

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

# اندازه‌گیری دقیق

رشته‌های ساخت و تولید - نقشه‌کشی عمومی

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۱۵۳۸

مهرزادگان، محمد	۵۳۰/۸
اندازه‌گیری دقیق/مؤلف: محمد مهرزادگان. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.	الف ۸۷۷/م ۱۳۹۴
۱۶۹ ص: مصور. - (شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای: شماره درس ۱۵۳۸) متون درسی رشته‌های ساخت و تولید - نقشه‌کشی عمومی، زمینه صنعت. برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته‌های ساخت و تولید - نقشه‌کشی عمومی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کار دانش، وزارت آموزش و پرورش. اندازه‌گیری دقیق. الف. مهرزادگان، محمد. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته‌های ساخت و تولید - نقشه‌کشی عمومی. ج. عنوان. د. فروست.	

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران- صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی  
و حرفه‌ای و کار دانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

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

نام کتاب : اندازه‌گیری دقیق - ۴۷۳/۱

مؤلف : محمد مهرزادگان

اعضای کمیسیون تخصصی : غلامحسن پایگانه، عزیز خوشینی، حسن عبداللہزاده، احمدرضا دوراندیش، حسن امینی، حسن آقابابایی،

محمدسعید کافی، محمدخواجہ حسینی، ابوالحسن موسوی، سیدحسین حسینی و محمد مهرزادگان

ویراستار : حسین داوودی

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

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

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۰۹۲۶۶-۸۸۳۰، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر امور فنی و چاپ : لیدا نیک‌روش

رسم : زهره‌سادات حسینی شجاعی

طراح جلد : محمدرحمن معماری

صفحه‌آرا : شهرزاد قنبری

حروفچین : کبری اجابتی

مصصح : نوشین معصوم دوست، فرشته ارجمند

امور آماده‌سازی خبر : ناهید خیام‌بانی

امور فنی رایانه‌ای : حمید ثابت کلاچاهی، سیده شیوا شیخ‌الاسلامی

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

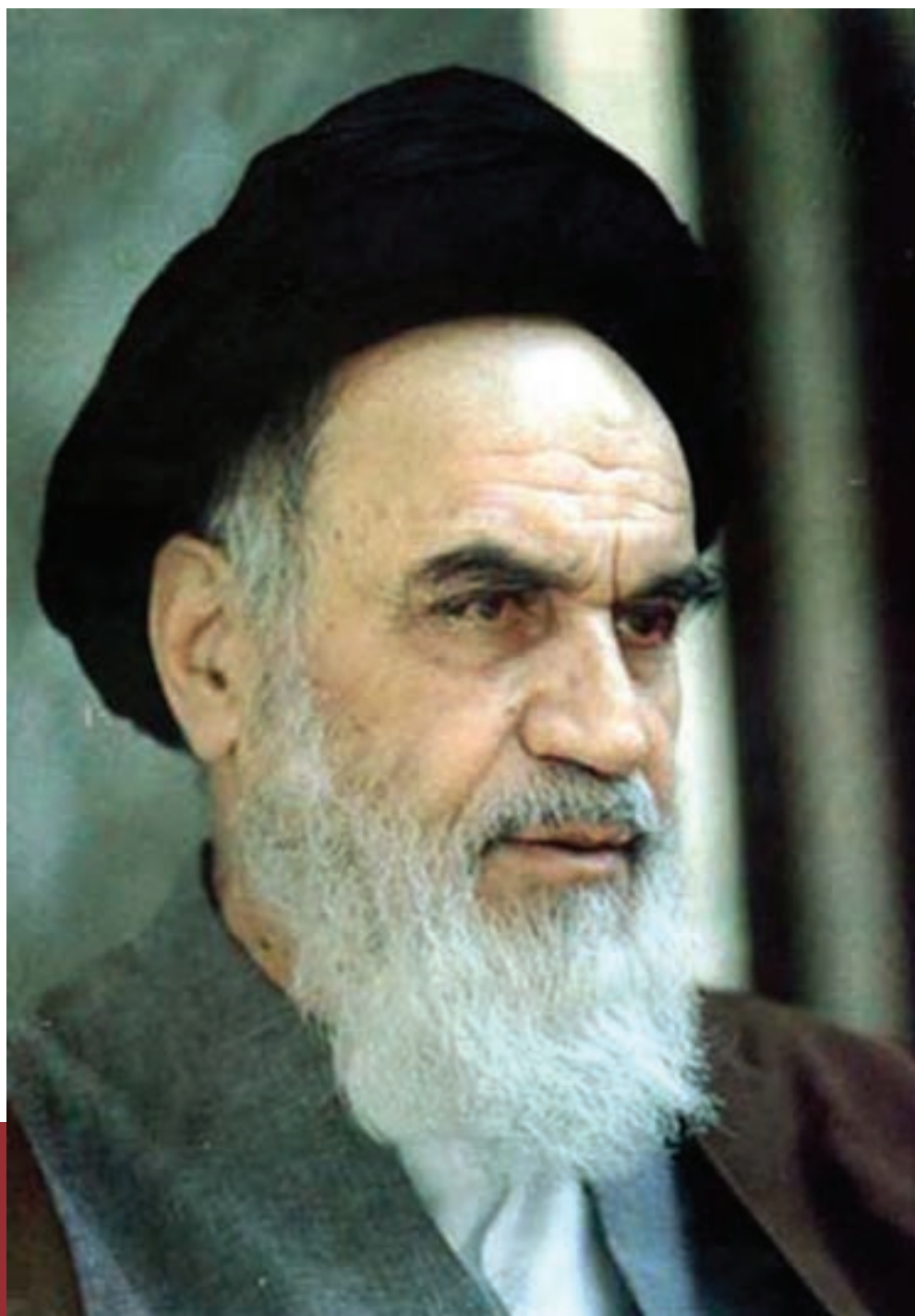
تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹

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

سال انتشار : ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.

شابک X-۱۸۶۲-۵-۰۹۶۴-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. دامن شما یک مدرسه‌ای است که در آن  
جوانان بزرگ تربیت بشود. شما فضایل تحصیل کنید تا کودکان شما به فضیلت برسند.

امام خمینی (ره)





۱

مبانی اندازه‌گیری دقیق

فصل اول

۱۹

تجهیزات اساسی و پایه

فصل دوم

۳۹

مترها و خط‌کش‌ها

فصل سوم

۴۷

کولیس‌ها

فصل چهارم

۷۳

میکرومتر

فصل پنجم

۹۶

ساعت‌های اندازه‌گیری

فصل ششم

۱۱۶

تجهیزات اندازه‌گیری و کنترل زوایا

فصل هفتم

۱۳۸

اندازه‌گیرهای ثابت

فصل هشتم

۱۵۵

روش‌های اندازه‌برداری قطعات صنعتی

فصل نهم

۱۶۹

منابع



## 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:

- ۱- تدریس کتاب نظری و عملی توسط یک هنرآموز انجام شود.
  - ۲- ساعت عملی در ادامه نظری اجرا شود.
  - ۳- تعداد هنرجویان از ۶۱ نفر بیش‌تر نباشد.
  - ۴- کلاس نظری و عملی در محل آزمایشگاه برگزار شود.
  - ۵- 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.
  - ۶- در موقع تدریس نحوه‌ی درجه‌بندی تجهیزات اندازه‌گیری، وسیله‌ی مربوطه در اختیار هر یک از هنرجویان قرار داده شود، به گونه‌ای که آن‌ها در آموزش مشارکت نمایند.
  - ۷- هنرآموز محترم با شیوه‌ای مناسب نسبت به مشارکت هنرجویان در پاسخ، به سؤالات انتهای هر فصل اقدام نماید.
  - ۸- در پایان هر فصل برای درک بهتر هنرجویان امتحان کلاسی از همان فصل گرفته شده و نمره‌ی آن به عنوان نمره‌ی 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 — محمد مهرزادگان

## مبانی اندازه‌گیری دقیق

هدف‌های رفتاری: در این فصل فراگیر ابتدا به طور مختصر با تاریخچه 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 کمیت‌های اصلی، فرعی، مفاهیم و اصطلاحات پایه که در اندازه‌گیری ابعاد رایج است، آموزش می‌بیند. در این صورت می‌تواند:

- ۱- تاریخچه متر و یارد استاندارد را بیان کند.
- ۲- دستگاه یکاهای متریک و انگلیسی را شرح دهد.
- ۳- اصول و مفاهیم پایه در اندازه‌گیری را شرح دهد.
- ۴- خطاهای اندازه‌گیری را شرح دهد.
- ۵- شرایط آزمایشگاه اندازه‌گیری را توصیف نماید.

### عناوین این فصل عبارتند از 8

✓ تاریخچه

✓ دستگاه یکاهای اندازه‌گیری (سیستم‌های اندازه‌گیری)

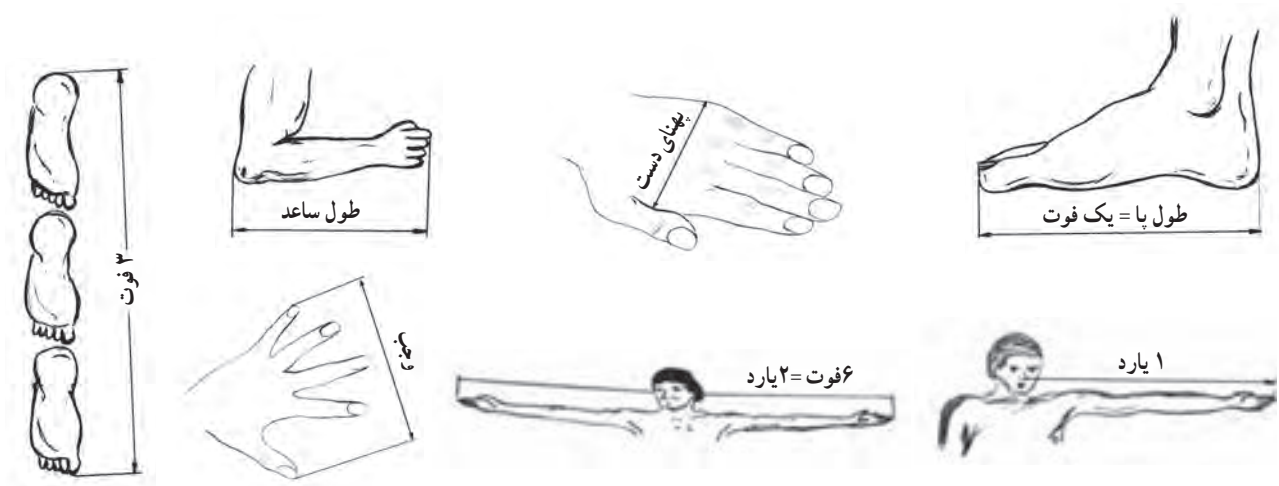
✓ اصول و مفاهیم پایه

✓ شرایط آزمایشگاه اندازه‌گیری

✓ اصول کلی استفاده و نگهداری وسایل اندازه‌گیری

## تاریخچه اندازه گیری

به طور کلی اندازه گیری قدیمی 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 اندازه گیری طول از ابزارهای قابل دسترس، که طبعاً این وسایل می توانند اعضای بدن انسان باشند، استفاده می نموده است. از آن جمله از طول پا، قدم، و جب، بهنای چهار انگشت، فاصله نیک انگشت وسط تا آرنج، فاصله نیک بینی تا سر انگشت دست و... استفاده می شده است. معمولاً مقدار شاخص های فوق براساس طول اعضای بدن پادشاهان و حاکمان انتخاب می شده، که با تغییر حکومت ها در اثر جنگ ها و سایر عوامل و ایجاد پادشاهی ها و حکومت های جدید، نوع شاخص ها و مقدار آن ها تغییر می یافته است. هم چنین، با توجه به توسعه و گوناگونی جمعیت ها و کشورها، واحدهای اندازه گیری طول ثابت نمانده و متعدد شده اند، که این موضوع در ارتباط بین قومیت ها و ملیت ها ایجاد مشکل کرده است. تصاویر زیر، نمونه هایی از شاخص های اندازه گیری طول را نشان می دهد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- نمونه هایی از شاخص های اندازه گیری طول

## دستگاه یکاهای اندازه گیری (سیستم های اندازه گیری)

دستگاه یکاهای متریک (سیستم متریک): این دستگاه از متداول ترین دستگاه های اندازه گیری است که اکثر کشورهای دنیا از آن استفاده می کنند. مشخصه بارز این سیستم دهدهی بودن آن است، به این معنی که در تبدیل واحدها هیچ مقداری از بین نمی رود و اشتباهات آن نیز کم تر است و نمایش آن می تواند به صورت خطی باشد، نه کسری و چنانچه کسری باشد مخرج آن به صورت مضرب عدد ده نوشته می شود. هم چنین دقت تجهیزات اندازه گیری با یکاهای متریک نسبت به یکاهای انگلیسی نیز بالاتر است. برای مثال، دقت کولیس های ورنیه دار اینچی به  $0.01$  inch می رسد، که معادل  $0.254$  mm می شود، در حالی که دقت کولیس های ورنیه دار میلی متری به  $0.02$  mm می رسد. این سیستم (متریک)، با توجه به گسترش و فراگیرش در دنیا، به نام دستگاه بین المللی یکاها (SI) معروف شده است.

واحد اصلی طول در دستگاه یکاهای متریک، متر است که با مضرب ده قابل تبدیل به یکاهای بزرگ تر و کوچک تر است.

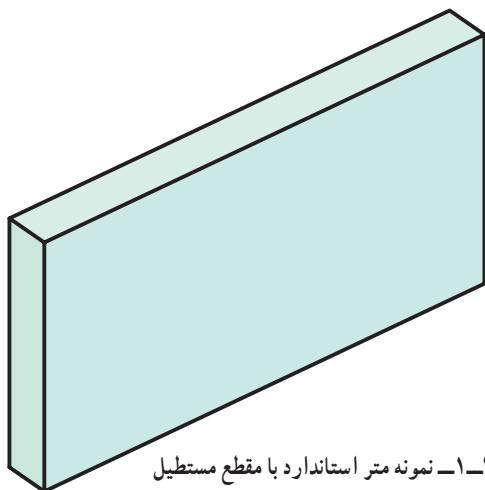


مبنای متر استاندارد : تاکنون تعاریف مختلفی برای متر استاندارد ارائه شده که اولین و آخرین آن عبارت است از :  
 اولین تعریف متر استاندارد : در سال ۱۷۹۱ میلادی متر بر مبنای طول نصف النهار کره زمین که از پاریس می‌گذشت تعریف شد .



شکل ۱-۲- متر استاندارد

بر این اساس  $\frac{1}{40\,000\,000}$  طول نصف النهار کره زمین، که از پاریس می‌گذشت به عنوان متر استاندارد شناخته شد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۳- 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 (۲۵×۴ mm) ساخته شد (شکل ۱-۳)».



شکل ۱-۴- 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 مبنای شناخته شد و در اولین کنفرانس اوزان و مقادیر مورد تصویب قرار گرفت. متر مبنای هنوز هم در موزه لوور فرانسه نگهداری می‌شود (شکل ۱-۴)».

## ۱- 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  $(\frac{1}{299,792,458})$  طی می‌نماید.

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

جدول ۱-۱ - واحدهای اندازه‌گیری طول در دستگاه یکاهای متریک

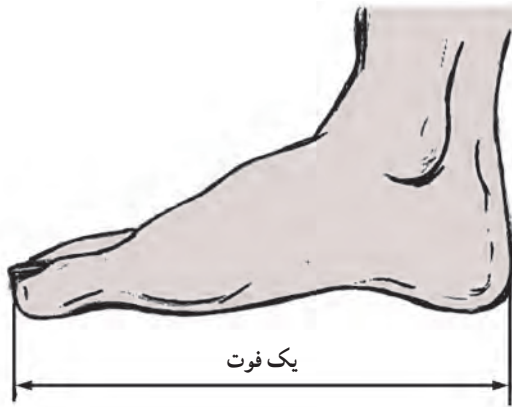
ردیف	یکا (واحد)	علامت اختصاری	شرح انگلیسی	مقدار (m)
۱	پیکومتر	Pm	Pico meter	$10^{-12}$
۲	آنگسترم	A	Angstrom	$10^{-10}$
۳	نانومتر	nm	Nano meter	$10^{-9}$
۴	میکرون	Mm	Micro meter	$10^{-6}$
۵	میلی‌متر	mm	Mili meter	$10^{-3}$
۶	سانتی‌متر	Cm	Canti meter	$10^{-2}$
۷	دسی‌متر	dm	Deci meter	$10^{-1}$
۸	متر	m	meter	۱
۹	دکامتر	d	Deca meter	۱۰
۱۰	هکتومتر	h	Hecto meter	$10^2$
۱۱	کیلومتر	Km	Kilo meter	$10^3$
۱۲	مگامتر	Mm	Mega meter	$10^6$
۱۳	گیگامتر	Gm	Giga meter	$10^9$
۱۴	ترامتر	Tm	Tera meter	$10^{12}$

### دستگاه یکاهای انگلیسی (سیستم انگلیسی): این دستگاه که به نام سیستم اینچی نیز معروف است در کشورهای اروپایی،

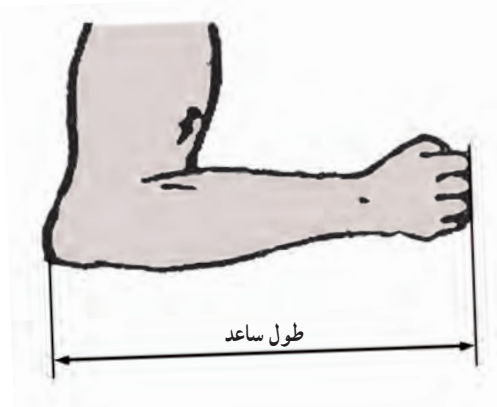
آمریکایی و کشورهای که از تجهیزات با سیستم اندازه‌گیری اینچی استفاده می‌نمایند کاربرد دارد. در خصوص مبنای طول در این دستگاه گفتنی است:

۱- 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 اولنا عبارت است از طول ساعد ادوارد اول پادشاه انگلیس». واحد بزرگ‌تر اولنا، پرچ است و هر پرچ معادل پنج‌ونیم اولناست (شکل ۱-۵).

۲- در قرن سیزدهم میلادی هنری اول پادشاه انگلستان طول پای خود را به عنوان یک فوت برای اندازه‌گیری طول معرفی نمود (شکل ۱-۶).



شکل ۱-۶- طول پا



شکل ۱-۵- طول ساعد انسان

هم چنین فاصله نَک بینی تا سر انگشت دست خود را نیز به عنوان یارد استاندارد اعلام نمود (شکل ۱-۷).



شکل ۱-۷- فاصله نَک بینی تا سر انگشت

**۲- آخرین تعریف یارد استاندارد:** در سال ۱۹۶۰ میلادی در آمریکا هر یارد معادل  $\frac{3600}{3937} = 0.9144$  متر استاندارد

تعریف شد. به عبارتی تعریف بنیادین برای یارد استاندارد براساس متر استاندارد می باشد ( $1 \text{ Yard} \cong 91/44$ ). جدول (۱-۲) واحدهای کوچک تر و بزرگ تر از یارد را نشان می دهد.

جدول ۱-۲- واحدهای اندازه گیری طول در دستگاه یکاهای انگلیسی (اینچی)

مقدار (Yard)	شرح انگلیسی	علامت اختصاری	یکا (واحد)	ردیف
$\frac{1}{36}$ Yard	Inch	in	اینچ	۱
$\frac{1}{3}$ Yard	Foot	ft	فوت	۲
۱ Yard	Yard	yd	یارد	۳
۱۷۶۰ Yard	Mile	ml	مایل	۴

### توجه:

۱- ضرائب تبدیل یکاهای دستگاه یکاهای انگلیسی به دستگاه بین المللی یکاها

$$1 \text{ yd} = 3 \text{ ft} = 36 \text{ in} = 91.44 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ in} = 30.48 \text{ cm} = 304.8 \text{ mm}$$

$$1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm} = 25.4 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{16} \cdot \frac{1}{32} \cdot \frac{1}{64} \cdot \frac{1}{128}$$

۲- اجزای اینچ

$$\frac{1}{10} \cdot \frac{1}{100} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{1}{10000}$$

و هم چنین:

## واحدهای اندازه گیری زاویه

برای اندازه گیری زوایا در دستگاه یکاهای متریک و انگلیسی از واحدهای زیر استفاده می شود:

جدول ۳-۱- واحدهای اندازه گیری 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	$0.0174$
۵	گراد	G	Grad	$\frac{1}{100}$
نسبت های تبدیل:				$\frac{D}{360} = \frac{R}{2\pi} = \frac{G}{400}$

در جدول فوق:

D = مقدار زاویه بر حسب درجه

R = مقدار زاویه بر حسب رادیان

G = مقدار زاویه بر حسب گراد

## اصول و مفاهیم پایه

**کمیت:** به هر چیز که قابل افزایش و کاهش باشد و نیز بتوان تساوی میان دو مقدار از آن را به دقت بیان کرد «کمیت فیزیکی»

گویند.



**کمیت پایه / اصلی:** به کمیتی که به صورت مستقل از سایر کمیت‌ها در یک دستگاه کمیت قرار داشته باشد «کمیت پایه» یا «کمیت اصلی» گویند، مانند کمیت طول، کمیت جرم، کمیت زمان و ... .

**کمیت فرعی:** کمیتی است که بر مبنای کمیت‌های پایه تعریف می‌شود، مانند کمیت سرعت، کمیت نیرو، کمیت شتاب و ... .  
**کمیت تأثیر گذار:** در اندازه‌گیری کمیت‌ها برخی کمیت‌های دیگر روی کمیت مورد اندازه‌گیری اثر می‌گذارد در حالی که خود مورد اندازه‌گیری قرار نمی‌گیرند. مانند کمیت دما در اندازه‌گیری کمیت طول. به‌عنوان مثال طول یک میله فولادی در دمای ۲۰ درجه با طول همان میله در دمای ۳۰ درجه تفاوت دارد.

**یکای اندازه‌گیری (واحد اندازه‌گیری):** مقیاسی است برای سنجش کمیت‌ها 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 کمیت‌ها:** به مجموعه‌ای از کمیت‌ها به مفهوم عام که میان آن‌ها رابطه تعریف شده‌ای وجود دارد، «دستگاه کمیت‌ها» گویند. مانند دستگاه بین‌المللی یکاها (SI)، دستگاه یکاهای انگلیسی (FPS)

جدول ۱-۴ - یکاهای پایه

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

**دستگاه بین‌المللی یکاها (SI):** این دستگاه براساس هفت یکای پایه مطابق (جدول ۱-۴) تدوین شده است.

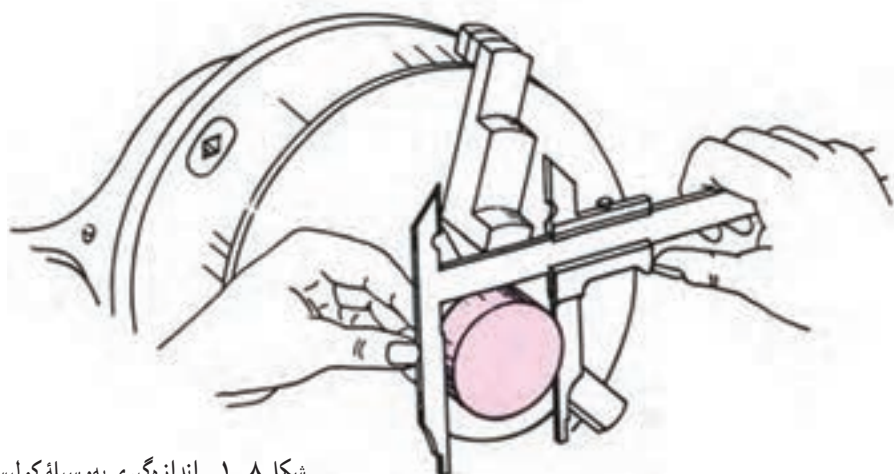
جدول ۱-۵ - یکاهای فرعی

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

برخی از یکاهای فرعی و نمادهای ویژه آن‌ها در سیستم بین‌المللی در جدول ۱-۵ آمده است:

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

**اندازه‌گیری:** به مجموعه عملیاتی که انجام می‌شود تا اندازه یک کمیت فیزیکی براساس یکی از یکاهای قانونی تعیین شود، اندازه‌گیری گویند، مانند اندازه‌گیری به وسیله کولیس (شکل ۸-۱).



شکل ۸-۱- اندازه‌گیری به وسیله کولیس

**وسيله اندازه‌گیری:** به وسیله‌ای که برای انجام اندازه‌گیری یا اندازه‌گیری‌های مشخص به کار می‌رود، «وسيله اندازه‌گیری» گویند، مانند خط‌کش، کولیس، میکرو متر و... (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱- صفحه خط‌کش تخت

**استاندارد وسایل اندازه‌گیری:** وسایل اندازه‌گیری جزء تجهیزات استاندارد شده می‌باشند و براساس استانداردهای بین‌المللی یا ملی طراحی، ساخته و آزمایش می‌شوند. این استانداردها راهنمایی برای مشخصات، قابلیت تفکیک، گستره اندازه‌گیری، جنس، روش‌های درجه‌بندی، مقدار خطاهای مجاز، اندازه اجزا، روش ساخت، اندازه‌گیری و کالیبراسیون می‌باشند. به‌عنوان مثال: استاندارد ISIRI ۱۹۸۰ مخصوص کولیس ورنیه ۰/۱ و ۰/۰۵ میلی‌متر و استاندارد ISO ۸۵۱۲-۱, ISO ۸۵۱۲-۲, ISO ۸۵۱۲-۳ مخصوص صفحه صافی‌ها و استاندارد.

DIN ۸۷۵ : مخصوص گونیاها است.

وسایل اندازه‌گیری به دو دسته ثابت و متغیر تقسیم می‌شوند.

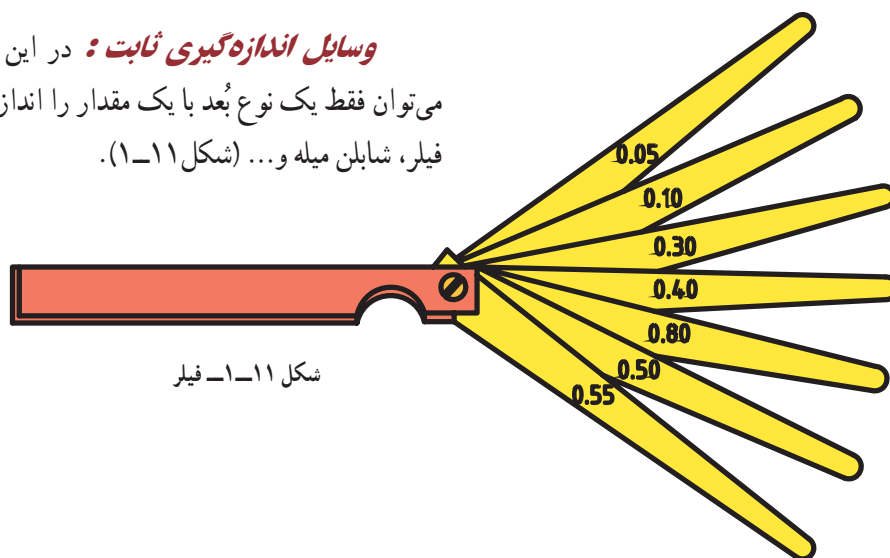
**وسایل اندازه‌گیری متغیر:** با یک نوع وسیله می‌توان یک

یا چند نوع بُعد با اندازه‌های مختلف را به لحاظ مقدار، اندازه گرفت. مانند کولیس، میکرومتر، زاویه سنج و... (شکل ۱۰-۱).



شکل ۱۰-۱- 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 ۱-۱۱).



شکل ۱-۱۱- فیلر



شکل ۱-۱۲- فرمان دهان دوسر

**کنترل:** به عملیاتی که به منظور بررسی و مقایسه ابعادی یک قطعه به وسیله ابزار مربوطه انجام می‌شود، «کنترل ابعادی» گویند. مانند کنترل به وسیله انواع فرمان (شکل ۱-۱۲).

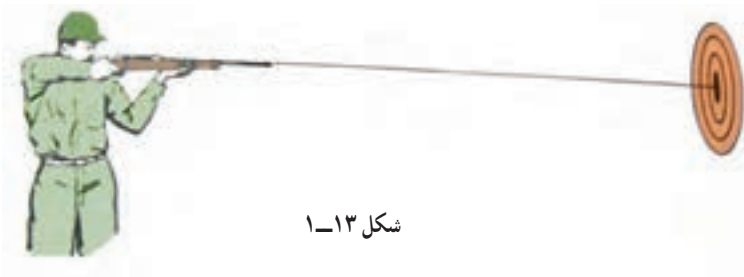
**توجه:** بعضی از تجهیزات اندازه‌گیری ابعادی مانند ترازها، هم وسیله اندازه‌گیری و هم وسیله کنترل می‌باشند.

جدول ۱-۶ دسته‌بندی وسایل اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

**قابلیت تفکیک:** کوچک‌ترین قسمت‌بندی وسیله 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 وسیله اندازه‌گیری نسبت به (مقدار واقعی)، «درستی» یا «صحت» گویند. مفهوم دقت و صحت را می‌توان در عمل تیراندازی بهتر درک نمود. (شکل ۱-۱۳).



شکل ۱-۱۳

در عمل تیراندازی چنانچه همه 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 (شکل ۱۴-۱).



شکل ۱۴-۱- نمایش دقت و درستی

### مثال

در کنترل چهار میکرومتر با قابلیت تفکیک  $0.01$  میلی‌متر و گسترهٔ اندازه‌گیری (۲۵-۰) میلی‌متر و خطای مجاز  $0.01$  میلی‌متر به وسیلهٔ مرجع (بلوک‌سنجه) به ضخامت  $20$  میلی‌متر اندازه‌هایی مطابق جدول زیر به دست آمده است. وضعیت این میکرومترها به لحاظ دقت و درستی چگونه است؟

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

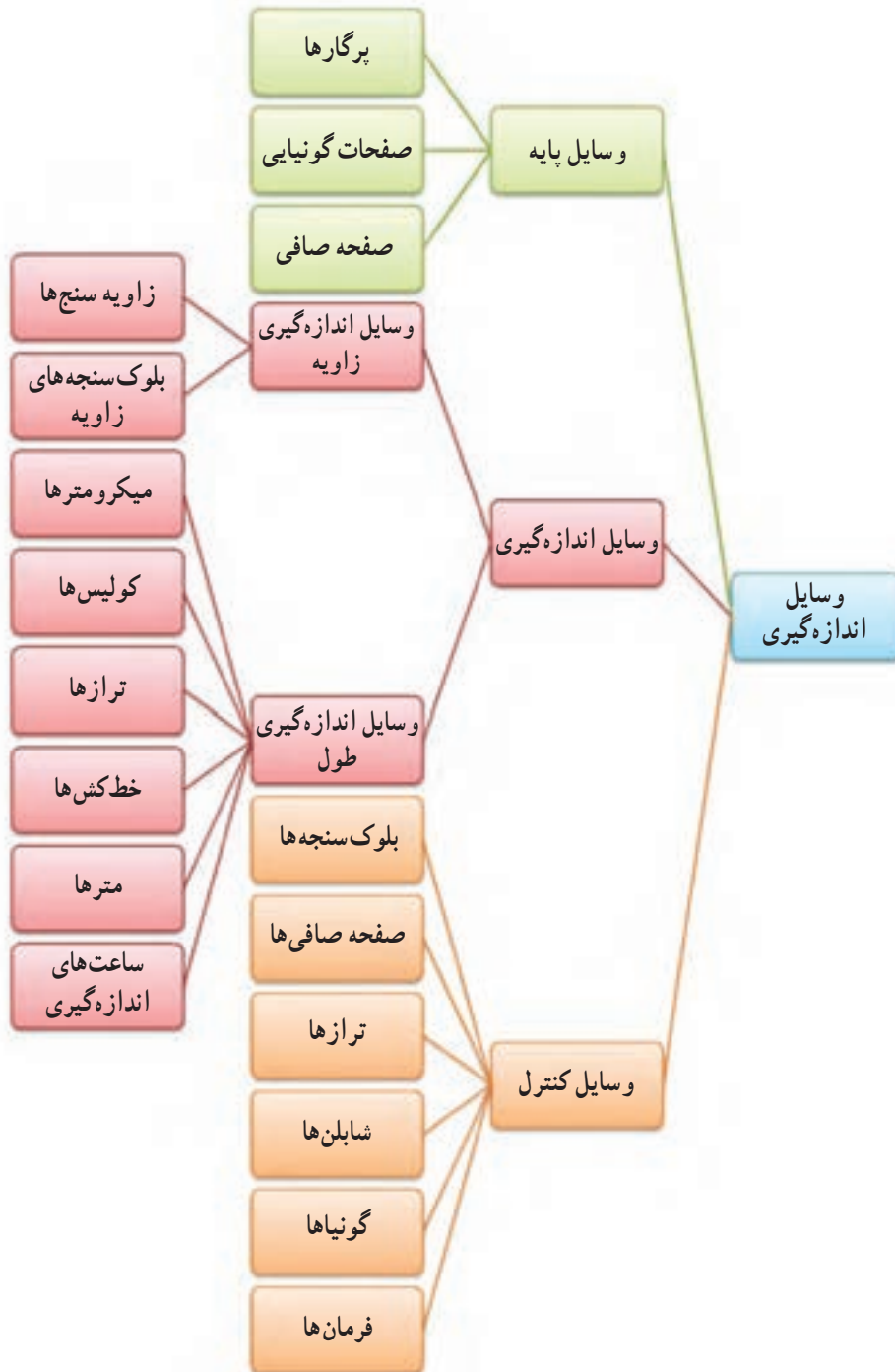
### جواب:

با توجه به مثال فوق:

- ۱- میکرومتر ۱ دقت ندارد، درستی ندارد.
- ۲- میکرومتر ۲ دقت دارد، درستی ندارد.
- ۳- میکرومتر ۳ دقت دارد، درستی دارد.
- ۴- میکرومتر ۴ دقت دارد، درستی دارد.



جدول ۶-۱- دسته‌بندی وسایل اندازه‌گیری





شکل ۱۵-۱ میکرومتر با گستره اندازه‌گیری (۰.۰۵-۲۵) میلی‌متر

### گستره نامی: به حد فاصل بین حداقل اندازه تا حداکثر

اندازه‌ای که یک وسیله اندازه‌گیری می‌تواند مشخص کند، «گستره نامی» یا «گستره اندازه‌گیری» و یا «دامنه اندازه‌گیری» گویند. برای مثال، کولیس (۰-۱۵۰) می‌تواند حداکثر اندازه ۱۵۰ میلی‌متر را اندازه‌گیری نماید. هم‌چنین میکرومتر با گستره اندازه‌گیری (۰-۷۵) می‌تواند ابعاد بین ۰.۰۵ تا ۷۵ میلی‌متر را اندازه بگیرد (شکل ۱۵-۱).

### 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... (شکل ۱۶-۱).



شکل ۱۶-۱ بلوک‌سنجه 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 ۰/۱ mm، میکرومتر ۰/۰۱ mm. از این وسایل می‌توان در کارگاه ساخت، عملیات بازرسی و هم در آزمایشگاه اندازه‌گیری استفاده نموده و مشخصه دقتی آنها همان قابلیت تفکیک است، لیکن بعضی از وسایل، از جمله گونیاها و بلوک‌سنجه‌ها، 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 بلوک‌سنجه طول با رده (۳) دارای پایین‌ترین سطح دقت در سری بلوک‌سنجه‌های طول می‌باشند (شکل ۱۷-۱).





شکل ۱۷-۱- بلوک سنجۀ 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.

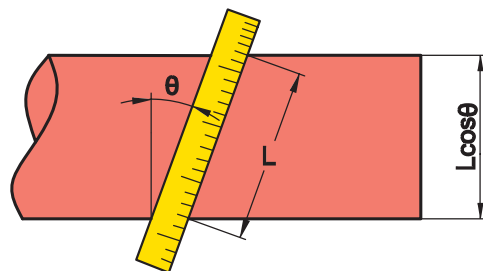
**مقدار خطا:** تفاضل بین نتیجه اندازه‌گیری با مقدار واقعی اندازه را مقدار خطا گویند.

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 به صورت دائمی در هر اندازه‌گیری ممکن است وجود داشته باشند، که البته قابل کاهش اند و رسانیدن آن‌ها به حداقل مقدار وجود دارد به عبارتی خطاهایی که قابل پیش‌بینی بوده و امکان پیش‌گیری آن‌ها نیز وجود دارد جزء خطاهای روشمند می‌باشند از جمله :

**۱- 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.



**۲- خطای مثلثاتی (خطای کسینوسی) :** در اثر عدم انطباق محوری کار با ابزار خطای مثلثاتی یا کسینوسی ایجاد می‌شود (عمود نبودن بُعد مورد اندازه‌گیری برفک‌های وسیله اندازه‌گیری) (شکل ۱۸-۱).

شکل ۱۸-۱- خطای مثلثاتی (کسینوسی)

**۳- 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 فکته بسیار مناسب‌تر از میکرومتر دونقطه و یا انتقال اندازه به روی میکرومتر اندازه‌گیر خارج به کمک اندازه‌گیر تلسکوپی است.

**۴- 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.

**۵- آلودگی:** از جمله خطاهای متداول در اندازه‌گیری آلودگی است که چون بُعد دارد نتیجه 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 اندازه 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.

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

**۷- رطوبت:** رطوبت، علاوه بر این که موجب زنگ زدگی قطعات و وسایل می‌شود. دارای بُعد است و در مقدار اندازه ایجاد خطا می‌نماید.



شکل ۱۹-۱ خطای دید در اندازه‌گیری

**۸- 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. (شکل ۱۹-۱)

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

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

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

**۱۲- 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.

**۱۳- خطای ریاضی:** ممکن است در جمع و تفریق اعداد در اندازه‌گیری اشتباه رخ دهد که به این نوع خطا، خطای ریاضی

گفته می‌شود.

**۱۴- حوزه 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 جاذبه مغناطیسی در حوزه اندازه‌گیری ممکن است باعث تغییر و افزایش فشار به وسیله و قطعه مورد اندازه‌گیری شود.

## **(ب) خطاهای اتفاقی**

هر نوع خطایی را که به صورت ناگهانی رخ بدهد «خطای اتفاقی» گویند، به عبارت دیگر خطاهایی که قابل پیش‌بینی هستند ولی قابل پیش‌گیری نیستند خطاهای اتفاقی گویند. بنابراین آنچه به صورت 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:

**۱- ارتعاش ناگهانی:** ارتعاش پیش‌بینی نشده و ناگهانی باعث لرزش در سیستم اندازه‌گیری و در نتیجه باعث خطا می‌شود.

**۲- تغییر شرایط محیطی ناگهانی:** تغییر دما و رطوبت که در اثر خرابی سیستم دما و رطوبت رخ می‌دهد شرایط محیطی

آزمایشگاه را برهم می‌زند.

**۳- 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 وسیله 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**

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

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

۳- ساختمان آزمایشگاه باید به دور از محل کارگاه‌های سنگین و پرس و صدا باشد.

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

۵- در و پنجره‌های آزمایشگاه باید به‌طور کامل آب‌بندی شوند (استفاده از پنجره دوجداره)

۶- کف آزمایشگاه باید با مصالح سخت پوشیده شود (می‌توان از رزین اپوکسی سخت و یا سنگ‌های ساختمانی سخت استفاده

نمود).

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

۸- ساختمان آزمایشگاه باید به دور از حوزه مغناطیسی باشد.

### **شرایط محیطی**

۱- دمای آزمایشگاه مترولوژی  $2 \pm 2^\circ$  درجه سانتی‌گراد، با تغییرات ۱ درجه سانتی‌گراد در ساعت؛

۲- دمای آزمایشگاه کالیبراسیون  $1 \pm 2^\circ$  درجه سانتی‌گراد، با تغییرات ۰/۵ درجه سانتی‌گراد در ساعت؛

- ۳- رطوبت نسبی ۳۵ تا ۵۵ درصد؛
- ۴- فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه؛
- ۵- نور به اندازه کافی و بدون ایجاد سایه در روی میز کار. ضمناً باید از نور سرد استفاده کرد؛
- ۶- صدا کم‌تر از ۷۵ db؛
- ۷- ماکزیم لرزش  $g = 9/81 \frac{m}{S^2}$ ؛ ۰/۰۰۳٪؛
- ۸- پیش‌بینی سیستمی جهت ثبت دما و رطوبت به صورت شبانه‌روزی؛
- ۹- نصب سیستمی جهت تأمین سرمایش و گرمایش، به صورت اتوماتیک؛
- ۱۰- نصب سیستمی جهت تأمین رطوبت، به صورت اتوماتیک.

