیری را بنویسید.

۱۰ــ به طور کلی نکات ایمنی و حفاظتی در مورد شابلن‌ها (شابلن رزوه، شابلن قوس و فیلر) را بنویسید.

۱۱ــ روش استفاده از شابلن قوس را بنویسید .

۱۲ــ از ترکیب چه بلوک‌سنجه‌هایی می‌توان زاویه ۱۲۳ درجه و ۴۳ دقیقه را ایجاد نمود؟

۱۳ــ با رسم شکل و استفاده از خط‌کش مویی همراه متعلقات بلوک‌سنجه زاویه، زاویه ۷۴ درجه و ۴۰ دقیقه را بسازید.

فصل ۹

روش‌های اندازه‌برداری قطعات صنعتی

هدف‌های رفتاری: هدف از این فصل استفادهٔ کاربردی‌تر از مطالب فراگرفته شده در فصل‌های گذشته و ایجاد حس اعتماد و خودباوری در فراگیر در اندازه‌برداری از قطعات صنعتی و نهایتاً انجام کار گروهی در خصوص آموخته‌های این فصل است. لذا فراگیر پس از گذراندن مطالب این فصل می‌تواند:

۱ـ با توجه به مشخصات قطعات کار از جمله شکل هندسی، اندازه ابعاد، دقت‌ها، جنس و ... وسایل مناسب برای اندازه‌برداری را انتخاب کند.

۲ـ روش اندازه‌برداری را مشخص کند.

۳ـ وسایل مناسب برای اندازه‌برداری از روی قطعات را انتخاب و فهرست کند.

۴ـ ابعاد قطعات را به کمک وسایل اندازه‌گیری به روش مستقیم اندازه بگیرد.

۵ـ از وسایل انتقال اندازه در اندازه‌گیری‌های غیرمستقیم استفاده نماید.

۶ـ از ترکیب وسایل اندازه‌گیری و هم‌چنین روابط ساده ریاضی در اندازه‌گیری های غیرمستقیم استفاده کند.

عناوین این فصل عبارتند از:

- ✓ روش‌های اندازه‌برداری قطعات صنعتی
- ✓ مثال‌ها

روش های اندازه برداری قطعات صنعتی

در فصل‌های گذشته با انواع وسایل اندازه‌گیری طول، زاویه و وسایل انتقال اندازه آشنا شده، قطعات ساده‌ای را با آن‌ها اندازه گرفته، روش خواندن آن‌ها را یاد گرفته، با قابلیت تفکیک آن‌ها نیز آشنا شده و مهارت نسبی در به‌کار بردن آن‌ها بر روی قطعات را کسب نمودید. در این مبحث قصد داریم به اندازه‌برداری از روی قطعاتی بپردازیم که دارای ابعاد مختلف طول و زاویه‌اند و به ترکیبی از وسایل اندازه‌گیری و محاسبات نیز نیازمندند. برای رسیدن به چنین هدفی لازم است ابتدا قطعه کار را به لحاظ مختلف مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار داد، فهرست وسایل اندازه‌گیری و روش اندازه‌گیری را مشخص نمود و سپس به اندازه‌برداری بپردازیم. لذا در مقدمه لازم است به موارد زیر اشاره شود :

معیارهای انتخاب وسیله اندازه گیری

۱ـ شکل هندسی قطعه : با توجه به نوع ابعاد قطعات که ممکن است طولی، زاویه‌ای، داخلی، خارجی، شیار، شکاف، میله، سوراخ، پیچ، مهره و ... باشند، وسیلهٔ مناسب انتخاب شود.

۲ـ اندازه قطعه : عامل دیگری که در اندازه‌برداری قطعات باید مدّ نظر قرار گیرد اندازهٔ ابعاد قطعهٔ مورد اندازه‌برداری است، تا بر اساس اندازهٔ ابعاد (کوچکی و بزرگی) وسیلهٔ اندازه‌گیری با گسترهٔ اندازه‌گیری مناسب انتخاب شود.

۳ـ جنس : از آن‌جا که در اندازه‌گیری‌های تماسی وسیلهٔ اندازه‌گیری مستقیماً با کار تماس دارد و آن‌را لمس می‌نماید، لذا مساحت سطح تماس وسیلهٔ اندازه‌گیری با کار و فشار درگیری اهمیت خاص دارد، جدای از آن‌که فشار درگیری در اندازه‌گیری قطعات به طور عام مطرح است. در اندازه‌گیری قطعات غیر فلزی این موضوع از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. لذا در اندازه‌گیری قطعات غیر فلزی نظیر لاستیک‌ها، پلاستیک‌ها، اسفنج‌ها و ... بهتر است اندازه‌گیری به روش‌های غیر تماسی انجام شود و چنان‌چه اندازه‌گیری با وسایلی مانند کولیس، میکرومتر و ... انجام می‌شود باید سطح تماس وسیله با کار زیاد باشد. برای مثال جهت اندازه‌گیری قطعات نرم، نظیر اسفنج‌ها از کولیس فک‌پهن و یا میکرومتر فک‌بشقابی و ... استفاده شود (شکل ۱ــ۹).