### اصول کلی استفاده و نگهداری وسایل اندازه‌گیری:

- ۱- قبل از استفاده از وسایل اندازه‌گیری باید با طرز کار آن‌ها کاملاً آشنا شد.
- ۲- از وسایلی که با آن‌ها آشنایی ندارید استفاده نکنید.
- ۳- از دست‌کاری و تعمیر وسایل اندازه‌گیری، چنان‌چه از آن اطلاع دقیق ندارید و فاقد مهارت لازم هستید خودداری کنید.
- ۴- وسایل اندازه‌گیری را باید همیشه تمیز نگهداری نمود.
- ۵- وسایل اندازه‌گیری را باید در جعبه و محافظ مخصوص بایگانی و نگهداری نمود.
- ۶- شرایط محیطی نگهداری وسایل اندازه‌گیری باید استاندارد باشد.
- ۷- متعلقات وسایل اندازه‌گیری همیشه همراه آن‌ها باشد و هیچ‌وقت آن‌ها را از هم جدا نکنید.
- ۸- در هنگام بایگانی وسایل، آن‌ها کاملاً بسته و روی صفر تنظیم شوند و بیچ قفل آن‌ها نیز سفت باشد. (مماس و بدون ایجاد فشار).
- ۹- وسایل اندازه‌گیری با قطعات کار مخلوط نشوند.
- ۱۰- 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. »**





- ۱- چهارصدوسی و پنج سانتی متر، چند میلی متر و چند میکرون متر است؟
- ۲- سی و دو نیم میکرون متر، چند میلی متر و چند آنگسترم است؟
- ۳- هشتاد و چهار میکرون چند نانو متر و چند پیکومتر است؟
- ۴- دو بیست و شصت و سه یارد، چند فوت و چند اینچ است؟
- ۵- دو بیست و چهل و هشت و نیم فوت، چند یارد و چند اینچ است؟
- ۶- چهل اینچ چند فوت و چند یارد است؟
- ۷- یکصد و بیست و هشت اینچ، چند میلی متر است؟
- ۸- یکصد و چهل و دو یارد، چند میلی متر و چند نانو متر است؟
- ۹- یکصد و چهل و شش یارد، چند فوت، چند اینچ، چند سانتی متر و چند میلی متر است؟
- ۱۰-  $۶۸/۴۴$  سانتی متر چند میلی متر، چند میکرون متر و چند اینچ است؟
- ۱۱-  $۲۸/۳۷$  فوت چند یارد و چند میلی متر است؟
- ۱۲-  $(۱, \frac{۳}{۱۶}, \frac{۵}{۱۲۸})$  اینچ چند میلی متر است؟
- ۱۳- یک کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $\frac{۱}{۱۲۸}$  اینچ و  $۰/۵$  میلی متر مقدار  $(\frac{۷}{۱۲۸}, \frac{۵}{۱۶}, ۲)$  اینچ را نشان می‌دهد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی متر نشان می‌دهد.
- ۱۴- اولاً مقدار  $۲۸۵$  میلی متر چند اینچ است؟ ثانیاً این مقدار را به صورت ترکیبی از عدد صحیح و کسره‌های  $\frac{۱}{۱۶}, \frac{۱}{۳۲}, \frac{۱}{۶۴}, \frac{۱}{۱۲۸}$  نمایش دهید. چنانچه مقداری از عدد در هر حالت نادیده گرفته می‌شود، این مقدار چه قدر است و علت آن چیست؟
- ۱۵- اولاً مقدار  $۵۳/۴۲$  میلی متر چند اینچ است؟ ثانیاً این مقدار را به صورت ترکیبی از عدد صحیح و دو کسر  $\frac{۱}{۱۶}, \frac{۱}{۱۲۸}$  نمایش دهید. چنانچه مقداری از عدد در آنها نادیده گرفته می‌شود، چه مقدار است؟ و علت آن چیست؟
- ۱۶- سی و چهار درجه و ده دقیقه، چند دقیقه است؟
- ۱۷- شش صد و هفتاد و هشت دقیقه، چند درجه است؟
- ۱۸- دو بیست و پنجاه و چهار ثانیه، چند دقیقه و چند درجه است؟
- ۱۹- حاصل جمع (چهل و سه درجه و بیست دقیقه) و (سی درجه و پنجاه و هشت دقیقه) چه قدر است؟
- ۲۰- بیست و چهار درجه و چهل و شش دقیقه چند رادیان است؟
- ۲۱- یک صدوسی و نه رادیان چند (درجه، دقیقه و ثانیه) می‌شود؟
- ۲۲- چهار صد و شصت و چهار درجه چند رادیان و چند گراد است؟
- ۲۳- زاویه سنجی مقدار یک زاویه را  $۱۰۹$  درجه و  $۴۸$  دقیقه نشان می‌دهد. مقدار زاویه بر حسب دقیقه و ثانیه چه قدر است؟



- ۲۴- کولیس ورنیه ارتفاع سنج مقدار  $(\frac{13}{1000}, \frac{23}{400}, 1)$  اینچ را نشان می‌دهد. چنانچه این کولیس دارای تقسیم‌بندی  $0.02$  میلی‌متر نیز باشد قاعدتاً قسمت میلی‌متری آن باید چه عددی را نشان دهد؟
- ۲۵- بیست و چهار گراد، چند رادیان و چند درجه و چند دقیقه است؟
- ۲۶- حاصل عبارت  $A+B-C$  چه قدر است در صورتی که...
- A :  $40$  درجه و  $28$  دقیقه
- B :  $15$  درجه و  $43$  دقیقه
- C :  $20$  درجه و  $55$  دقیقه
- ۲۷- میکرومتر اینچی مقدار  $2/6365$  اینچ را نشان می‌دهد. معادل میلی‌متری آن روی میکرومتر با تقسیمات  $0.001$  میلی‌متر چه قدر است؟
- ۲۸- چنانچه ساعت شروع کلاس اندازه‌گیری هشت صبح باشد و خطای مجازی در حدود  $\pm 5$  دقیقه برای ورود هنرجویان در نظر گرفته شود وضعیت دقت و درستی آمدن هنرجویان به کلاس را در پنج حالت زیر مشخص کنید.
- الف) همه هنرجویان پنج دقیقه مانده به ساعت هشت در کلاس حاضر می‌شوند.
- ب) همه هنرجویان هشت و پنج دقیقه در کلاس حاضر می‌شوند.
- ج) همه هنرجویان رأس ساعت هشت در کلاس حاضر می‌شوند.
- د) هنرجویان از ده دقیقه به هشت تا هشت و پانزده دقیقه در کلاس حاضر می‌شوند.
- ه) همه دانشجویان یک ربع مانده به هشت در کلاس حاضرند.





# فصل

## ۲

### تجهیزات اساسی و پایه

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

- ۱- صفحه صافی را شرح دهد.
- ۲- ترازها را توصیف و در اندازه‌گیری و کنترل از آنها استفاده نماید.
- ۳- از انواع پرگارها برای انتقال اندازه، رسم خطوط و دوائر، انتقال اندازه و... استفاده کند.
- ۴- برای انتقال اندازه، اندازه‌گیری‌های تلسکوپی و اندازه‌گیری‌های سوراخ را به کار گیرد.
- ۵- 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 جزء تجهیزات اساسی آزمایشگاه اندازه‌گیری و کارگاه‌های ساخت است. این وسیله در کارگاه‌های ساخت و قالب‌سازی به عنوان سطح مینا در انجام عملیات خط‌کشی روی قطعات، کنترل تختی سطوح، کنترل مدور 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 ۲-۱).

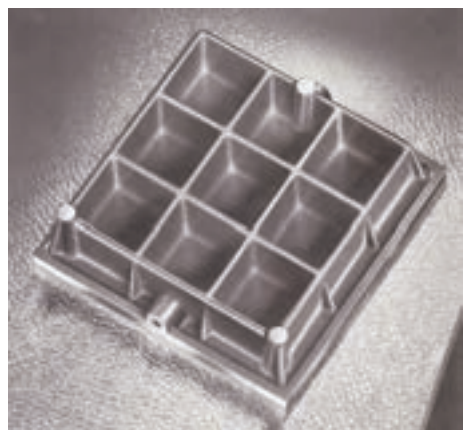


شکل ۲-۱- صفحه صافی

**جنس:** صفحه صافی‌ها را از جنس فلزی و با 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 ۲-۲).



شکل ۲-۲- انواع صفحه صافی



شکل ۲-۳- شبکه‌بندی پشت صفحه صافی

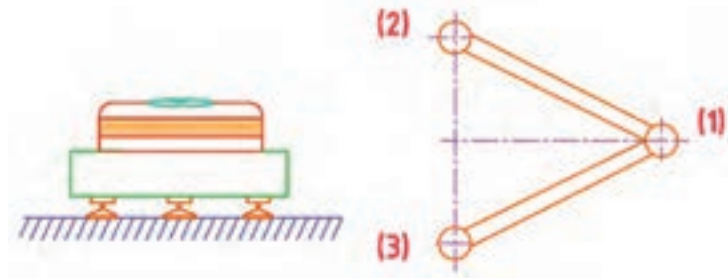
**شکل و ساختمان:** صفحه صافی‌ها با مقطع مربع یا مربع مستطیل ساخته می‌شوند و برای آن‌ها که سبک وزن و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند پشت آن‌ها را توخالی در نظر می‌گیرند. هم‌چنین پشت آن‌ها را شبکه‌بندی می‌کنند تا تغییر شکل ندهند (شکل ۲-۳).

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

**نحوه 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 یک طرف و یک عدد پیچ در طرف مقابل قرار دارد. ابتدا تراز را با قابلیت تفکیک و طول مناسب روی صفحه صافی و در جهت عمود بر خط‌المرکزین دو پیچ

دیگر قرار می‌دهیم و سپس به وسیله آچار تخت و یا آچار فرانسه، پیچی را که در یک طرف قرار دارد (پیچ ۱) آن قدر می‌چرخانیم تا حباب تراز در وسط و مابین دو خط اصلی استوانه شیشه‌ای تراز قرار گیرد (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- تراز کردن صفحه صافی

**رده بندی صفحه صافی:** صفحه صافی‌های گرانیته‌ای در پنج رده و به ترتیب در رده‌های ۰، ۱، ۲، ۳ ساخته می‌شوند که رده ۰ دارای بالاترین و رده ۳ دارای پایین‌ترین دقت می‌باشد، صفحه صافی‌های چدنی نیز در چهار رده، ۰، ۱، ۲ و ۳ ساخته می‌شوند که رده ۰ دارای بالاترین دقت و رده ۳ دارای پایین‌ترین دقت است.

## نکات حفاظت و ایمنی

- ۱- از آن‌جا که صفحه صافی‌های گرانیته‌ای شکننده‌اند باید دقت نمود تا در موقع جابه‌جایی از وارد شدن هر نوع ضربه به آن‌ها جداً خودداری شود.
- ۲- پس از اتمام کار لازم است صفحه صافی را تمیز کنند و سطح آن را با کاور مخصوص بپوشانند.
- ۳- صفحه صافی‌های گرانیته بزرگ را باید با استفاده از لیفتراک دستی یا ماشینی حمل و نقل نمود.
- ۴- قبل از انجام آزمایش لازم است صفحه صافی را تراز نمود.
- ۵- 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.
- ۶- در هنگام اندازه‌گیری بهتر است از قسمت وسط آن استفاده شود.
- ۷- صفحه صافی‌ها از وسایل آزمایشگاهی محسوب می‌شوند و دارای رده بندی هستند. بنابراین، لازم است آن‌ها در موعد مقرر کالیبره و تعیین رده شوند.
- ۸- با توجه به این‌که صفحه صافی‌های گرانیته 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:

- ۱- کنترل و اندازه‌گیری شیب سطوح افقی
  - ۲- کنترل و اندازه‌گیری شیب سطوح عمودی
  - ۳- اندازه‌گیری و کنترل مستقیمی
  - ۴- اندازه‌گیری و کنترل تختی
  - ۵- اندازه‌گیری و کنترل توازی
  - ۶- اندازه‌گیری و کنترل هم‌محوری
- تصاویر زیر نمونه‌های کاربرد تراز را نشان می‌دهد (شکل ۵-۲).



تراز بودن سطح

کنترل و اندازه‌گیری نسبت سطوح عمودی

کنترل هم‌سطح بودن

اندازه‌گیری کنترل هم‌محوری

شکل ۵-۲- کاربرد تراز

**ساختمان:** ترازا عموماً از قسمت‌های زیر تشکیل می‌شوند:

**بدنه (قاب):** بدنه تراز ممکن است از جنس چدن، آلومینیوم، چوب یا مواد پلاستیکی باشد. پشت قاب چدنی به صورت جناقی با زاویه 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 نجسبد و غلظت آن نیز پایین باشد، که می‌توان از اتر استفاده نمود. هم‌چنین، ممکن است ثابت و یا قابل تنظیم باشد. ترازهای قابل تنظیم ترازهای صنعتی نیز می‌نامند.

**محافظ استوانه شیشه‌ای:** این قطعه ممکن است از جنس شیشه یا تلق باشد و برای جلوگیری از وارد شدن ضربه مستقیم به استوانه شیشه‌ای به کار 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 استوانه شیشه‌ای از آن‌ها استفاده می‌شود. استوانه شیشه‌ای ترازهای غیر مدرج ثابت است (شکل ۶-۲).



شکل ۶-۲- تراز مجهز به پیچ تنظیم

**درجه بندی:** همان طوری که قبلاً اشاره شد ترازها در دو نوع مدرج و غیر

مدرج ساخته می‌شوند.

**تراز غیر مدرج:** این نوع تراز فاقد درجه بندی است و قرار گرفتن حباب

در وسط و مابین دو خط استوانه شیشه‌ای، حاکی از تراز بودن سطح است. این نوع ترازها قابل تنظیم نیستند و برای کنترل مناسب‌اند (شکل ۲-۷).

**تراز مدرج:** این نوع تراز دارای درجه بندی است و می‌تواند علاوه بر

عمل کنترل، مقدار انحراف را نیز نشان دهد. مقدار قابلیت تفکیک آن‌ها روی بدنه نوشته می‌شود (شکل ۲-۸).



شکل ۲-۷- تراز غیر مدرج



شکل ۲-۸- تراز مدرج

## مشخصات تراز

**طول تراز:** ترازها معمولاً در طول‌های ۱، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی‌متر ساخته می‌شوند. اندازه طول تراز معمولاً

روی آن نوشته نمی‌شود.

**قابلیت تفکیک:** ترازها معمولاً با قابلیت تفکیک ۱/۱۰، ۵/۱۰۰، ۲/۱۰۰ و ... میلی‌متر بر متر ساخته می‌شوند.

به‌عنوان مثال تراز ۵ mm/m یعنی تراز می‌تواند در هر یک متر انحراف ۵/۱۰۰ میلی‌متر را نشان دهد. قابلیت تفکیک

ترازها معمولاً روی آن‌ها نوشته می‌شود.

شایان ذکر است، دقت تراز به شعاع انحنای کپسول

شیشه‌ای و فاصله خطوط روی آن بستگی دارد. در

حقیقت استوانه شیشه‌ای به صورت یک لوله خمیده با

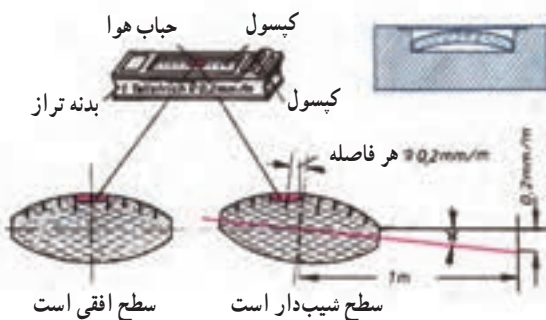
شعاع انحنای زیاد است، که با توجه به طول تراز، طول

کمی از لوله 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

(شکل ۲-۹).



شکل ۲-۹- استوانه شیشه‌ای تراز

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



شکل ۱۰-۲- تراز افقی یک جهته

**تراز افقی یک جهته:** این تراز دارای یک استوانه شیشه‌ای در جهت طول می‌باشد. این نوع تراز، چنانچه غیرمدرج باشد، برای کنترل شیب سطوح افقی و اگر مدرج باشد برای اندازه‌گیری و کنترل شیب سطوح افقی مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱۰-۲).



شکل ۱۱-۲- تراز افقی دو جهته

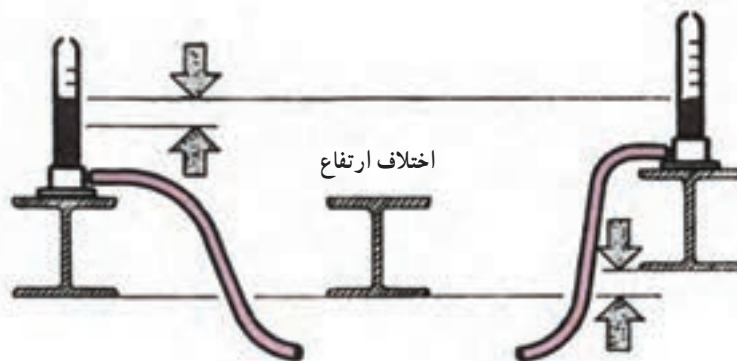
**تراز افقی دو جهته:** این نوع تراز دارای دو استوانه شیشه‌ای یکی در جهت طول و دیگری در جهت عرض است و می‌توان تراز بودن سطوح را به‌طور هم‌زمان در دو جهت طولی و عرضی کنترل نمود. این تراز نیز مانند تراز یک جهته در دو نوع مدرج و غیرمدرج ساخته می‌شود (شکل ۱۱-۲).

**تراز چهارگوش:** ترازهای چهارگوش، ضمن داشتن استوانه 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 ۱۲-۲).



شکل ۱۲-۲- تراز چهارگوش

**تراز شیلنگی:** این ترازها براساس ظروف مرتبطه طراحی شده‌اند و دارای دو استوانه شیشه‌ای مدرج 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 ۱۳-۲).



شکل ۱۳-۲- تراز شیلنگی



شکل ۱۴-۲- تراز میکرومتردار

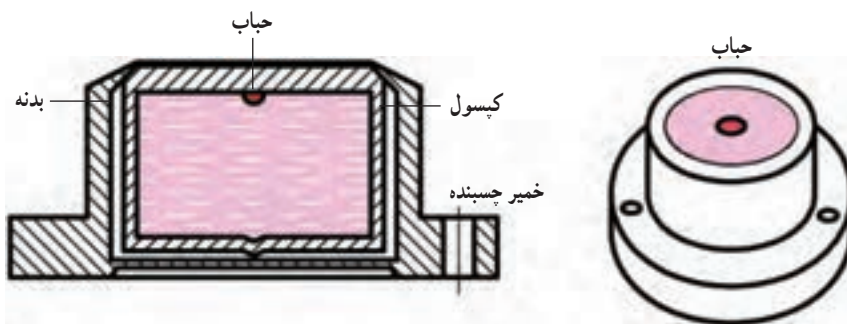
**تراز میکرومتردار:** این تراز به میکرومتر مجهز است و می‌توان مقدار انحراف در هر متر را از روی میکرومتر تراز قرائت نمود (شکل ۱۴-۲).

**تراز زاویه‌سنج:** این تراز مجهز به زاویه‌سنج است و می‌توان مقدار زاویه شیب سطوح را از روی آن خواند (شکل ۱۵-۲).



شکل ۱۵-۲- تراز زاویه‌سنج

**تراز کروی:** استوانه 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 ۱۶-۲).



شکل ۱۶-۲- 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 استوانه 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 غیر مدرج و یا تراز مدرج 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 دایره، قوس‌ها، خط‌کشی و... در روی قطعات کار استفاده می‌شود. این پرگارها، به لحاظ ساختمان، دارای انواع مختلفی هستند (شکل ۱۷-۲).



**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.



شکل ۱۷-۲- پرگار رسم

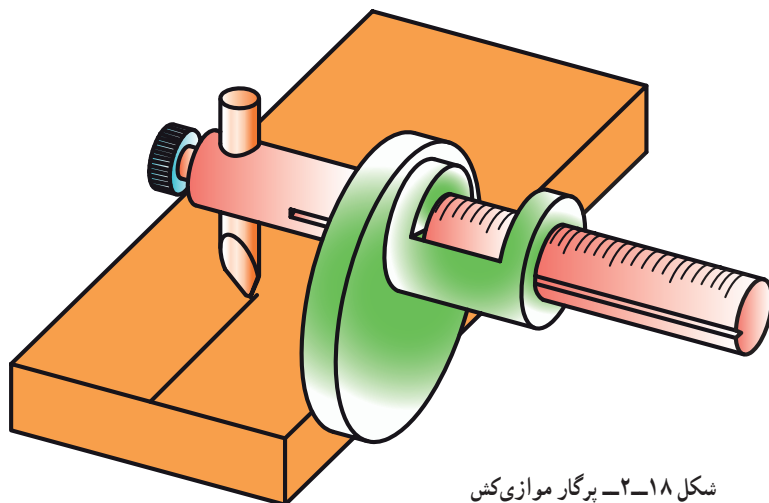
**پرگار ساده با پیچ قفل:** این پرگار مانند نوع قبل است، با این تفاوت که در روی یکی از بازوها راهنمای شیاردار قوسی شکل بسته شده و در روی بازوی دیگر پینی است که می‌تواند در داخل شیار راهنمای قوسی شکل حرکت کند. پس از بازکردن دهانه پرگار برای تثبیت اندازه، از پیچ قفل استفاده می‌شود (شکل ۱۷-۲-الف).

**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 یک طرف دارای دو سوزن کاملاً سنگ زده شده و تیز هستند و از سمت دیگر توسط یک فنر تخت و دسته آج‌دار به هم متصل می‌شود. برای تنظیم مقدار دهانه پرگار از پیچ و مهره استفاده می‌شود (شکل ۱۷-۲-ب).

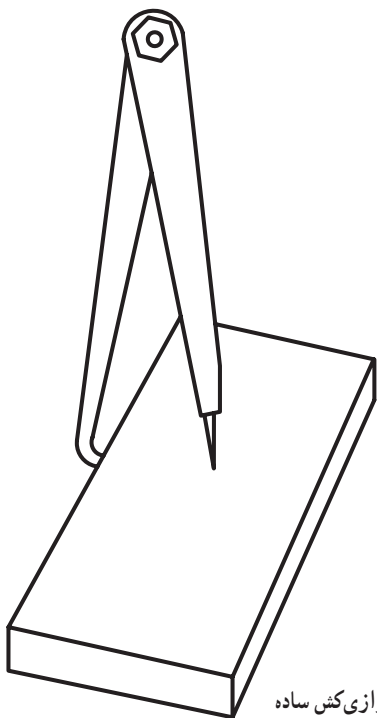
**پرگارهای موازی کش:** این پرگارها برای رسم خطوط موازی به کار می‌روند. در انواع مختلفی ساخته می‌شوند. نوعی از این پرگار از یک خط‌کش اصلی تشکیل شده که ممکن است مدرج یا ساده باشد. بازوی تخت با مقطع بیضی که به لبه کار استقرار داده شده با سوزن خط‌کش برای ترسیم است. طول سوزن خط‌کش می‌تواند تغییر کند این ویژگی امکان ترسیم در سطوح غیرهم‌سطح را فراهم می‌نماید. از این پرگار برای ترسیم خطوط به موازات لبه کار استفاده می‌شود. روش استفاده به این ترتیب است که ابتدا، با توجه به درجه بندی پیش بینی شده، مقدار مورد نظر را روی بدنه پرگار جدا نموده و با استفاده از پیچ قفل آن را محکم می‌نماییم و سپس، خط مورد نظر را ترسیم می‌کنیم (شکل ۱۸-۲).







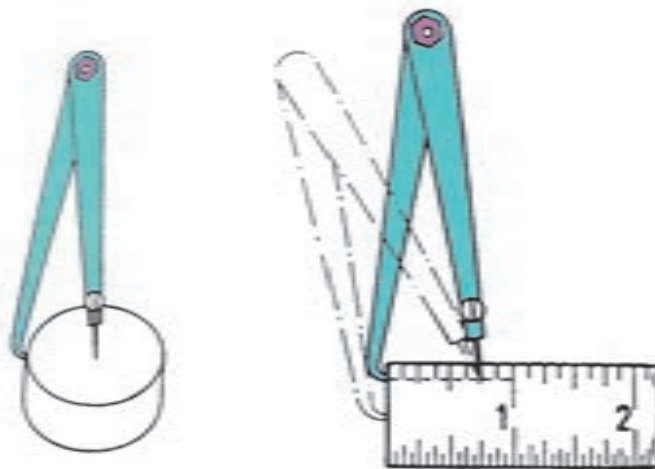
شکل ۱۸-۲- پرگار موازی کش



شکل ۱۹-۲- پرگار موازی کش ساده

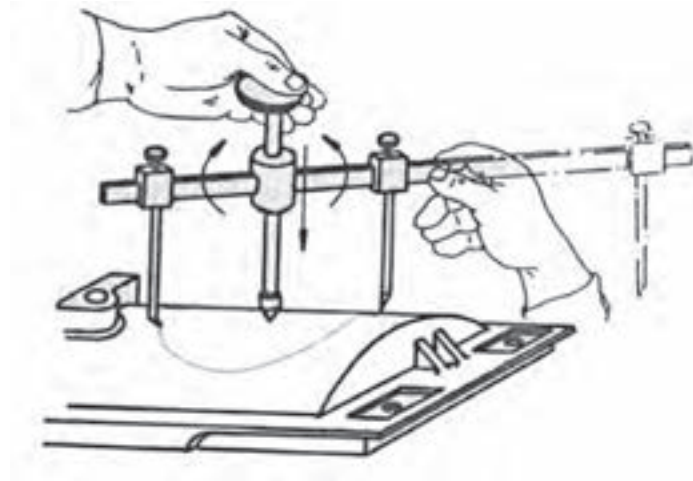
نوع ساده پرگار موازی کش دارای یک بازوی مجهز به سوزن خط کش است و بازوی دیگر دارای سر خمیده است، که به لبه کار تکیه داده می شود. برای استفاده ابتدا مقدار اندازه را به کمک خط کش روی آن تنظیم و بازو را قفل می کنیم و عمل ترسیم را انجام می دهیم (شکل ۱۹-۲).

با پرگار ساده موازی کش می توان مرکز دایره را نیز تعیین نمود. به این ترتیب که ابتدا با معلوم بودن قطر دایره مقدار شعاع را روی پرگار جدا می کنیم. سپس، با تکیه دادن لبه کج پرگار روی بدنه قطعه کار نیک سوزن پرگار را روی مقطع دایره قرار می دهیم و خط می کشیم سپس پرگار را روی محیط دایره جابه جا نموده و مانند حالت قبل مجدداً خط می کشیم. محل تقاطع دو خط ترسیم شده مرکز دایره است (شکل ۲۰-۲).



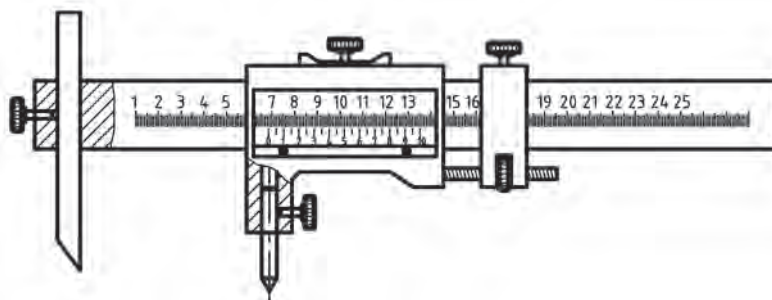
شکل ۲۰-۲- تعیین مرکز دایره به کمک پرگار

**پرگار رسم دایره روی سطح جانبی استوانه‌ها:** از این پرگار برای ترسیم دایره روی سطوح منحنی، مانند جداریه 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 ۲-۲۱).



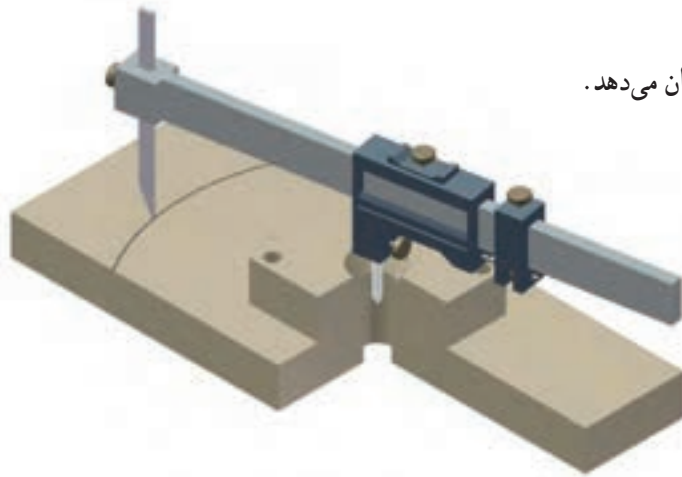
شکل ۲-۲۱- پرگار رسم دایره روی سطح جانبی استوانه‌ها

**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 مدرج 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 ویژه 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 رَسام 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 فک‌های بدکی قابل تعویض در اندازه‌ها و فرم‌های مختلف نیز هست. خطکش این پرگار مدرج 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 ۲-۲۲).



شکل ۲-۲۲- پرگار ورنیه‌دار

شکل ۲-۲۳ نمونه‌ای از کاربرد پرگار ورنیه‌دار را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۳- نمونه‌ای از کاربرد پرگار ورنیه‌دار

**پرگارهای انتقال اندازه:** از این نوع پرگارها برای انتقال اندازه از روی قطعه 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 وسیله اندازه‌گیری، انتقال داد، یا بالعکس آن‌ها را روی وسیله اندازه‌گیری تنظیم نموده و سپس به روی قطعه کار منتقل نمود (شکل ۲-۲۴).

مطابق شکل ۲-۲۴ این وسیله از یک جفت ساق قوسی شکل، که توسط پیچ و مهره به هم وصل شده‌اند، تشکیل شده‌اند. برای استفاده از این وسیله ابتدا سر خمیده ساق را با کار تماس می‌دهیم و سپس، توسط پیچ و مهره، اندازه را ثابت می‌کنیم و فاصله 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 قطعه کار مورد اندازه‌گیری تماس حاصل می‌کند و سپس توسط محکم‌کننده، که ممکن است پیچی باشد، اندازه را ثابت می‌کنیم و آن‌را به روی وسیله اندازه‌گیری مثلاً خط‌کش؛ منتقل می‌کنیم. این پرگارها در دو نوع فزری و پیچی ساخته می‌شوند (شکل ۲-۲۵).



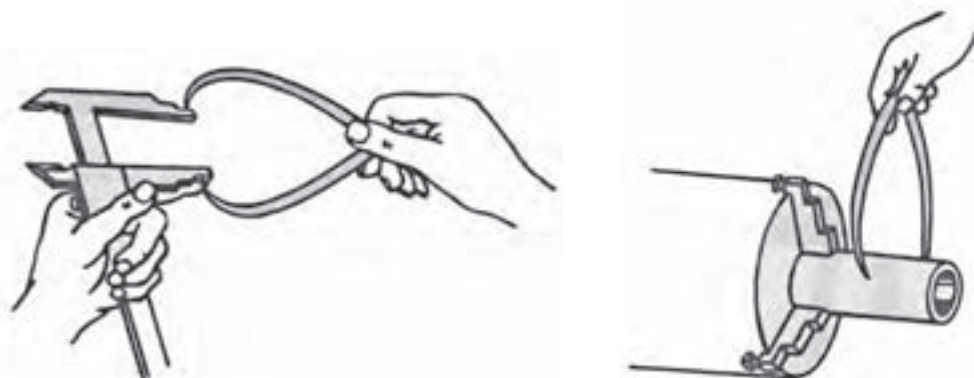
شکل ۲-۲۵- پرگار انتقال اندازه خارج



شکل ۲-۲۴- پرگار انتقال اندازه



در کار کردن با این نوع پرگار باید، ابتدا دهانه پرگار را به اندازه تقریبی قطعه کار باز نمود. سپس، آنرا، با توجه به نوع کار، روی قطعه یا وسیله اندازه گیری هدایت و تنظیم می کنیم (شکل ۲-۲۶).



شکل ۲-۲۶- انتقال اندازه

برای میزان کردن دقیق آن، در صورتی که دهانه کوچک یا بزرگ باشد، با استفاده از قطعه چوبی، مطابق شکل زیر عمل می کنیم (شکل ۲-۲۷).



شکل ۲-۲۷- تنظیم دهانه پرگار انتقال اندازه خارج



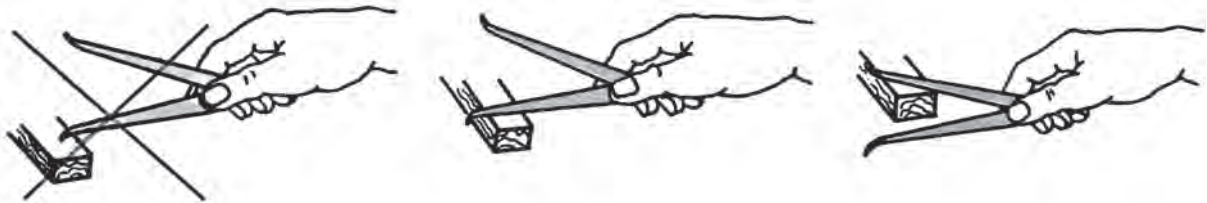
شکل ۲-۲۸- پرگار انتقال اندازه داخل

**پرگار انتقال اندازه داخل:** این پرگار، که به پرگار پاشنه‌ای و پرگار سرکج خارج نیز معروف است، برای انتقال اندازه سوراخ‌ها و فاصله بین شیارها و شکاف‌ها به روی وسیله اندازه گیری یا بالعکس به کار برده می شوند. این پرگارها در دو نوع ساده و فتری ساخته می شوند (شکل ۲-۲۸).

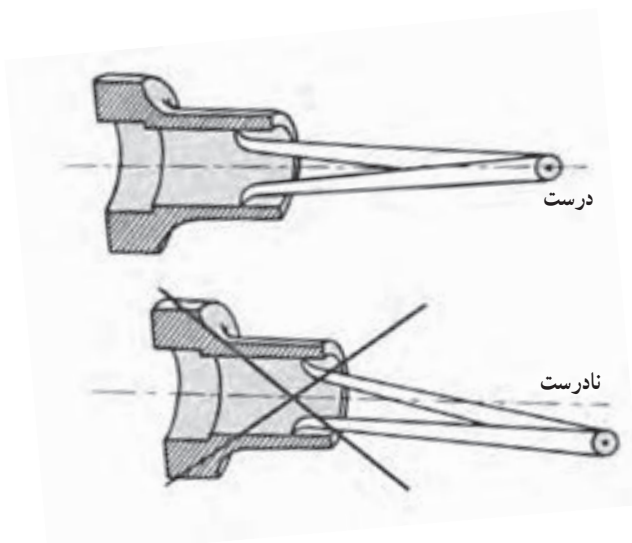


در کار با این نوع وسیله برای تنظیم فاصله، پس از باز کردن تقریبی دهانه پرگار، باید از یک قطعه چوب استفاده کرد و از وارد نمودن ضربه به نک تیز آن خودداری نمود (شکل ۲-۲۹).

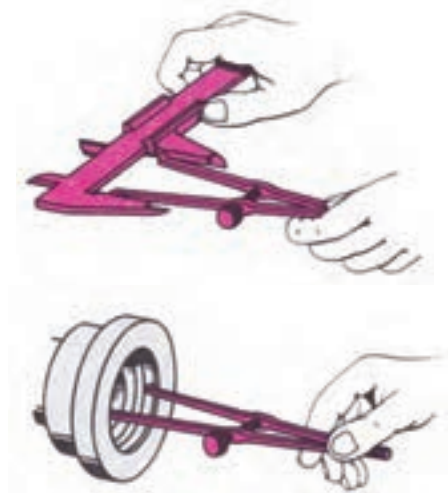
شکل ۲-۳۰، نمونه‌ای از انتقال اندازه بوسیله این نوع پرگار را نشان می‌دهد. در کار با این پرگار باید دقت کرد تا محور تقارن بازوهای پرگار بر محور تقارن قطعه کار منطبق باشد (شکل ۲-۳۱).



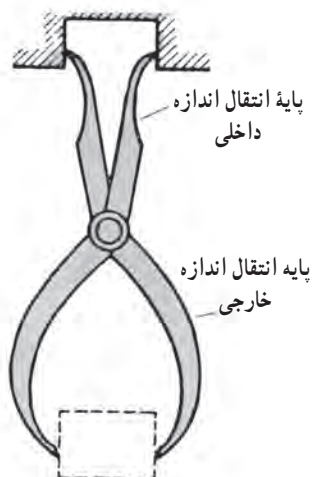
شکل ۲-۲۹- تنظیم دهانه پرگار انتقال اندازه داخل



شکل ۲-۳۱- عمود بودن محور تقارن بازوهای پرگار بر محور تقارن قطعه



شکل ۲-۳۰- انتقال اندازه به وسیله پرگار انتقال اندازه داخل



شکل ۲-۳۲- پرگار دو طرفه

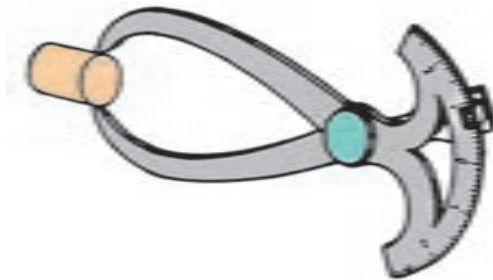
**پرگار دو طرفه:** از این پرگار برای انتقال اندازه‌های داخلی و خارجی قطعات استفاده می‌شود. به وسیله این نوع پرگار می‌توان به طور هم‌زمان از یک طرف برای انتقال اندازه قطعه و از طرف دیگر برای مقایسه مقدار آن با یک وسیله اندازه‌گیری مناسب، استفاده نمود. از طرفی هر دو نوع پرگار اندازه‌گیر خارجی و اندازه‌گیر داخلی روی یک پرگار پیش‌بینی شده است. ضمناً عمل اندازه‌گیری را می‌توان بدون خارج کردن پرگار از داخل قطعه انجام داد (شکل ۲-۳۲).

**پرگارهای مدرج :** این پرگار دارای صفحه خمیده مدرج است، که مقدار اندازه را می‌توان مستقیماً از روی آن قرائت نمود. با این پرگارها می‌توان قطرهای داخلی، خارجی، فاصله بین شکاف‌ها، شیارها و همچنین ضخامت ورق‌ها را اندازه گرفت (شکل ۲-۳۳).

شکل زیر اندازه‌گیری با پرگار مدرج را نشان می‌دهد (شکل ۲-۳۴).



شکل ۲-۳۳- پرگار مدرج



شکل ۲-۳۴- اندازه‌گیری با پرگار مدرج

## نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱- از ضربه زدن به نُک تیز پرگار خودداری شود.
- ۲- پرگارهای کوچک را با یک دست و پرگارهای بزرگ را با دو دست روی کار هدایت نمایید.
- ۳- از به کار بردن پرگار روی قطعه کاری که در حال حرکت است جداً خودداری شود تا از بروز سانحه جلوگیری شود.
- ۴- هنگام استفاده از پرگار مواظب باشید نُک تیز بازوهای آن باعث ایجاد خراش بر روی پوست نشود.
- ۵- 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.
- ۶- از باز کردن زیاد پیچ پرگارها خودداری شود.
- ۷- قبل از استفاده از پرگار از سالم بودن آن مطمئن شوید.
- ۸- از آن‌جا که پرگارهای انتقال اندازه دارای دقت بالایی نیستند لذا برای کارهای دقیق از وسیله مناسب دیگری استفاده شود.



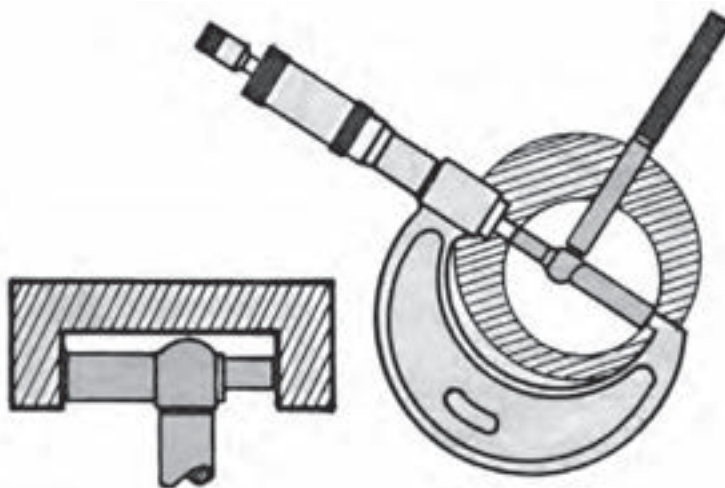
## اندازه گیر تلسکوپي

یکی دیگر از وسایل انتقال اندازه، که می توان برای انتقال اندازه از روی قطر داخلی استوانه ها، شیارها، شکاف ها از آن بهره گرفت، اندازه گیر تلسکوپي است. البته این وسیله، به دلیل ساختاری که دارد، فقط می تواند اندازه سوراخ ها و شیارهای مستقیم را منتقل نماید. این وسیله از بازوهای متحرک با قطرهای مختلف، که هنگام جمع شدن به صورت تلسکوپي عمل می کند، فنرمارپیچ، دسته آج دار، پیچ قفل و بدنه تشکیل شده است (شکل ۲-۳۵).



شکل ۲-۳۵- اندازه گیر تلسکوپي

برای استفاده از این وسیله، ابتدا فک ها را جمع نموده و اندازه گیر را قفل می کنیم. سپس آن را در داخل قطعه کار می بریم و قفل را باز می کنیم تا سندانها بر دیواره کار مماس شوند. پیچ قفل را محکم می کنیم و اندازه گیر را از داخل کار بیرون می آوریم و برای مشخص شدن مقدار اندازه، آن را به داخل وسایل اندازه گیری هدایت می کنیم. یادآوری می شود این وسیله در سری های میلی متری و اینچی ساخته می شود (شکل ۲-۳۶).



شکل ۲-۳۶- اندازه گیری به وسیله اندازه گیر تلسکوپي

**اندازه گیر سوراخ:** این وسیله مخصوص انتقال اندازه سوراخ های دایره ای شکل است. اندازه گیر سوراخ از دسته، بدنه، بین سر مخروطی و فشنگی که با سطح کار مماس می شود تشکیل شده است (شکل ۲-۳۷).



شکل ۳۷-۲- اندازه‌گیر سوراخ

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

## نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱- در موقع بایگانی، پیچ قفل اندازه‌گیرهای تلسکوپ‌ی شل باشد.
- ۲- از باز کردن ناگهانی اندازه‌گیرهای تلسکوپ‌ی، که جمع شده‌اند، خودداری شود. ابتدا با دو انگشت دو سر میله‌های آن را نگه دارید. سپس، پیچ قفل را باز و به آرامی انگشتانتان را از میله‌های اندازه‌گیری آن جدا کنید.
- ۳- برای هر نوع اندازه‌ای، اندازه‌گیر تلسکوپ‌ی یا اندازه‌گیر سوراخ مناسب انتخاب کنید.
- ۴- 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.
- ۵- توجه داشته باشید که این وسایل مخصوص انتقال اندازه‌شیرها و سوراخ‌های مستقیم هستند. از هر گونه استفاده غیر متعارف از آن‌ها خودداری شود.
- ۶- در تماس نمودن سر فشنگی اندازه‌گیر سوراخ جهت تماس شدن با جداره سوراخ، اندازه‌گیر را در سوراخ به سمت بالا و پایین حرکت داده تا اولاً از تماس شدن آن بر جداره مطمئن و ثانیاً از باز کردن زیاد پیچ خودداری گردد.
- ۷- 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 به صورت وسایل کمکی در اندازه گیری و کنترل کاربرد دارند در حالی که وسیله اندازه گیری نیستند. ذیلاً نمونه هایی از این وسایل کمکی شرح داده می شود.

**استوانه کنترل:** استوانه کنترل وسیله دقیقی است که به کمک صفحه صافی می تواند برای کنترل زاویه 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 هیچ گونه ارتعاشی قرار گرفته و ثابت شده و شرایط برای کنترل تعامد قطعات را فراهم می نماید.

استوانه های کنترل در ابعاد مختلفی از قطر ۶° و طول ۱۶ میلی متر تا قطر ۱۷۵ و طول ۸۰° میلی متر ساخته می شود. یکی از کاربردهای آن این است که بر روی صفحه صافی گذاشته و می توان برای کنترل گونیا بودن قطعات و ابزار از آن استفاده شود (شکل ۲-۳۸).



شکل ۲-۳۸- استوانه کنترل

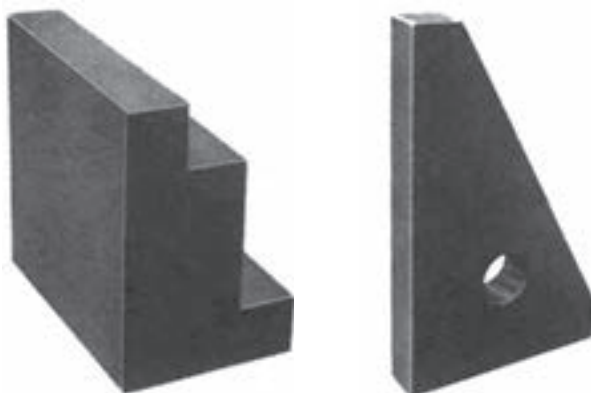
**منشورهای موازی:** این قطعات که به نام شمش های موازی نیز معروفند قطعات فلزی و گرانیته دقیقی هستند که در کارگاه (نوع فلزی آن) و آزمایشگاه (نوع گرانیته آن) کاربرد دارد سطوح جانبی آن کاملاً پرداخت و موازی هستند. این منشورها در اندازه ها و شکل های مختلف ساخته می شوند. شکل ۲-۳۹ نمونه ای از منشورهای موازی را نشان می دهد.



شکل ۲-۳۹- منشورهای موازی

**منشورهای زاویه دار:** نوع دیگری از این منشورها شیب دارند و از آنها به صورت سطح کمکی استفاده می شود این منشورها به صورت سوراخ دار و بدون سوراخ ساخته می شود (شکل ۲-۴۰).

**منشورهای پله دار:** منشورهای پله دار نوع دیگری از این وسایل اند که دارای پله هایی با ارتفاعات مختلف هستند (شکل ۲-۴۱).



شکل ۲-۴۱- منشورهای پله دار

شکل ۲-۴۰- منشورهای زاویه دار



شکل ۲-۴۲- منشور ۷ شکل

### منشورهای ۷ شکل (جناق‌ی): این نوع منشورها دارای

چهار زاویه قائمه در چهار سطح جانبی با اندازه‌های مختلف‌اند که از آن‌ها برای تکیه‌گاه و استقرار میله‌ها جهت کنترل دور بودن آن‌ها و وسیله 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 و ولی شکننده و آسیب‌پذیرتر از نوع چدنی است (شکل ۲-۴۲).

این منشورها به صورت یک‌طرفه (با یک زاویه قائمه) نیز ساخته می‌شوند همچنین نوعی از این منشورها مجهز به مغناطیس نیز هستند (شکل ۲-۴۳).



شکل ۲-۴۳- منشور ۷ شکل با یک زاویه قائمه

### صفحات گونبایی: صفحات گونبایی نوعی از وسایل کمکی در اندازه‌گیری با نوع چدنی و گرانیتی هستند که در کارگاه و

آزمایشگاه اندازه‌گیری کاربرد دارند.

شکل ۲-۴۴ 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 ۲-۴۴- صفحات گونبایی





شکل ۲-۴۵- صفحات گونبایی شیاردار

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 نگهدارنده قطعات محسوب می‌شوند و مجموعه روی میز ماشین‌های براده‌برداری و یا اندازه‌گیری قرار می‌گیرد (شکل ۲-۴۵). این صفحات ممکن است زاویه‌پذیر هم باشند.

نوع دیگری از این منشورها جهت بستن قطعات، روینده دارند (شکل ۲-۴۶).

به وسیله صفحات گونبایی زاویه‌دار می‌توان قطعات را تحت زاویه قرار دارد (شکل ۲-۴۷).



شکل ۲-۴۶- صفحات مجهز به روینده



شکل ۲-۴۷- صفحات گونبایی زاویه‌دار

## نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱- 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 به عمل آید.
- ۲- نظر به این‌که صفحات و بلوک‌های گرانیتهی شکننده‌اند، هنگام جابه‌جایی آن‌ها مواظب باشید ضربه‌ای به آن‌ها وارد نشود.
- ۳- در هنگام استفاده از صفحات و بلوک‌های فلزی و یا گرانیتهی دقت شود که دست یا انگشتانتان زیر آن‌ها نماند.
- ۴- قطعات کار به آرامی به صفحات و بلوک‌های گرانیتهی تماس داده شود.
- ۵- 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 به عمل آید.



- ۱- کاربردهای صفحه صافی را بنویسید.
- ۲- ویژگی‌ها (مزیت‌ها و عیوب) صفحه صافی گرانیته نسبت به صفحه صافی چدنی، را بنویسید.
- ۳- چرا برای استقرار صفحه صافی‌ها سه عدد پایه پیش بینی شده است؟
- ۴- علل ساخت صفحه صافی‌ها به صورت پشت خالی و شبکه بندی شده چیست؟
- ۵- چرا صفحه صافی‌های گرانیته را به صورت پشت خالی نمی‌سازند؟
- ۶- چگونه می‌توان مستقیم بودن (نداشتن خمیدگی) یک میله نسبتاً بلند (تقریباً به طول ۳۰۰ میلی‌متر) را به کمک صفحه صافی تشخیص داد؟ توضیح دهید.
- ۷- مایع داخل استوانه شیشه‌ای تراز چه ویژگی‌هایی باید داشته باشد؟
- ۸- در روی ترازها معمولاً چه مشخصه‌ای از آن‌ها نوشته می‌شود. چرا؟
- ۹- چگونه می‌توان از صحت ترازها اطمینان حاصل نمود؟ شرح دهید.
- ۱۰- آیا از تراز چهارگوش می‌توان به صورت تراز افقی یک جهته یا دوجته استفاده نمود؟ چگونه؟
- ۱۱- با رسم شکل، روش کنترل تعامد یک ستون استوانه‌ای شکل را نسبت به سطح افق به کمک تراز چهارگوش نشان دهید.
- ۱۲- آیا برای کنترل تراز بودن صفحه صافی که روی میز اندازه‌گیری قرار دارد، می‌توان از تراز کروی استفاده نمود؟ چگونه؟
- ۱۳- طبیعی‌ترین تراز در روی کره زمین کدام است؟ چرا؟
- ۱۴- چگونه می‌توان مستقیم بودن (نداشتن خمیدگی) یک میله را به کمک منشورهای اندازه‌گیری و تراز تشخیص داد؟ (با رسم شکل نشان دهید).
- ۱۵- برای کنترل میزی به طول ۲ متر از تراز ۰/۰۵ میلی‌متر بر متر استفاده شده و حباب تراز به اندازه ۳ فاصله منحرف گردیده است. تعیین کنید: اولاً مقدار انحراف میز بر حسب میلی‌متر. ثانیاً مقدار زاویه انحراف بر حسب درجه، دقیقه و ثانیه.
- ۱۶- چگونه می‌توان زاویه یک سطح شیب‌دار را به کمک صفحه گونیایی زاویه‌دار و تراز تعیین نمود؟ (با رسم شکل نشان دهید).
- ۱۷- آیا در قسمت مدرج پرگارهای مدرج، از خاصیت بزرگ‌نمایی استفاده شده یا فاصله یک میلی‌متر حقیقی است. چرا؟
- ۱۸- برای انتقال اندازه، پرگارهای فنری از دقت و صحت بیش‌تری برخوردارند یا پرگارهای پیچی؟ علت را توضیح دهید.
- ۱۹- دقت و صحت عملکرد اندازه‌گیر تلسکوپی بیش‌تر است یا پرگار؟ چرا؟
- ۲۰- آیا از اندازه‌گیر تلسکوپی می‌توان برای انتقال قطر شیارهای داخلی پس‌نشسته در استوانه‌ها استفاده نمود؟ چرا؟
- ۲۱- برای انتقال، اندازه‌گیر قطر سوراخ، اندازه‌گیر تلسکوپی مناسب‌تر است یا اندازه‌گیر سوراخ؟ چرا؟



# فصل ۳

## مترها و خط کش ها

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

- ۱- انواع مترها را شرح دهد.
- ۲- انواع خط کش‌ها را شرح دهد.
- ۳- چرخ اندازه‌گیر را تعریف کند.
- ۴- روش‌های استفاده از مترها و خط کش را شرح دهد.
- ۵- نکات حفاظت و ایمنی در مورد خط کش‌ها را بیان کند.

### عناوین این فصل عبارتند از 8

✓ مترها

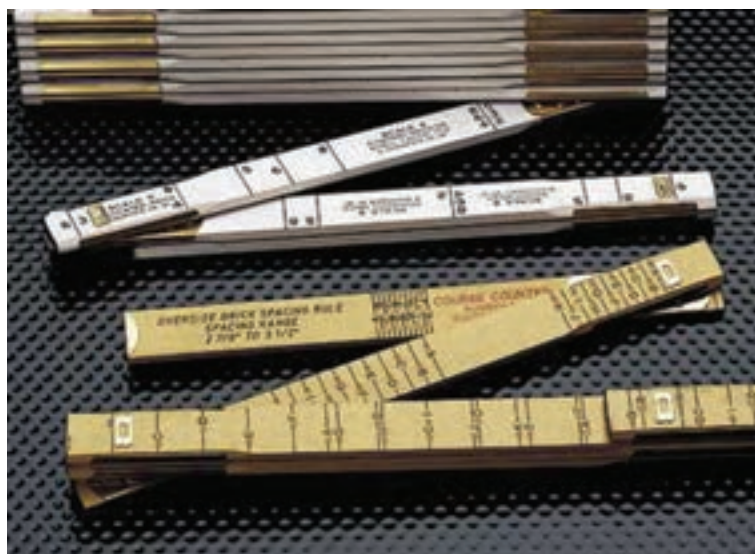
✓ خط کش‌ها

## مترها

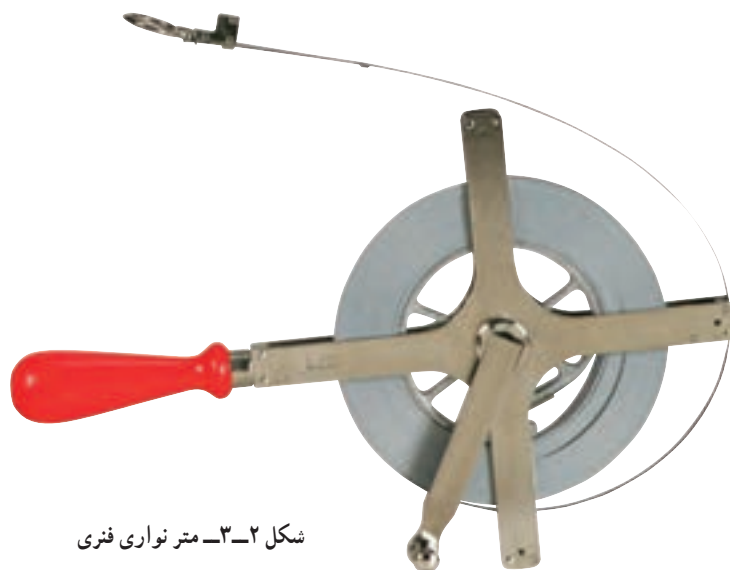
مترها جزء وسایل اندازه‌گیری طول هستند که در صنایع و کارهای نجاری، ساختمانی، معماری، خیاطی، مکانیکی، جوشکاری و ... کاربرد فراوان دارند.

مترها در دو دستگاه یکاهای بین‌المللی و انگلیسی درجه‌بندی می‌شوند. قابلیت تفکیک مترها در دستگاه یکاهای بین‌المللی عموماً یک میلی‌متر و گستره اندازه‌گیری از یک متر تا چند متر و در دستگاه انگلیسی با قابلیت تفکیک  $\frac{1}{32}$  اینچ و گستره 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 ۳-۱).



شکل ۳-۱- متر تاشو



شکل ۳-۲- متر نواری فنری

**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 قرقره مربوطه پیچاند. این متر در طول‌های مختلف ساخته می‌شوند از این متر به دلیل انعطاف‌پذیری بودنش برای اندازه‌گیری طول قوس‌ها نیز استفاده می‌شود (شکل ۳-۲).

**متر نواری پارچه‌ای :** این متر، که به دسته جمع‌کننده مجهز است در طول‌های  $10^{\circ}$ ،  $20^{\circ}$  و  $25^{\circ}$  ... متر تهیه می‌شود. جنس پارچه 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 (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳- متر نواری پارچه‌ای

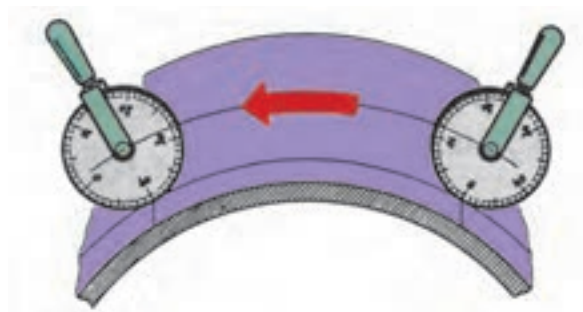


شکل ۳-۴- متر فلزی جیبی

**متر فلزی جیبی :** این نوع مترها برای انواع کارهای

ساخت، از جمله نجاری، 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 لبه قطعه کار پیش‌بینی شده است. این مترها دارای قفل‌اند و در حالت آزاد نمودن قفل، متر جمع می‌شود و در داخل محفظه پلاستیکی و یا فلزی جاسازی می‌شود (شکل ۳-۴).

**چرخ اندازه‌گیر:** چرخ اندازه‌گیری نیز جز دسته 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 (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵- چرخ اندازه‌گیر

## خطکش‌ها

خطکش‌ها با قابلیت تفکیک بالاتر و گستره 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 پر مصرف‌ترین خطکش‌هاست که در کارهای مختلف برای اندازه‌گیری و رسم خط از آن استفاده می‌شود. این نوع خطکش در طول‌های مختلفی تا یک متر و و یک یارد ساخته می‌شوند. متداول‌ترین آن‌ها، خطکش‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر و ۵، ۱، 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 ۵/۰ میلی‌متر و قسمت اینچی آن‌ها  $\frac{1}{32}$  اینچ و قسمت اول آن معمولاً دارای تقسیمات  $\frac{1}{64}$  اینچ هستند (شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶- خطکش تخت

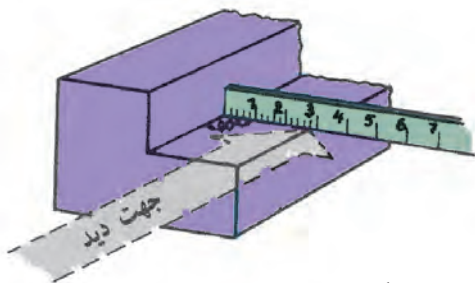
در اندازه‌گیری‌های مختلف با خطکش تخت باید به نکات زیر

توجه نمود:

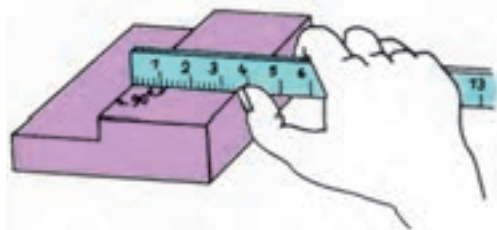
۱- برای خواندن اندازه لازم است به صورت عمودی به اندازه نگاه کرد (شکل ۳-۷).

۲- برای تطابق لبه خطکش با لبه قطعه کار و هم‌چنین عمود شدن آن بر خط لبه قطعه کار بهتر است از یک گونیا کمک گرفته شود (شکل ۳-۸).

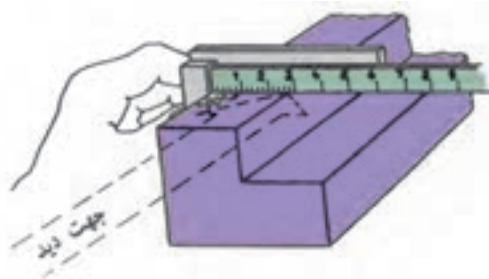
۳- در اندازه‌گیری‌هایی که قطعه کار فاقد لبه است و امکان استفاده از وسایل کمکی نیز وجود ندارد، بهتر است ضمن استقرار لبه خطکش به لبه قطعه کار، از سر ناخن برای مشخص کردن اندازه استفاده نمود (شکل ۳-۹).



شکل ۳-۷- خواندن خطکش

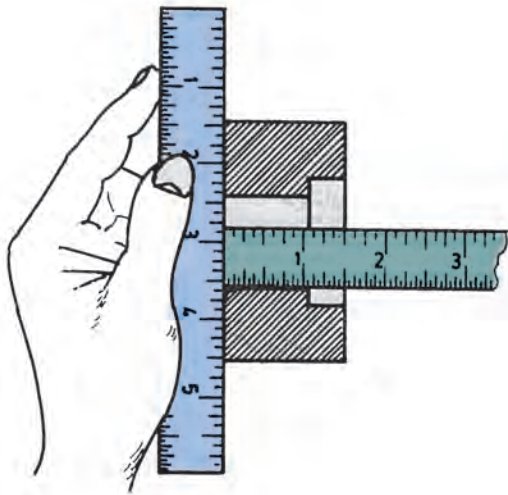


شکل ۳-۹- استفاده از سر ناخن جهت خواندن خطکش



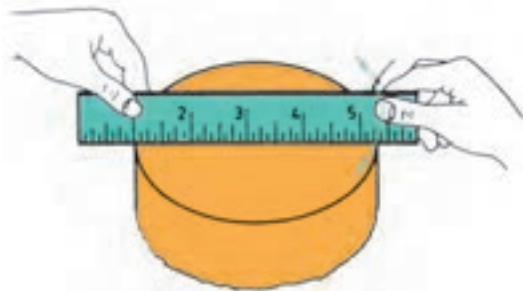
شکل ۳-۸- استقرار خطکش





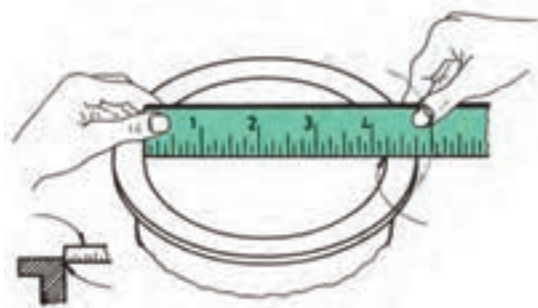
شکل ۱۰-۳ اندازه‌گیری عمق قطعات با خطکش

۴- در اندازه‌گیری عمق قطعات سوراخ‌دار بهتر است برای استقرار لبه خطکش از یک تکیه‌گاه مناسب، مثلاً صفحه تخت یا خطکش تخت استفاده شود (شکل ۱۰-۳).



شکل ۱۱-۳ تعیین قطر خارجی با خطکش

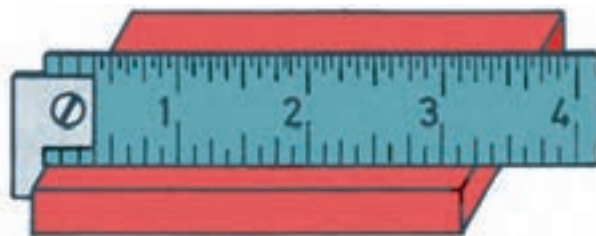
۵- در اندازه‌گیری قطرهای خارجی باید یکی از خطوط درجه‌بندی خطکش را بر لبه کار مماس نمود و سپس با حرکت چرخشی خطکش روی مقطع قطعه، بزرگ‌ترین اندازه نشان داده شده قطر قطعه خواهد بود (شکل ۱۱-۳).



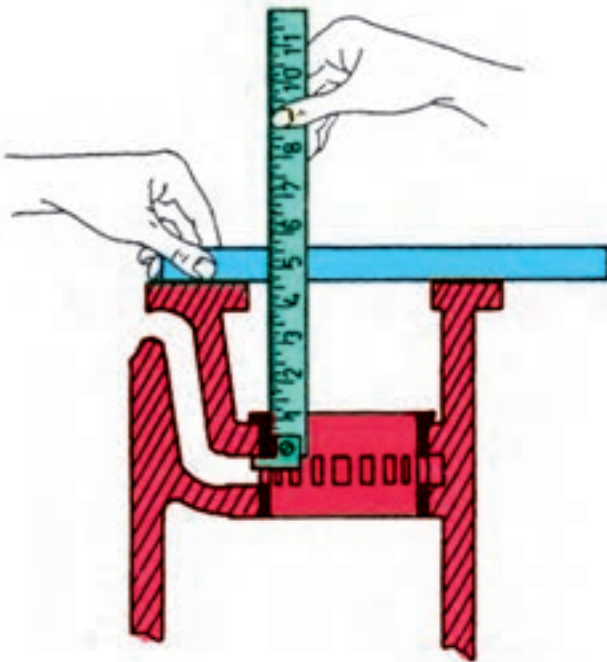
شکل ۱۲-۳ تعیین قطر داخلی با خطکش

۶- برای اندازه‌گیری قطرهای داخلی باید لبه خطکش را بر لبه داخلی قطعه کار چسبانید. سپس، خطکش را روی لبه داخلی قطعه چرخاند. بزرگ‌ترین اندازه نشان داده شده قطر داخلی قطعه خواهد بود (شکل ۱۲-۳).

**خطکش قلاب‌دار:** با قلابی که در سر این خطکش و در سمت صفر آن پیش‌بینی شده می‌توان آن را به لبه کار گیر داده ضمن ایجاد سرعت عمل در اندازه‌گیری، به دلیل استقرار دقیق لبه صفر خطکش روی قطعه کار، از خطای اندازه‌گیری جلوگیری نمود (شکل ۱۳-۳).



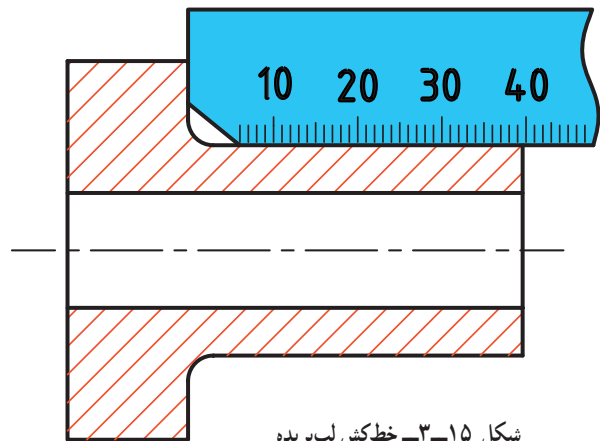
شکل ۱۳-۳ خطکش قلاب‌دار



شکل ۳-۱۴ استفاده از خطکش قلاب‌دار

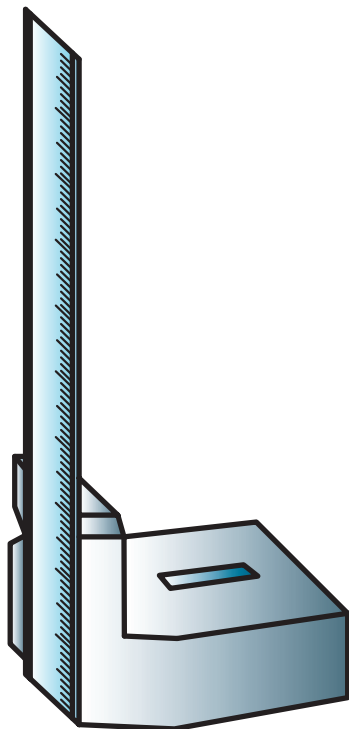
شکل ۳-۱۴، استفاده از این خطکش را همراه با وسیله کمکی برای اندازه‌گیری قسمت‌های غیر قابل دسترس در یک قطعه نشان می‌دهد.

**خطکش لب بریده:** لبه قسمت صفر این خطکش دارای بریدگی است. با این طرح امکان اندازه‌گیری طول‌های منتهی به قوس‌ها فراهم گردیده است (شکل ۳-۱۵).



شکل ۳-۱۵ خطکش لب بریده

**خطکش پایه‌دار:** خطکش پایه‌دار در حقیقت نوعی خطکش تخت است که مجهز به پایه چدنی است و خطکش در شیار پیش‌بینی شده روی آن جای گرفته و به وسیله پیچ محکم می‌شود. برای اندازه‌گیری، خطکش و قطعه مورد اندازه‌گیری روی صفحه صافی قرار می‌گیرد و اندازه تعیین می‌شود (شکل ۳-۱۶).



شکل ۳-۱۶ خطکش پایه‌دار



**خطکش تلسکوپی:** این خطکش به شکل استوانه‌های مدرج با قطرهای مختلف بوده که در حالت جمع شدن داخل هم‌دیگر قرار می‌گیرند و کاملاً به اندازه یک خودکار شده و در جیب جای می‌گیرند، سر صفر این خطکش‌ها دارای قلاب برای اتصال به لبه قطعه مورد اندازه‌گیری است (شکل ۱۷-۳).



شکل ۱۷-۳- خطکش تلسکوپی

### نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱- نشانه یک‌کارگر، 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- درجه‌بندی خطکش فولادی باید فاقد زنگ‌زدگی و کوبیدگی باشد. به طوری که خطوط آن کاملاً قابل رؤیت باشد.
- ۳- تقسیمات خطکش باید خوانا و از وضوح کامل برخوردار باشد (کم‌رنگ نباشد).
- ۴- خطکش‌هایی که مجهز به قلاب‌اند، باید قلابشان فاقد لقی بوده و کاملاً سفت باشند.
- ۵- لبه‌های خطکش کاملاً صاف و بدون پریدگی و کندگی باشند.
- ۶- در اندازه‌گیری‌ها تدابیری اندیشیده شود تا لبه صفر خطکش درست منطبق بر لبه قطعه کار باشد.
- ۷- در خواندن اندازه‌ها چنانچه لبه قطعه کار در وسط خط اندازه خطکش قرار گرفت بهترین موقعیت برای قرائت اندازه است.
- ۸- در مواردی که لبه قطعه کار مابین دو خط اندازه قرار می‌گیرد از قاعده گرد کردن اندازه‌ها استفاده می‌شود.



- ۱- وسیله مناسب برای اندازه‌گیری، طول، عرض و ارتفاع کلاس درس چیست؟
- ۲- وسیله مناسب و روش اندازه‌گیری قطر یک سکه را با رسم شکل شرح دهید.
- ۳- روش اندازه‌گیری طول پا، محیط و قطر میچ دست را با متر فلزی جیبی و رسم شکل شرح دهید.
- ۴- وسیله مناسب برای اندازه‌گیری طول و عرض در و تخته کلاس کدام است؟
- ۵- روش و وسیله اندازه‌گیری طول قد انسان را با رسم شکل بنویسید.
- ۶- برای اندازه‌گیری اثر خط ترمز خودروبی، از چرخ اندازه‌گیر به قطر  $10^\circ$  سانتی‌متر استفاده شده و چرخ اندازه‌گیر  $10^\circ$  دور زده است. طول خط ترمز چند سانتی‌متر است؟
- ۷- از آنجا که قسمت کوچکی از خط‌کش فلزی تخت به طول  $30^\circ$  سانتی‌متر، دارای تقسیمات  $5/^\circ$  میلی‌متر است روش اندازه‌گیری طول یک مداد را با دقت  $5/^\circ$  میلی‌متر به وسیله خط‌کش فوق و با رسم شکل شرح دهید.
- ۸- آیا خط‌کش فلزی تخت برای اندازه‌گیری طول و قطر مداد نکی مناسب است؟ چرا؟



## کولیس‌ها



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

- ۱- کولیس ورنیه را توصیف کند.
- ۲- نحوه درجه‌بندی کولیس‌های ورنیه‌دار را شرح دهد.
- ۳- روش خواندن کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک مختلف را بیان کند.
- ۴- کولیس ساعتی را بیان کند.
- ۵- نحوه درجه‌بندی کولیس ساعتی را شرح دهد.
- ۶- روش خواندن کولیس ساعتی را بیان کند.
- ۷- کولیس دیجیتالی را توصیف کند.
- ۸- نحوه درجه‌بندی کولیس دیجیتالی را شرح دهد.
- ۹- روش خواندن کولیس دیجیتالی را بیان کند.
- ۱۰- نکات حفاظتی و ایمنی را در کولیس‌ها بیان کند.

### عناوین این فصل عبارتند از 8

✓ کولیس‌های ورنیه‌دار

✓ کولیس‌های ساعتی

✓ کولیس‌های دیجیتالی

## کولیس ورنیه

کولیس ورنیه توسط یک مهندس ریاضی دان فرانسوی به نام پیر ورنیه طراحی شده است. با ساخت این وسیله امکان اندازه گیری ابعادی قطعات تا دقت  $0.02\text{ mm}$  و  $0.001\text{ inch}$  فراهم گردید. به وسیله انواع کولیس ورنیه می توان اندازه گیری های مختلف را انجام داد، از آن جمله اندازه گیری انواع ابعاد داخلی، خارجی، قطر، شیار، عمق، طول، شکاف، ارتفاع، ضخامت و ... را می توان نام برد.

**شکل و ساختمان:** مطابق شکل (۱-۴) کولیس ورنیه معمولی از قسمت های زیر تشکیل شده است:



شکل ۱-۴- کولیس ورنیه

۱- خط کش با تقسیمات میلی متری و اینچی، که معمولاً قابلیت تفکیک قسمت میلی متری آن ها  $1\text{ mm}$  و در کولیس های اینچی  $0.025\text{ inch}$  و  $\frac{1}{40}$  است.

۲- فک ثابت، از سه قسمت چاقویی، تخت و پله ای تشکیل شده و با خط کش یک پارچه است.

۳- فک متحرک، این فک نیز از سه قسمت چاقویی، تخت و پله ای تشکیل شده و با کشوی یک پارچه است.

### توجه

\* از فک ثابت و متحرک برای انواع اندازه گیری های خارجی استفاده می شود.

\* بهتر است در اندازه گیری های عمومی از قسمت تخت فک ها استفاده شود.

\* از قسمت چاقویی کولیس برای اندازه گیری گلوبی ها و شیارهای باریک استفاده شود.

۴- شاخک ثابت که با خط کش یک پارچه است و لبه اندازه گیری آن تیز است.

۵- شاخک متحرک که با کشوی یک پارچه است و لبه اندازه گیری آن تیز است.

**توجه:** از شاخک ثابت و متحرک برای انواع اندازه گیری های داخلی استفاده می شود.

۶- کشوی که ورنیه های میلی متری و اینچی روی آن قرار دارد.

۷- پیچ قفل کشوی که از آن برای قفل کردن کشوی و در نتیجه ثابت نمودن ورنیه استفاده می شود.

۸- خار لقی گیر: از آن جا که خط کش داخل کشوی می بایست حرکت نماید لذا لازم است مابین این دو قطعه لقی کمی وجود

داشته باشد و این لقی در یک طرف قرار داشته باشد.

۹- پیچ های تنظیم لقی بین کشوی و خط کش.

۱۰- ورنیه ها، که ممکن است با کشوی یک پارچه یا به وسیله پیچ روی آن بسته شده باشند.

۱۱- پیچ های اتصال ورنیه به کشوی (در صورت یک پارچه بودن)

۱۲- شستی محرک کشوی و ورنیه.

۱۳- زیانه عمق سنج 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.

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

۱۵- پیچ‌های اتصال محدودکننده حرکت کشوی به خطکش.

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

## قابلیت تفکیک و گستره اندازه‌گیری

### الف) کولیس‌های ورنیه‌دار میلی‌متری

۱- قابلیت تفکیک: کولیس‌های میلی‌متری با قابلیت تفکیک  $0.1$ ،  $0.05$ ،  $0.02$  میلی‌متر ساخته می‌شوند.

۲- گستره اندازه‌گیری: بر اساس استاندارد، گستره اندازه‌گیری کولیس‌های میلی‌متری به یک متر می‌رسد.

### ب) کولیس‌های ورنیه‌دار اینچی:

۱- قابلیت تفکیک: کولیس‌های اینچی با قابلیت تفکیک  $\frac{1}{128}$  و  $\frac{1}{1000}$  اینچ ساخته می‌شود.

۲- گستره اندازه‌گیری: بر اساس استاندارد، گستره اندازه‌گیری کولیس‌های اینچی به  $4^{\circ}$  اینچ می‌رسد.

**نحوه درجه‌بندی:** کولیس‌های ورنیه‌دار بر مبنای تفاضل قابلیت تفکیک خطکش و ورنیه درجه‌بندی می‌شوند. بر این اساس

که مقدار مشخصی از خطکش انتخاب و روی ورنیه به تعداد فواصل مساوی تقسیم می‌شود و از تفاضل اندازه تقسیمات خطکش و ورنیه دقت کولیس و به عبارت بهتر قابلیت تفکیک کولیس ورنیه به دست می‌آید.

### الف) کولیس ورنیه‌های میلی‌متری

**۱- کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $0.1$  mm:** مطابق جدول (۱-۴) دو نوع درجه‌بندی برای این کولیس‌ها شرح داده

می‌شود. شایسته است یادآوری شود که ورنیه این کولیس‌ها  $1^{\circ}$  قسمتی است.

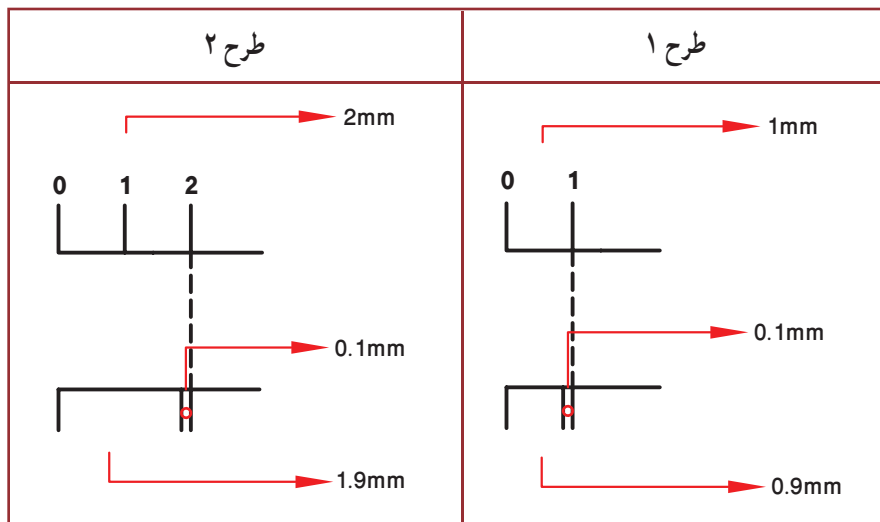
**طرح ۱:** در این طرح، مقدار ۹ میلی‌متر از خطکش انتخاب و روی ورنیه به  $1^{\circ}$  قسمت مساوی تقسیم شده است.

**طرح ۲:** در این طرح، مقدار ۱۹ میلی‌متر از خطکش انتخاب و روی ورنیه به  $1^{\circ}$  قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول ۱-۴- انواع درجه‌بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $0.1$  mm

عوامل مؤثر بر درجه‌بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک خطکش	۱mm	۱mm
مقیاس انتخاب شده	۹mm	۱۹mm
تعداد تقسیمات ورنیه	$1^{\circ}$	$1^{\circ}$
قابلیت تفکیک ورنیه	$0.9 \text{ mm} = 9 \div 10$	$1.9 \text{ mm} = 19 \div 10$
قابلیت تفکیک کولیس	$0.1 \text{ mm} = 1 - 0.9$	$0.1 \text{ mm} = 1.9 - 1$

شکل (۲-۴) مقایسه تقسیمات این دو نوع درجه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴- مقایسه تقسیمات ۰/۱ میلی‌متر

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با کولیس، که در ادامه 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 رویت شده، اندازه مورد نظر است، ولی چنانچه صفر ورنیه مابین دو خط از خط‌کش قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می‌دهیم:

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

$$۲۵ \text{ mm}$$

$$۷ \times ۰/۱ = ۰/۷ \text{ mm}$$

$$۲۵ + ۰/۷ = ۲۵/۷ \text{ mm}$$

مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود:

مقداری که از روی ورنیه خوانده می‌شود:

مقداری که کولیس ورنیه نشان می‌دهد:



## ۲- کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک $0.05 \text{ mm}$ : این کولیس‌ها نیز عموماً در دو طرح مختلف مطابق جدول (۴-۲)

درجه‌بندی می‌شوند. گفتنی است ورنیه این کولیس‌ها  $2^\circ$  قسمتی است.

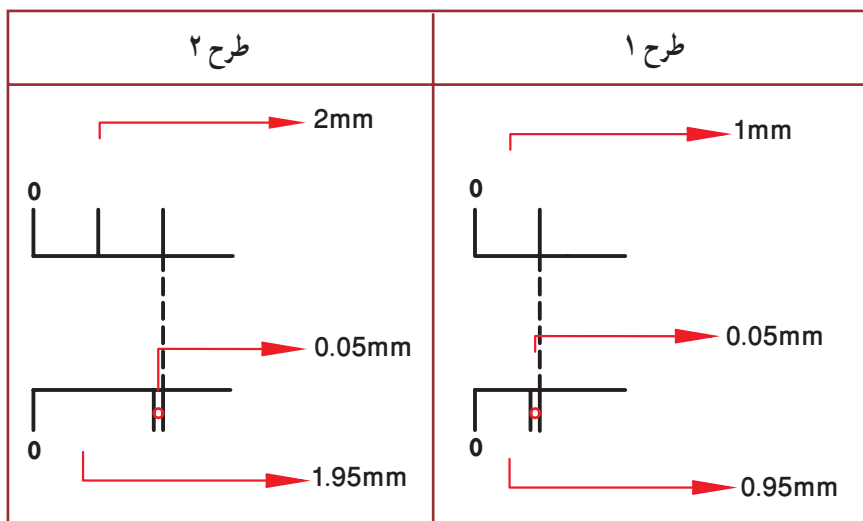
**طرح ۱:** در این طرح مقدار ۱۹ میلی‌متر از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به  $2^\circ$  قسمت مساوی تقسیم شده است.