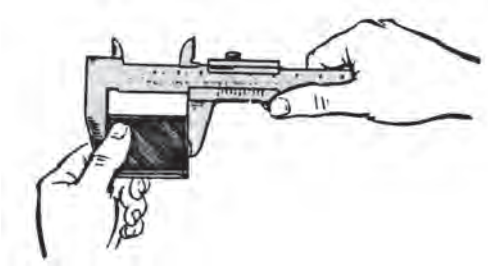
شکل ۱ــ۹ــ اندازه‌گیری به‌وسیله میکرومتر فک بشقابی

۴ـ قابلیت تفکیک وسیلهٔ اندازه‌گیری : در اندازه‌برداری از روی قطعات باید دقت ابعاد مشخص باشد تا بر اساس آن وسیلهٔ اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک مناسب را انتخاب کنیم. مثلاً کولیس با قابلیت تفکیک ۰/۱ میلی‌متر یا میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ میلی‌متر

۵ـ دستگاه یکاهای اندازه‌گیری : از دیگر مواردی که در انتخاب وسایل اندازه گیری باید در نظر گرفت سیستم اندازه‌گیری است که لازم است مشخص باشد تا بدانیم وسیله را با سیستم میلی‌متری و یا اینچی انتخاب کنیم.

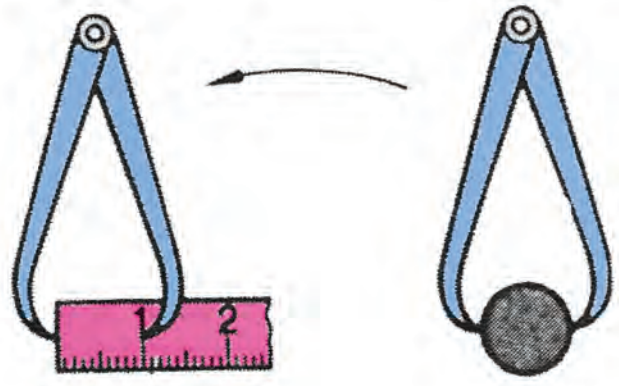
۶ـ روش‌های اندازه‌گیری: اندازه‌گیری‌ها ممکن است به یکی از دو روش زیر انجام شود :

اندازه‌گیری به روش مستقیم : چنان‌چه وسیلهٔ اندازه‌گیری مستقیماً با کار تماس داشته باشد، اندازه‌گیری را مستقیم گویند (شکل۲ـ۹) .



شکل ۲ـ۹ـ اندازه‌گیری مستقیم

روش اندازه‌گیری غیرمستقیم : در این حالت وسیلهٔ اندازه‌گیری مستقیماً با کار تماس ندارد و برای اندازه‌برداری باید از وسایل انتقال اندازه استفاده نمود (شکل۳ـ۹) .



شکل ۳ـ۹ـ اندازه‌گیری غیر مستقیم(انتقال اندازه)

اندازه گیری تماسی: اندازه‌گیری تماسی به اندازه‌گیری گفته می‌شود که وسیلهٔ اندازه‌گیری ، سطوح قطعه کار را لمس کنند مانند انواع اندازه‌گیری‌هایی که با کولیس ومیکرومتر انجام می‌شود.

اندازه‌گیری غیرتماسی: چنان‌چه از عنوان آن ملاحظه می‌کنید در این نوع اندازه‌گیری سطوح تماسی بین قطعه کار و ابزار وجود نداشته و اندازه‌گیری با پرتوهای نوری و یا فراصوتی و بدون تماس سطحی انجام می‌شود، لذا چنان‌چه شرایط قطعه نیاز به چنین نوع اندازه‌گیری داشته باشد باید از وسیله خاص و مربوط به آن استفاده شود.

شرایط عمومی قطعه مورد اندازه‌گیری :

۱ـ سطوح مورد اندازه‌گیری قطعه کار باید تمیز باشد.

۲ـ قطعه کار گرم نباشد.

۳ـ قطعه کار پلیسه نداشته باشد.

۴ـ قطعه کار مغناطیس نباشد.

۵ـ برای اندازه‌برداری بهتر لازم است دستگاه و یا مجموعه مورد اندازه‌برداری به قطعات و اجزای کوچک تفکیک و پس از اندازه‌برداری، مجدداً روی هم سوار شوند.

شرایط و توانایی‌های اندازه‌بردار (اندازه‌گیر): شخص اندازه‌گیر نقش مهم و اصلی در اندازه‌برداری دارد. ویژگی‌های این فرد عبارتند از :

۱ـ از دانش، آموزش و مهارت‌های لازم برخوردار باشد.

۲ـ بتواند روش مناسب برای انجام کار را انتخاب نماید.

۳ـ مشکل بینایی نداشته باشد.

۴ــ از حوصلهٔ لازم برای کار اندازه‌گیری ابعادی برخوردار باشد.
۵ــ دقت و انضباط کاری داشته باشد.
۶ــ دانش و اطلاعات کافی برای انتخاب و استفاده از وسیلهٔ اندازه‌گیری داشته باشد.
۷ــ لرزش دست نداشته باشد.
۸ــ دست‌هایش تمیز باشد.
۹ــ توانایی باز کردن و سر هم نمودن قطعات یک دستگاه را داشته باشد.
۱۰ــ توانایی لازم برای نقشه‌خوانی مجموعه‌ها و قطعات مرکب و هم‌چنین قطعات تکی را داشته باشد.

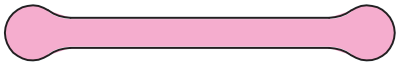
شرایط عمومی وسیلهٔ اندازه‌گیری : وسیلهٔ اندازه‌گیری انتخاب شده باید شرایط زیر را داشته باشد :

۱ــ از دقت و درستی لازم برخوردار باشد.
۲ــ سالم و تنظیم باشد.
۳ــ کاملاً تمیز باشد.
۴ــ لقی قسمت‌های مختلف آن در حدّ مجاز باشد.
۵ــ قابلیت تفکیک آن متناسب با قطعهٔ مورد اندازه‌گیری باشد.
۶ــ فرسوده نباشد.
۷ــ سالم باشد.
۸ــ با توجه به ابعاد قطعه کار از گسترهٔ اندازه‌گیری مناسب برخوردار باشد.