**طرح ۲:** در این طرح مقدار ۳۹ میلی‌متر از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به  $2^\circ$  قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول ۴-۲- انواع درجه‌بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $0.05 \text{ mm}$

عوامل مؤثر بر درجه بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک خط‌کش	۱mm	۱mm
مقیاس انتخاب شده	۱۹mm	۳۹mm
تعداد تقسیمات ورنیه	$2^\circ$	$2^\circ$
قابلیت تفکیک ورنیه	$0.05 \text{ mm} = 19 \div 2^\circ$	$1/95 = 39 \div 2^\circ$
قابلیت تفکیک کولیس	$0.05 \text{ mm} = 1 - 0.05$	$0.05 \text{ mm} = 2 - 1/95$

شکل (۴-۳) مقایسه تقسیمات این دو نوع درجه‌بندی را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۳- مقایسه تقسیمات  $0.05 \text{ mm}$  میلی‌متر

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با کولیس، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق

زیر عمل می‌کنیم:

با در نظر 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 رویت شده اندازه مورد نظر برحسب میلی‌متر است، ولی چنانچه خط صفر ورنیه مابین دو خط

از خط کش قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می‌دهیم :

- ✓ هم امتداد بودن یکی از خطوط ورنیه را با یکی از خطوط خط کش شناسایی می‌کنیم.
- ✓ تعداد فواصل روی ورنیه را، که قبل از خط هم امتداد با خط کش قرار گرفته است را، شمارش می‌کنیم.
- ✓ عدد به دست آمده را در  $0.5\%$  ضرب می‌کنیم. در این صورت، مقدار اعشاری اندازه بر حسب میلی‌متر به دست خواهد

آمد.

- ✓ با جمع کردن اندازه صحیح با اندازه اعشاری مقدار اندازه قطعه حاصل می‌شود.



### مثال

در یک کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $0.5\%$  mm و گستره اندازه‌گیری  $(150 - 0)$  mm خط صفر ورنیه بعد از اندازه  $134$  mm از خط کش قرار دارد، خط هفدهم ورنیه (بدون در نظر گرفتن خط صفر ورنیه) نیز در امتداد یکی از خطوط خط کش قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد؟

- مقداری که از روی خط کش خوانده می‌شود :  $134$  mm
- مقداری که از روی ورنیه خوانده می‌شود :  $17 \times 0.5 = 8.5$  mm
- مقداری که از روی کولیس ورنیه نشان می‌دهد.  $134 + 8.5 = 142.5$  mm

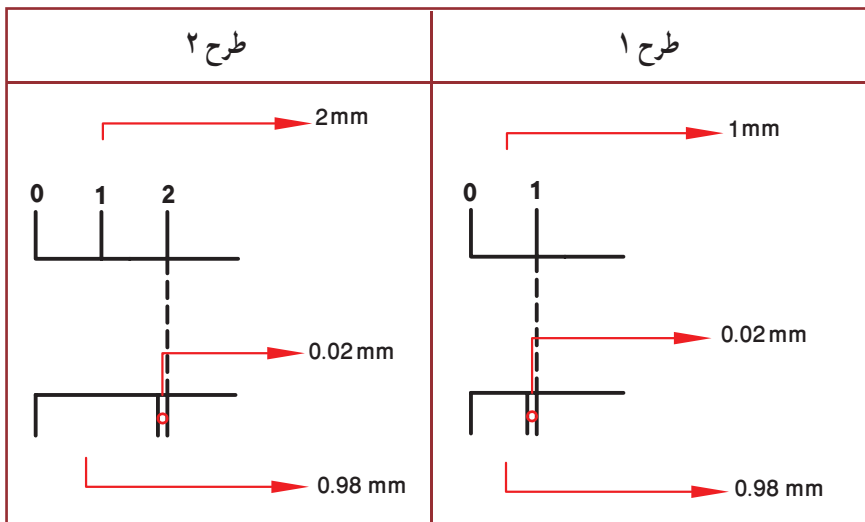
**۳- کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $2\%$  mm :** این کولیس‌ها عموماً در دو طرح مختلف ساخته می‌شوند. که مطابق جدول (۳-۴) شرح داده می‌شود. گفتنی است ورنیه این کولیس‌ها  $50^\circ$  قسمتی است.

- طرح ۱:** در این طرح مقدار  $49$  میلی‌متر از خط کش انتخاب و روی ورنیه به  $50^\circ$  قسمت مساوی تقسیم شده است.
- طرح ۲:** در این طرح مقدار  $99$  میلی‌متر از خط کش انتخاب و روی ورنیه به  $50^\circ$  قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول ۳-۴ - انواع درجه بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $2\%$  mm

عوامل مؤثر بر درجه بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک خط کش	$1$ mm	$1$ mm
مقیاس انتخاب شده	$49$ mm	$99$ mm
تعداد تقسیمات ورنیه	$50^\circ$	$50^\circ$
قابلیت تفکیک ورنیه	$49 \div 50 = 0.98$ mm	$99 \div 50 = 1.98$ mm
قابلیت تفکیک کولیس	$1 - 0.98 = 0.02$ mm	$2 - 1.98 = 0.02$ mm

شکل (۴-۴) مقایسه تقسیمات این دو نوع درجه بندی را نشان می دهد.



شکل ۴-۴ - مقایسه تقسیمات ۰/۰۲ میلی متر

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه گیری و کار با کولیس، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق

زیر عمل می کنیم :

با در نظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه روی خط کش کولیس، اندازه های صحیح را، که مضربی از یک میلی متر می باشد را از روی خط کش کولیس می خوانیم. باید متذکر شد اگر خط صفر ورنیه کاملاً با یکی از خطوط خط کش هم امتداد باشد مقدار اندازه، ارقام اعشاری ندارد و مقدار رؤیت شده اندازه مورد نظر بر حسب میلی متر است، ولی چنان چه خط صفر ورنیه مابین دو خط از خط کش قرار گیرد عمل خواندن را مطابق زیر ادامه می دهیم :

- هم امتداد بودن یکی از خطوط ورنیه را با یکی از خطوط خط کش شناسایی می کنیم.
- تعداد فواصل روی ورنیه را، که قبل از خط هم امتداد با خط کش قرار گرفته است، شمارش می کنیم.
- عدد به دست آمده را در ۰/۰۲ ضرب می کنیم. در این صورت، مقدار اعشاری اندازه بر حسب میلی متر به دست خواهد

آمد.

- با جمع کردن اندازه صحیح با اندازه اعشاری مقدار اندازه قطعه به دست می آید.



### مثال

در یک کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک ۰/۰۲ mm و گستره اندازه گیری mm (۱۲۰ - ۰) خط صفر ورنیه بعد از اندازه ۶۷ mm از خط کش قرار دارد و خط سی و ششم ورنیه (بدون در نظر گرفتن خط صفر ورنیه) در امتداد یکی از خطوط خط کش قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی متر نشان می دهد؟

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| مقداری که از روی خط کش خوانده می شود : | ۶۷ mm                              |
| مقداری که از روی ورنیه خوانده می شود : | $۳۶ \times ۰/۰۲ = ۰/۷۲ \text{ mm}$ |
| مقداری که کولیس ورنیه نشان می دهد :    | $۶۷ + ۰/۷۲ = ۶۷/۷۲ \text{ mm}$     |

## ب) کولیس ورنیه‌های اینچی

۱- کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $\frac{1}{128}$  inch: دو نوع درجه‌بندی برای این نوع کولیس شرح داده می‌شود. شایان ذکر است که ورنیه این کولیس‌ها ۸ قسمتی است.

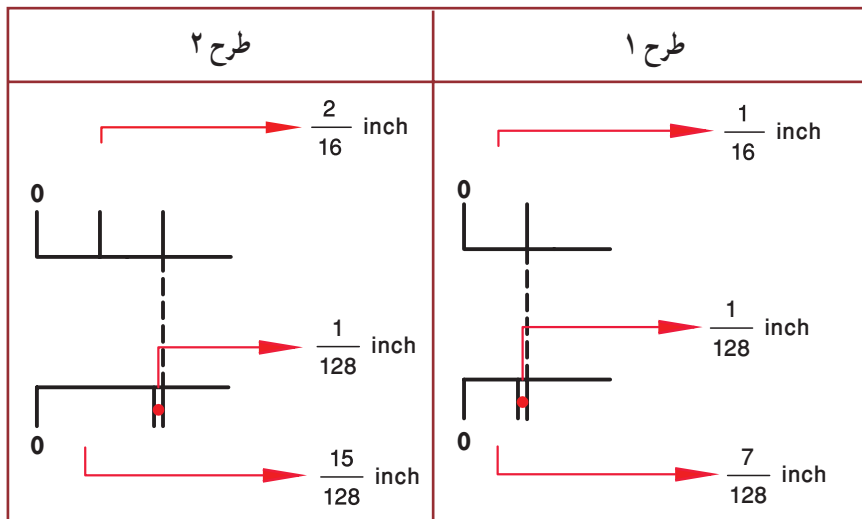
طرح ۱: در این طرح مقدار  $\frac{7}{16}$ " از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۸ قسمت مساوی تقسیم شده است.

طرح ۲: در این طرح مقدار  $\frac{15}{16}$ " از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۸ قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول ۴-۴- انواع درجه‌بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $\frac{1}{128}$  inch

طرح ۲	طرح ۱	عوامل مؤثر بر درجه بندی
$\frac{1}{16} = \frac{8}{128}$	$\frac{1}{16} = \frac{8}{128}$	قابلیت تفکیک خط‌کش
$\frac{15}{16}$	$\frac{7}{16}$	مقیاس انتخاب شده
۸	۸	تعداد تقسیمات ورنیه
$\frac{15}{16} \div 8 = \frac{15}{128}$	$\frac{7}{16} \div 8 = \frac{7}{128}$	قابلیت تفکیک ورنیه
$\frac{2}{16} - \frac{15}{128} = \frac{1}{128}$	$\frac{1}{16} - \frac{7}{128} = \frac{1}{128}$	قابلیت تفکیک کولیس

شکل (۴-۵) مقایسه تقسیمات طرح ۱ و ۲ را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵- مقایسه تقسیمات  $\frac{1}{128}$  اینچ

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با کولیس، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق

زیر عمل می‌کنیم:

با در نظر 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 اندازه مورد نظر بر حسب اینچ است. ولی چنان‌چه خط 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 که قبل از خط هم امتداد قرار گرفته است را شمارش می‌کنیم.
- ✓ عدد به دست آمده را در  $\frac{1}{128}$  ضرب می‌کنیم. در این صورت، مقدار اعشاری اندازه بر حسب اینچ به دست خواهد آمد.
- ✓ با جمع کردن اندازه صحیح با اندازه اعشاری مقدار اندازه قطعه حاصل می‌شود.



### مثال

در یک کولیس ورنیه، با قابلیت تفکیک  $\frac{1}{128}$  اینچ و گستره اندازه‌گیری  $6\text{ inch}$  (۶-۰) خط صفر ورنیه بعد از سومین خط بعد از اندازه  $2\text{ inch}$  و هم‌چنین چهارمین خط ورنیه (بدون در نظر گرفتن خط صفر ورنیه) در امتداد یکی از خطوط خط‌کش قرار دارد این کولیس چه مقداری را بر حسب اینچ نشان می‌دهد؟

$$2\frac{3}{16}\text{ inch}$$

مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود:

$$4 \times \frac{1}{128} = \frac{4}{128}\text{ inch}$$

مقداری که از روی ورنیه خوانده می‌شود:

$$(2, \frac{3}{16}, \frac{4}{128})\text{ inch}$$

مقداری که کولیس ورنیه نشان می‌دهد:

$$6\frac{28}{128}\text{ inch}$$

و یا به طور خلاصه می‌شود:

**۲ - کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $\frac{1}{1000}\text{ inch}$ :** دو نوع درجه بندی برای این نوع کولیس شرح داده می‌شود، شایسته

است یادآوری شود که ورنیه این کولیس‌ها ۲۵ قسمتی است.

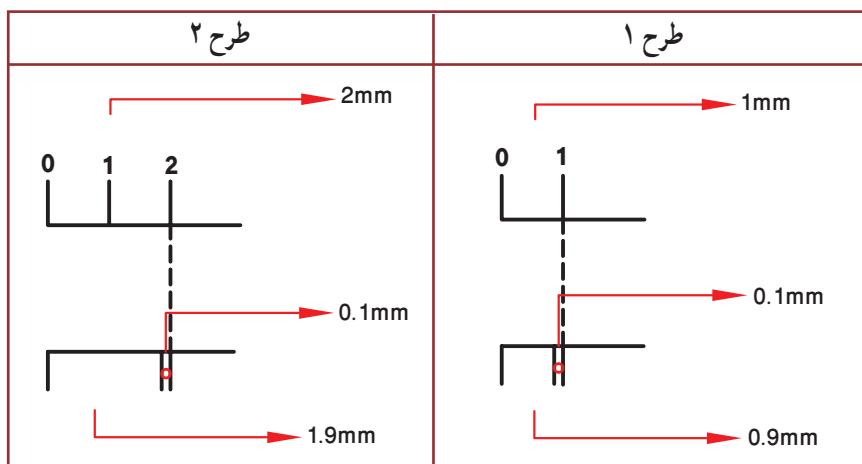
**طرح ۱:** در این طرح مقدار  $\frac{24}{40}$  اینچ از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۲۵ قسمت مساوی تقسیم شده است.

**طرح ۲:** در این طرح مقدار  $\frac{49}{40} = 1\frac{9}{40}$  اینچ از خط‌کش انتخاب و روی ورنیه به ۲۵ قسمت مساوی تقسیم شده است.

جدول ۴-۵- انواع درجه بندی کولیس ورنیه با قابلیت تفکیک  $\frac{1}{1000}$  inch

عوامل مؤثر بر درجه بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک خط کش	$\frac{1}{40} = \frac{25''}{1000}$	$\frac{1}{40} = \frac{25''}{1000}$
مقیاس انتخاب شده	$\frac{24''}{40}$	$\frac{9}{40} = \frac{49''}{40}$
تعداد تقسیمات ورنیه	۲۵	۲۵
قابلیت تفکیک ورنیه	$\frac{24''}{40} \div 25 = \frac{24''}{1000}$	$\frac{49}{40} \div 25 = \frac{49''}{1000}$
قابلیت تفکیک کولیس	$\frac{1}{40} - \frac{24}{1000} = \frac{1''}{1000}$	$\frac{2}{40} - \frac{49}{1000} = \frac{1''}{1000}$

شکل ۴-۶- مقایسه تقسیمات این دو نوع درجه بندی را نشان می دهد.



شکل ۴-۶- مقایسه تقسیمات  $\frac{1}{1000}$  اینچ

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه گیری و کار با کولیس، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق

زیر عمل می کنیم:

با در نظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه اینچی روی خط کش کولیس، اندازه های صحیح را، که مضربی از  $0.25$  اینچ می باشند، را از روی خط کش کولیس می خوانیم. لازم است یادآوری شود اگر خط صفر ورنیه کاملاً با یکی از خطوط خط کش هم امتداد باشد مقدار اندازه، ارقام اعشاری ندارد و مقدار رویت شده اندازه 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  $0.01\%$  ضرب می‌کنیم. در این صورت، مقدار اعشاری اندازه برحسب اینچ به‌دست خواهد آمد.
- ✓ با جمع کردن اندازه صحیح با اندازه اعشاری مقدار اندازه قطعه حاصل می‌شود.



### مثال

در یک کولیس ورنیه اینچی با مشخصات  $(6-0)$  inch، خط صفر ورنیه از اندازه  $2$  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:  $2$  inch

مقدار فرعی که از روی خطکش خوانده می‌شود:  $\frac{11}{40}$  inch =  $\frac{11}{40} \times \frac{25}{25} = \frac{275}{1000} = 0.275\%$

مقداری که از روی ورنیه خوانده می‌شود:  $19 \times 0.001 = 0.019$  inch

مقداری که کولیس نشان می‌دهد:  $2 + 0.275 + 0.019 = 2.294$  inch

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

۱- مقیاس انتخاب شده بیش‌تر

۲- تقسیمات روی ورنیه درشت‌تر

۳- رؤیت راحت‌تر

۴- خطای چشم کم‌تر

رابطه زیر در مورد انواع کولیس‌های میلی متری و اینچی صادق است :

$r =$  قابلیت تفکیک خطکش کولیس

$n =$  تعداد تقسیمات ورنیه

$R =$  قابلیت تفکیک کولیس ورنیه

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



### مثال

قابلیت تفکیک کولیس ورنیه که تعداد تقسیمات ورنیه آن  $20$  و قابلیت تفکیک خطکش آن یک میلی متر است.

چه مقدار می‌باشد؟

$$R = \frac{r}{n} \Rightarrow R = \frac{1}{20} = 0.05 \text{ mm}$$

## اصول و قواعد کار با کولیس

- ۱- با توجه به نوع و دقت مورد نظر برای اندازه‌گیری لازم است کولیس مناسب با تقسیمات میلی‌متری یا اینچی انتخاب نماید.
- ۲- کولیس عیب و نقص نداشته، سالم بوده و عملکرد آن درست باشد.
- ۳- از باز کردن زیاد پیچ قفل کشوی خودداری شود.
- ۴- با استفاده از پارچهٔ نظیف مخصوص، کولیس را کاملاً تمیز کنید (به‌ویژه سطح فک‌ها)
- ۵- کولیس را کاملاً ببندید و از تطابق صفر ورنیه بر خط‌کش آن اطمینان حاصل کنید.
- ۶- 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.
- ۷- در صورت نیاز به گرفتن فک ثابت، آن را با دست چپ بگیرید.
- ۸- در اندازه‌گیری‌ها سعی کنید قطعه کار را با قسمت تخت و پهن فکین درگیر نمایید.
- ۹- 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 گلوبی‌ها و شیارهای باریک استفاده شود.
- ۱۰- در هنگام خواندن کولیس به‌صورت عمودی به آن نگاه شود.
- ۱۱- در هنگام تنظیم کردن کولیس روی قطعه کار، شستی (زائدهٔ آج‌دار) کولیس را به مقداری فشار دهید که انگشت شست روی آن سر بخورد.
- ۱۲- در کولیس‌های ساعتی قبل از استفاده، از تطابق عقربهٔ بزرگ بر صفر صفحهٔ بزرگ در حالت بسته بودن کولیس اطمینان حاصل نمایید.



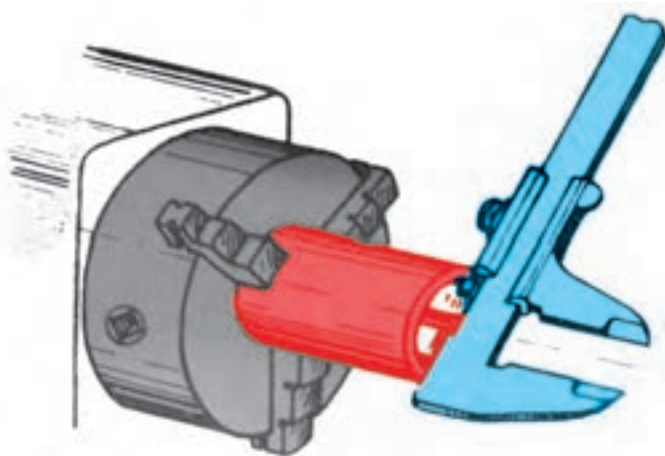
شکل ۷-۴- اندازه‌گیری ابعاد خارجی

- ۱۳- 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 ۷-۴).

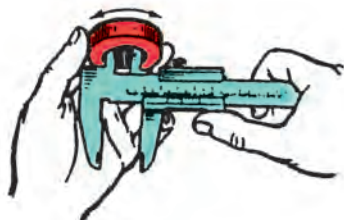




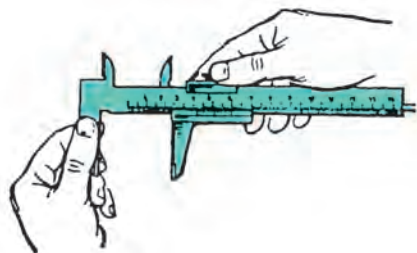
۱۴- در اندازه‌گیری ابعاد داخلی، دهانه کولیس را کم‌تر از بعد مورد اندازه‌گیری باز کرده، شاخک‌های کولیس را در دهانه قطعه کار قرار داده و پس از چسباندن و میزان کردن، اندازه را بخوانید (شکل ۸-۴).



شکل ۸-۴- اندازه‌گیری ابعاد داخلی



شکل ۹-۴- چرخاندن شاخک‌های کولیس در داخل کار



شکل ۱۰-۴- سفت کردن پیچ قفل کشوی

۱۵- در هر یک از حالات قبل اندازه‌های داخلی و خارجی برای به‌دست آوردن کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین اندازه قطعه کار، کولیس را روی اندازه مورد نیاز بچرخانید تا بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین اندازه احتمالی قطعه را بیابید (شکل ۹-۴). البته به جای چرخش کولیس می‌توان قطعه کار را نیز چرخانید.

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

۱۷- چنانچه اندازه، در هنگام قرار گرفتن کولیس روی قطعه کار خوانده می‌شود نیازی به قفل کردن کشوی توسط پیچ قفل‌کننده آن نیست. ولی اگر لازم است کولیس را از کار جدا کنید و سپس آنرا بخوانید در آن صورت لازم است قفل شود (شکل ۱۰-۴).

## انواع کولیس

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

۱- **کولیس ورنیه معمولی**: این کولیس استفاده عمومی دارد و برای انواع اندازه‌گیری‌های داخلی و خارجی به کار گرفته می‌شود؛ که قبلاً به تفصیل شرح داده شد.

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



شکل ۱۱-۴- 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 میز کار 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 زبانه سر کشوی

✓ خار بست شاخک

✓ پیچ محکم‌کننده 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 مهره واسطه بین کشوی و مکانیزم فوق مقادیر کم را جدا نماییم.

✓ محدودکننده حرکت کشوی



شکل ۱۲-۴ کاربرد کولیس ورنیه ارتفاع‌سنج

**توجه:**

\* گفتنی است اجزای فوق ممکن است در روی همه

کولیس‌ها وجود نداشته باشد.

\* قابلیت تفکیک، گستره اندازه‌گیری، جنس، نحوه

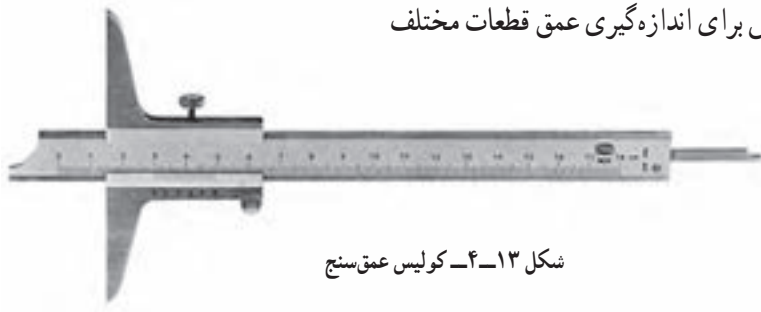
درجه‌بندی و نحوه خواندن آن مانند کولیس ورنیه معمولی است،

که قبلاً به تفصیل شرح داده شده است. شکل (۱۲-۴) نمونه‌ای

از کاربرد کولیس ورنیه ارتفاع‌سنج را نشان می‌دهد.

### ۳- کولیس ورنیه عمق سنج: از این کولیس برای اندازه گیری عمق قطعات مختلف

استفاده می شود (شکل ۱۳-۴).



شکل ۱۳-۴- کولیس عمق سنج

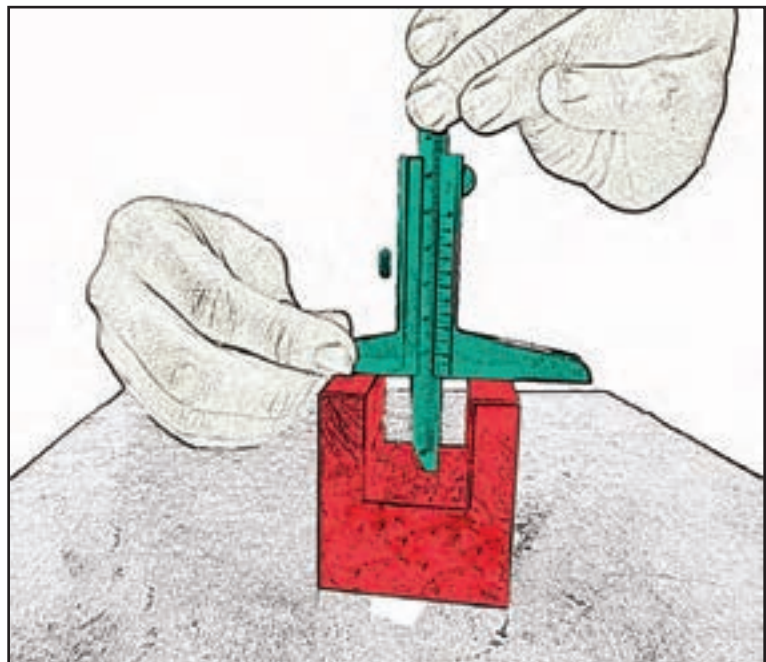
**ساختمان:** این کولیس از قسمت های زیر تشکیل شده است:

- ✓ خط کش مدرج با تقسیمات میلی متری و اینچی
- ✓ پایه متصل به کشوی که محل استقرار کولیس روی قطعه و موضع مورد اندازه گیری است.
- ✓ کشوی
- ✓ خار لقی گیر
- ✓ پیچ های تنظیم لقی
- ✓ پیچ قفل کشوی
- ✓ شستی محرک کشوی
- ✓ ورنیه ها
- ✓ پیچ های اتصال ورنیه ها به کشوی
- ✓ مکانیزم تنظیم مقادیر کوچک
- ✓ خار لقی گیر
- ✓ پیچ های تنظیم لقی

#### توجه

\* گفتنی است مکانیزم تنظیم مقادیر کوچک روی همه کولیس ها پیش بینی نشده است.

\* قابلیت تفکیک، گستره اندازه گیری، جنس، نحوه درجه بندی و نحوه خواندن آن مانند کولیس ورنیه معمولی می باشد که قبلاً به تفصیل شرح داده شده است. شکل (۱۴-۴) نمونه ای از کاربرد کولیس ورنیه عمق سنج را نشان می دهد.



شکل ۱۴-۴- کاربرد کولیس ورنیه عمق سنج

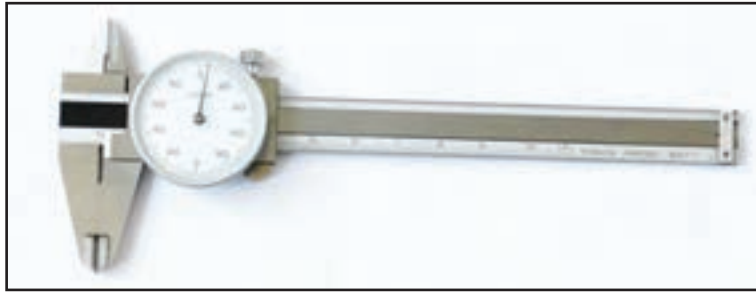
علاوه بر کولیس ورنیه‌هایی که به تفصیل شرح داده شد، انواع دیگری نیز ساخته شده که در جدول (۴-۶) آمده است.

جدول ۴-۶- انواع کولیس

ردیف	نام	شکل	شرح
۱	کولیس با فک گردان		سر فک ثابت آن نیم‌کره است که می‌تواند حول سر خط‌کش بچرخد و تحت زاویه قرار گیرد. به این وسیله می‌توان فواصل محوری سوراخ‌ها، که نسبت به هم تحت زاویه قرار دارند را اندازه گرفت.
۲	کولیس با فک کشوی		فک ثابت 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 فاصله پله‌ها و محور تا محور سوراخ‌های غیر هم‌سطح استفاده نمود.
۳	کولیس اندازه‌گیر عمق جای خار		همان‌طوری که از نامش پیداست با زبانه‌ای که در وسط آن پیش‌بینی شده است می‌توان عمق جای خار روی محورها را با این کولیس اندازه گرفت.
۴	کولیس با فک میله‌ای		فک‌های این کولیس به صورت میله‌ای است و می‌توان با آن فاصله محور تا محور سوراخ‌ها را اندازه گرفت.
۵	کولیس با فک پهن		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 به صورت عمود بر هم است که روی کولیس عمودی مقدار ارتفاع تنظیم و از روی کولیس افقی مقدار ضخامت خطی دندانه چرخ دنده 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 فاصله 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 دنده‌شانه‌ای، چرخ‌دنده، عقربه و صفحه مدرج کار می‌کنند و با توجه 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  $0.01$ ،  $0.02$ ،  $0.05$ ،  $0.1$  میلی‌متر و  $0.001$  اینچ طراحی و ساخته می‌شوند و این ارقام به مشخصات دنده‌شانه‌ای، چرخ‌دنده و تعداد تقسیمات صفحه 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 ۱۵-۴).



شکل ۱۵-۴- 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 گلوبی‌ها و شیارهای باریک استفاده شود.

✓ شاخک ثابت که با خط‌کش یک پارچه است.

✓ شاخک متحرک که با کشوی یک پارچه است.

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

✓ کشوی

✓ پیچ قفل کشوی

✓ خار لقی گیر

✓ پیچ قفل مجموعه طوقه و صفحه مدرج

✓ پیچ‌های تنظیم لقی بین کشوی و خط‌کش

✓ صفحه مدرج، که روی کشوی نصب می‌شود.

✓ عقربه، که با جابه‌جایی کشوی حرکت می‌کند.

✓ طوقه متحرک، که صفحه مدرج ساعت به آن متصل است.

**توجه:** قبل از استفاده از کولیس ساعتی باید آن را کاملاً ببندیم، پیچ قفل طوقه را شل کنیم و با چرخاندن طوقه، صفر صفحه

مدرج را زیر عقربه می‌آوریم و سپس طوقه را قفل می‌کنیم.

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

✓ چرخ دنده‌ها

✓ اجزای آب‌بندی

- ✓ اجزای اتصال
- ✓ شستی محرک کشوی (که معمولاً به صورت غلطک آج دار در نظر گرفته شده و حول محورش می چرخد)
- ✓ زبانه عمق سنج
- ✓ محدودکننده حرکت کشوی (استاپ کشوی)

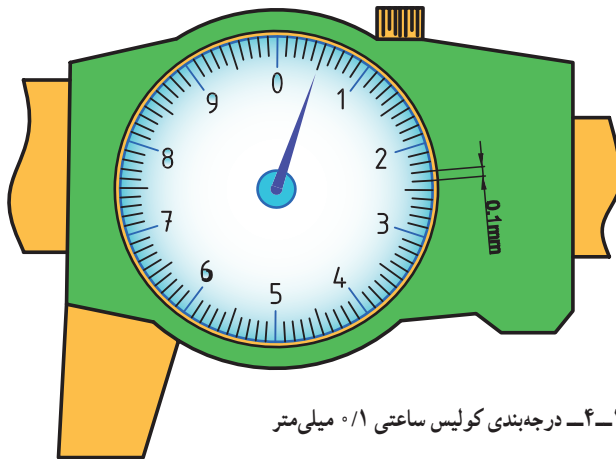
## نحوه درجه بندی

### الف) کولیس ساعتی میلی متری

#### ۱- کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک $0.1 \text{ mm}$

- ◀ صفحه بزرگ این کولیس  $100^\circ$  قسمتی است.
- ◀ هر واحد آن نشان دهنده  $0.1 \text{ mm}$  است.
- ◀ هر دور صفحه ساعت معادل  $10 \text{ mm}$  است.

$$0.1 \times 100 = 10 \text{ mm}$$



شکل ۱۶-۴- درجه بندی کولیس ساعتی  $0.1$  میلی متر

**روش خواندن:** هر تقسیم روی صفحه مدرج این کولیس معادل  $0.1 \text{ mm}$  است. بنابراین اندازه های  $0.1$  میلی متر تا رقم  $10 \text{ mm}$  از روی صفحه مدرج خوانده می شود. خط کش کولیس نیز دارای تقسیمات یک میلی متری است که اندازه مورد نظر از محل تطابق لبه کشوی با خط کش خوانده می شود.



### مثال

در یک کولیس ساعتی با مشخصات  $(150^\circ - 0.1)$ ، لبه کشوی کولیس بعد از اندازه  $40$  میلی متر خط کش قرار دارد و عقربه کولیس نیز روی هشتمین فاصله بعد از رقم صفر صفحه مدرج قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی متر نشان می دهد؟

$$40 \text{ mm}$$

$$8 \times 0.1 = 0.8 \text{ mm}$$

$$40 \times 0.1 = 40.8 \text{ mm}$$

مقداری که از روی خط کش خوانده می شود.

مقداری که از روی صفحه مدرج خوانده می شود.

مقداری که کولیس ساعتی نشان می دهد.

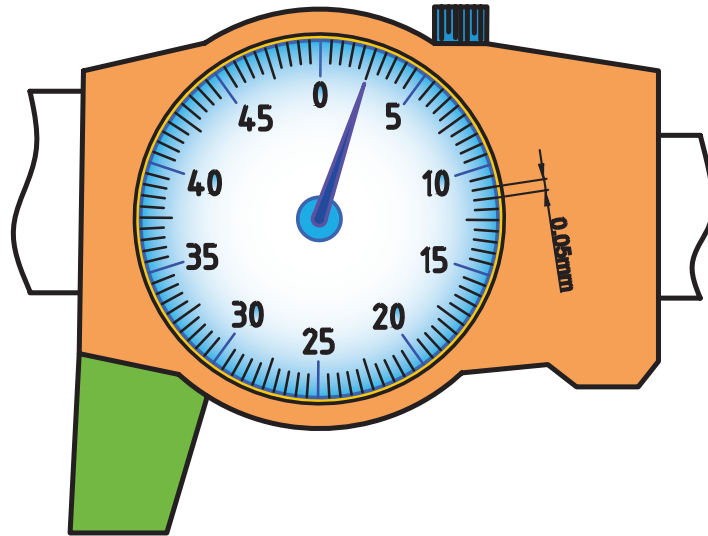
## ۲- کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک $0.05 \text{ mm}$

➤ صفحه مدرج این کولیس  $100^\circ$  قسمتی است.

➤ هر واحد آن نشان دهنده  $0.05 \text{ mm}$  است.

➤ هر دور صفحه ساعت معادل  $5 \text{ mm}$  می باشد.

$$0.05 \times 100 = 5 \text{ mm}$$



شکل ۱۲-۴- درجه بندی کولیس ساعتی  $0.05$  میلی متر

**روش خواندن:** هر تقسیم روی صفحه مدرج این کولیس معادل  $0.05 \text{ mm}$  است. بنابراین، اندازه های  $0.05 \text{ mm}$  تا رقم  $5 \text{ mm}$  از روی صفحه مدرج خوانده می شود. خط کش کولیس نیز دارای تقسیمات یک میلی متری است، که اندازه مورد نظر از محل تطابق لبه کنسوی با خط کش خوانده می شود.



### مثال

در یک کولیس ساعتی با مشخصات  $(120-0.05)$  لبه کنسوی کولیس بعد از اندازه  $15$  میلی متر خط کش قرار دارد و عقربه کولیس نیز روی سیزدهمین فاصله بعد از رقم صفر صفحه مدرج قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی متر نشان می دهد؟

$$15 \text{ mm}$$

$$13 \times 0.05 = 0.65 \text{ mm}$$

$$15 + 0.65 = 15.65 \text{ mm}$$

مقداری که از روی خط کش خوانده می شود.

مقداری که از روی صفحه مدرج خوانده می شود.

مقداری که کولیس ساعتی نشان می دهد.





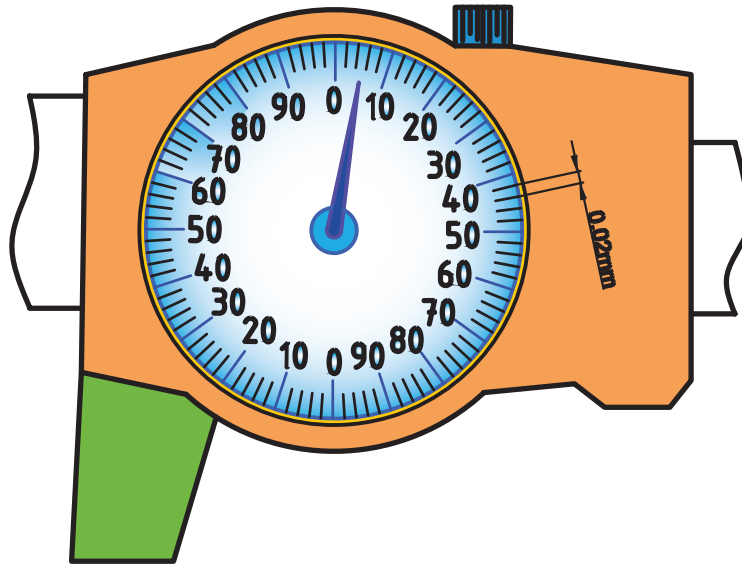
### ۳- کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک $0.02 \text{ mm}$

◀ صفحه مدرج این کولیس  $100$  قسمتی است.

◀ هر واحد آن نشان دهنده  $0.02 \text{ mm}$  است.

◀ هر دور صفحه ساعت معادل  $2 \text{ mm}$  است.

$$0.02 \times 100 = 2 \text{ mm}$$



شکل ۱۸-۴- درجه بندی کولیس ساعتی  $0.02$  میلی متر

**روش خواندن:** هر تقسیم روی صفحه مدرج این کولیس معادل  $0.02 \text{ mm}$  است. بنابراین، اندازه های  $0.02 \text{ mm}$  تا رقم  $2 \text{ mm}$  از روی صفحه مدرج خوانده می شود. خط کش کولیس نیز دارای تقسیمات یک میلی متری است و اندازه مورد نظر از محل تطابق لبه کشوی با خط کش خوانده می شود.



#### مثال

در یک کولیس ساعتی با مشخصات  $(200-0.02)$  لبه کشوی کولیس بعد از رقم  $127 \text{ mm}$  از خط کش قرار گرفته است و عقربه کولیس نیز روی دومین فاصله بعد از عدد  $80$  سمت چپ صفحه مدرج قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی متر نشان می دهد؟

$$127 \text{ mm}$$

$$0.08 + (2 \times 0.02) = 0.04 \text{ mm}$$

$$127 + 0.04 = 127.04 \text{ mm}$$

مقداری که از روی خط کش خوانده می شود.

مقادیری که از روی صفحه مدرج خوانده می شود.

مقداری که کولیس ساعتی نشان می دهد.

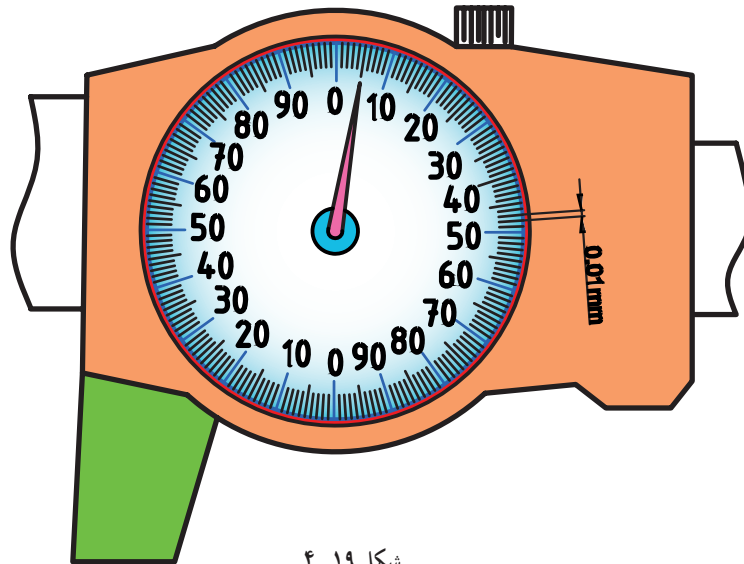
#### ۴- کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک $0.1 \text{ mm}$

◀ صفحه مدرج این کولیس  $200^\circ$  قسمتی است.

◀ هر واحد آن نشان دهنده  $0.1 \text{ mm}$  است.

◀ هر دور صفحه ساعت معادل  $2 \text{ mm}$  است.

$$0.1 \times 200 = 2 \text{ mm}$$



شکل ۱۹-۴

**روش خواندن:** هر تقسیم روی صفحه مدرج این کولیس معادل  $0.1 \text{ mm}$  است. بنابراین، اندازه‌های  $0.1 \text{ mm}$  تا رقم  $2 \text{ mm}$  از روی صفحه مدرج خوانده می‌شود. خط کش کولیس نیز دارای تقسیمات یک میلی‌متری است و اندازه مورد نظر از محل تطابق لبه کشوی با خط کش خوانده می‌شود.