حال که شرایط برای اندازه‌برداری را شناختیم و وسایل اندازه‌گیری آماده شد می‌توانیم کار را انجام دهیم. برای درک بهتر به شرح چند مثال گوناگون می‌پردازیم :

مثال

وسایل و روش اندازه‌برداری قطر سوراخ‌ها، پهنای شیار، فاصلهٔ محوری سوراخ ها و ابعاد صفحه شکل(۴ــ۹) را شرح دهید. دقت اندازه‌برداری ۰/۰۱ mm باشد. جنس قطعه از پلاستیک و ضخامت آن بیش از ۱۵ میلی‌متر است.



شکل ۴ــ۹ــ اندازه‌گیری صفحهٔ شیاردار

پاسخ :

۱ــ۱ــ ابعاد طول، پهنا و ضخامت صفحه به وسیلهٔ اندازه‌گیرهای طول قابل اندازه‌برداری می‌باشد. البته از آن‌جا که جنس قطعه پلاستیکی (انعطاف پذیر) است و دقت اندازه گیری باید ۰/۰۱ mm باشد، بهتر است از میکرومتر فک بشقابی با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ mm استفاده شود.

۲ــ۱ــ برای اندازه‌برداری قطر سوراخ‌ها بهتر است از میله‌های اندازه‌گیری با تغییرات ۰/۰۱ mm استفاده شود به این ترتیب که از سری میله‌های اندازه‌گیری آن‌قدر روی سوراخ‌ها امتحان می‌کنیم تا میله هم‌قطر مشخص شود.

۳ــ۱ــ برای تعیین پهنای شیار از فیلر یا بلوک سنجهٔ طول استفاده شود. ترکیبی از بلوک‌سنجهٔ طول را در داخل شیار کرده، چسبان‌ترین ترکیب اندازهٔ پهنای شیار را نشان می‌دهد.

۴ــ۱ــ به منظور اندازه‌گیری فاصلهٔ مرکز تا مرکز سوراخ‌ها، ابتدا میله‌هایی هم‌قطر سوراخ‌ها انتخاب و در داخل سوراخ‌ها زده می‌شود. (لازم است طول میله‌ها به گونه‌ای باشد که حداقل ۱۰ میلی‌متر از سوراخ‌ها بیرون بزند.) سپس، فاصله پشت تا پشت میله‌ها را با استفاده از میکرومتر اندازه‌گیری کرده، فاصلهٔ مرکز تا مرکز سوراخ‌ها را از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آوریم.

$$C = L - \frac{d}{2} - \frac{d}{2}$$

$$C = L - d$$

که در آن :

L = فاصله پشت تا پشت میله‌ها

d = قطر میله‌های اندازه‌گیری

C = فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها

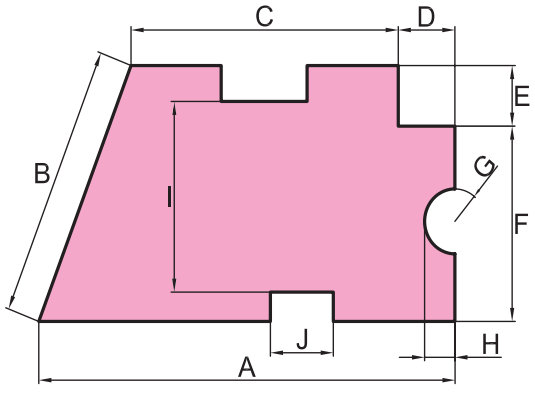
برای نمایش بهتر و مشخص نمودن روش اندازه‌گیری پاسخ در جدول۱ــ۹ مرتب شده است.

جدول ۱ــ۹ــ وسایل و روش اندازه گیری

بعد	فاصلهٔ محوری	پهنای شیار	قطر سوراخ‌ها	ضخامت	عرض	طول
وسیله	میله و میکرومتر	فیلر یا بلوک سنجه طول	میلهٔ اندازه‌گیری	میکرومتر فک بشقابی	میکرومتر فک بشقابی	میکرومتر فک بشقابی
روش اندازه‌گیری	مستقیم و غیرمستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم

مثال

وسیلهٔ مناسب برای تعیین ابعاد مشخص شده در شکل۵ــ۹ را به روش مستقیم بنویسید. چنان‌چه بعدی به روش مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست، آن را در جدول با علامت × مشخص نمایید قطعه از ورقی به ضخامت ۱۰ میلی‌متر ساخته شده است.



شکل ۵ــ۹ــ اندازه‌گیری ابعاد صفحه

پاسخ :

فرض کنید انواع وسایل اندازه‌گیری طول در اختیار باشد. با مطالعه و بررسی قطعه معلوم است بیش‌تر ابعاد به روش مستقیم و با کولیس قابل اندازه‌گیری است. به منظور نمایش بهتر، پاسخ در جدول ۲ــ۹ مرتب شده است.