در یک کولیس ساعتی با مشخصات  $(150^\circ - 0.1)$  لبه کشوی کولیس بعد از رقم  $34 \text{ mm}$  از خط کش قرار گرفته است و عقربه کولیس نیز روی چهار فاصله بعد از عدد  $7^\circ$  صفحه مدرج قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب میلی‌متر نشان می‌دهد؟

$$34 \text{ mm}$$

$$70 \times 0.1 = 7.0 \text{ mm}$$

$$4 \times 0.1 = 0.4 \text{ mm}$$

$$34 + 7.0 + 0.4 = 41.4 \text{ mm}$$

مقداری که از روی خط کش خوانده می‌شود.

مقادیری که از روی صفحه مدرج خوانده می‌شود.

مقداری که کولیس ساعتی نشان می‌دهد.

## ب) کولیس ساعتی اینچی

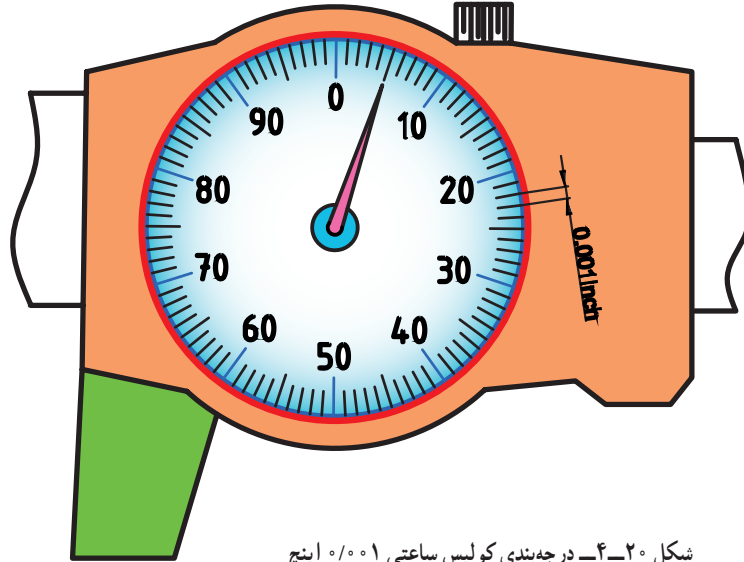
### ۱- کولیس ساعتی با قابلیت تفکیک $0.001$ inch

◀ صفحه بزرگ این کولیس  $100$  قسمتی است.

◀ هر واحد آن نشان دهنده  $0.001$  inch است.

◀ هر دور صفحه ساعت معادل  $0.1$  inch است.

$$100 \times 0.001 = 0.1 \text{ inch}$$



شکل ۲۰-۴- درجه بندی کولیس ساعتی  $0.001$  اینچ

**روش خواندن:** هر تقسیم روی صفحه مدرج این کولیس معادل  $0.001$  inch است. بنابراین، اندازه‌های  $0.001$  inch تارقم  $0.1$  inch از روی صفحه مدرج خوانده می‌شود. خط‌کش کولیس نیز دارای تقسیمات  $0.1$  inch است و اندازه مورد نظر از محل تطابق لبه کنوی با خط‌کش خوانده می‌شود.



### مثال

در یک کولیس ساعتی با مشخصات  $(6-0.001)$  لبه کنوی کولیس بعد از رقم  $5$  inch قرار گرفته است و عقربه کولیس نیز روی هشت فاصله بعد از عدد صفر صفحه مدرج قرار دارد. این کولیس چه مقداری را بر حسب اینچ نشان می‌دهد؟

$5$  inch

مقداری که از روی خط‌کش خوانده می‌شود.

$$8 \times 0.001 = 0.008 \text{ inch}$$

$$8 \times 0.001 = 0.008 \text{ inch}$$

مقداری که کولیس نشان می‌دهد.

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

**۲- 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  $0.01 \text{ mm}$  و در سیستم اینچی  $0.001 \text{ inch}$  است.

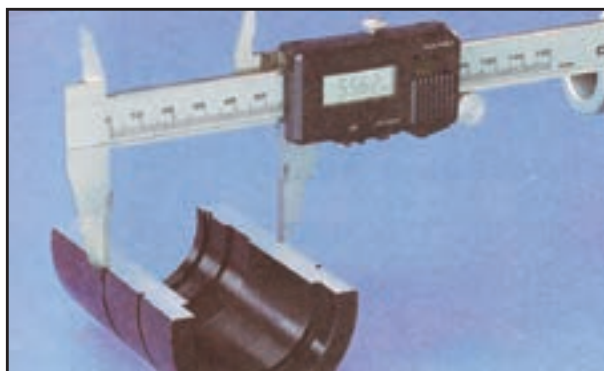


شکل ۲۱-۴- کولیس دیجیتالی

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 به صورت غلطک آج‌دار با محور هرز گرد است).
- ✓ صفحه نمایش‌گر: این صفحه مقدار اندازه را بر حسب میلی‌متر یا اینچ نشان می‌دهد.
- ✓ قاب صفحه 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 حافظه کولیس ذخیره می‌گردد و با تغییر موقعیت کشوی، مقادیر بیشتر و یا کم‌تر نسبت به اندازه ذخیره شده، به صورت 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 بماند و با تغییر و جابه‌جایی کشوی تغییری در اندازه ایجاد نگردد از این کلید استفاده می‌شود.
- ✓ زیانه عمق سنج
- ✓ محدود کننده حرکت کشوی (استاپ کشوی)
- ✓ دنده شانه‌ای
- ✓ برد الکترونیکی
- ✓ پیچ‌های اتصال
- ✓ بعضاً این کولیس‌ها می‌توانند توسط کابل مخصوص به چاپگر متصل شده و اندازه‌ها را چاپ نماید.





شکل ۲۲-۴- اندازه‌گیری با کولیس دیجیتالی

**روش خواندن:** در این نوع کولیس‌ها مقدار اندازه به صورت ترکیبی از اعداد صحیح و اعشاری از روی صفحه نمایش‌گر کولیس برحسب میلی‌متر و یا اینچ خوانده می‌شود (شکل ۲۲-۴).

انواع کولیس‌ها به صورت دیجیتالی نیز ساخته می‌شوند.

## نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱- از سفت کردن زیاد پیچ قفل کشوی کولیس‌ها جداً خودداری شود.
- ۲- در هنگام استفاده از انواع کولیس دقت شود تا پیچ‌های محدود کننده حرکت کشوی آن شل نباشند.
- ۳- از بیرون آوردن کشوی کولیس‌ها از روی خطکش جداً خودداری شود.
- ۴- نظر به این‌که وسایل اندازه‌گیری دیجیتالی و ساعتی در برابر ضربه بسیار آسیب‌پذیرند، از هر گونه ضربه زدن به آن‌ها جداً خودداری شود.
- ۵- در هنگام بایگانی و سایل اندازه‌گیری، آن‌ها را در جعبه سر بسته و بدون نفوذ گرد و غبار نگهداری کنید.
- ۶- در استفاده از کولیس‌های دیجیتالی دقت شود تا باتری آن شارژ باشد.
- ۷- در استفاده از کولیس، ارتفاع سنج آن را از پایه بگیرید و جابه‌جا کنید و از گرفتن خطکش یا کشوی آن برای جابه‌جا نمودن جداً خودداری شود.
- ۸- با توجه به این‌که بعضاً کولیس‌های عمق سنج فاقد محدودکننده حرکت کشوی هستند، هنگام استفاده مواظب باشید تا کشوی از روی خطکش بیرون نیاید.
- ۹- از اندازه‌گیری قطعات روی دستگاه‌های در حال کار جداً خودداری شود.
- ۱۰- برای تنظیم لقی بین کشوی و خطکش از خار برنجی استفاده شده است. بنابراین، قبل از استفاده، از وجود خار برنجی اطمینان حاصل نمایند.
- ۱۱- در هنگام اندازه‌گیری با کولیس ارتفاع سنج صرفاً از قسمت نُک شاخک اندازه‌گیری که معمولاً سخت کاری نیز شده است استفاده شود.
- ۱۲- از وارد کردن فشار زیاد به فک‌های کولیس خودداری شود.
- ۱۳- در هنگام اندازه‌گیری دقت شود تا قطعه کار در قسمت پله‌ای فک‌ها قرار نگیرد.
- ۱۴- از لبه چاقویی فک‌ها برای اندازه‌گیری گلوبی‌ها استفاده شود.



- ۱- با ترسیم شکل یک کولیس ورنیه‌دار معمولی، قسمت‌های مختلف آن را مشخص کنید.
- ۲- به چه منظوری از خار تخت برنجی در کولیس‌ها استفاده می‌شود؟
- ۳- مکانیزم عمل کولیس‌های ورنیه‌دار را بنویسید.
- ۴- کولیس‌های ورنیه‌دار بر چه اساسی درجه‌بندی می‌شوند؟
- ۵- قابلیت تفکیک کولیس‌های ورنیه‌دار میلی‌متری و اینچی چه قدر است؟
- ۶- ورنیه کدام دسته از کولیس‌ها قابل تنظیم است؟ روش تنظیم آن را شرح دهید.
- ۷- قابلیت تفکیک کولیس ورنیه  $1 \text{ mm}$  / $0.1$  بیش‌تر است یا کولیس ورنیه  $\frac{1}{128}$  اینچ؟ چرا؟
- ۸- مورد استفاده قسمت چاقویی کولیس ورنیه چیست؟
- ۹- با ترسیم شکل یک کولیس ورنیه عمق‌سنج، قسمت‌های مختلف آن را مشخص کنید.
- ۱۰- آیا کولیس عمق‌سنج در اختیار دارای محدودکننده حرکت کشویی است؟
- ۱۱- روش کنترل صفر کولیس عمق‌سنج را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۱۲- با ترسیم شکل یک کولیس ارتفاع‌سنج، قسمت‌های مختلف آن را شرح دهید.
- ۱۳- در اندازه‌گیری با ارتفاع‌سنج، قطعه کار را باید با کدام قسمت شاخک درگیر نمود؟
- ۱۴- چرا پایه کولیس ارتفاع‌سنج را توخالی می‌سازند؟
- ۱۵- قابلیت تفکیک کولیس ارتفاع‌سنج  $0.01$  اینچ بیش‌تر است یا  $2 \text{ mm}$  / $0.02$ ؟ چرا؟
- ۱۶- روش استفاده از مکانیزم تنظیم مقادیر کوچک در کولیس ارتفاع‌سنج را شرح دهید.
- ۱۷- قابلیت تفکیک کولیس ورنیه عمق‌سنج میلی‌متری در اختیار آن بیش‌تر است یا اینچی؟ چرا؟
- ۱۸- با رسم شکل، قسمت‌های مختلف یک کولیس دیجیتالی را نام ببرید.
- ۱۹- روش جدا نمودن اندازه  $24/25$  میلی‌متر را روی کولیس دیجیتالی بنویسید.
- ۲۰- روش تنظیم اندازه برای عملیات کنترل روی کولیس دیجیتالی را شرح دهید.
- ۲۱- 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؟
- ۲۲- مزایا و معایب کولیس‌های دیجیتالی نسبت به کولیس ورنیه را بنویسید.
- ۲۳- از سه نوع کولیس ورنیه‌دار، ساعتی، دیجیتالی، کدام یک قبل از استفاده نیاز به آماده‌سازی و تنظیم دارند؟ چرا و چگونه؟
- ۲۴- چنانچه در قرائت اندازه از یک کولیس ورنیه هیچ‌یک از خطوط ورنیه بر خطوط خط‌کشی منطبق نباشد، چگونه اندازه را می‌خوانید؟
- ۲۵- آیا کولیس ساعتی قبل از استفاده نیاز به تنظیم دارد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ روش کار را شرح دهید.
- ۲۶- آیا کولیس دیجیتالی قبل از استفاده نیاز به تنظیم دارد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ روش کار را شرح دهید.
- ۲۷- روش ذخیره‌سازی و ثابت نمودن اندازه  $33/48$  میلی‌متر را روی کولیس دیجیتالی بنویسید.
- ۲۸- موقعیت عقربه و لبه کشوی نسبت به خط کش در کولیس ساعتی در تثبیت اندازه  $44/68$  را با قابلیت  $0.02$  میلی‌متر بنویسید.



# فصل

# ۵

## میکرومتر



- اهداف‌های رفتاری: فراگیر در این فصل با ساختمان، نحوه درجه‌بندی روش خواندن، اصول و قواعد اندازه‌گیری میکرومترها و انواع آن‌ها آشنا می‌شود و می‌تواند:
- ۱- میکرومتر اندازه‌گیر خارجی را توصیف کند.
  - ۲- نحوه درجه‌بندی میکرومترهای میلی‌متری را شرح دهد.
  - ۳- نحوه درجه‌بندی میکرومترهای اینچی را شرح دهد.
  - ۴- انواع میکرومترها را توصیف کند.
  - ۵- میکرومتر دیجیتالی را شرح دهد.
  - ۶- روش تنظیم صفر میکرومتر را شرح دهد.
  - ۷- اندازه‌های مختلف را از روی میکرومتر بخواند.

### مناوین این فصل عبارتند از 8

✓ 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  $0.02 \text{ mm}$  نیاز داشت که در این راستا ژان پالمرفرانسوی میکرومتر را طراحی نمود. مکانیزم عمل این وسیله مکانیکی از نوع پیچ و مهره‌ای است و دقت آن به مقدار گام پیچ و مهره میکرومتر بستگی دارد.

**کاربردها:** از میکرومترها می‌توان برای اندازه‌گیری‌های داخلی، خارجی، ارتفاع، ضخامت ورق‌ها، قطر سیم‌ها و میله‌ها، فاصله 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 ۱-۵).



شکل ۱-۵- میکرومتر اندازه‌گیر خارج

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

**۱- قاب کمانی شکل:** که بنا به دلایل زیر به شکل کمانی ساخته می‌شود:

- ✓ افزایش قطر کارگیری
  - ✓ افزایش استحکام
  - ✓ خوش‌دست شدن
  - ✓ مقاوم شدن در برابر تغییر شکل
- ضمناً قاب میکرومتر با گستره 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.

**۲- پلاک مشخصات:** که از آن برای درج مشخصات میکرومتر از قبیل قابلیت تفکیک، گستره اندازه‌گیری، نام کارخانه سازنده، مارک تجاری و ... استفاده می‌شود.

**۳- 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.

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

**۵- قفل:** که با مکانیزم اهرمی یا پیچی است.

**۶- استوانه مدرج ثابت (مخلاف ثابت یا پوسته ثابت):** که معمولاً در میکرومترهای میلی‌متری دارای تقسیمات  $1 \text{ mm}$  و  $0.5 \text{ mm}$  و در میکرومترهای اینچی دارای تقسیمات  $1/16 \text{ inch}$  و  $1/32 \text{ inch}$  است.





**۷- استوانه مدرج متحرک (غلاف متحرک یا پوسته متحرک):** که دارای تقسیمات کوچک تر نسبت به استوانه ثابت است. ضمناً قسمت انتهایی آن آج دار بوده که برای به دست گرفتن است.

### ۸- دسته جفجه

**۹- سیستم جفجه:** برخلاف کولیس های ورنیه دار که نیروی وارده از طرف فک ها به قطعه کار تحت کنترل نبود، در میکرومترها نیروی وارد بر فک ها و قطعه کار با سیستم جفجه، تحت کنترل در آمده است. به این معنی که نیروی وارده بر قطعه کار به حد مشخصی که رسید دسته جفجه به صورت هرز می چرخد.

یکی از متداول ترین سیستم های جفجه، سیستم پنجه ای (کوپلینگ) است. این سیستم مجهز به دو صفحه دندانه دار (کوپلینگ) و فنر ماریچ مطابق شکل است و همیشه دو کوپلینگ با هم دیگر درگیر هستند، با چرخاندن دسته جفجه فک متحرک حرکت کرده و پس از تماس شدن بر قطعه کار و فشرده شدن فنر، سیستم به صورت هرز می چرخد. به این ترتیب نیروی وارده بر قطعه کار از طرف استفاده کنندگان مختلف یکسان خواهد بود (شکل ۲-۵).



شکل ۲-۵- سیستم جفجه

گفتنی است سیستم های جفجه با مکانیزم های ساچمه ای و پینی نیز طراحی و ساخته شده است.

**توجه:** در یک اندازه گیری صحیح پس از تماس سطح فک ها با قطعه کار، کافی است دسته جفجه سه بار چرخانیده شود.

**۱۰- پیچ و مهره:** حرکت فکین میکرومتر به وسیله پیچ و مهره که در داخل استوانه ثابت و متحرک میکرومتر قرار دارند انجام می شود. مقدار گام آن ها در میکرومترهای میلی متری ۰/۵ mm و بعضاً ۱ mm و در میکرومترهای اینچی ۰/۰۲۵ inch است.

## قابلیت تفکیک و گستره اندازه گیری

### الف) میکرومترهای میلی متری

**۱- قابلیت تفکیک:** میکرومترهای میلی متری معمولاً با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ mm, ۰/۰۰۵ mm, ۰/۰۰۱ mm

ساخته می شوند.

**۲- گستره اندازه گیری:** میکرومترهای میلی متری معمولاً تا گستره اندازه گیری ۵۰۰ mm ساخته می شوند.

میکرومترهای میلی متری به لحاظ گستره اندازه گیری در سری های مختلف مطابق زیر ساخته می شوند:

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

### ب) میکرومترهای اینچی

**۱- قابلیت تفکیک:** میکرومترهای اینچی معمولاً با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ inch, ۰/۰۰۰۱ inch, ۰/۰۰۰۵ inch ساخته می شوند.

**۲- گستره اندازه گیری:** گستره اندازه گیری میکرومترهای اینچی به ۲ inch می رسد.

میکرومترهای اینچی نیز به لحاظ گستره اندازه گیری در سری های مختلف مطابق زیر ساخته می شوند :

$(0-1)\text{inch}$  ,  $(1-2)\text{inch}$  ,  $(2-3)\text{inch}$  ,  $(3-4)\text{inch}$  , ... ,  $(19-20)\text{inch}$

### علل ساخت میکرومترها در سری های مختلف عبارتند از :

✓ سرعت اندازه گیری افزایش پیدا می کند و از اتلاف وقت جلوگیری می شود. برای مثال فرض کنیم میکرومتری با گستره اندازه گیری  $(0-50)\text{mm}$  و گام پیچ و مهره  $0.5\text{mm}$  ساخته شده باشد و بخواهیم اندازه  $45\text{mm}$  را با آن جدا کنیم، برای این کار لازم است دسته میکرومتر را  $90^\circ$  بار بچرخانیم (دور  $90^\circ / 0.5 = 180^\circ$ ) هم چنین برای جدا نمودن اندازه  $18\text{inch}$  روی یک میکرومتر  $(0-2)\text{inch}$  و گام پیچ و مهره  $0.025\text{inch}$  باید دسته جفجغه میکرومتر را  $72^\circ$  بار بچرخانیم. (دور  $72^\circ = 18 \div 0.25$ )

✓ دقت اندازه گیری بالا می رود.

✓ به دلیل کوتاه شدن میله پیچ، استهلاک میکرومتر کاهش پیدا می کند.

✓ استفاده کننده، با توجه به اندازه قطعات مورد اندازه گیری، میکرومتر با نزدیک ترین گستره اندازه گیری انتخاب کرده و هزینه کمتری را جهت خرید آن پرداخت می نماید.

گفتنی است میکرومترهایی با گستره اندازه گیری خارج از موارد ذکر شده در بالا نیز ساخته می شوند.

**درجه بندی :** همان گونه که قبلاً ذکر شد، میکرومترها بر مبنای مقدار گام پیچ و مهره آن ها درجه بندی شده اند. بنابراین، مبنای دقت آن ها مقدار گام پیچ و مهره آن هاست. مقدار گام در میکرومترهای میلی متری عموماً  $0.5\text{mm}$  و بعضاً  $1\text{mm}$  و در میکرومترهای اینچی  $0.025\text{inch}$  است. بر این اساس، با چرخاندن یک دور کامل دسته جفجغه فاصله بین فکین میکرومتر به اندازه مقدار گام تغییر می نماید. مقدار قابلیت تفکیک میکرومترهای میلی متری و اینچی را می توان از رابطه زیر به دست آورد :

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

که در آن :

P- مقدار گام پیچ و مهره میکرومتر بر حسب میلی متر یا اینچ

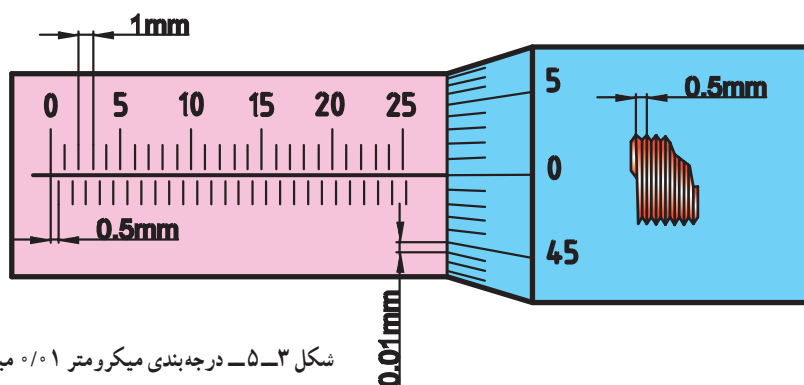
n- تعداد فواصل استوانه متحرک میکرومتر

R- قابلیت تفکیک میکرومتر بر حسب میلی متر و یا اینچ

میکرومترها مطابق روش های زیر درجه بندی می شوند :

### الف) میکرومترهای میلی متری

۱- میکرومتر با قابلیت تفکیک  $0.01\text{mm}$  و گام پیچ و مهره  $0.5\text{mm}$



شکل ۳-۵- درجه بندی میکرومتر  $0.01\text{mm}$  میلی متر با گام  $0.5\text{mm}$  میلی متر

مطابق شکل :

✓ در قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت تقسیمات یک میلی متری پیش بینی شده است.

✓ زیر خط صفر، استوانه ثابت تقسیمات ۰/۵ میلی متری پیش بینی شده است. (اختلاف هر خط از پایین با نزدیک ترین خط از بالا)

✓ استوانه متحرک ۵° قسمتی است.

✓ هر تقسیم آن نشان دهنده ۰/۰۱ mm است.

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

هم چنین مطابق رابطه میکرومتر می توان نوشت :

$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{0.5}{50} = 0.01 \text{ mm}$$

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه گیری و کار با میکرومتر، که در این فصل شرح داده خواهد شد، مطابق

زیر عمل می کنیم :

✓ در نظر گرفتن اندازه پایه میکرومتر، که بر حسب گستره اندازه گیری ممکن است ۵۰، ۲۵، ۰ و ... میلی متر باشد.

✓ شناسایی موقعیت لبه استوانه متحرک (غلاف متحرک) میکرومتر نسبت به خطوط بالای خط صفر استوانه ثابت و مشخص

کردن اندازه های صحیح (مضرب یک میلی متر).

✓ شناسایی موقعیت لبه استوانه متحرک (غلاف متحرک) میکرومتر نسبت به خطوط پایین خط صفر استوانه ثابت و در

صورت وجود اندازه ۰/۵ mm، مد نظر قرار دادن آن.

✓ شناسایی موقعیت خطی از استوانه متحرک (غلاف متحرک) میکرومتر که در امتداد خط صفر استوانه ثابت قرار گرفته و

تعیین اندازه اعشاری با ضرایب ۰/۰۱ mm، توجه داشته باشید هر فاصله روی استوانه متحرک نشان دهنده ۰/۰۱ mm است.

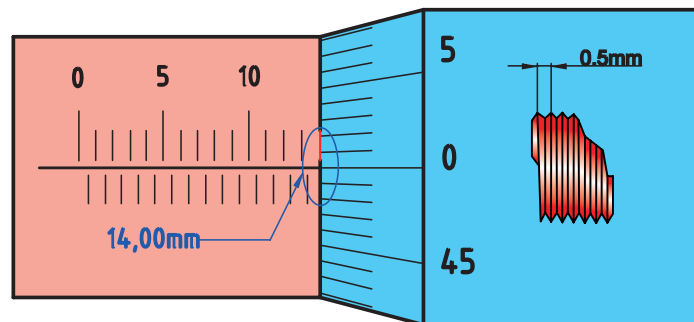


### مثال

در یک میکرومتر با گستره اندازه گیری (۲۵-۰) mm و قابلیت تفکیک ۰/۰۱ mm، لبه استوانه متحرک

دقیقاً روی خط چهاردهم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) قسمت بالای استوانه ثابت قرار گرفته و خط صفر استوانه

متحرک نیز دقیقاً در امتداد خط صفر استوانه ثابت است. مقدار اندازه چند میلی متر است؟

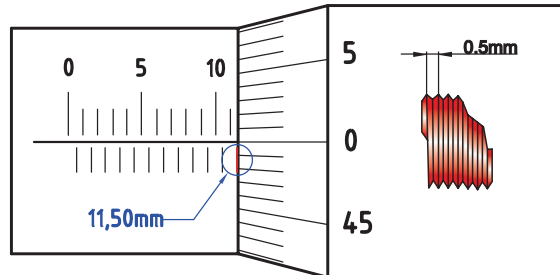


شکل ۴-۵- خواندن میکرومتر ۰/۰۱ میلی متر

**جواب:** با توجه به شرایط مذکور، میکرومتر اندازه ۱۴ mm را نشان می دهد.

### مثال

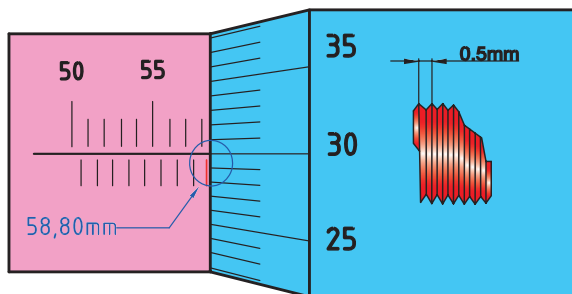
در یک میکرومتر با گستره اندازه‌گیری  $(25-0)$  mm و قابلیت تفکیک  $0.01$  mm، لبه استوانه متحرک بعد از خط یازدهم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) قسمت بالای استوانه ثابت و دقیقاً در امتداد خط نیم پایین قرار گرفته و خط صفر استوانه متحرک نیز در امتداد خط صفر استوانه ثابت است. میکرومتر چه مقداری را نشان می‌دهد؟ (شکل ۵-۵).



شکل ۵-۵- خواندن میکرومتر  $0.01$  میلی‌متر

- مقداری که از قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت خوانده می‌شود.  $11$  mm
- مقداری که از قسمت پایین خط صفر استوانه ثابت خوانده می‌شود.  $0.5$  mm
- مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد.  $11 + 0.5 = 11.5$  mm

### مثال

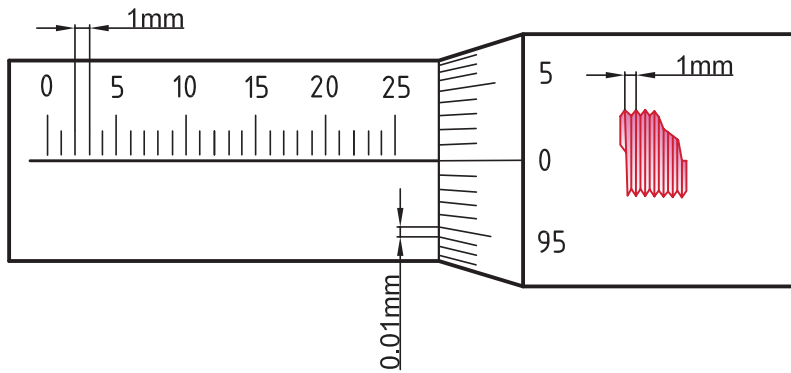


شکل ۵-۶- خواندن میکرومتر  $0.01$  میلی‌متر

در یک میکرومتر با گستره اندازه‌گیری  $(75-5)$  mm و قابلیت تفکیک  $0.01$  mm، که مقدار گام پیچ و مهره آن  $0.5$  mm است لبه استوانه متحرک بعد از خط هشتم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) قسمت بالای استوانه ثابت و بعد از خط نیم پایین قرار گرفته و هم‌چنین خط مربوط به عدد  $30$  استوانه متحرک نیز دقیقاً در امتداد خط صفر استوانه ثابت قرار دارد. مقدار اندازه چند میلی‌متر است؟

- اندازه پایه  $5$  mm
- مقداری که از قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت خوانده می‌شود.  $8$  mm
- مقداری که از قسمت پایین خط صفر استوانه ثابت خوانده می‌شود.  $0.5$  mm
- مقداری که از روی استوانه متحرک خوانده می‌شود.  $0.3$  mm
- مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد.  $5 + 8 + 0.5 + 0.3 = 58.8$  mm

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



شکل ۷-۵- میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ و گام ۱ میلی‌متر

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

$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ mm}$$

هم‌چنین مطابق رابطه میکرومتر می‌توان نوشت:

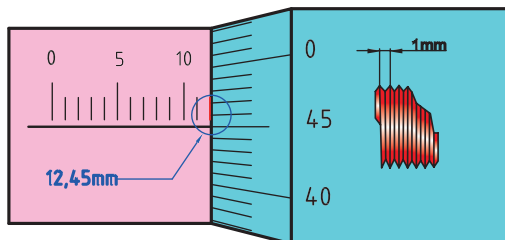
**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد

مطابق زیر عمل می‌کنیم:

- ✓ در نظر گرفتن اندازه پایه میکرومتر در صورت وجود
- ✓ خواندن اندازه‌های صحیح، از قسمت بالای استوانه مدرج که مضربی از اندازه یک میلی‌متری هستند.
- ✓ خواندن ارقام اعشاری از روی استوانه متحرک که مضربی از عدد ۰/۰۱ mm است.



مثال

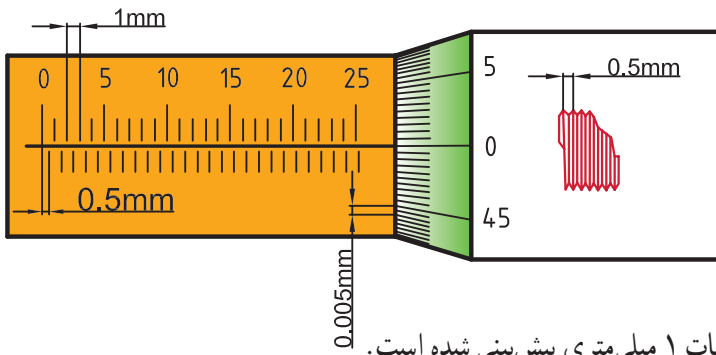


شکل ۸-۵- خواندن میکرومتر ۰/۰۱ میلی‌متر

در یک میکرومتر با گستره اندازه‌گیری (۰-۲۵) mm و قابلیت تفکیک ۰/۰۱ mm که مقدار گام پیچ و مهره آن یک میلی‌متر است. لبه استوانه 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 استوانه ثابت نشان می‌دهد. ۱۲ mm  
مقداری که استوانه متحرک نشان می‌دهد. ۰/۴۵ mm  
مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد.

$$12 + 0.45 = 12.45 \text{ mm}$$

### ۳ - میکرومتر با قابلیت تفکیک $0.005 \text{ mm}$ و گام $0.5 \text{ mm}$ و مهره $0.5 \text{ mm}$



شکل ۹-۵ - درجه بندی میکرومتر با قابلیت تفکیک  $0.005 \text{ mm}$  و گام  $0.5 \text{ mm}$  میلی متر

✓ در قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت تقسیمات ۱ میلی متری پیش بینی شده است.

✓ زیر خط صفر استوانه ثابت تقسیمات  $0.5 \text{ mm}$  میلی متری پیش بینی شده است.

✓ استوانه متحرک ۱۰۰ قسمتی است.

✓ هر تقسیم آن نشان دهنده  $0.005 \text{ mm}$  است.

✓ هر دور استوانه متحرک معادل  $0.5 \text{ mm}$  است.

هم چنین مطابق رابطه میکرومتر می توان نوشت:

$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{0.5}{100} = 0.005 \text{ mm}$$

**روشی خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه گیری و کار با میکرومتر، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد،

مطابق زیر عمل می کنیم:

✓ در نظر گرفتن اندازه پایه میکرومتر در صورت وجود

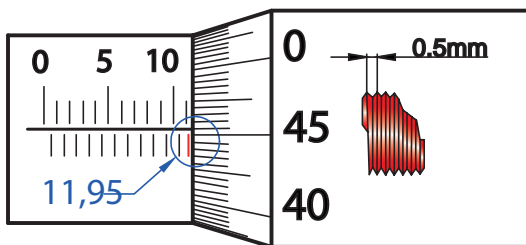
✓ خواندن اندازه های صحیح، که مضربی از اندازه های یک میلی متر هستند از قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت

✓ خواندن اندازه  $0.5 \text{ mm}$  از قسمت پایین خط صفر استوانه متحرک در صورت وجود

✓ خواندن ارقام اعشاری از روی استوانه متحرک، که مضربی از عدد  $0.005 \text{ mm}$  است.



#### مثال



شکل ۱۰-۵ - خواندن میکرومتر  $0.005 \text{ mm}$  میلی متر

در یک میکرومتر با گستره اندازه گیری  $(25-0) \text{ mm}$

و قابلیت تفکیک  $0.005 \text{ mm}$ ، که مقدار گام پیچ و مهره آن

$0.5 \text{ mm}$  است، لبه استوانه متحرک کمی جلوتر از خط یازدهم

بالای استوانه ثابت و بعد از خط نیم قرار دارد در حالی

که اولین خط بعد از عدد ۴۵ استوانه متحرک دقیقاً در امتداد

خط صفر استوانه ثابت قرار گرفته است. میکرومتر چه مقداری

را نشان می دهد؟

۱۱ mm

مقداری که قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت نشان می دهد.

$0.5 \text{ mm}$

مقداری که قسمت پایین خط صفر استوانه ثابت نشان می دهد.

$(0.45 + 0.005) \text{ mm}$

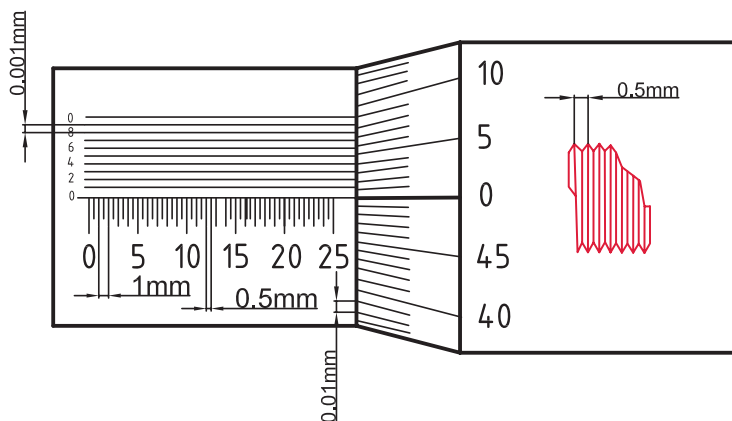
مقداری که استوانه متحرک نشان می دهد.

$11 + 0.5 + 0.45 + 0.005 = 11.955 \text{ mm}$

مقداری که میکرومتر نشان می دهد.

#### ۴- میکرومتر با قابلیت تفکیک $0.001\text{ mm}$ و گام پیچ و مهره $0.5\text{ mm}$

روی این میکرومترها ابتدا تقسیمات  $0.1\text{ mm}$  میلی‌متر (قبلاً شرح داده شد) ایجاد شده با این تفاوت که تقسیمات یک میلی‌متر و نیم میلی‌متر زیر خط صفر استوانه ثابت قرار دارند (شکل ۱۱-۵).



شکل ۱۱-۵- میکرومتر  $0.001\text{ mm}$  میلی‌متر با گام  $0.5\text{ mm}$  میلی‌متر

✓ زیر خط صفر استوانه ثابت تقسیمات  $1\text{ mm}$  و  $0.5\text{ mm}$  پیش‌بینی شده است.

✓ استوانه متحرک  $50^\circ$  قسمتی است.

✓ هر تقسیم نشان دهنده  $0.1\text{ mm}$  است.

✓ هر دور استوانه متحرک معادل  $0.5\text{ mm}$  است.

هم‌چنین مطابق رابطه میکرومتر می‌توان نوشت:

$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{0.5}{50} = 0.01\text{ mm}$$

برای ایجاد قابلیت تفکیک  $0.001\text{ mm}$  از روش درجه‌بندی کولیس‌های ورنیه دار استفاده می‌شود. به این ترتیب که مقدار مشخصی از استوانه متحرک انتخاب و روی استوانه ثابت به فواصل مساوی تقسیم می‌شود. برای ایجاد این درجه‌بندی ابتدا خط صفر استوانه متحرک را در امتداد خط صفر استوانه ثابت قرار می‌دهیم و میکرومتر را قفل می‌کنیم. سپس، مقدار مشخصی از استوانه متحرک را انتخاب و روی استوانه ثابت به فواصل مساوی تقسیم می‌کنیم. برای این درجه‌بندی دو طرح مطابق زیر ارائه می‌شود:

جدول ۱-۵- درجه‌بندی میکرومتر  $0.001\text{ mm}$

عوامل مؤثر بر درجه‌بندی	طرح ۱	طرح ۲
قابلیت تفکیک استوانه متحرک	$0.1\text{ mm}$	$0.1\text{ mm}$
مقیاس انتخاب شده	$0.9\text{ mm}$	$1.9\text{ mm}$
تعداد تقسیمات بالای استوانه ثابت	۱۰	۱۰
قابلیت تفکیک استوانه ثابت	$0.9 \div 10 = 0.09\text{ mm}$	$1.9 \div 10 = 0.19\text{ mm}$
قابلیت تفکیک میکرومتر	$0.1 - 0.09 = 0.01\text{ mm}$	$0.2 - 0.19 = 0.01\text{ mm}$

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد،

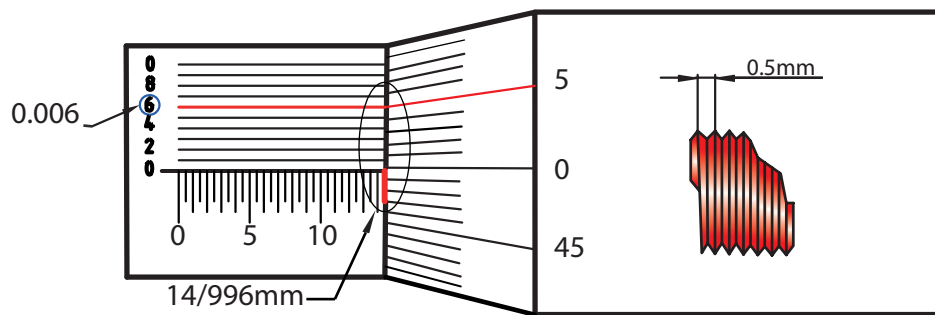
مطابق زیر عمل می‌کنیم:

- ✓ در نظر گرفتن اندازه پایه میکرومتر در صورت وجود
- ✓ خواندن اندازه‌های صحیح، که مضربی از اندازه یک میلی‌متر هستند، از قسمت پایین استوانه ثابت
- ✓ خواندن اندازه  $0.5 \text{ mm}$  از قسمت پایین استوانه ثابت در صورت وجود
- ✓ خواندن ارقام اعشاری  $0.1 \text{ mm}$  از روی استوانه متحرک
- ✓ برای خواندن اندازه‌های  $0.01 \text{ mm}$  از خطوط بالای خط صفر استوانه ثابت استفاده می‌شود به این ترتیب که ابتدا خطی از ده خط بالای خط صفر استوانه ثابت را، که هم امتداد یکی از خطوط بالای استوانه متحرک است، شناسایی و تعداد فواصل آن را در عدد  $0.01$  ضرب می‌کنیم که حاصل مقدار اندازه، یک هزارمی است.



### مثال

در یک میکرومتر با گستره اندازه‌گیری  $(25-0) \text{ mm}$  و قابلیت تفکیک  $0.01$  میلی‌متر، که مقدار گام پیچ و مهره آن  $0.5 \text{ mm}$  است، لبه استوانه متحرک کمی جلوتر از خط چهاردهم و نیم میلی‌متر قسمت پایین استوانه ثابت است. استوانه متحرک نیز مقدار  $0.49$  میلی‌متر را نشان داده. همچنین، یکی از خطوط استوانه متحرک، هم‌امتداد ششمین خط بالای خط صفر استوانه ثابت قرار گرفته است. میکرومتر چه مقداری را نشان می‌دهد؟



شکل ۱۲-۵ - خواندن میکرومتر  $0.01$  میلی‌متر

مقداری که قسمت پایین خط صفر استوانه ثابت نشان می‌دهد.  $(14 + 0.5) \text{ mm}$

مقداری که استوانه متحرک نشان می‌دهد.  $0.49 \text{ mm}$

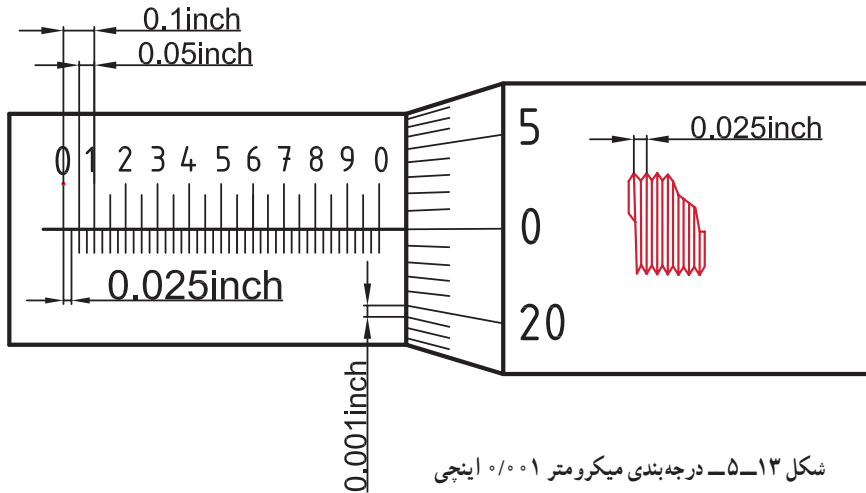
مقداری که از قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت خوانده می‌شود.  $6 \times 0.001 = 0.006 \text{ mm}$

مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد.  $14 + 0.5 + 0.49 + 0.006 = 14.996 \text{ mm}$





**ب) میکرومترهای اینچی:** درجه بندی میکرومترهای اینچی نیز مشابه میکرومترهای میلی متری است.  
**۱- میکرومتر با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ inch و گام پیچ و مهره ۰/۰۲۵ inch**



شکل ۱۳-۵- درجه بندی میکرومتر ۰/۰۰۱ اینچی

✓ در قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت تقسیمات ۰/۰۱ inch و ۰/۰۵ inch پیش بینی شده است.

✓ زیر خط صفر استوانه ثابت تقسیمات ۰/۰۲۵ inch اینچ پیش بینی شده است.

✓ استوانه متحرک ۲۵ قسمتی است.

✓ هر تقسیم آن نشان دهنده ۰/۰۰۱ inch است.

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

$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{0.025}{25} = 0.001 \text{ inch}$$

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه گیری و کار با میکرومتر، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد،

مطابق زیر عمل می کنیم:

✓ در نظر گرفتن اندازه پایه میکرومتر در صورت وجود

✓ شناسایی موقعیت لبه استوانه متحرک میکرومتر نسبت به خطوط بالای خط صفر استوانه ثابت، و مشخص کردن اندازه های

۰/۰۱ inch

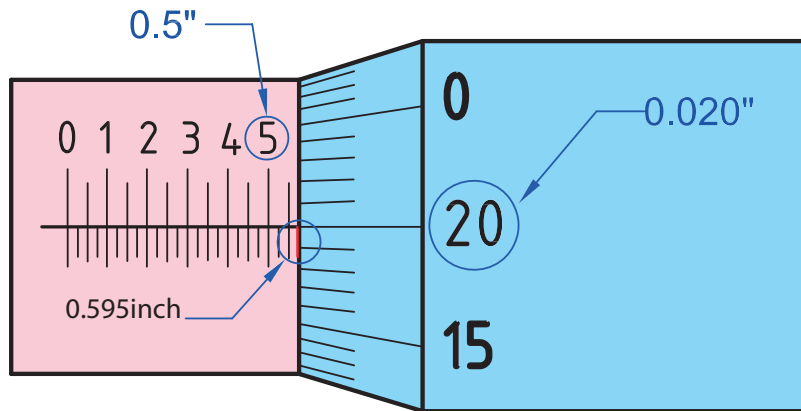
✓ شناسایی موقعیت لبه استوانه متحرک میکرومتر نسبت به خطوط پایین خط صفر استوانه ثابت، و در صورت وجود

اندازه های ۰/۰۲۵ inch، مد نظر قرار دادن آن

✓ برای خواندن ارقام اعشاری ۰/۰۰۱ inch از روی استوانه متحرک، که مضربی از عدد ۰/۰۰۱ inch هستند، استفاده

می شود.

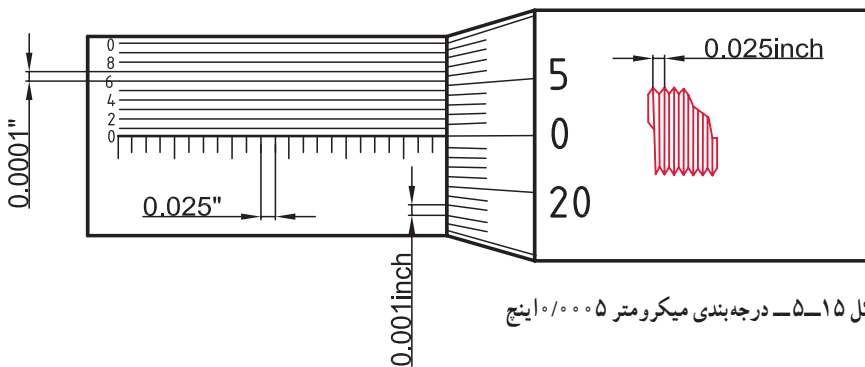
در یک میکرومتر با گستره اندازه گیری  $1\text{ inch} (-0.1)$  و قابلیت تفکیک  $0.0001\text{ inch}$ ، لبه استوانه متحرک کمی جلوتر از خط پنجم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) قسمت بالای استوانه ثابت و جلوتر از خط سوم پایین قرار گرفته و خط بیستم استوانه متحرک نیز دقیقاً در امتداد خط صفر استوانه ثابت قرار دارد. این میکرومتر چه مقداری را بر حسب اینچ نشان می دهد؟



شکل ۱۴-۵ خواندن میکرومتر  $0.0001$  اینچ

- مقداری که از قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت خوانده می شود.  $0.5\text{ inch}$
- مقداری که از زیر خط صفر استوانه ثابت خوانده می شود.  $3 \times 0.025 = 0.075\text{ inch}$
- مقداری که از روی استوانه متحرک خوانده می شود.  $0.020$
- مقداری که میکرومتر نشان می دهد.  $0.5 + 0.075 + 0.020 = 0.595\text{ inch}$

## ۲- میکرومتر با قابلیت تفکیک $0.0005\text{ inch}$ و گام پیچ و مهره $0.025\text{ inch}$



شکل ۱۵-۵ درجه بندی میکرومتر  $0.0005$  اینچ

- ✓ در قسمت بالای خط صفر استوانه ثابت تقسیمات  $0.025\text{ inch}$  پیش بینی شده است.
- ✓ زیر خط صفر استوانه ثابت تقسیمات  $0.025\text{ inch}$  پیش بینی شده است.

✓ استوانه متحرک ۵۰ قسمتی است.

✓ هر تقسیم آن نشان دهنده ۰/۰۰۰۵ inch است.

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

$$R = \frac{P}{n} \Rightarrow R = \frac{0.25}{50} = 0.005 \text{ inch}$$

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه گیری و کار با میکرومتر، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد،

مطابق زیر عمل می کنیم:

✓ در نظر گرفتن اندازه پایه میکرومتر در صورت وجود

✓ شناسایی موقعیت لبه استوانه متحرک میکرومتر نسبت به خطوط بالای خط صفر استوانه ثابت و مشخص کردن اندازه های

۰/۸ inch

✓ شناسایی موقعیت لبه استوانه متحرک میکرومتر نسبت به خطوط پایین خط صفر استوانه ثابت و در صورت وجود اندازه های

۰/۰۲۵ inch، مد نظر قرار دادن آن

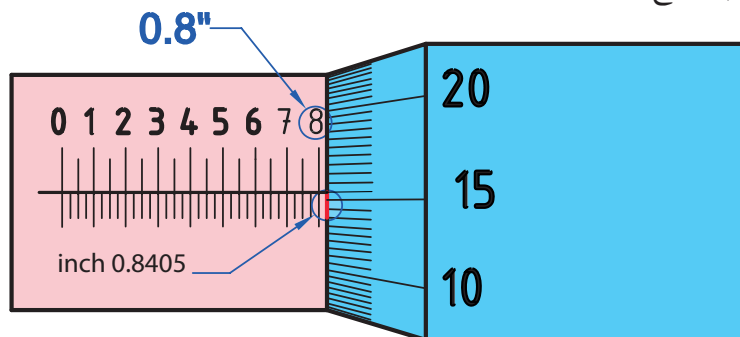
✓ برای خواندن ارقام اعشاری ۰/۰۰۰۵ inch از روی استوانه متحرک، که مضربی از عدد ۰/۰۰۰۵ inch هستند، استفاده

می شود.



### مثال

در یک میکرومتر با گستره اندازه گیری ۱-۲ inch و قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۵ inch، لبه استوانه متحرک بعد از خط هشتم (بدون در نظر گرفتن خط صفر) تقسیمات بالای استوانه ثابت و نیز بعد از خط اول تقسیمات کوچک پایین استوانه ثابت قرار گرفته و یک خط بعد از خط پانزدهم استوانه متحرک دقیقاً در امتداد خط صفر استوانه ثابت است. مقدار اندازه چند اینچ است؟



شکل ۱۶-۵- خواندن میکرومتر ۰/۰۰۰۵ اینچ

$$8 \times 0.1 = 0.8 \text{ inch}$$

مقداری که قسمت بالای استوانه ثابت نشان می دهد.

$$1 \times 0.25 = 0.25$$

مقداری که از قسمت پایین استوانه ثابت خوانده می شود.

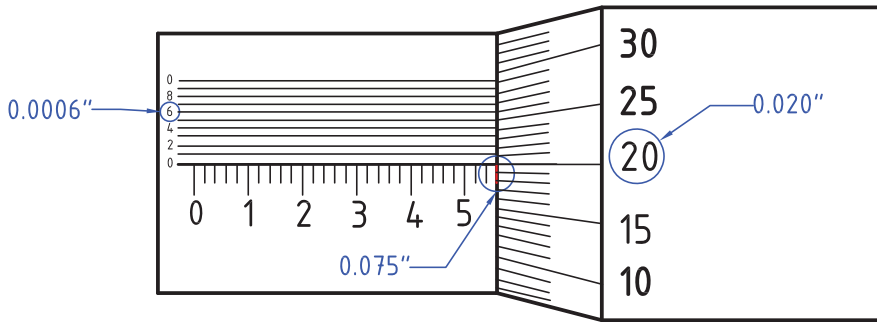
$$0.15 + 0.005 = 0.155$$

مقداری که استوانه متحرک نشان می دهد.

$$0.8 + 0.25 + 0.155 = 0.8405$$

مقداری که میکرومتر نشان می دهد.

### ۳- میکرومتر با قابلیت تفکیک $0.0001$ inch و گام پیچ و مهره $0.25$ inch



شکل ۱۷-۵- درجه بندی میکرومتر  $0.0001$  اینچ

✓ زیر خط صفر استوانه ثابت تقسیمات  $0.1$  inch و  $0.25$  inch پیش بینی شده است.

✓ استوانه متحرک ۲۵ قسمتی است.

✓ هر تقسیم آن نشان دهنده  $0.0001$  inch است.

✓ هر دور استوانه متحرک معادل  $0.25$  inch است.

برای ایجاد قابلیت تفکیک  $0.0001$  inch از روش درجه بندی کولیس های ورنیه دار استفاده می شود. به این ترتیب که مقدار مشخصی از استوانه متحرک انتخاب و روی استوانه ثابت به تعداد فواصل مساوی تقسیم می شود. در این رابطه دو طرح مختلف مطابق زیر ارائه می شود.

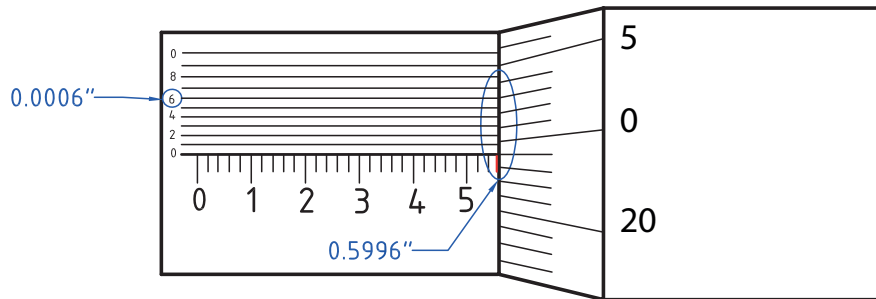
جدول ۲-۵- درجه بندی میکرومتر  $0.0001$  inch

ردیف	عوامل مؤثر بر درجه بندی	طرح ۱	طرح ۲
۱	قابلیت تفکیک استوانه متحرک	$0.0001$ inch	$0.0001$ inch
۲	مقیاس انتخاب شده	$0.0009$ inch	$0.0019$ inch
۳	تعداد تقسیمات بالای استوانه ثابت	۱۰	۱۰
۴	قابلیت تفکیک تقسیمات بالای استوانه ثابت	$0.0009 \div 10 = 0.00009$ inch	$0.0019 \div 10 = 0.00019$ inch
۵	قابلیت تفکیک میکرومتر	$0.0001 - 0.00009 = 0.00001$ inch	$0.0001 - 0.00019 = 0.00001$ inch



#### مثال

در یک میکرومتر با گستره اندازه گیری  $(1-0)$  inch و قابلیت تفکیک  $0.0001$  inch، لبه استوانه متحرک کمی جلوتر از سه فاصله بعد از خط پنجم بلند در قسمت پایین استوانه ثابت (بدون در نظر گرفتن خط صفر) و خط بیست و چهارم استوانه متحرک کمی پایین تر از خط صفر استوانه ثابت قرار دارد. چنانچه خط ششم بالای استوانه ثابت در امتداد یکی از خطوط استوانه متحرک باشد، این میکرومتر چه مقداری را بر حسب اینچ نشان می دهد؟



شکل ۱۸-۵ - خواندن میکرومتر ۰/۰۰۰۱ اینچ

$5 \times 0.1 = 0.5 \text{ inch}$	مقداری که قسمت پایین استوانه ثابت نشان می‌دهد.
$3 \times 0.025 = 0.075$	
$24 \times 0.001 = 0.024 \text{ inch}$	مقداری که استوانه متحرک نشان می‌دهد.
$6 \times 0.0001 = 0.0006 \text{ inch}$	مقدار اندازه ده‌هزارمی
$0.5 + 0.075 + 0.024 + 0.0006 = 0.5996 \text{ inch}$	مقداری که میکرومتر نشان می‌دهد.

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با میکرومتر، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد،

مطابق زیر عمل می‌کنیم:

- در نظر گرفتن اندازه پایه میکرومتر در صورت وجود
  - خواندن اندازه‌های ۰/۱ inch از قسمت پایین استوانه ثابت
  - خواندن اندازه‌های ۰/۰۲۵ inch از قسمت پایین استوانه ثابت در صورت وجود
  - خواندن ارقام ۰/۰۰۱ inch از روی استوانه متحرک
  - برای خواندن اندازه‌های ۰/۰۰۰۱ inch از خطوط بالای خط صفر استوانه ثابت استفاده می‌شود.
- به این ترتیب که ابتدا خطی از استوانه ثابت را، که هم امتداد یکی از خطوط استوانه متحرک است، شناسایی و تعداد فواصل آن را در عدد ۰/۰۰۰۱ inch ضرب می‌کنیم که حاصل آن مقدار اندازه 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

استوانه ثابت بر خط صفر استوانه متحرک و رفع این نوع خطا لازم است:

۱- سطح فک‌تین میکرومتر را کاملاً تمیز کنید.

۲- از باز بودن قفل میکرومتر اطمینان حاصل نمایید.

۳- میکرومتر را کاملاً ببندید.

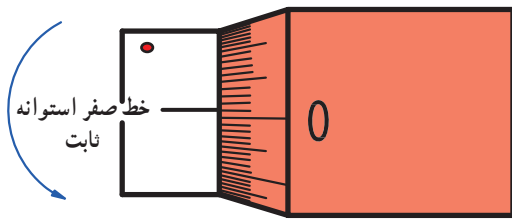
**توجه:** چنان‌چه گستره اندازه‌گیری میکرومتر بیش از ۲۵mm و یا ۱ inch باشد قطعه استاندارد همراه میکرومتر را، که اندازه آن

با توجه به گستره اندازه‌گیری میکرومتر متفاوت است، کاملاً تمیز نموده و سپس مابین میکرومتر قرار می‌دهیم و میکرومتر را می‌بندیم.

۴- چنانچه خط صفر استوانه 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.

۵- چنانچه خط صفر استوانه متحرک بالای خط صفر



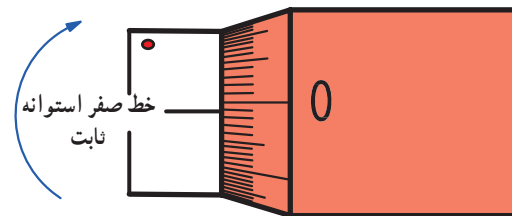
شکل ۱۹-۵

استوانه ثابت باشد، با استفاده از آچار بین‌دار مخصوص و سوراخ پیش‌بینی شده روی استوانه ثابت، آنرا به مقداری در جهت خلاف عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم که خط صفر استوانه 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.

حال میکرومتر را به اندازه چند میلی‌متر باز کنید و مجدداً آنرا

ببندید. چنانچه خط صفر استوانه ثابت بر خط صفر استوانه متحرک منطبق باشد میکرومتر تنظیم شده است. در غیر این صورت عملیات قبل را آنقدر ادامه می‌دهیم تا صفر میکرومتر تنظیم شود.

۶- چنانچه خط صفر استوانه متحرک پایین خط صفر



شکل ۲۰-۵

استوانه ثابت باشد، با استفاده از آچار بین‌دار مخصوص و سوراخ پیش‌بینی شده روی استوانه ثابت، آنرا آنقدر در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم تا خط صفر استوانه 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.

حال میکرومتر را به اندازه چند میلی‌متر باز کنید و مجدداً آنرا

ببندید. چنانچه خط صفر استوانه ثابت بر خط صفر استوانه متحرک منطبق بود میکرومتر تنظیم شده است. در غیر این صورت عملیات قبل را آنقدر ادامه می‌دهیم تا صفر میکرومتر تنظیم شود.



شکل ۲۱-۵- میکرومتر (۱۰۰-۷۵) میلی‌متر

## اصول و قواعد کار با میکرومتر

- ۱- با توجه به نوع قطعه، ابعاد مورد اندازه‌گیری میکرومتر را مناسب انتخاب کنید.
- ۲- میکرومتر عیب و نقص نداشته، سالم بوده و عملکرد آن درست باشد.
- ۳- فکین آن را با پارچه مخصوص تمیز کنید.
- ۴- برای کنترل تختی سطح فکین آن می‌توان از شیشه تخت نوری استفاده کنید. مشاهده تداخل خطوط و لکه سیاه از پشت شیشه تخت نوری نشانه فرورفتگی سطح فک و تخت نبودن آن است.



شکل ۲۲-۵- کنترل سطح فکین میکرومتر با نشیبه تخت نوری

- ۵- 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.
- ۶- در صورت نیاز میکرومتر را به پایه مخصوص بسته و سپس از آن استفاده کنید.



شکل ۲۳-۵- بستن میکرومتر به گیره مخصوص (پایه مخصوص)

- در هنگام مماس نمودن فکها به سطح قطعه کار فقط از دسته جغجغه استفاده شود.
- ۷- برای باز و بسته کردن میکرومتر از جغجغه استفاده کنید.
- ۸- برای اندازه گیری، ابعاد خارجی، میکرومتر را کمی بیش تر از اندازه قطعه باز کنید و قطعه را مابین فکین و چسبیده به فک ثابت قرار دهید و میکرومتر را بسته و آن را بخوانید.
- ۹- برای اندازه گیری ابعاد داخلی، میکرومتر را کمی کم تر از اندازه قطعه باز و فکین را به داخل بعد هدایت کنید و پس از چسباندن فکها به دیواره کار و میزان کردن میکرومتر، مقدار را بخوانید.
- ۱۰- با استفاده از دسته جغجغه فک متحرک میکرومتر را بر قطعه مورد اندازه گیری مماس می کنیم.
- ۱۱- توجه داشته باشید برای اطمینان از تماس فکها با کار و اعمال نیروی لازم برای اندازه گیری، چرخاندن دسته جغجغه تا سه بار کفایت می کند.
- ۱۲- در صورت نیاز می توانید از قفل میکرومتر استفاده کنید.
- ۱۳- مقدار نشان داده شده توسط میکرومتر را مطابق قاعده مربوطه می خوانیم.

- ۱۴- برای خواندن به صورت عمودی به درجه بندی نگاه کنید.
- ۱۵- در اندازه گیری قطر کره ها، قطعه کار با وسط سطح فکین درگیر شود.



شکل ۲۴-۵- اندازه گیری قطعات کروی به وسیله میکرومتر



شکل ۲۵-۵- میکرومتر جهت بایگانی

- ۱۶- پس از اتمام اندازه گیری، میکرومتر را از قطعه کار جدا می کنیم و آن را می بندیم.
- ۱۷- میکرومتر را بدون آن که قفل کنیم در جعبه مخصوص می گذاریم و در جعبه را می بندیم.
- ۱۸- توجه شود در هنگام جمع نمودن و بایگانی میکرومتر، بیج 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 می شوند که عموماً در بیش تر آن ها علاوه بر سیستم بیج و مهره که امکان خواندن اندازه ها از روی استوانه های ثابت و متحرک آن ها میسر است می توان مقدار اندازه را از روی سیستم کنتور، صفحه مدرج و عقربه و یا سیستم الکترونیکی آن نیز قرائت نمود، ذیلاً این نوع میکرومترها به طور خلاصه شرح داده می شوند. لازم به ذکر است که انواع میکرومترها به لحاظ نوع اندازه گیری که انجام می دهند نیز با مکانیزم های زیر ساخته می شوند.

**الف) میکرومتر با مکانیزم بیج و مهره ای:** این میکرومترها از پرمصرف ترین میکرومترها بوده و دارای انواع مختلفی هستند که قبلاً شرح داده شد (شکل ۲۶-۵).



شکل ۲۶-۵- میکرومتر اندازه گیر خارج



**(ب) میکرومتر با مکانیزم شماره انداز (کنتوردار):** این نوع میکرومترها کاملاً مانند میکرومترهای قبلی است. با این تفاوت که، علاوه بر سیستم مکانیکی (پیچ و مهره‌ای) و این که مقدار اندازه از روی استوانه‌های ثابت و متحرک خوانده می‌شود، به موازات می‌توان مقدار اندازه را به صورت خیلی راحت‌تر و سریع‌تر از روی سیستم کنتر آن نیز خواند. سیستم کنتر 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 آن که سیستم اندازه‌گیری میکرومتر میلی‌متری یا اینچی باشد مقدار اندازه از روی نمایش‌گر خوانده می‌شود. گفتنی است ساختمان، جنس و نحوه درجه‌بندی استوانه‌های ثابت و متحرک این میکرومتر مانند میکرومتر اندازه‌گیر خارج است که قبلاً به تفصیل شرح داده شد.



شکل ۲۷-۵- میکرومتر کنتردار فک بشقابی

**(ج) میکرومترهای ساعت دار:** این میکرومترها

علاوه بر داشتن سیستم پیچ و مهره، به صفحه مدرج و عقربه نیز مجهزند و از آن‌ها برای کنترل قطعات استفاده می‌شود. شکل ۲۸-۵ نمونه‌ای از این میکرومترها را که به نیم صفحه مدرج و عقربه مجهز است نشان می‌دهد.

نوع دیگر این میکرومترها به صفحه تمام دایره و عقربه و شاخک مجهزند، مقدار تولرانس مابین شاخک‌های آن تنظیم می‌شود.



شکل ۲۸-۵- میکرومتر عقربه‌دار با صفحه نیم دایره



شکل ۲۹-۵- میکرومتر عقربه‌دار با صفحه دایره‌ای شکل



شکل ۳۰-۵ میکرومتر دیجیتالی

**(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 این که مقدار اندازه از روی استوانه‌های ثابت و متحرک میکرومتر قابل خواندن است، به سیستم الکترونیکی نیز مجهز است و می‌توان مقدار اندازه را از روی صفحه نمایش‌گر الکترونیکی آن نیز قرائت نمود.

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



شکل ۳۱-۵ اندازه‌گیری به وسیله میکرومتر دیجیتالی

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

شکل ۳۱-۵ یک نمونه اندازه‌گیری با میکرومتر

دیجیتالی را نشان می‌دهد.

## چند یادآوری

- ۱- قابلیت تفکیک میکرومترهای دیجیتالی معمولاً در سیستم میلی‌متری  $0.001$  mm و در سیستم اینچی  $0.0001$  inch است.
- ۲- هر دو سیستم میلی‌متری و اینچی در روی یک میکرومتر پیش‌بینی شده است.
- ۳- بعضاً این نوع میکرومترها قابلیت اتصال به چاپگر را دارند و می‌توان مقادیر اندازه‌گیری شده را ذخیره و یا چاپ نمود.
- ۴- ساختمان، جنس و نحوه درجه‌بندی استوانه‌های ثابت و متحرک این میکرومتر مانند میکرومتر اندازه‌گیر خارج است، که قبلاً به تفصیل شرح داده شد.
- ۵- این میکرومترها در مقابل ضربه بسیار حساس هستند. لذا در نگهداری و حفاظت آن باید دقت نمود.
- ۶- 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 ۳-۵ به طور خلاصه توضیح داده می‌شود.

## انواع میکرومتر به لحاظ کاربرد

جدول ۳-۵- انواع میکرومتر

ردیف	نام	شکل	کاربرد
۱	میکرومتر عمق سنج		از میکرومتر عمق سنج برای اندازه گیری عمق انواع قطعات استفاده می شود.
۲	میکرومتر فک بشقابی (فک پهن)		برای اندازه گیری ضخامت اجسام انعطاف پذیر، سیم ها و میله ها، اندازه گیری پیچ ها به روش سه میله اندازه گیری چرخ دنده ها و ... از آن استفاده می شود.
۳	میکرومتر اندازه گیر قطر متوسط و قطر کوچک پیچ		فک های این میکرومتر سوراخ دار است و با سوار کردن فک های مخصوص اندازه گیری که دارای سر مخروطی و U شکل هستند، قطر متوسط و قطر کوچک روی آن، می توان قطر مربوطه را مستقیماً اندازه گرفت.
۴	میکرومتر اندازه گیر قطر متوسط و قطر بزرگ مهره		فک های میکرومتر اندازه گیر قطر متوسط مهره نیز سوراخ دار است و این فک ها روی میکرومتر می شوند و می توانند روی قطر کوچک و قطر متوسط مهره درگیر شوند.
۵	میکرومتر اندازه گیر طول شیارهای داخلی		توسط این میکرومترها می توان طول شیارهای داخلی را اندازه گرفت.
۶	میکرومتر فک جناقی		فک ثابت این میکرومتر به شکل جناقی (V) بوده و می توان از آن برای اندازه گیری قطعات دندانه دار با تعداد دندانه فرد ۵،۳ و ... و زاویه مشخص استفاده نمود.

<p>همان طوری که از شکل این میکرومتر ملاحظه می‌شود، این میکرومتر دارای دو میکرومتر جداگانه ولی با قاب مشترک است و می‌توان برای کنترل قطعات با تolerانس‌های مختلف از آن استفاده کرد.</p>		<p>میکرومتر فک دوقلو</p>	<p>۷</p>
<p>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.</p>		<p>میکرومتر فک مخروطی</p>	<p>۸</p>
<p>این میکرومتر مجهز به فک‌های تیغه‌ای و باریک است و برای اندازه‌گیری قطر طولی شیارهای باریک و مستطیلی کاربرد دارد.</p>		<p>میکرومتر فک تیغه‌ای</p>	<p>۹</p>
<p>مطابق شکل فک ثابت این میکرومتر به صورت کروی است. این فک در داخل لوله‌ها قرار می‌گیرد و فک متحرک به جداره بیرونی لوله می‌چسبد و مقدار ضخامت لوله اندازه‌گیری می‌شود.</p>		<p>میکرومتر ضخامت‌سنج لوله</p>	<p>۱۰</p>
<p>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.</p>		<p>میکرومتر سه فک</p>	<p>۱۱</p>
<p>برای اندازه‌گیری ضخامت ورق‌های فلزی با پهنای زیاد از میکرومتری استفاده می‌شود که عمق قاب کمائی شکل آن زیاد باشد.</p>		<p>اندازه‌گیر ضخامت ورق</p>	<p>۱۲</p>



- ۱- چنانچه میکرومتری با قابلیت تفکیک  $0.1^\circ$  میلی‌متر و گستره اندازه‌گیری  $(0.5^\circ - 0^\circ)$  میلی‌متر با گام پیچ و مهره  $0.5^\circ$  میلی‌متر ساخته شده باشد، برای باز کردن دهانه میکرومتر به اندازه  $42/5$  میلی‌متر دسته جغجغه چند بار باید چرخانده شود؟ چرا؟
- ۲- اگر قاب میکرومتر به صورت چهارگوش (مربع یا مستطیل) ساخته شود چه مشکلاتی ممکن است بروز نماید.
- ۳- 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 آن را بنویسید.
- ۴- با توجه به این که استوانه مدرج متحرک میکرومتر با گام پیچ و مهره  $0.5^\circ$  میلی‌متر  $5^\circ$  قسمتی و میکرومتر با گام پیچ و مهره یک میلی‌متر  $10^\circ$  قسمتی است. چه تفاوتی در اندازه تقسیمات و قطر این استوانه‌ها، استوانه مدرج و متحرک وجود دارد؟
- ۵- با توجه به این که مقدار گام میکرومترهای میلی‌متری نیم و یک میلی‌متر است، سرعت عمل آن‌ها چگونه است؟ چرا؟
- ۶- در مقایسه میکرومتر میلی‌متری با گام نیم میلی‌متر و اینچی با گام  $0.25^\circ$  اینچ کدام یک سرعت عمل بیش‌تری دارند؟ چرا؟
- ۷- به‌طور کلی تفاوت رزوه‌های میکرومتر اندازه‌گیر خارج و میکرومتر اندازه‌گیر داخل (فک میله‌ای یا شاخکی) در چیست؟ چرا؟
- ۸- مکانیزم عمل میکرومتر چگونه است، مبنای درجه‌بندی آن چیست؟
- ۹- روش اندازه‌گیری با میکرومتر اندازه‌گیر داخل (فک شاخک‌دار) را شرح دهید.
- ۱۰- در مورد خطای کسینوسی که ممکن است در میکرومتر اندازه‌گیر داخل رخ دهد بحث و نتیجه‌گیری کنید.
- ۱۱- گام در پیچ و مهره را تعریف نموده، مقدار آن را در میکرومترهای میلی‌متری و اینچی بنویسید.
- ۱۲- چرا سطح فکین میکرومترها را سخت‌کاری می‌کنند؟
- ۱۳- قابلیت تفکیک میکرومتر  $0.001^\circ$  میلی‌متر بیش‌تر است یا  $0.0001^\circ$  اینچ؟ چرا؟
- ۱۴- آیا می‌توان میکرومتر با مکانیزم پیچ و مهره‌ای با درجه‌بندی میلی‌متری و اینچی طراحی نمود؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، چگونه؟ در صورتی که پاسخ منفی است، چرا؟
- ۱۵- افزایش و یا کاهش قطر استوانه‌های مدرج ثابت و متحرک چه اثری در دقت و عملکرد میکرومتر دارد؟
- ۱۶- در اندازه‌گیری قطر یک استوانه، میکرومتر میلی‌متری با قابلیت تفکیک  $0.1^\circ$  میلی‌متر، مقدار  $43/31$  را نشان می‌دهد. چنانچه این قطعه با میکرومتر اینچی  $0.001^\circ$  اینچ اندازه‌گیری شود، قاعدتاً میکرومتر چه مقداری را نشان خواهد داد. چرا؟
- ۱۷- قابلیت تفکیک میکرومتر  $0.005^\circ$  میلی‌متر بالاتر است یا  $0.0005^\circ$  اینچ؟ چرا؟
- ۱۸- در اندازه‌گیری با میکرومتر  $0.005^\circ$  میلی‌متر مقادیر زیر گزارش شده است اندازه‌های صحیح و غلط را مشخص نموده، علت را توضیح دهید.  $12/75$  و  $15/61$ ،  $30/45$ ،  $32/63$ ،  $14/81$ ،  $15/5$ ،  $17$ ،  $19/62$ ،  $20/35$ ،  $24/85$ .

# فصل

## 4

### ساعت‌های اندازه‌گیری

هدف‌های رفتاری: در این فصل فراگیر با ساختمان، قابلیت تفکیک، نحوه درجه‌بندی و روش استفاده ساعت‌های اندازه‌گیری آشنا می‌شود به طوری که در پایان این فصل می‌تواند:

- ۱- ساعت‌های اندازه‌گیری را توصیف کند.
- ۲- کاربردهای ساعت‌های اندازه‌گیری را بیان کند.
- ۳- نحوه درجه‌بندی ساعت‌های اندازه‌گیری را شرح دهد.
- ۴- مقدار اندازه را از روی ساعت بخواند.
- ۵- روش کار با ساعت را بیان کند.
- ۶- حفاظت و نگهداری ساعت‌های اندازه‌گیری را شرح دهد.
- ۷- نگهدارنده ساعت‌های اندازه‌گیری را توصیف کند.
- ۸- انواع ساعت‌های اندازه‌گیری و کاربرد آن‌ها را بیان کند.

#### عناوین این فصل عبارتند از 8

✓ ساعت‌های اندازه‌گیری

✓ انواع ساعت‌های اندازه‌گیری

## ساعت اندازه‌گیری

از جمله 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 :

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

۲- کنترل و تنظیم ماشین‌های ابزار

۳- تنظیم قطعات روی ماشین‌های ابزار

۴- تنظیم ابزار روی ماشین‌های ابزار

۵- کنترل قطعات و دستگاه‌ها در هنگام

مونتاژ، نصب و تعمیرات

۶- کنترل قالب‌ها و فیکسچرها

۷- اندازه‌گیری و کنترل تولرانس‌های

ابعادی و هندسی

۸- اندازه‌گیری و کنترل قطعات خودرو



شکل ۱-۶- 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.
- ✓ فاصله 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 نگاه‌دارنده جهت نصب دارد).

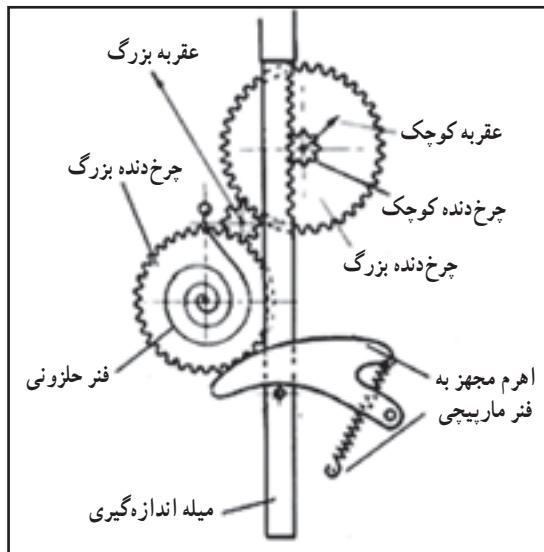
✓ قبل از استفاده نیاز به تنظیم دارد.

✓ گستره 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 ۲-۶- قسمت‌های داخلی ساعت

$$P = 0.625 \text{ mm}$$

$$Z_1 = 16$$

$$Z_2 = 100$$

$$Z_3 = 10$$

$$Z_4 = 100$$

$P =$  مقدار گام چرخ‌دنده‌ها

$Z =$  تعداد دندانه چرخ‌دنده‌ها

**ساختمان:** ساعت اندازه‌گیری با مکانیزم چرخ‌دنده‌ای معمولاً از قسمت‌های زیر تشکیل می‌شود (شکل ۳-۶):

۱- بدنه اصلی که قسمت‌های مختلف ساعت روی آن سوار می‌شود.

۲- صفحه پشت ساعت که زبانه سوراخ‌دار آن محل مخصوص بستن ساعت به نگاه‌دارنده است.

۳- میله اندازه‌گیری که وظیفه انتقال اندازه را به چرخ‌دنده‌های داخلی به عهده دارد و قسمتی از آن که در داخل ساعت قرار

دارد دندانه‌دار است.



۴- سر اندازه گیر که برای تماس با قطعه کار پیش بینی شده و قابل تعویض است و به شکل عدسی، کروی، مخروطی، بشقابی، میله ای و ... ساخته می شود.

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

۶- راهنمای میله اندازه گیری (غلاف)

۷- انتهای میله اندازه گیری

۸- کلاهک انتهای میله اندازه گیری که حالت محافظ برای انتهای میله اندازه گیری را دارد.

۹- طوقه متحرک

۱۰- شاخک های تولرانسی که روی طوقه متحرک نصب شده و نقش آن برای نشان دادن محدوده تولرانس قطعه روی ساعت

شاخص است.

۱۱- پیچ و زبانه محکم کننده طوقه متحرک

۱۲- صفحه شیشه ای ساعت که معمولاً از

جنس تلق است.

۱۳- صفحه مدرج بزرگ برای نشان دادن

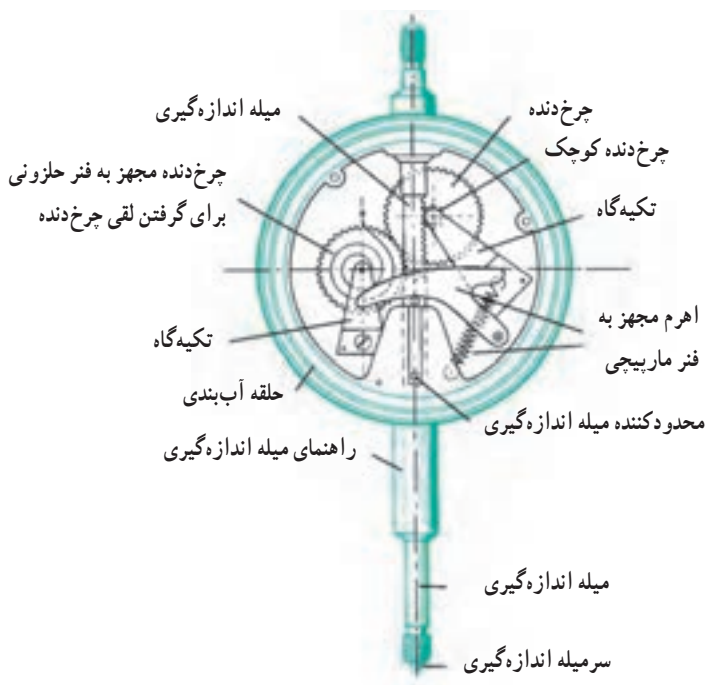
اندازه های کوچک که متحرک است و با عقربه بزرگ کار می کند.

۱۴- عقربه بزرگ برای نشان دادن اندازه های

کوچک که با صفحه بزرگ کار می کند.

۱۵- صفحه کوچک مدرج (دورشمار) که

اندازه های بزرگ را نشان می دهد. این صفحه ثابت است و با عقربه کوچک کار می کند.



شکل ۳-۶- قسمت های مختلف ساعت اندازه گیری

۱۶- عقربه کوچک برای نشان دادن اندازه های بزرگ است که با صفحه کوچک کار می کند.

۱۷- چرخ دنده ها

۱۸- رابط ها

۱۹- فنر های ماریچ و حلزونی

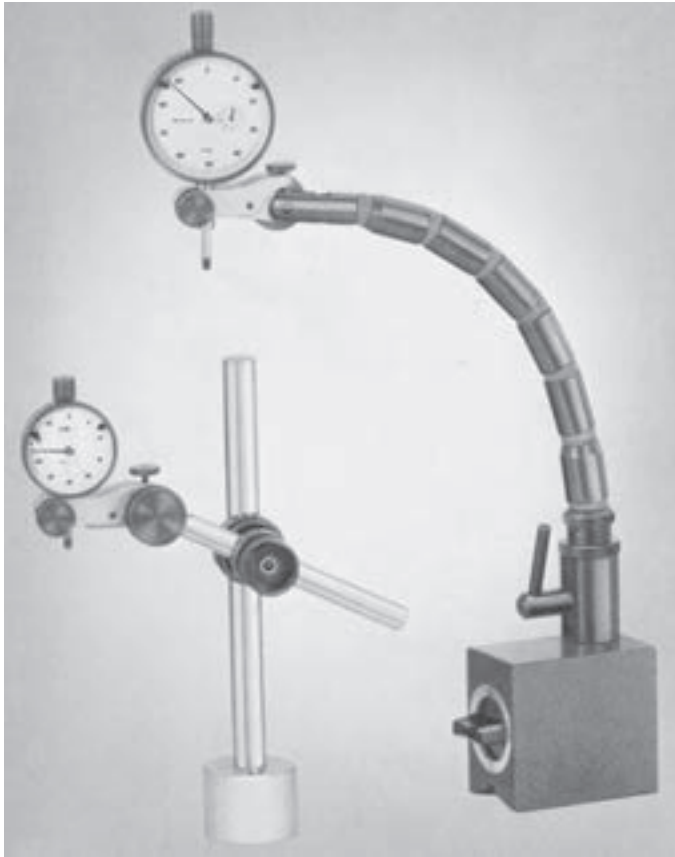
۲۰- اجزای آب بندی برای جلوگیری از نفوذ رطوبت و گرد و غبار به داخل ساعت

۲۱- تکیه گاه ها و راهنماها

۲۲- پیچ و مهره های اتصال

۲۳- سایر اجزا (که بر حسب مورد و توسط کارخانجات سازنده ساعت، روی آن پیش بینی می شود).