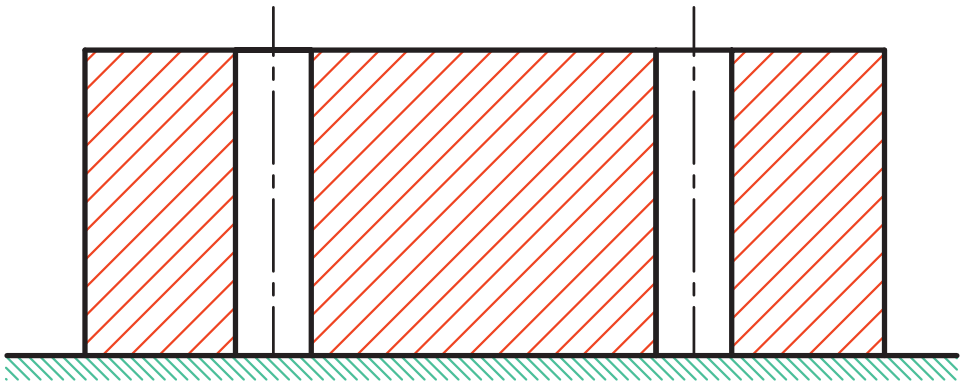
جدول ۲ــ ۹ــ وسایل و روش اندازه گیری

ابعاد	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
وسیله اندازه‌گیری	کولیس	کولیس	کولیس و میله	شابلن قوس	کولیس	کولیس	کولیس	×	×	کولیس
نوع اندازه‌گیری	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	غیر مستقیم	غیر مستقیم	مستقیم

توجه : بعدهای B و C به دلیل منتهی بودن به سطح شیب‌دار به روش مستقیم قابل اندازه‌گیری نیستند.

مثال

روش اندازه‌گیری و کنترل قطر، فاصلهٔ مرکز تا مرکز سوراخ‌ها، توازی محور سوراخ و هم‌چنین زاویهٔ محور. سوراخ‌ها را نسبت به سطح بالایی شکل۶ــ۹، به کمک بلوک‌سنجهٔ طول و زاویه و میله‌های اندازه‌گیری، مشخص کنید.

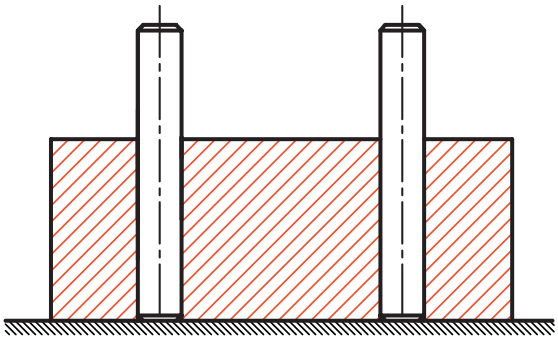


شکل ۶ــ۹ــ اندازه‌گیری و کنترل سوراخ

پاسخ :

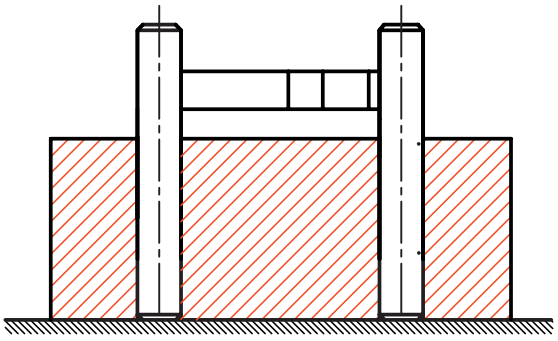
۱ــ۳ــ تعیین قطر سوراخ‌ها : قطر سوراخ‌ها را می‌توان به روش مستقیم با کولیس یا با میکرومتر اندازه‌گیر داخل به‌دست آورد. هم‌چنین می‌توان از سری میله‌های اندازه‌گیری استفاده نمود. به این ترتیب که میله‌های مختلف روی سوراخ‌ها امتحان شوند تا میله‌های کاملاً هم‌اندازه با سوراخ مشخص گردند. در این صورت قطر سوراخ‌ها برابر

میلهٔ انتخابی خواهد بود (شکل۷ــ۹).



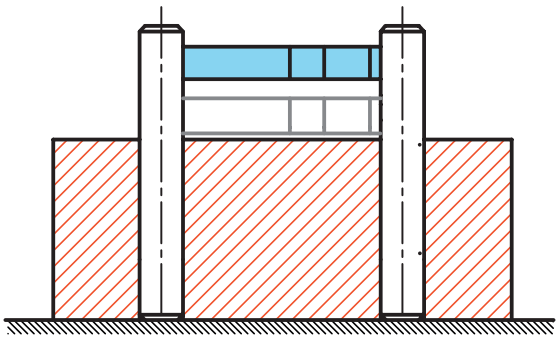
شکل ۷ــ۹ــ تعیین قطر سوراخ‌ها

۲ــ۳ــ فاصلهٔ مرکز تا مرکز سوراخ‌ها : برای تعیین فاصلهٔ مرکز تا مرکز سوراخ‌ها، ابتدا دو عدد میلهٔ هم‌قطر با سوراخ‌ها در داخل آن‌ها زده و سپس فاصلهٔ مابین میله‌ها را با بلوک‌سنجهٔ طول اندازه‌گیری می‌کنیم. مجموع اندازهٔ بلوک‌سنجه‌ها و شعاع هر یک از میله‌ها، نشان‌دهندهٔ مقدار فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها است (شکل۸ــ۹).



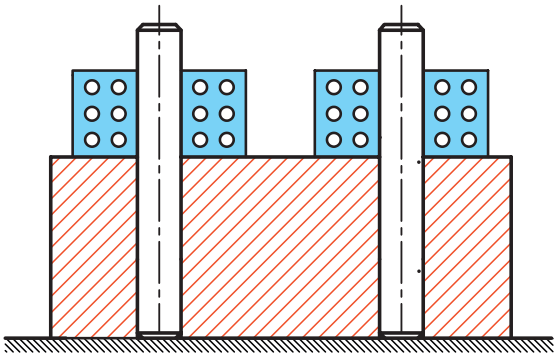
شکل ۸ــ۹ــ کنترل توازی محورها

۳ــ۳ــ کنترل توازی محورها : برای این کار، در همان حالتی که میله‌های کاملاً هم‌قطر داخل سوراخ قرار دارند، فاصله میله‌ها را باترکیب بلوک‌سنجهٔ طول یا میکرومتر فک‌میله‌ای، طی سه مرحله مطابق شکل۹ــ۹، اندازه‌گیری می‌کنیم. در صورت یکسان بودن اندازه‌ها، محور سوراخ‌ها با هم‌دیگر موازی است.



شکل ۹ــ۹ــ کنترل توازی محورها

۴ــ۳ــ کنترل تعامد محور سوراخ‌ها نسبت به سطح : در همان حالتی که میله‌ها داخل سوراخ‌ها قرار دارند یک عدد بلوک‌سنجهٔ زاویه با زاویهٔ ۹۰ درجه انتخاب می‌کنیم و آن را روی سطح قطعهٔ کار و در کنار میله‌ها قرار می‌دهیم و تعامد محور سوراخ‌ها نسبت به سطح را کنترل می‌کنیم (شکل ۱۰ــ۹).



شکل ۱۰ــ۹ــ کنترل تعامد محور سوراخ‌ها نسبت به سطح کار

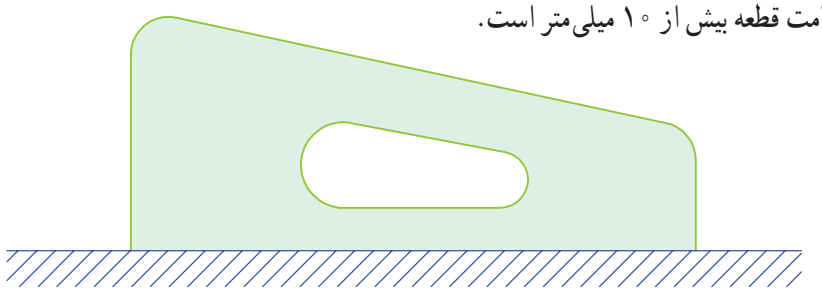
برای نمایش بهتر و مشخص نمودن روش اندازه‌گیری، پاسخ‌ها در جدول۳ــ۹ خلاصه و مرتب شده است.

جدول ۳ــ۹ــ وسایل و روش اندازه گیری

بعد	تعامد محور سوراخ ها	توازی محور سوراخ‌ها	فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها	قطر سوراخ ها
وسیلهٔ اندازه‌گیری و کنترل	بلوک‌سنجه زاویه	میله و بلوک‌سنجه	میله‌های اندازه‌گیری و بلوک‌سنجه زاویه	میله‌های اندازه‌گیری، کولیس، میکرومتر
روش اندازه‌گیری و کنترل	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم

مثال

زاویهٔ شیب سطح شکل (۱۱ــ۹) را به کمک ساعت اندازه‌گیری و بلوک‌سنجهٔ طول تعیین کنید.
ضخامت قطعه بیش از ۱۰ میلی‌متر است.



شکل ۱۱ــ۹ــ تعیین زاویه شیب سطح

پاسخ: برای تعیین زاویهٔ شیب سطح مطابق زیر عمل می‌کنیم :

۱ــ۴ــ به کمک گونیای مرکب و مداد خطی مستقیم، روی سطح شیب‌دار ترسیم می‌کنیم.

۲ــ۴ــ قطعه کار را روی صفحهٔ صافی می‌گذاریم، به‌گونه‌ای که سطح خط‌کشی شده در بالا قرار گیرد.

۳ــ۴ــ با استفاده از دو صفحهٔ گونیایی و یا شمش موازی دقیق، سطح شیب‌دار را کاملاً از دو طرف مهار کنید.

۴ــ۴ــ ترکیبی از بلوک‌سنجه‌های طول با اندازهٔ حدود ۱۵ میلی‌متر را مابین قطعهٔ کار و صفحهٔ گونیایی سمت چپ قرار دهید و قطعه کار را کاملاً به آن بچسبانید.

۵ــ۴ــ صفحهٔ گونیایی را کاملاً فشار دهید تا کاملاً به بلوک‌سنجه بچسبد و بلوک سنجه نیز به سطح بزرگ قطعه مماس شود.

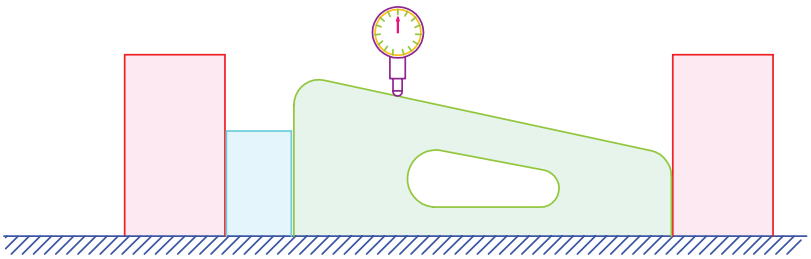
۶ــ۴ــ ساعت اندازه‌گیری، با قابلیت تفکیک و گسترهٔ اندازه‌گیری مناسب، انتخاب کنید و آن را روی نگه‌دارنده با پایهٔ مغناطیسی و یا نگه‌دارندهٔ ثابت سوار کرده روی صفحهٔ صافی قرار دهید.