**محل های بستن ساعت:** ساعت ها از دو محل به نگره دارنده بسته می شود :



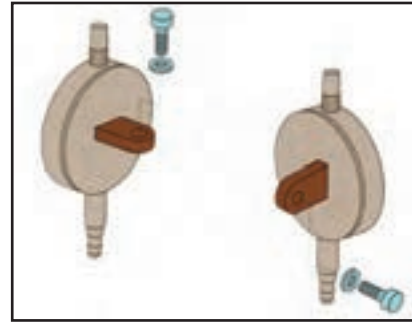
شکل ۵-۶- بستن ساعت از محل گلوبی غلاف میله اندازه گیری

### ۱- زبانه سوراخ دار صفحه پشت ساعت:

این زبانه مخصوص بستن ساعت به نگره دارنده می باشد.

### ۲- محل گلوبی غلاف راهنمای

میله اندازه گیری



شکل ۴-۶- بستن ساعت از محل زبانه سوراخ دار پشت ساعت

## مشخصات ساعت های اندازه گیری

ساعت های اندازه گیری با قابلیت تفکیک و گستره اندازه گیری مختلف، به شرح زیر ساخته می شود :

### الف) سری میلی متری

۱- قابلیت تفکیک : ساعت اندازه گیری میلی متری معمولاً با قابلیت تفکیک از ۰/۱ میلی متر تا ۰/۰۰۱ میلی متر ساخته

می شود. البته نوع دیجیتالی آن ها عموماً با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ میلی متر ساخته می شوند.

۲- گستره اندازه گیری : گستره اندازه گیری ساعت میلی متری به ۱۰۰ mm می رسد.

### ب) سری اینچی

۱- قابلیت تفکیک : ساعت اندازه گیری اینچی معمولاً با قابلیت تفکیک از ۰/۰۰۱ اینچ تا ۰/۰۰۰۱ اینچ ساخته می شود.

ساعت های دیجیتالی نیز با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۱ اینچ ساخته می شوند.

۲- گستره اندازه گیری : گستره اندازه گیری ساعت اینچی به ۴ inch می رسد.

**توجه:** قابلیت تفکیک ساعت ها با گستره اندازه گیری آن ها نسبت عکس دارد، یعنی هرچه قابلیت تفکیک ساعت بالاتر باشد

(دقت آن بالاتر باشد) گستره اندازه گیری آن کم تر است.

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

### ساعت‌های اندازه‌گیری با درجه‌بندی میلی‌متری

#### ۱- ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۱ میلی‌متر و گستره اندازه‌گیری ۳۰ میلی‌متر

✓ صفحه بزرگ ساعت ۱۰۰ قسمتی است.

✓ هر واحد آن نشان دهنده ۰/۱ میلی‌متر است.

✓ بنابراین هر دور صفحه بزرگ معادل ۱۰ میلی‌متر است.

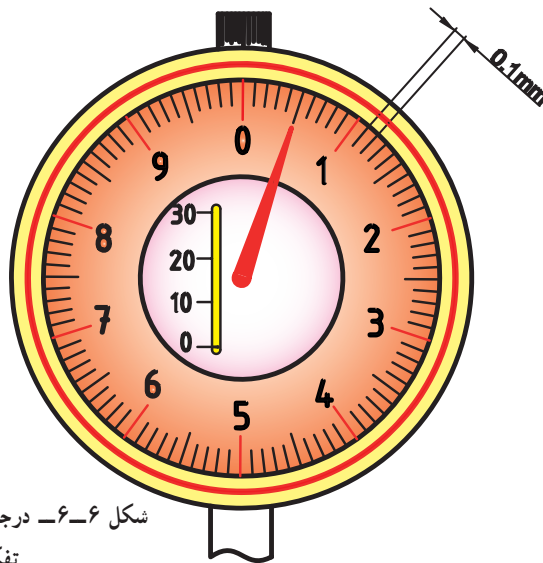
✓ صفحه کوچک سه قسمتی است.

✓ هر واحد آن نشان دهنده ۱۰ میلی‌متر است.

✓ بنابراین گستره اندازه‌گیری ساعت ۳۰ میلی‌متر است.

$$0/1 \times 100 = 10 \text{ mm}$$

$$3 \times 10 = 30 \text{ mm}$$



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



مثال

در یک ساعت اندازه‌گیری با مشخصات mm (۰/۱-۳۰) عقربه کوچک کمی جلوتر از عدد ۲۰ صفحه دورشمار و عقربه بزرگ آن دقیقاً روی خط بیست و چهارمین فاصله از صفحه بزرگ قرار دارد. مقدار اندازه چند میلی‌متر است؟

$$20/00$$

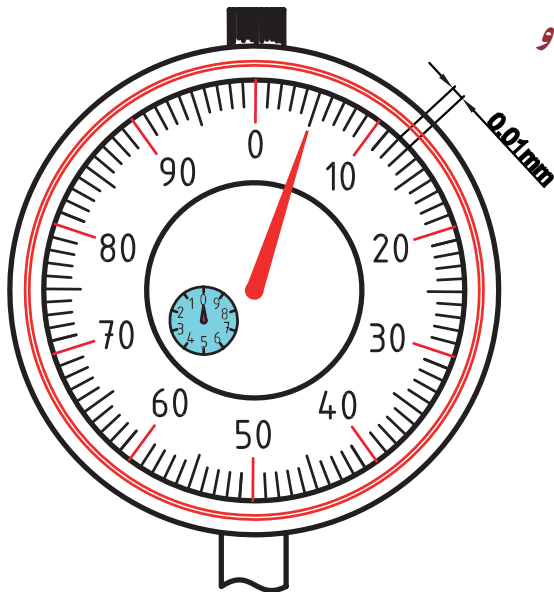
$$24 \times 0/1 = 2/4 \text{ mm}$$

$$20 + 2/4 = 22/4 \text{ mm}$$

مقداری که ساعت نشان می‌دهد ←

## ۲- ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ میلی‌متر و

### گستره اندازه‌گیری ۱۰ میلی‌متر



- ✓ صفحه بزرگ ساعت ۱۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر واحد آن نشان‌دهنده ۰/۰۱ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحه بزرگ معادل ۱ میلی‌متر است.
- $0.01 \times 100 = 1 \text{ mm}$
- ✓ صفحه کوچک ساعت ۱۰ قسمتی است.
- ✓ هر واحد صفحه کوچک معادل ۱ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین گستره اندازه‌گیری ساعت ۱۰ میلی‌متر است.
- $1 \times 10 = 10 \text{ mm}$

شکل ۷-۶- ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۱ میلی‌متر

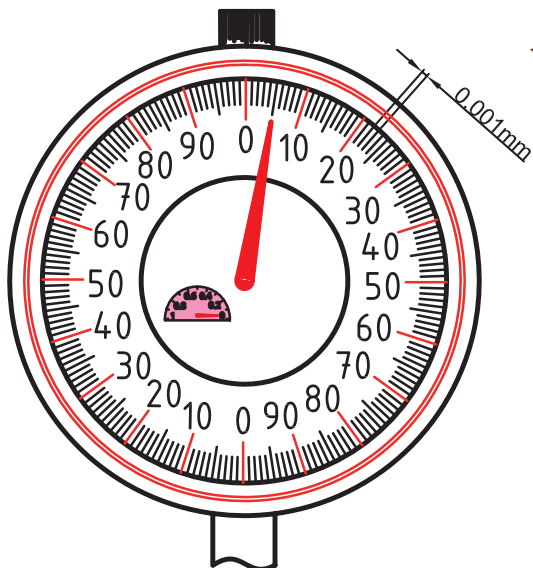


### مثال

- در یک ساعت اندازه‌گیری با مشخصات mm (۰/۰۱ - ۱۰) عقربه کوچک کمی جلوتر از عدد ۷ صفحه دورشمار و عقربه بزرگ آن دقیقاً ۶۷ فاصله از صفحه بزرگ را طی نموده است. مقدار اندازه چند میلی‌متر است؟
- مقداری که صفحه دورشمار نشان می‌دهد.
- $$7/00$$
- مقداری که از روی صفحه بزرگ خوانده می‌شود.
- $$67 \times 0.01 = 0.67$$
- مقداری که ساعت نشان می‌دهد.
- $$7/00 + 0.67 = 7.67 \text{ mm}$$

## ۳- ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ میلی‌متر و

### گستره اندازه‌گیری ۱ میلی‌متر



- ✓ صفحه بزرگ ساعت ۲۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر واحد آن نشان‌دهنده ۰/۰۰۱ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحه بزرگ معادل ۰/۲ میلی‌متر است.
- $0.001 \times 200 = 0.2 \text{ mm}$
- ✓ صفحه کوچک ساعت ۵ قسمتی است.
- ✓ هر واحد صفحه کوچک معادل ۰/۲ میلی‌متر است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحه کوچک معادل ۱ میلی‌متر است.
- $0.2 \times 5 = 1 \text{ mm}$

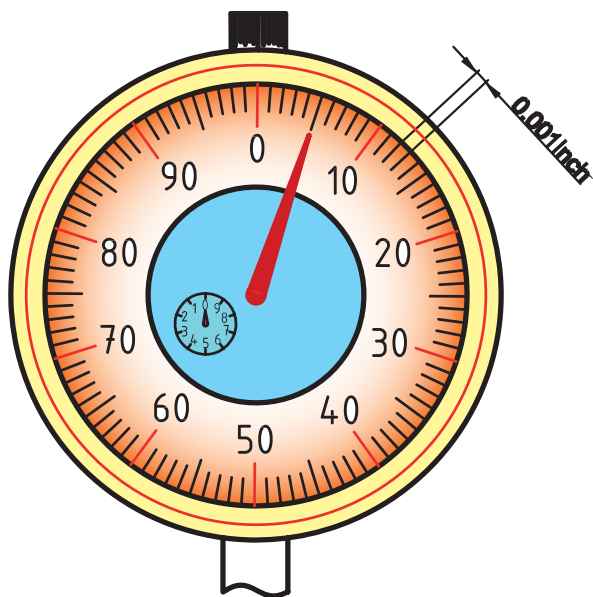
شکل ۸-۶- درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ میلی‌متر

**توجه:** از آن جا که از این ساعت بیش تر برای عملیات کنترل استفاده می شود لذا درجه بندی دو طرف خط صفر با عدد یک شروع شده است.

### مثال

در یک ساعت اندازه گیری با مشخصات mm (۱-۰/۰۰۱) عقربه کوچک کمی جلوتر از عدد ۸/۰ صفحه دورشمار و عقربه بزرگ آن روی عدد ۴۸ صفحه بزرگ ساعت قرار دارد. مقدار اندازه چند میلی متر است؟

مقداری که صفحه دورشمار نشان می دهد. ۸/۰  
 مقداری که صفحه بزرگ نشان می دهد. ۴۸ × ۰/۰۰۱ = ۰/۰۴۸  
 مقداری که ساعت نشان می دهد. ۸/۰ + ۰/۰۴۸ = ۰/۸۴۸ mm



### ساعت های اندازه گیری با درجه بندی اینچی ۱- ساعت اندازه گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ اینچ و گستره اندازه گیری ۱ اینچ

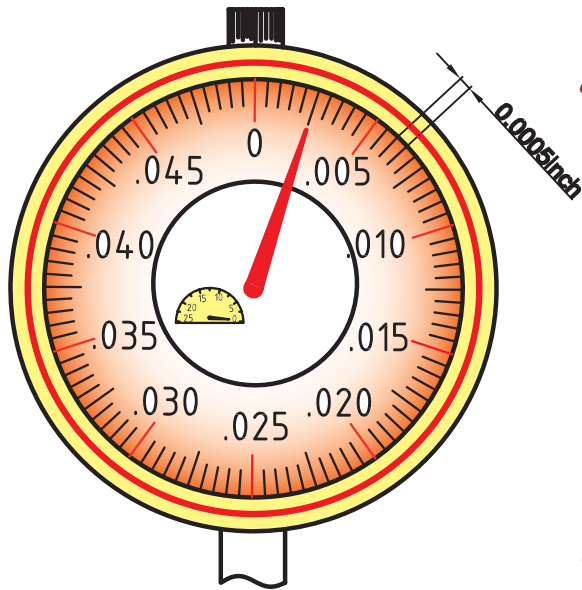
- ✓ صفحه بزرگ این ساعت ۱۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر تقسیم آن نشان دهنده ۰/۰۰۱ اینچ است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحه بزرگ معادل ۰/۱ اینچ است.  
 $۰/۰۰۱ \times ۱۰۰ = ۰/۱ \text{ inch}$
- ✓ صفحه کوچک این ساعت می تواند ۱۰ قسمتی باشد.
- ✓ هر واحد آن نشان دهنده ۰/۱ اینچ است.
- ✓ بنابراین گستره اندازه گیری این ساعت ۱ اینچ است.  
 $۰/۱ \times ۱۰ = ۱ \text{ inch}$

شکل ۹-۶- درجه بندی ساعت اندازه گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۱ اینچ

### مثال

در یک ساعت اندازه گیری با مشخصات inch (۱-۰/۰۰۱) عقربه کوچک کمی جلوتر از خط سوم صفحه دورشمار است و عقربه بزرگ آن روی عدد ۴۴ صفحه بزرگ ساعت قرار دارد. مقدار اندازه چه مقدار می باشد؟

مقداری که صفحه دورشمار نشان می دهد. ۳/۰ inch  
 مقداری که صفحه بزرگ نشان می دهد. ۴۴ × ۰/۰۰۱ = ۰/۰۴۴ inch  
 مقداری که ساعت نشان می دهد. ۳/۰ + ۰/۰۴۴ = ۰/۳۴۴ inch



## ۲- ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۵ اینچ

### و گستره اندازه‌گیری ۰/۲۵ اینچ

- ✓ صفحه بزرگ این ساعت ۱۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر تقسیم آن نشان‌دهنده ۰/۰۰۰۵ اینچ است.
- ✓ بنابراین هر دور صفحه بزرگ معادل ۰/۰۵ اینچ است.
- $۰/۰۰۰۵ \times ۱۰۰ = ۰/۰۵ \text{ inch}$
- ✓ صفحه کوچک این ساعت ۵ قسمتی است.
- ✓ هر واحد آن معادل ۰/۰۵ اینچ است.
- ✓ بنابراین گستره اندازه‌گیری این ساعت ۰/۲۵ اینچ است.
- $۵ \times ۰/۰۵ = ۰/۲۵ \text{ inch}$

شکل ۱۰-۶- درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۵ اینچ



### مثال

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

$$۳ \times ۰/۰۵ = ۰/۱۵ \text{ inch}$$

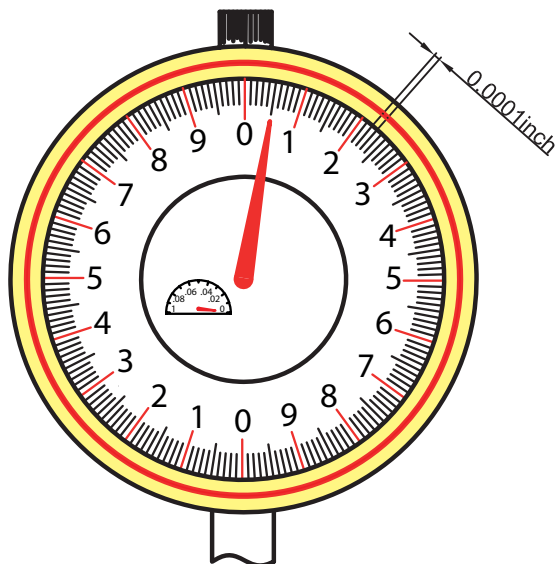
$$۱۴ \times ۰/۰۰۰۵ = ۰/۰۰۷۰ \text{ inch}$$

$$۰/۱۵ + ۰/۰۰۷۰ = ۰/۱۵۷۰ \text{ inch}$$

مقداری که صفحه دورشمار نشان می‌دهد.

مقداری که صفحه بزرگ نشان می‌دهد.

مقداری که ساعت نشان می‌دهد.



## ۳- ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۱ اینچ

### و گستره اندازه‌گیری ۰/۱ اینچ

- ✓ صفحه بزرگ این ساعت ۲۰۰ قسمتی است.
- ✓ هر تقسیم آن نشان‌دهنده ۰/۰۰۰۱ اینچ است.
- ✓ بنا بر این هر دور صفحه بزرگ معادل ۰/۰۲ اینچ است.
- $۰/۰۰۰۱ \times ۲۰۰ = ۰/۰۲ \text{ inch}$
- ✓ صفحه کوچک این ساعت ۵ قسمتی است.
- ✓ هر واحد آن معادل ۰/۰۲ اینچ است.
- ✓ بنابراین گستره اندازه‌گیری این ساعت ۰/۱ اینچ است.
- $۰/۲ \times ۵ = ۰/۱ \text{ inch}$

شکل ۱۱-۶- درجه‌بندی ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک ۰/۰۰۰۱ اینچ

**توجه:** از آن جا که از این ساعت بیش تر برای عملیات کنترل استفاده می شود لذا درجه بندی دو طرف خط صفر با عدد یک شروع شده است.



مثال

در یک ساعت اندازه گیری با مشخصات  $(\frac{1}{1000} - \frac{1}{10000})$  inch عقربه بزرگ پس از پیمودن ۲ دور کامل از صفحه بزرگ، روی خط سی و چهارم از نیمه اول صفحه ایستاده است. مقدار اندازه بر حسب اینچ چه مقدار می باشد؟

مقداری که صفحه دور شمار نشان می دهد.  $2 \times \frac{1}{500} = \frac{2}{500} \text{ inch}$

مقداری که صفحه بزرگ نشان می دهد.  $34 \times \frac{1}{1000} = \frac{34}{1000} \text{ inch}$

مقداری که ساعت نشان می دهد.  $\frac{2}{500} + \frac{34}{1000} = \frac{424}{1000} \text{ inch}$

**نگهدارنده های ساعت اندازه گیری:** ساعت های اندازه گیری به تنهایی کاربرد نداشته و لازم است روی نگهدارنده مناسب

سوار شوند تا قابل استفاده باشند. در این خصوص انواع مختلفی از پایه ها ساخته شده و به بازار عرضه شده است از آن جمله:

\* **نگهدارنده میله ای با پایه آهن ربایی:** این نوع پایه تشکیل شده است از پایه، آهن ربا، کلید قطع و وصل آهن ربا،

میله عمودی، میله افقی و بند و بست ها که ساعت به آن بسته می شود (شکل ۱۲-۶).



شکل ۱۲-۶- نگهدارنده میله ای با پایه آهن ربایی

**\*نگهدارنده میله‌ای مفصلی با پایه آهن‌ربایی:** این نوع نگهدارنده قابلیت انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به نوع قبل دارد و دارای پایه آهن‌ربایی، میله مفصلی، پیچ و بند و بست نگهدارنده ساعت است (شکل ۶-۱۳).

**\*نگهدارنده انعطاف‌پذیر:** از انعطاف‌پذیرترین نگهدارنده‌های ساعت است. این وسیله تشکیل شده است از پایه آهن‌ربایی، کلید قطع و وصل، اهرم و بادامک تثبیت‌کننده موقعیت، استوانه‌های سر مخروطی، کابل و بند و بست نگهدارنده ساعت (شکل ۶-۱۴).



شکل ۶-۱۴ - نگهدارنده انعطاف‌پذیر



شکل ۶-۱۳ - نگهدارنده مفصلی

**\*نگهدارنده میله‌ای با پایه چدنی:** این نوع نگهدارنده دارای پایه وزین چدنی میله‌ها، بند و بست برای اتصال میله و اتصال ساعت است و می‌تواند موقعیت مناسب و خوبی برای ساعت ایجاد نماید (شکل ۶-۱۵).



شکل ۶-۱۵ - نگهدارنده میله‌ای با پایه چدنی



**\*نگهدارنده میله‌ای با پایه شیاردار:** این نوع نگهدارنده مانند نوع قبل می‌باشد با این تفاوت که پایه آن دارای شیار T شکل بوده و میله عمودی ساعت می‌تواند در طول آن جابه‌جا شود (شکل ۶-۱۶).

**\*نگهدارنده ثابت مجهز به صفحه صافی:** این نگهدارنده تشکیل شده از میز مجهز به سطح صاف فلزی جهت استقرار قطعه کار، ستون که کاملاً بر پایه عمود است و بند و بست نگهدارنده ساعت (شکل ۶-۱۷).

**\*نگهدارنده ثابت مجهز به صفحه صافی شیاردار:** این نگهدارنده با پایه سنگینی که دارد موقعیت آن ثابت و بدون لرزش و ارتعاش است. این نگهدارنده تشکیل شده از پایه مجهز به صفحه صافی، ستون و بند و بست نگهدارنده ساعت (شکل ۶-۱۸).



شکل ۶-۱۸ - نگهدارنده ثابت مجهز به صفحه صافی فلزی شیاردار



شکل ۶-۱۷ - نگهدارنده ثابت مجهز به صفحه صافی



شکل ۶-۱۶ - نگهدارنده میله‌ای با پایه شیاردار

**\*نگهدارنده ثابت مجهز به صفحه صافی گرانی:** استفاده

از صفحه صافی گرانی برای این نگهدارنده کاربرد از آن را نسبت به سایر نگهدارنده‌ها متمایز نموده و کاربرد آن برای آزمایشگاه‌های مترواژی و کالیبراسیون مناسب شده است. این نوع نگهدارنده از صفحه صافی گرانی، ستون و بند و بست ساعت تشکیل شده است (شکل ۶-۱۹).



شکل ۶-۱۹ - نگهدارنده ثابت مجهز به صفحه صافی گرانی

**آماده‌سازی ساعت اندازه‌گیری برای انجام کار:** همان طوری که 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**

- ۱- با توجه به ابعاد قطعات مورد اندازه‌گیری، ساعت اندازه‌گیری با قابلیت تفکیک و گستره اندازه‌گیری مناسب انتخاب می‌کنیم.
  - ۲- ساعت اندازه‌گیری را روی نگه‌دارنده مناسب سوار می‌کنیم.
  - ۳- مجموعه را روی صفحه صافی قرار می‌دهیم.
  - ۴- سر میله اندازه‌گیری ساعت روی صفحه صافی آورده شود، به گونه‌ای که اولاً بر صفحه صافی مماس باشد، ثانیاً بر آن عمود گردد و ثالثاً عقربه بزرگ ساعت به اندازه یک‌چهارم دور صفحه بزرگ تحت فشاردگی قرار گیرد تا لقی بین چرخ‌دنده‌ها و خلاصی ساعت گرفته شود.
  - ۵- با استفاده از طوقه متحرک، صفر صفحه بزرگ را زیر عقربه بزرگ می‌آوریم.
  - ۶- به وسیله پیچ و زبانه مخصوص، طوقه متحرک را قفل می‌کنیم.
- با انجام مراحل فوق ساعت اندازه‌گیری برای کار اندازه‌گیری آماده است.



شکل ۲۰-۶- آماده‌سازی ساعت برای عملیات اندازه‌گیری

## ب) آماده‌سازی و تنظیم ساعت برای کنترل

- ۱- با توجه به دقت مورد نیاز برای عمل کنترل ساعت اندازه‌گیری، با قابلیت تفکیک مناسب انتخاب می‌کنیم.
- ۲- ساعت اندازه‌گیری را روی نگه‌دارنده مناسب سوار می‌کنیم.
- ۳- مجموعه را روی صفحه صافی قرار می‌دهیم.
- ۴- بلوک‌سنجه (بلوک‌سنجه در فصل هشتم شرح داده می‌شود) را، به ضخامت اندازه‌اسمی قطعات مورد کنترل، انتخاب می‌کنیم.
- ۵- بلوک‌سنجه را روی صفحه صافی می‌گذاریم.
- ۶- سر میله اندازه‌گیری ساعت روی بلوک‌سنجه آورده شود، به گونه‌ای که اولاً بر سطح بلوک‌سنجه مماس باشد، ثانیاً بر آن عمود گردد و ثالثاً عقربه بزرگ ساعت در حدود نصف گستره اندازه‌گیری ساعت تحت فشاردگی 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.
- ۷- با استفاده از طوقه متحرک صفر صفحه بزرگ را زیر عقربه بزرگ می‌آوریم.
- ۸- به وسیله پیچ و زبانه مخصوص طوقه متحرک را قفل می‌کنیم.
- ۹- با استفاده از شاخک‌های تولرانسی مقدار تولرانس قطعه را در دو طرف صفر صفحه بزرگ ساعت قرار می‌دهیم.
- ۱۰- موقعیت عقربه کوچک را یادداشت می‌کنیم.



شکل ۲۱-۶- آماده‌سازی ساعت برای عملیات کنترل

- ۱۱- طوقه متحرک را قفل می‌کنیم.
  - ۱۲- 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

- ۱- با توجه به مشخصات قطعات مورد اندازه‌گیری یا کنترل ساعت اندازه‌گیری مناسب انتخاب کنید.
- ۲- ساعت اندازه‌گیری انتخاب شده را تمیز می‌کنید.
- ۳- با جابه‌جا کردن و حرکت دادن میله اندازه‌گیری، از حساسیت ساعت اطمینان حاصل نمایید.
- ۴- تعداد فواصل روی صفحه بزرگ ساعت را شمارش نموده و مقدار هر فاصله را مشخص کرده، مقدار آن را به‌خاطر بسپارید.
- ۵- در شروع کار موقعیت عقربه کوچک (دورشمار) را به‌خاطر بسپارید.
- ۶- با توجه به نوع کار نگاه‌دارنده مناسب را انتخاب کنید.
- ۷- قبل از شروع کار، از سالم بودن مکانیزم آهن‌ربای پایه نگاه‌دارنده اطمینان حاصل نمایید.
- ۸- از سالم بودن بند و بست‌های نگاه‌دارنده ساعت مطمئن شوید.
- ۹- چنانچه از نگاه‌دارنده انعطاف‌پذیر (خرطومی) استفاده می‌کنید، از سالم بودن کابل که در داخل استوانه‌های سر مخروطی قرار دارد و به کمک دسته اهرمی موجب موقعیت‌دهی به نگاه‌دارنده می‌شود اطمینان حاصل نمایید.
- ۱۰- پس از سوار کردن ساعت روی نگاه‌دارنده انتخاب شده با موقعیت دادن به ساعت در جوانب و ارتفاع‌های مختلف، از سالم بودن مجموعه اطمینان حاصل نمایید.
- ۱۱- با توجه به نوع کار (اندازه‌گیری یا کنترل) ساعت را آماده و تنظیم کنید.
- ۱۲- در هنگام تنظیم ساعت دقت کنید که اولاً سر میله اندازه‌گیری ساعت بر سطح کار مماس باشد. ثانیاً بر آن نیز عمود باشد و ثالثاً عقربه بزرگ ساعت تحت فشاردگی قرار گیرد.
- ۱۳- در شروع کار، حتماً موقعیت عقربه کوچک (دورشمار) را به‌خاطر بسپارید.
- ۱۴- مقادیر صحیح را از روی صفحه کوچک (دورشمار) و اندازه‌های اعشاری (کوچک) را از روی صفحه بزرگ ساعت بخوانید.
- ۱۵- در استفاده از ساعت‌های اندازه‌گیری حساس، با توجه به این که سر مفصلی میله اندازه‌گیری می‌تواند  $18^\circ$  درجه جابه‌جا گردد، سعی شود بهترین موقعیت به لحاظ دقت و کم کردن خطا را انتخاب و میله در آن موقعیت تنظیم شود.
- ۱۶- با توجه به این که ساعت‌های اندازه‌گیری حساس، دارای گستره اندازه‌گیری کم (حدود یک میلی‌متر) هستند و فاقد صفحه دورشمارند لذا باید در خواندن آن دقت نمود تا اشتباهی در تعداد دور رخ ندهد.
- ۱۷- از وارد نمودن هر نوع ضربه به ساعت جداً خودداری شود.
- ۱۸- پیچ قفل طوقه 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 صفحه



دور شمار (صفحه مدرج کوچک) است و گستره اندازه گیری آن نیز محدود و کم است. به این ساعت اندازه گیری ساعت شیطانکی نیز گفته می شود. روش درجه بندی و خواندن آن مانند ساعت اندازه گیری معمولی است (شکل ۶-۲۲).



شکل ۶-۲۲- ساعت کنترل

از آن جا که این نوع ساعت مخصوص عمل کنترل است لذا قبل از استفاده باید مطابق قاعده ای که قبلاً ذکر شد، تنظیم گردد. **ضخامت سنج ساعتی:** از ضخامت سنج ساعتی برای اندازه گیری ضخامت سیم ها، میله ها، ورق ها و صفحات فلزی و غیر فلزی استفاده می شود. از آن جا که سطح فکین آن تخت و یهین است لذا استفاده از این وسیله برای اندازه گیری قطعات نرم مناسب است. روش درجه بندی و خواندن آن مانند ساعت اندازه گیری است (شکل ۶-۲۳).

**عمق سنج ساعتی:** نوع دیگری از ساعت اندازه گیر است که از آن برای اندازه گیری عمق و ارتفاع قطعات استفاده می شود. این وسیله به یک سری میله های اندازه گیری مجهز می باشد و با سوار کردن میله ها روی آن، می توان عمق و یا طول قطعات را اندازه گرفت. لازم به یادآوری است با توجه به اندازه مورد نظر، میله با طول مناسب انتخاب و روی آن سوار می شود. این وسیله قبل از استفاده لازم است برای اندازه مورد نظر آماده و تنظیم شود (شکل ۶-۲۴).



شکل ۶-۲۴- عمق سنج ساعتی

شکل ۶-۲۳- ضخامت سنج ساعتی

## ساعت‌های اندازه‌گیری دیجیتالی: ساعت‌های اندازه‌گیری با مکانیزم دیجیتالی نیز در

طرح‌های مختلف ساخته می‌شوند (شکل ۶-۲۵).



شکل ۶-۲۵- 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 مجهز به یک سری میله‌های اندازه‌گیری است که بر حسب مورد روی آن سوار می‌شود. این وسیله قبل از استفاده لازم است برای اندازه‌ی خاصی تنظیم گردد. عمل تنظیم را می‌توان به وسیله میکرومتر، بلوک‌سنجه به همراه متعلقات مربوطه و یا رینگ استاندارد انجام داد.



شکل ۶-۲۶- داخل‌سنج ساعتی

## نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱- ساعت‌های اندازه‌گیری در برابر ضربه بسیار حساس‌اند. بنابراین، از وارد کردن هر گونه ضربه به آن‌ها جداً خودداری شود.
- ۲- پس از اتمام کار چنانچه ساعت اندازه‌گیری به همراه نگه‌دارنده مربوطه بایگانی می‌شود، محور میله‌ی اندازه‌گیری با میله‌ی عمودی نگه‌دارنده موازی و سر اندازه‌گیری رو به پایین قرار داشته باشد.
- ۳- ساعت‌های اندازه‌گیری که بدون نگه‌دارنده بایگانی و نگهداری می‌شوند، حتماً در جعبه‌ی مخصوص قرار گرفته و نگهداری شوند و از نگهداری آن‌ها به صورت بدون جعبه‌ی مخصوص جداً خودداری شود.
- ۴- 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- از سفت کردن زیاد پیچ و زبانه‌ی طوقه‌ی ساعت جداً خودداری شود.
- ۶- شاخک‌های تولرانسی آن روان حرکت کند و همیشه جدای از هم باشند.
- ۷- از دستکاری و تعمیر ساعت چنانچه اطلاع و مهارت ندارید، جداً خودداری کنید.
- ۸- برای بستن از محل زبانه‌ی سوراخ‌دار پشت ساعت استفاده شود.

## نمونه‌هایی از کاربردهای ساعت اندازه‌گیری

همان‌طوری که در ابتدای این فصل بیان شد ساعت‌های اندازه‌گیری کاربردهای فراوان و متنوعی در صنعت دارد. ذیلاً نمونه‌هایی از آن به‌طور اختصار توضیح داده می‌شود.

جدول ۱-۶- نمونه‌هایی از کاربردهای ساعت اندازه‌گیری

ردیف	شرح	شکل
۱	برای کنترل تختی سطوح افقی، ساعت اندازه‌گیری را روی نگه‌دارنده مناسب سوار نموده، پس از تنظیم، سر میله 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 مجموعه ساعت اندازه‌گیری، ثابت و قطعه کار حرکت دورانی دارد.	
۳	در کنترل گردی قسمت بیرونی یک استوانه و یا میله، آنرا مابین مرغک‌های دستگاه مرغک بسته و سر میله اندازه‌گیری ساعت را روی محیط قطعه کار آورده شده و با دوران قطعه کار، دایره‌ای بودن آنرا کنترل می‌کنیم.	
۴	با استفاده از قطعه جناقی (V-Block) می‌توان گردی میله‌ها را به کمک ساعت اندازه‌گیری کنترل نمود.	

شکل	شرح	ردیف
	<p>برای کنترل گردی داخلی استوانه‌ها، ساعت اندازه‌گیری را روی نگاه‌دارنده مناسب سوار نموده، اهرم‌های کنترل‌های داخلی را روی آن سوار می‌کنیم، مطابق شکل با چرخاندن قطعه کار گردی داخل آن بررسی می‌شود.</p>	۵
	<p>یکی دیگر از کاربردهای ساعت، اندازه‌گیری تعیین زاویه مخروط‌ها است. برای این کار 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.</p>	۶
	<p>در اندازه‌گیری و کنترل لنگی به وسیله 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.</p>	۷
	<p>شکل مقابل اندازه‌گیری و کنترل تختی طوقه‌ها را به کمک ساعت اندازه‌گیری که روی پایه ثابت مجهز به صفحه صافی است نشان می‌دهد.</p>	۸
	<p>شکل مقابل کنترل گردی محوری که به صورت عمودی قرار دارد را به وسیله ساعت اندازه‌گیری که روی پایه ثابت از نوع شیاردار بسته شده است را نشان می‌دهد.</p>	۹





- ۱- عمل بزرگ‌نمایی اندازه‌ها در ساعت اندازه‌گیری به چه وسیله‌ای انجام می‌شود؟
- ۲- آیا طول میله اندازه‌گیری اثری در گستره اندازه‌گیری ساعت دارد؟ چرا؟
- ۳- با توجه به این که سر میله اندازه‌گیری به فرم‌های مختلف ساخته می‌شود، شرح دهید که هر کدام برای چه نوع کارهایی مناسب‌اند؟
- ۴- برای جابه‌جایی (حرکت دادن) میله اندازه‌گیری ساعت از کدام قسمت و چگونه عمل می‌کنید؟
- ۵- مکانیزم سفت و شل کردن نگه‌دارنده انعطاف‌پذیر (خرطومی) ساعت چگونه است؟ با رسم شکل شرح دهید.
- ۶- چنانچه صفحه بزرگ ساعت اندازه‌گیری  $200^\circ$  قسمتی باشد در دقت اندازه‌گیری چه اثری دارد؟ چرا؟
- ۷- صفحه بزرگ یک ساعت اندازه‌گیری  $80^\circ$  قسمتی و هر واحد آن نشان‌دهنده  $0.1^\circ$  میلی‌متر است. میله اندازه‌گیری به اندازه  $0.95^\circ$  میلی‌متر جابه‌جا شده است. موقعیت عقربه بزرگ ساعت چگونه است؟ (توجه داشته باشید این ساعت اندازه‌گیری فاقد صفحه دورشمار یا صفحه کوچک است.)
- ۸- پیرامون سیستم آهن‌ربای پایه مغناطیسی نگه‌دارنده ساعت بحث و نتیجه‌گیری کنید.
- ۹- 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؟
- ۱۰- می‌خواهیم تعداد  $50^\circ$  قطعه که به شکل پولک با ضخامت  $0.5^\circ \pm 0.22^\circ$  میلی‌متر است، را با ساعت اندازه‌گیری، کنترل کنیم. روش تنظیم و انجام کار چگونه است؟
- ۱۱- قابلیت تفکیک ساعت اندازه‌گیری  $0.1^\circ$  میلی‌متر بیش‌تر است یا  $0.1^\circ$  اینچ؟ چرا؟
- ۱۲- بهترین محل برای بستن ساعت به پایه کدام ناحیه آن است؟ چرا؟
- ۱۳- روش کنترل گردی یک میله را به وسیله ساعت اندازه‌گیری با رسم شکل شرح دهید.
- ۱۴- روش کنترل مستقیمی (عدم خمیدگی) یک میله را به وسیله ساعت اندازه‌گیری شرح دهید.
- ۱۵- چگونه می‌توان لنگی محور مته‌گیر ماشین مته را به وسیله 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 نحوه درجه‌بندی و کاربردهایشان آشنا می‌شود، به‌گونه‌ای که در پایان آن می‌تواند:

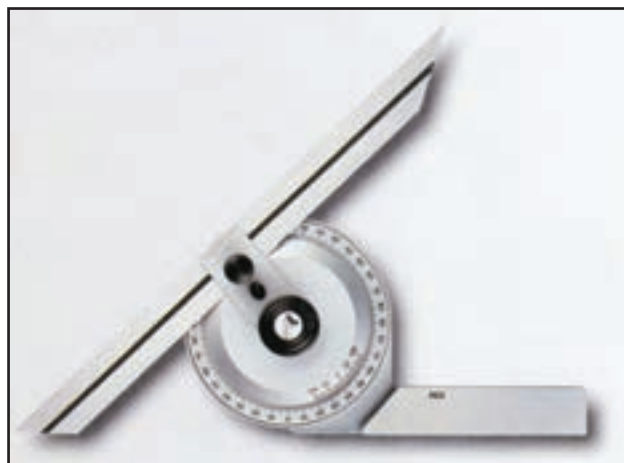
- ۱- زاویه‌سنج ساده را توصیف کند.
- ۲- زاویه‌سنج اونیورسال با قابلیت تفکیک پنج دقیقه را شرح دهد.
- ۳- روش درجه‌بندی زاویه‌سنج‌ها را شرح دهد.
- ۴- روش خواندن زاویه‌سنج‌ها را شرح دهد.
- ۵- خط‌کش سینوسی را شرح دهد.
- ۶- کاربرد و روش استفاده خط‌کش سینوسی را بیان کند.
- ۷- انواع گونیاها را شرح دهد.
- ۸- گونیای 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 اندازه زوایای قطعات و همچنین انتقال اندازه از روی زاویه‌سنج به قطعه کار استفاده می‌شود. زاویه‌سنج‌ها جزو وسایل اندازه‌گیری بوده و فاقد رده‌بندی هستند (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱- زاویه‌سنج

## قابلیت تفکیک و گستره اندازه‌گیری

**۱- قابلیت تفکیک:** زاویه‌سنج‌های ساده و ورنیه‌دار با قابلیت تفکیک ۱ درجه، ۵ دقیقه و ۲ دقیقه ساخته می‌شوند.

**۲- گستره اندازه‌گیری:** اندازه‌گیری زوایا تا  $180^\circ$  درجه به روش مستقیم و غیر مستقیم و تا  $360^\circ$  درجه به روش غیر مستقیم و با استفاده از قاعده 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:

۱- پایه

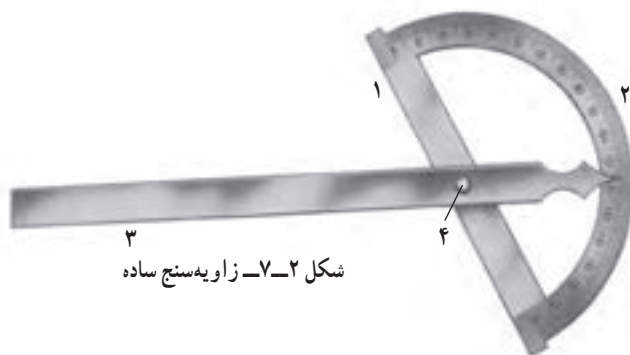
۲- نقاله با قابلیت تفکیک یک درجه و گستره اندازه‌گیری ( $0^\circ-180^\circ$ ) درجه

۳- تیغه، که ممکن است ساده و یا دارای درجه‌بندی میلی‌متری یا اینچی باشد.

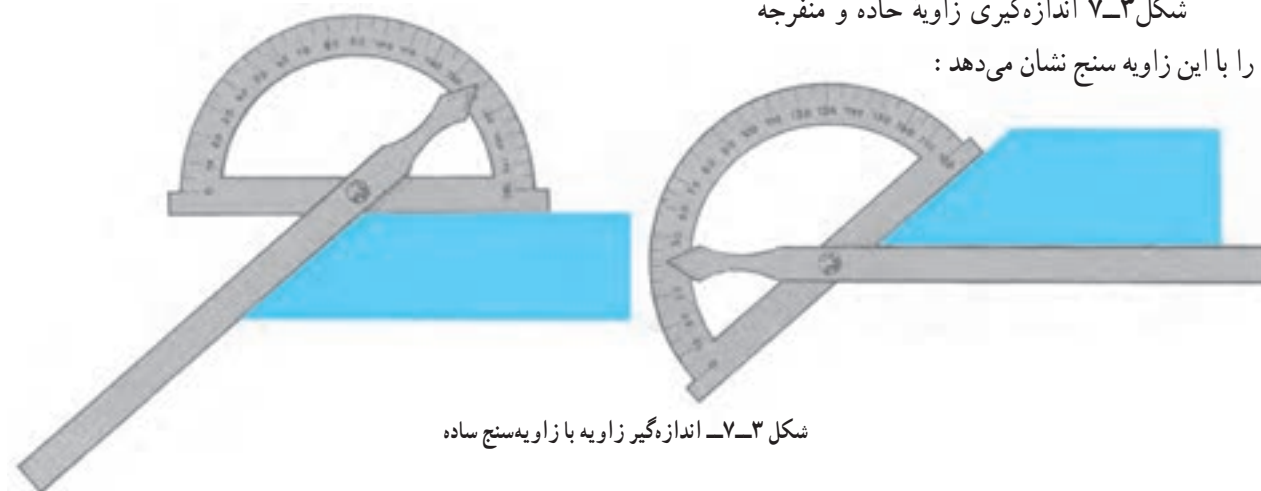
۴- پین یا پیچ اتصال

شکل ۷-۳ اندازه‌گیری زاویه حاده و منفرجه

را با این زاویه‌سنج نشان می‌دهد:



شکل ۷-۲- زاویه‌سنج ساده



شکل ۷-۳- اندازه‌گیر زاویه با زاویه‌سنج ساده

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با زاویه‌سنج، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد،

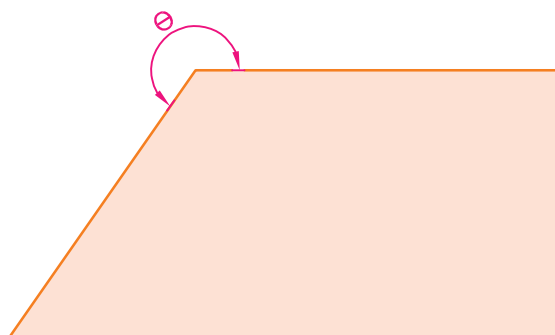
مطابق زیر عمل می‌کنیم:

■ با در نظر گرفتن موقعیت نُک تیغه روی درجه‌بندی نقاله، مقدار زاویه مستقیماً از روی نقاله زاویه‌سنج خوانده می‌شود.

**توجه:** زاویه‌ای که از روی زاویه‌سنج خوانده می‌شود زاویه داخلی قطعه کار است و چنانچه هدف اندازه‌گیری زاویه خارجی

شکل باشد لازم است مقدار خوانده شده از  $360^\circ$  درجه کم شود.

### مثال



شکل ۴-۷- اندازه‌گیری زاویه منفرجه

برای اندازه‌گیری زاویه  $\theta$  در شکل ۴-۷  
نُک تیغه زاویه‌سنج روی عدد ۱۱۳ درجه قرار دارد.  
مقدار زاویه  $\theta$  چند درجه است؟

**جواب:** با توجه به این که  $\theta$  زاویه خارجی  
قطعه است بنابراین:

$$\text{درجه } \theta = 360 - 113 = 247$$

### مثال



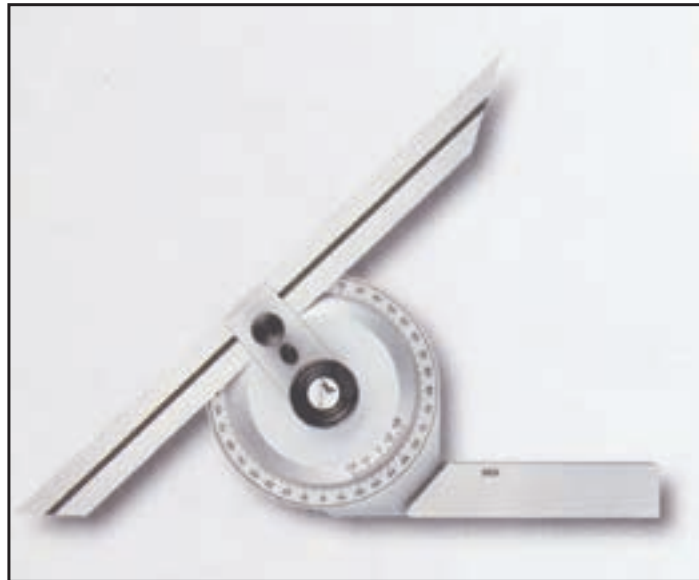
شکل ۵-۷- اندازه‌گیری زاویه حاده

برای اندازه‌گیری زاویه  $\theta$  در شکل ۵-۷  
نُک تیغه زاویه‌سنج روی عدد ۸۴ درجه نقاله قرار  
دارد. مقدار زاویه چند درجه است؟

**جواب:** با توجه به این که  $\theta$  زاویه داخلی  
قطعه است بنابراین:

$$\text{درجه } \theta : 84$$

**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 زاویه قطعات با دقت‌های بالاتر استفاده می‌شود. مضاف بر این که با ساختمانی که این نوع زاویه‌سنج‌ها دارند دامنه کاربردشان در اندازه‌گیری انواع زوایا افزایش پیدا کرده و به زاویه‌سنج اونیورسال نیز معروف شده‌اند (شکل ۶-۷).



شکل ۶-۷- زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه

**ساختمان:** این نوع زاویه‌سنج‌ها معمولاً از قسمت‌های زیر تشکیل شده‌اند:

– بدنه

– پایه

– نقاله با قابلیت تفکیک ۱ درجه و گستره اندازه‌گیری ۳۶۰ درجه، به صورت چهار ناحیه ۹۰ درجه‌ای

– ورنیه ۱۲ قسمتی، به صورت دو طرفه (۱۲ قسمت در جهت عقربه‌های ساعت و ۱۲ قسمت در جهت خلاف عقربه‌های

ساعت) یا بعضاً یک طرفه

– پیچ قفل ورنیه

– ذره‌بین

– درپوش

– چرخ‌دنده (که در پشت درپوش و در داخل محفظه پیش‌بینی شده است قرار دارد).

– نگه‌دارنده تیغه

– تیغه کوچک و بزرگ

– 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.

**نحوه درجه‌بندی:** این زاویه‌سنج‌ها به ورنیه مجهزند و روش درجه‌بندی آن‌ها مشابه کولیس‌های ورنیه‌دار است، به این صورت

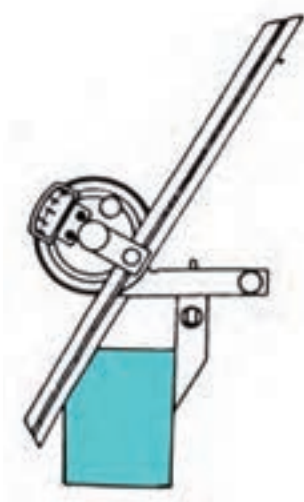
که مقدار مشخصی از نقاله انتخاب گردیده و روی ورنیه به تعداد فواصل مساوی تقسیم شده است. نقاله زاویه‌سنج‌های اونیورسال با

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 ۱-۷ است:

جدول شماره ۱-۷- 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	تعداد تقسیمات ورنیه	۱۲	۱۲
۴	قابلیت تفکیک ورنیه	$۱۱ \div ۱۲ = \frac{۱۱}{۱۲} = ۵۵'$	$۲۳ \div ۱۲ = \frac{۲۳}{۱۲} = ۱۱۵'$
۵	قابلیت تفکیک زاویه‌سنج	$۱ - \frac{۱۱}{۱۲} = \frac{۱}{۱۲} = ۵'$	$۲ - \frac{۲۳}{۱۲} = \frac{۱}{۱۲} = ۵'$



شکل ۷-۷- اندازه‌گیری با زاویه‌سنج ۵ دقیقه

در اندازه‌گیری با این زاویه‌سنج قطعه کار مابین تیغه و پایه قرار می‌گیرد و مقدار درجه از روی نقاله و مقدار دقیقه از روی ورنیه خوانده می‌شود (شکل ۷-۷).

**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با زاویه‌سنج، که در ادامه این فصل شرح داده می‌شود،

مطابق زیر عمل می‌کنیم:

با در نظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه روی نقاله زاویه‌سنج، 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 اندازه 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 هم‌امتداد 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 اندازه خوانده شده بر حسب درجه و دقیقه، مقدار زاویه است.



### مثال



شکل ۸-۷- خواندن زاویه سنج ۵ دقیقه

در یک زاویه سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه، خط صفر ورنیه دقیقاً بعد از اندازه ۳۸ درجه از نقاله قرار دارد. مقدار زاویه چه مقدار می‌باشد؟ (شکل ۸-۷)

**جواب:** ۳۸ درجه

### مثال



شکل ۹-۷- خواندن زاویه سنج ۵ دقیقه

در زاویه سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه، خط صفر ورنیه بعد از خط ۹۰ درجه نقاله و روی اندازه ۷۵ درجه نقاله قرار دارد. مقدار زاویه چه مقدار می‌باشد؟ (شکل ۹-۷)

**جواب:** درجه  $۹۰ + (۹۰ - ۷۵) = ۱۰۵$

### مثال



شکل ۱۰-۷- خواندن زاویه سنج ۵ دقیقه

در یک زاویه سنج با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه، خط صفر ورنیه بعد از اندازه 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 زاویه سنج چه مقداری را نشان می‌دهد؟ (شکل ۱۰-۷)

**جواب:**

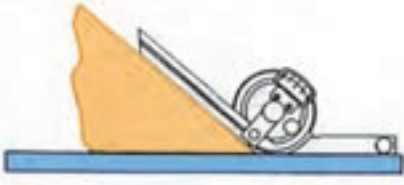
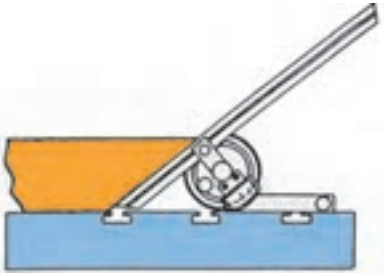


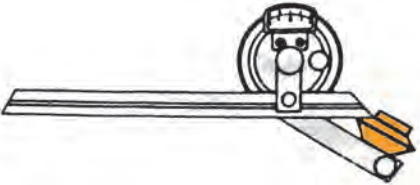
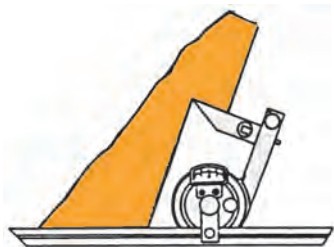
اندازه صحیح:  $۶۳^\circ$

مقدار دقیقه:  $۹ \times ۵ = ۴۵'$



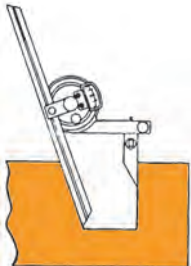
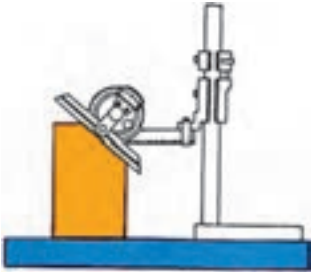
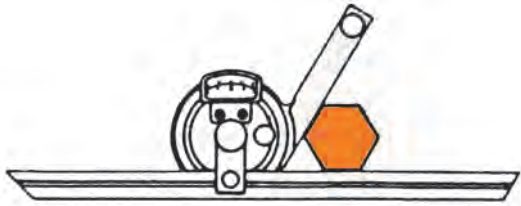
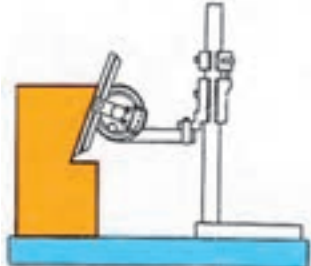
مقدار زاویه:  $۶۳^\circ, ۴۵'$

جدول ۷-۲ نمونه‌هایی از اندازه‌گیری زوایای قطعات با زاویه سنج ۵ دقیقه را نشان می‌دهد.

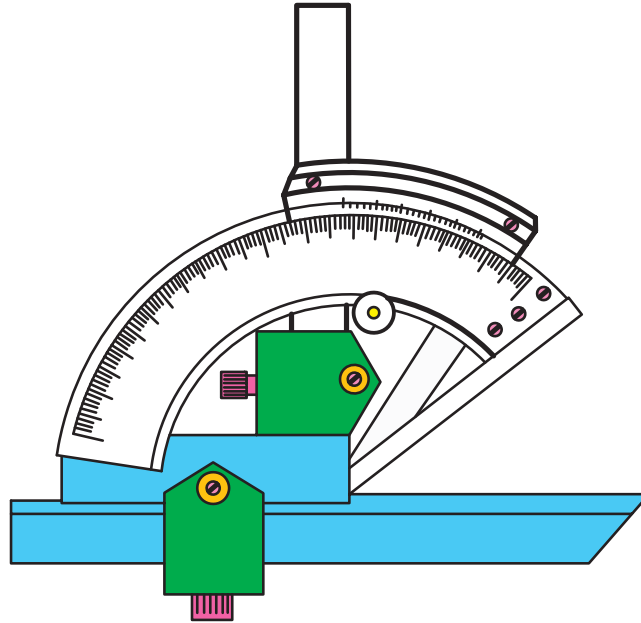
جدول ۷-۲ - اندازه‌گیری زوایای قطعات با زاویه سنج ۵ دقیقه

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 زاویه شیب یک مخروط	
۶	اندازه‌گیری زاویه بین دو سطح	



	<p>اندازه‌گیری زاویه خارجی دوزنقه با زاویه ۹۰ درجه</p>	<p>۷</p>
	<p>اندازه‌گیری زاویه بین دو سطح خارجی دوزنقه</p>	<p>۸</p>
	<p>اندازه‌گیری زاویه دو سطح داخلی دوزنقه</p>	<p>۹</p>
	<p>اندازه‌گیری زاویه خارجی به کمک کولیس ارتفاع‌سنج</p>	<p>۱۰</p>
	<p>اندازه‌گیری زاویه شش‌ضلعی</p>	<p>۱۱</p>
	<p>اندازه‌گیری زاویه دوزنقه داخلی</p>	<p>۱۲</p>

**زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه:** قابلیت تفکیک این زاویه‌سنج‌ها ۲ دقیقه و به عبارتی  $\frac{1}{30}$  درجه است. بنابراین دقت آن سی برابر بیشتر از زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۱ درجه است. از این زاویه‌سنج‌ها برای اندازه‌گیری زاویه قطعات با دقت‌های بالاتر استفاده می‌شود. مضاف بر این‌که با ساختمانی که این نوع زاویه‌سنج‌ها دارند دامنه کاربردشان در اندازه‌گیری زوایا را افزایش داده است. به این زاویه‌سنج‌ها نیز زاویه‌سنج اونیورسال با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه، گفته می‌شود (شکل ۱۱-۷).



شکل ۱۱-۷- زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه

**نحوه درجه‌بندی:** این زاویه‌سنج نیز به ورنیه مجهز است و روش درجه‌بندی آن هم مانند زاویه‌سنج ۵ دقیقه است. با این تفاوت که ورنیه آن  $30^\circ$  قسمتی است. دو نوع درجه‌بندی برای این زاویه‌سنج‌ها در جدول ۳-۷ آمده است.

جدول شماره ۳-۷- روش درجه‌بندی زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه

ردیف	عوامل مؤثر بر درجه بندی	طرح ۱	طرح ۲
۱	قابلیت تفکیک نقاله	$1^\circ$	$1^\circ$
۲	مقیاس انتخاب شده	$29^\circ$	$59^\circ$
۳	تعداد تقسیمات ورنیه	$30$	$30$
۴	قابلیت تفکیک ورنیه	$29 \div 30 = \frac{29}{30} = 58'$	$59 \div 30 = \frac{59}{30} = 118'$
۵	قابلیت تفکیک زاویه سنج	$1 - \frac{29}{30} = \frac{1}{30} = 2'$	$2 - \frac{59}{30} = \frac{1}{30} = 2'$



**روش خواندن:** ضمن رعایت اصول و قواعد اندازه‌گیری و کار با زاویه‌سنج، که در ادامه این فصل شرح داده خواهد شد،

مطابق زیر عمل می‌کنیم:

با در نظر گرفتن موقعیت خط صفر ورنیه روی نقاله 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 شده اندازه 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 هم‌امتداد با نقاله قرار گرفته است، شمارش می‌کنیم.
- ✓ عدد به دست آمده را در ۲ ضرب می‌کنیم، مقدار اندازه بر حسب دقیقه به دست می‌آید.
- ✓ مجموع دو اندازه خوانده شده بر حسب درجه و دقیقه مقدار زاویه است.



### مثال

در زاویه‌سنج با قابلیت تفکیک ۲ دقیقه خط صفر ورنیه بعد از اندازه ۳۴ درجه نقاله و خط دوازدهم آن دقیقاً در امتداد یکی از خطوط نقاله قرار دارد، مقدار نشان داده شده به وسیله این زاویه‌سنج چه مقدار می‌باشد؟

**جواب:**

مقدار درجه:  $24^{\circ}$

مقدار دقیقه:  $24' = 2 \times 12$

مقدار زاویه:  $24^{\circ}, 24'$

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

رابطه رویه‌رو در مورد محاسبه قابلیت تفکیک زاویه‌سنج‌ها مصداق دارد.

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:

۱- مقیاس انتخاب شده، بیش‌تر

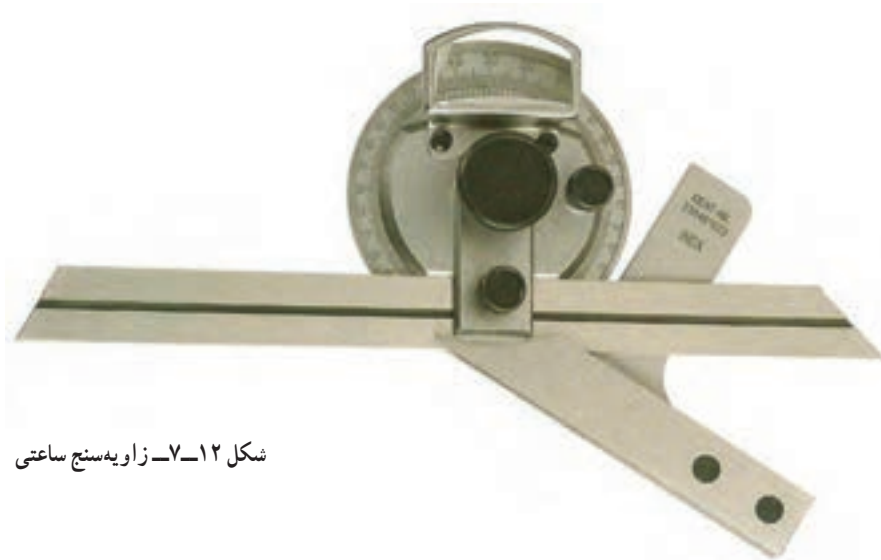
۲- تقسیمات روی ورنیه، درشت‌تر

۳- رؤیت و خواندن مقدار، راحت‌تر

۴- خطای چشمی در اندازه‌گیری، کم‌تر

**زاویه‌سنج ساعتی با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه:** این زاویه‌سنج به صفحه مدرج و عقربه مجهز است و می‌توان به راحتی مقدار

زاویه را از روی آن خواند (شکل ۱۲-۷).



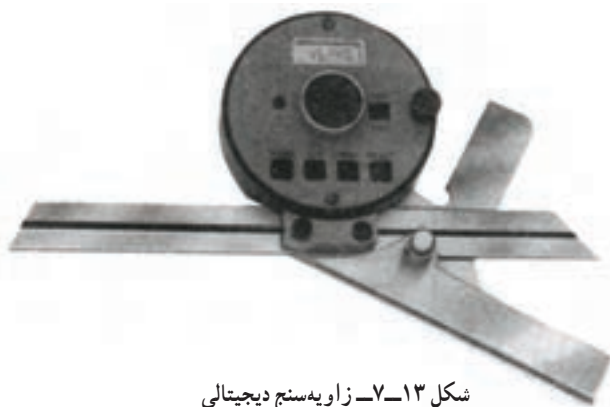
شکل ۱۲-۷ زاویه‌سنج ساعتی

**روش درجه‌بندی:** صفحه بزرگ ساعت ۱۲۰ قسمتی و هر فاصله روی آن نشان‌دهنده ۵ دقیقه است. بنابراین هر دور صفحه بزرگ معادل ۱۰ درجه است.

$$\text{دقیقه } 5 \times 120 = 600$$

$$\text{درجه } 600 \div 60 = 10$$

صفحه داخلی ساعت دارای چهار ناحیه ۹۰ درجه‌ای می‌باشد که هر واحد آن نشان‌دهنده ۱ درجه است. بنابراین صفحه داخلی معادل ۳۶۰ درجه است.



شکل ۱۳-۷ 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 (شکل ۱۳-۷).

### اصول و قواعد کار با زاویه‌سنج

- ۱- با توجه به اندازه قطعه کار، لازم است تیغه مناسب انتخاب شود.
- ۲- تیغه را روی پایه و در محل مربوطه بسته و پیچ آن را کاملاً محکم کنید.
- ۳- پیچ ورنیه کم‌تر از نیم دور شل شده باشد.
- ۴- با توجه به اندازه زاویه (حاده یا منفرجه)، قطعه کار بین پایه و تیغه قرار گیرد، به طوری که یک ضلع زاویه بر پایه و ضلع دیگر آن بر تیغه مماس شود.
- ۵- پس از مماس شدن پایه و تیغه زاویه‌سنج بر اضلاع زاویه، ورنیه را قفل کنید.



**توجه:** از سفت کردن زیاد پیچ و رنیه که باعث خرابی آن می‌شود، خودداری کنید.

۶- مقدار زاویه را بخوانید.

۷- دقت شود با توجه به نوع زاویه خواسته شده ممکن است از جمع و تفریق اندازه‌ها نسبت به  $90^\circ$ ،  $180^\circ$  و  $360^\circ$  استفاده

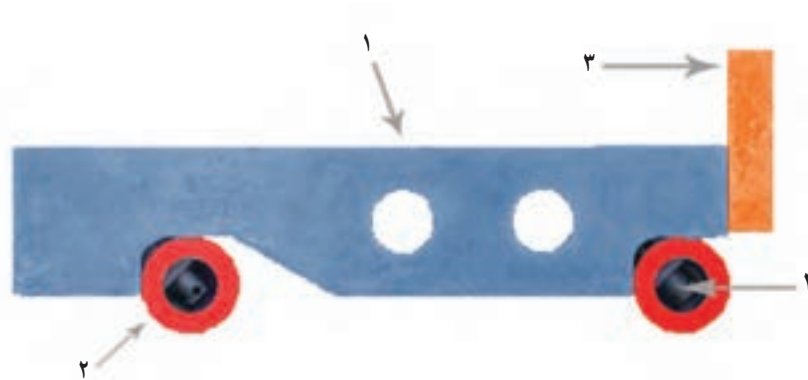
نمود.

۸- 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 محاسبه زاویه

در این وسیله با استفاده از سینوس زاویه است، به نام خط‌کش سینوسی نامیده می‌شود (شکل ۱۴-۷).



شکل ۱۴-۷- خط‌کش سینوسی

خط‌کش سینوسی از قسمت‌های زیر تشکیل می‌شود:

۱- بدنه، که سطح بالایی آن محل استقرار قطعه است و ممکن است سوراخ‌دار ساخته شود. برای این‌که:

۱-۱- سبک شود.

۱-۲- حرارت را بهتر منتقل نماید.

۲- پایه‌ها، که به شکل استوانه‌اند و باید مقطع آن‌ها کاملاً دایره‌ای و پرداخت باشند.

۳- تکیه‌گاه برای استقرار قطعه کار و جلوگیری از سر خوردن آن‌ها. (البته بعضی از خط‌کش‌های سینوسی به این تکیه‌گاه

مجهز هستند).

۴- پیچ‌های آلنی، که برای اتصال پایه‌ها به بدنه از آن استفاده می‌شود تا سر آن‌ها بیرون نزنند.

خط‌کش‌های سینوسی بر اساس فاصله مرکز تا مرکز پایه‌هایشان مشخص می‌شوند و معمولاً در اندازه‌های  $100$ ،  $150$ ،  $200$ ،

$250$  و ... میلی‌متر ساخته می‌شوند.

دقت خط‌کش سینوسی به دقت بودن فاصله 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 کلیه سطوح باید دقیقاً پرداخت

گردند.

اساس کار خطکش بر مبنای سینوس زاویه است و مقدار زاویه با توجه به شکل ۷-۱۵ مطابق زیر محاسبه می‌شود.

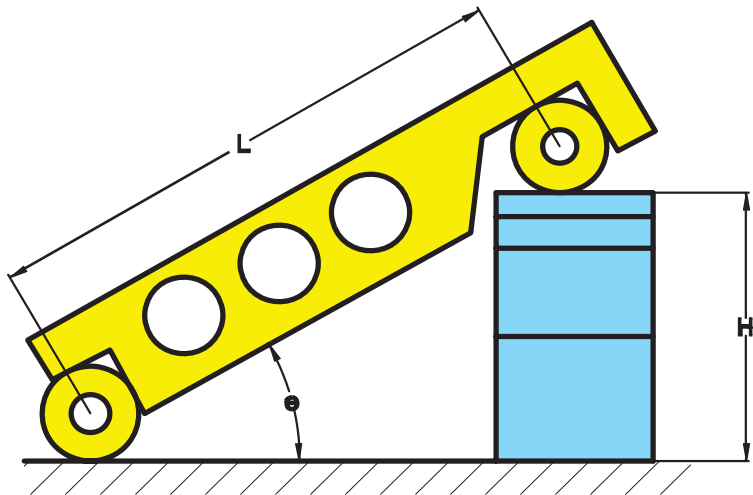
$$\sin \theta = \frac{H}{L}$$

$\theta$  = زاویه رأس مخروط یا زاویه سطح شیب‌دار  
قطعه مورد بررسی

$H$  = ضخامت بلوک‌سنجه‌های استفاده شده

$L$  = فاصله خط‌های مرکزی پایه‌های خطکش

سینوسی



شکل ۷-۱۵- محاسبه زاویه با خطکش سینوسی

**روش استفاده:** برای اندازه‌گیری و کنترل زاویه لازم است مجموعه قطعه کار و خطکش سینوسی مطابق زیر آماده شوند:

- ۱- خطکش سینوسی را روی صفحه صافی قرار می‌دهیم.
- ۲- قطعه کار را روی خطکش سینوسی می‌گذاریم، برای ثابت نمودن قطعه کار می‌توان آن را 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.
- ۳- زیر یکی از پایه‌های خطکش سینوسی آن قدر بلوک‌سنجه قرار دهید تا تقریباً سطح قطعه کار با افق موازی شود.
- ۴- برای کنترل توازی سطح قطعه کار با سطح افق از ساعت اندازه‌گیری و یا تراز استفاده کنید.
- ۵- مقدار بلوک‌سنجه‌ها را آن قدر تغییر دهید تا سطح قطعه کار با افق موازی گردد.
- ۶- با داشتن اندازه بلوک‌سنجه و فاصله مرکز تا مرکز پایه‌های خطکش سینوسی مقدار زاویه را محاسبه کنید (شکل ۷-۱۶).



شکل ۷-۱۶- اندازه‌گیری زاویه به کمک خطکش سینوسی

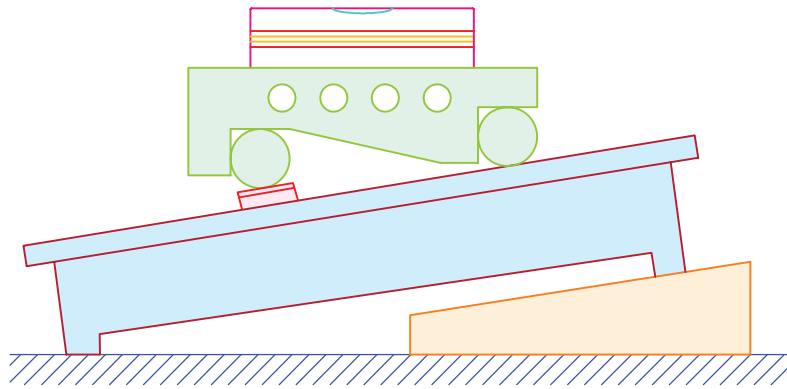


با توجه به شکل، نقش و وظیفه هر یک از اجزا به شرح زیر است :

- ✓ صفحه صافی، به عنوان سطح مبنا
- ✓ خط کش سینوسی، به عنوان وسیله کمکی در اندازه گیری زاویه
- ✓ بلوک سنج، به عنوان وسیله اندازه گیری
- ✓ قطعه کار که هدف، تعیین زاویه آن است.
- ✓ ساعت اندازه گیری برای کنترل توازی سطح قطعه مورد اندازه گیری با سطح افق (صفحه صافی).

شکل ۷-۱۷ نمونه دیگری از خط کش سینوسی را که برای کنترل توازی سطح کار با صفحه صافی از تراز استفاده شده است،

نشان می دهد.



شکل ۷-۱۷- اندازه گیری زاویه به کمک خط کش سینوسی و تراز

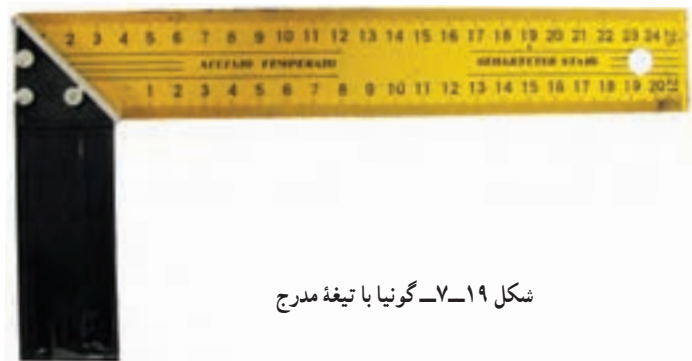
## گونیا

گونیاها وسایلی هستند که از آنها برای عملیات خط کشی، کنترل زوایا، بعضاً اندازه گیری طول و کنترل تعامد، تختی و مستقیمی

سطوح و ... در کارگاه و آزمایشگاه استفاده می شود (شکل ۷-۱۸).



شکل ۷-۱۸- گونیا



شکل ۷-۱۹- گونیا با تیغه مدرج

### ساختمان: گونیاها از دو قسمت عمده تیغه و

پایه، که ممکن است به صورت یک پارچه و یا به وسیله بین یا میخ پرچ به هم متصل شده باشند، تشکیل می شوند (شکل ۷-۱۹).

پاره‌ای از گونیاها دارای تیغه مدرج اند و از آن برای عمل اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

سطوح و لبه‌های گونیا فوق‌العاده پرداخت می‌شوند که این پرداخت ممکن است با عملیات سنگ‌زنی و یا لپ‌کاری (استفاده از گرد سنباده) انجام شده باشد.

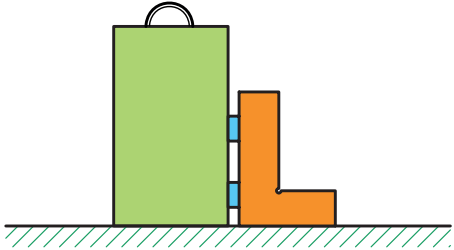
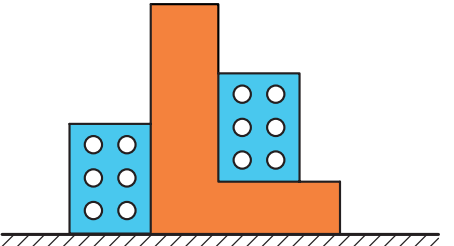
**رده بندی گونیا:** گونیاها فاقد قابلیت تفکیک بوده و دارای رده بندی می‌باشند. گونیاها بر حسب دقت و درستی در چهار رده ۰، ۰، ۱ و ۲ ساخته می‌شوند. که رده ۰۰ دارای بالاترین دقت در مجموعه گونیاها است.

**روش‌های کنترل گونیا:** برای کنترل تعامد تیغه گونیا نسبت به پایه آن از روش‌های مختلفی می‌توان استفاده نمود که بعضاً در جدول ۷-۴ آمده است.

جدول ۷-۴- روش‌های کنترل گونیا

ردیف	شرح	شکل
۱	کنترل به وسیله خط کشی	
۲	کنترل به وسیله گونیای رده بالاتر	
۳	کنترل به کمک استوانه کنترل	



	۴ کنترل به کمک استوانه کنترل و بلوک سنجه	۴
	۵ کنترل به کمک بلوک سنجه زاویه	۵

**انواع گونیا:** گونیاها در انواع مختلفی ساخته می‌شوند از آن جمله:

**گونمای دقیق (گونمای مویی):** این نوع گونیا از دقیق‌ترین نوع گونیاها است و به صورت یک پارچه ساخته می‌شود و از آن برای عملیات کنترل استفاده می‌شود (شکل ۲۰-۷).



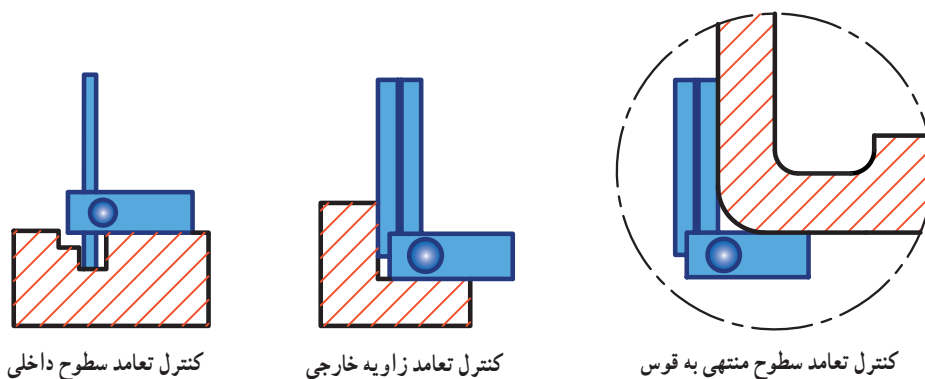
شکل ۲۰-۷- گونمای دقیق

**گونمای قابل تنظیم:** پایه این گونیاها نسبت به تیغه آن در جهت طول تیغه قابل تغییر است که این ویژگی کاربرد آن را وسیع‌تر نموده است (شکل ۲۱-۷).



شکل ۲۱-۷- گونمای قابل تنظیم

شکل ۷-۲۲ تصاویری از کاربردهای گونبای قابل تنظیم را نشان می‌دهد.



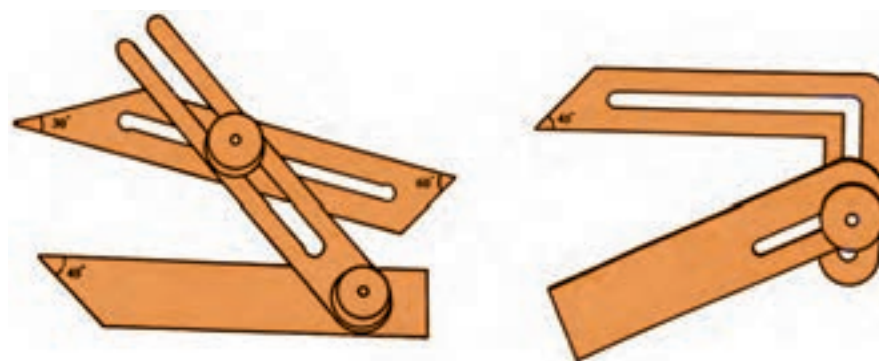
کنترل تعامد سطوح داخلی

کنترل تعامد زاویه خارجی

کنترل تعامد سطوح منتهی به قوس

شکل ۷-۲۲ کاربردهای گونبای قابل تنظیم

**گونبای تاشو:** این گونیا به صورت دو تکه (گونبای تاشو ساده) یا سه تکه (گونبای تاشو دوپل) ساخته شده و قابل تنظیم است و از آن برای انتقال زوایا از روی قطعه کار به وسیله اندازه‌گیری یا بالعکس استفاده می‌شود (شکل ۷-۲۳).



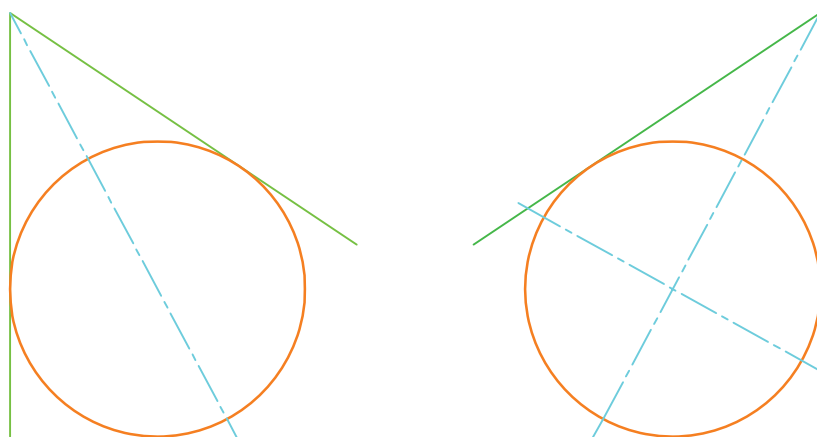
شکل ۷-۲۳ گونبای تاشو



شکل ۷-۲۴ گونبای مرکز یاب

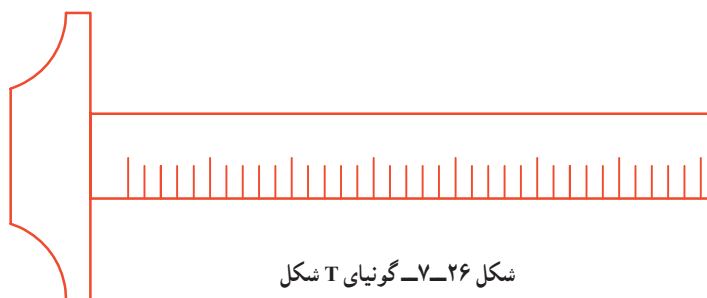
**گونبای مرکز یاب:** این گونیا با ساختمانی که دارد می‌تواند برای تعیین مرکز قطعات دایره‌ای شکل مورد استفاده قرار گیرد (شکل ۷-۲۴).

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 قطرهای مرکز دایره است. گفتنی است که گونبای مرکز یاب بر اساس قضیه هندسی «از یک نقطه واقع در خارج دایره فقط دو مماس می‌توان بر آن رسم نمود و نیمساز زاویه محیطی از مرکز می‌گذرد.» طراحی شده است. شکل ۷-۲۵ روش مرکز یابی را نشان می‌دهد. در نتیجه محل تقاطع دو قطر مرکز دایره است.



شکل ۷-۲۵- تعیین مرکز دایره

**گونبای T شکل:** با این گونیا، علاوه بر کنترل زوایای قائمه، می‌توان عمل خط‌کشی نیز انجام داد (شکل ۷-۲۶).



شکل ۷-۲۶- گونبای T شکل

**گونبای ساعتی دقیق:** این گونیا به ساعت اندازه‌گیری و میکرومتر مجهز است و از آن برای اندازه‌گیری زاویه انحراف سطوح استفاده می‌شود (شکل ۷-۲۷).



شکل ۷-۲۷- گونبای ساعتی



شکل ۷-۲۸- گونیای مرکب

**گونیی مرکب:** گونیای مرکب از جمله تجهیزات اندازه‌گیری است که دارای کاربردهای گوناگونی، از جمله اندازه‌گیری طول، زاویه، ترازبایی، مرکزبایی، کنترل گونیایی، ترسیم و ... می‌باشد (شکل ۷-۲۸).

قسمت‌های مختلف و کاربردهای اجزای گونیای مرکب عبارتند از:

**خطکش:** خطکش دارای تقسیمات با قابلیت تفکیک ۱ میلی‌متر و  $\frac{1}{32}$  اینچ و گستره اندازه‌گیری ۳ میلی‌متری و معادل آن به اینچ است. هم‌چنین، دارای شیاری جهت سوار کردن قطعات دیگر گونیای مرکب روی آن است. از خطکش برای اندازه‌گیری طول و خطکشی استفاده می‌شود (شکل ۷-۲۹).



شکل ۷-۲۹- خطکش

**سرگونیایی:** این قطعه از گونیای مرکب، از بدنه، تراز، سوزن خط کش، پیچ و مهره نگه‌دارنده و محکم‌کننده خطکش تشکیل شده است (شکل ۷-۳۰).

کاربردهای سرگونیایی عبارت‌اند