۷ــ۴ــ ساعت اندازه‌گیری را در مجاورت قطعه کار بیاورید، به گونه‌ای که اولاً سر اندازه‌گیری ساعت روی قطعه کار و خط ترسیم شده قرار گیرد. ثانیاً بر قطعهٔ کار عمود باشد. ثالثاً نزدیک به ضلع بزرگ‌تر قطعه قرار گیرد، به‌طوری‌که برای اندازه‌گیری زاویهٔ شیب، ساعت حرکت نزولی داشته باشد.

۸ــ۴ــ عقربهٔ بزرگ ساعت را نزدیک به گسترهٔ اندازه‌گیری ساعت، تحت فشردگی قرار دهید.

۹ــ۴ــ با چرخاندن طوقهٔ متحرک ساعت، صفر صفحهٔ بزرگ ساعت را زیر عقربهٔ بزرگ بیاورید.

۱۰ــ۴ــ موقعیت عقربهٔ بزرگ و عقربهٔ کوچک ساعت را یادداشت کنید (شکل ۱۲ــ۹).

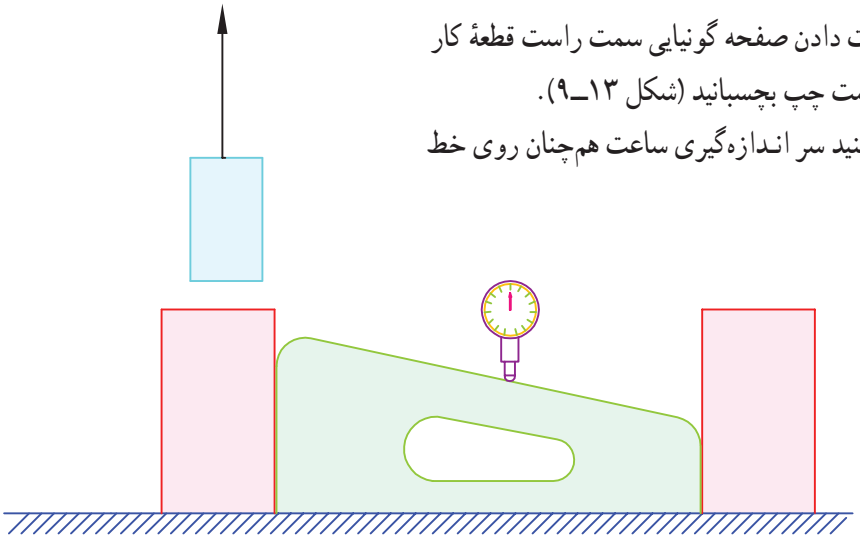


شکل ۱۲ــ۹ــ اندازه‌گیری زاویه شیب

۱۱ــ۴ــ مطابق شکل۱۳ــ۹ ترکیب بلوک سنجه قرار داده شده مابین قطعه مورد اندازه گیری و صفحهٔ گونیایی را بردارید.

۱۲ــ۴ــ با حرکت دادن صفحه گونیایی سمت راست قطعهٔ کار را به صفحهٔ گونیایی سمت چپ بچسبانید (شکل ۱۳ــ۹).

توجه: دقت کنید سر اندازه‌گیری ساعت هم‌چنان روی خط ترسیم شده باشد.



شکل ۱۳ــ۹ــ اندازه‌گیری زاویه شیب سطح

۱۳ــ۴ــ موقعیت جدید ساعت را یادداشت کنید.

مقدار زاویه، مطابق شکل و رابطه زیر تعیین می‌شود :

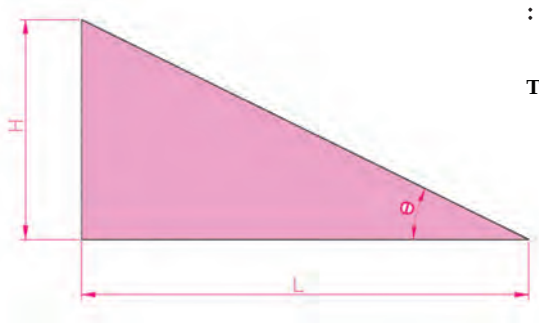
$$Tg\theta = \frac{H}{L}$$

که در آن :

L = ضخامت بلوک‌سنجه

H = تغییر اندازهٔ ایجاد شده در ساعت اندازه‌گیری

θ = زاویهٔ شیب سطح



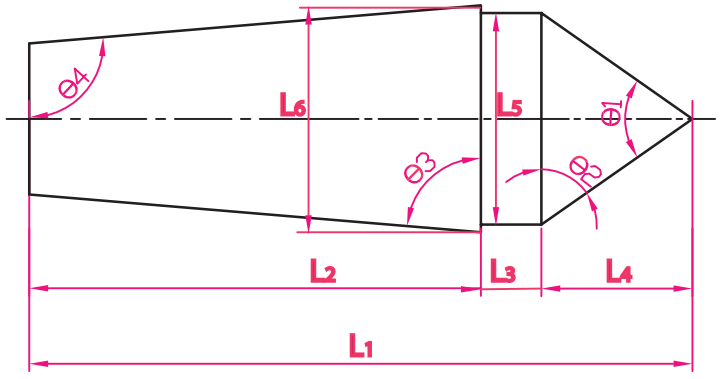
نتایج این اندازه‌گیری را می‌توان مطابق جدول ۴ــ۹ خلاصه نمود :

جدول ۴ــ ۹ــ وسایل و روش اندازه‌گیری زاویهٔ شیب سطح

بعد	علامت	وسیله اندازه‌گیری	روش اندازه‌گیری
زاویه	θ	ــ	محاسبه
تغییر مکان افقی	L	بلوک‌سنجه	مستقیم
تغییر مکان عمودی	H	ساعت اندازه‌گیری	مستقیم

مثال

در صورتی‌که انواع وسایل اندازه‌گیری و کنترل طول و زاویه در اختیار باشد، روش تعیین ابعاد مرغک ثابت شکل۱۴ــ۹ را شرح دهید. ابعاد مشابه، کاملاً مساوی و قرینه فرض شوند.



شکل ۱۴ــ۹ــ مرغک ثابت

پاسخ :

۱ــ۵ــ طول‌های $L_۲$ و $L_۱$ و قطر $L_۵$ و $L_۶$ به روش مستقیم و با استفاده از کولیس و میکرومتر قابل اندازه‌گیری است.

۲ــ۵ــ زوایای $\theta_۱$, $\theta_۲$, $\theta_۳$, $\theta_۴$, $\theta_۵$ به روش مستقیم قابل اندازه‌گیری است.

۳ــ۵ــ تعیین طول $L_۴$: این طول به روش مستقیم قابل اندازه‌گیری نبوده و مقدار آن بر اساس روابط ریاضی مطابق زیرمحاسبه می‌شود :

$$Tg\frac{\theta_۱}{۲}=\frac{\frac{L_۵}{۲}}{L_۴}$$

$$L_۴=\frac{L_۵}{۲Tg\frac{\theta_۱}{۲}}$$

۴ــ۵ــ طول L_3 :

این طول با معلوم بودن طول کلی مرغک (L_1)، ارتفاع سر مرغک (L_4) و طول پایه مرغک (L_2) محاسبه می‌شود.

$$L_3 = L_1 - L_2 - L_4$$

اندازه برداری‌های بالا را مطابق جداول زیر خلاصه می‌کنیم :

اندازه‌های طولی

جدول ۵ــ۹ــ وسایل و روش اندازه‌گیری طول‌ها

بعد	L_6	L_5	L_4	L_3	L_2	L_1
وسیله	مستقیم	مستقیم	ــ	ــ	کولیس	کولیس
روش اندازه‌گیری	محاسبه (غیرمستقیم)	محاسبه (غیرمستقیم)	محاسبه (غیرمستقیم)	محاسبه (غیرمستقیم)	مستقیم	مستقیم

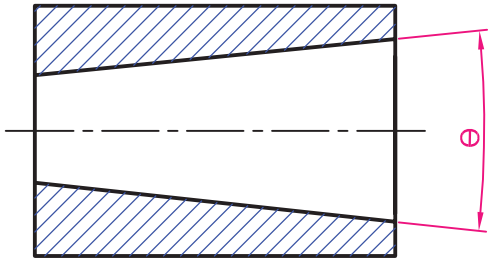
اندازه‌های زاویه‌ای

جدول۶ــ۹ــ وسایل و روش اندازه‌گیری زاویه‌ها

زوایا	θ_5	θ_4	θ_3	θ_2	θ_1
وسیله	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج
نوع اندازه‌گیری	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم

مثال

روش تعیین زاویه مخروط داخلی شکل۱۵ــ۹ را شرح دهید.



شکل ۱۵ــ۹

پاسخ: روشی را که برای اندازه‌گیری زاویهٔ مخروط انتخاب می‌کنیم، استفاده از سه نظام دستگاه تقسیم است، که مطابق زیر عمل می‌شود :

۱ـ۶ـ قطعه کار را به سه نظام دستگاه تقسیم می بندیم، به‌گونه‌ای که قطر کوچک مخروط در داخل گلویی سه‌نظام دستگاه تقسیم قرار گیرد.

۲ـ۶ـ قطعه کار را داخل سه نظام محکم می‌کنیم.

۳ـ۶ـ ساعت اندازه‌گیری مناسب انتخاب و روی نگه‌دارندهٔ میله‌ای با پایهٔ مغناطیسی و یا نگه‌دارندهٔ ثابت، سوار می‌کنیم.

۴ـ۶ـ از مجموعهٔ متعلقات ساعت، اهرم اندازه‌گیری داخلی ساعت را روی آن سوار کنید.

۵ـ۶ـ مجموعهٔ ساعت اندازه‌گیری را روی میزی که دستگاه تقسیم روی آن قرار دارد می‌گذاریم، به‌طوری‌که بین پایهٔ ساعت اندازه‌گیری و پایهٔ دستگاه تقسیم، مقدار فاصله‌ای باقی بماند.

۶ـ۶ـ فاصلهٔ مابین پایهٔ ساعت اندازه‌گیری و پایهٔ دستگاه تقسیم را با بلوک‌سنجه پر می‌کنیم.

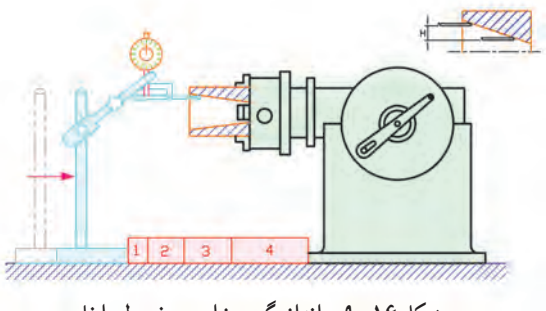
۷ـ۶ـ مقدار بلوک‌سنجه‌ها باید به اندازه‌ای باشد که مجموعهٔ ساعت اندازه‌گیری را نزدیک پایهٔ سه‌نظام دستگاه تقسیم برده، به‌گونه‌ای که سر اهرم اندازه‌گیری ساعت داخل مخروط و نزدیک قطر بزرگ قرار گیرد و بر لبهٔ بالایی مخروط مماس باشد و عقربهٔ بزرگ ساعت به اندازهٔ ربع دور صفحهٔ بزرگ ساعت تحت فشردگی قرار گرفته باشد.

۸ـ۶ـ طوقه متحرک ساعت را چرخانده، صفر صفحه بزرگ ساعت را زیر عقربه بزرگ می‌آوریم.

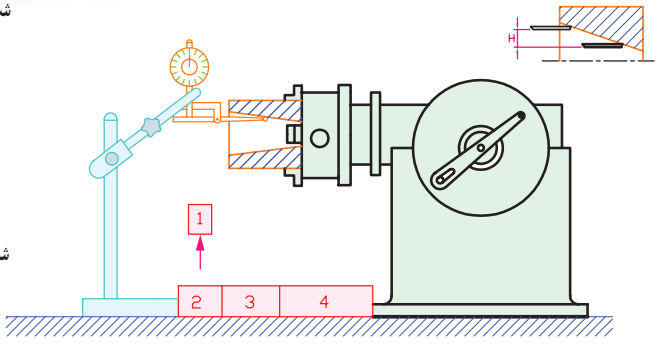
۹ـ۶ـ با استفاده از پیچ و زبانهٔ روی بدنهٔ ساعت، طوقه را قفل می کنیم (شکل۱۶ـ ۹).

۱۰ـ یک قطعه از بلوک‌سنجه‌ها را از مجموعهٔ بلوک‌سنجه‌ها بر می‌داریم.

۱۱ـ مطابق شکل ۱۷ـ۹، ساعت اندازه‌گیری را به داخل مخروط هدایت می‌کنیم تا پایهٔ ساعت مجدداً به بلوک‌سنجه‌های باقی‌مانده بچسبد.



شکل ۱۶ـ۹ـ اندازه‌گیری زاویه مخروط داخلی



شکل ۱۷ـ۹ـ اندازه‌گیری زاویه مخروط داخلی

۱۲ــ مقدار تغییر اندازهٔ ساعت را می‌خوانیم.

۱۳ــ با داشتن تغییر مکان طولی و عمودی، زاویهٔ مخروط را محاسبه می‌کنیم.

که در آن :

θ = زاویه مخروط

H = مقداری که ساعت اندازه‌گیری نشان می‌دهد.

L = مقدار ضخامت بلوک‌سنجه برداشته شده

$$Tg\frac{\theta}{۲}=\frac{H}{L}$$

با توجه به مطالب ذکر شده در این فصل مراحل اندازه‌برداری قطعات را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود :

۱ــ تمیز کردن دست‌ها

۲ــ تمیز کردن قطعات مورد اندازه‌گیری

۳ــ مطالعه، بررسی و شناخت دقیق قطعه یا دستگاه مورد اندازه‌برداری

۴ــ مطالعه و بررسی دقت اندازه‌برداری

۵ــ بررسی وسایل اندازه‌گیری مورد نیاز

۶ــ انتخاب و تهیهٔ فهرست وسایل اندازه‌گیری مورد نیاز

۷ــ تهیهٔ نقشه با دست آزاد همراه خط اندازه‌های لازم

۸ــ گذاشتن حروف مناسب برای خط اندازه‌ها

۹ــ ترسیم جدول اندازه در صورت لزوم

۱۰ــ اندازه‌برداری از روی قطعه کار

۱۱ــ درج اندازه‌ها در جدول

۱۲ــ بررسی و جمع‌بندی اندازه‌ها

۱۳ــ نهایی نمودن اندازه‌ها

۱۴ــ مرتب کردن وسایل

پرسش‌های فصل

۱ــ برای اندازه‌گیری قوس‌های داخلی که قابل دسترس نیستند چه روش اندازه‌برداری را پیشنهادمی‌کنید؟ با رسم شکل توضیح دهید.

۲ــ روش اندازه‌گیری طول اضلاع یک پنج‌ضلعی منتظم را با رسم شکل شرح دهید.

۳ــ روش اندازه‌گیری قطر یک پولک شکسته (کم‌تر ازنیم‌دایره) را با رسم شکل شرح دهید.

۴ــ چگونه می‌توان قطر بزرگ یک چرخ‌دندهٔ شکسته را اندازه‌گیری نمود؟ با رسم شکل توضیح دهید.

۵ــ روش اندازه‌گیری زاویهٔ مخروط را به کمک ماشین‌تراش و ساعت اندازه‌گیری توضیح دهید.

فهرست منابع

۱ـ Engineering ـ Metrology ـ DM ANTHONY

۲ـ Practical Engineering Metrology K.W.H SHARP

۳ـ Dinensional Gavging V.L. Br Rov

۴ـ Metrology For Engineering J.F.W. Galyer & C.R. Shotbolt

۵ـ Engineering Metrology R.K. JAIN

۶ـ جزوات اندازه‌گیری، محمد مهرزادگان

۷ـ کتاب اندازه‌گیری دقیق، محمد مهزادگان . وزارت آموزش و پرورش

۸ـ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری، شرکت میتو تویو ژاپن

۹ـ کتاب‌های اندازه‌گیری، صندوق کارآموزی

۱۰ـ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری شرکت تسا سوئیس

۱۱ـ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری شرکت مار آلمان

۱۲ـ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری شرکت هلیوس آلمان

۱۳ـ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری شرکت استارت انگلستان

۱۴ـ استانداردهای اندازه‌گیری ISO, DIN, ISIRI

۱۵ـ واژه‌نامه و اصطلاحات پایه و عمومی اندازه‌شناسی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران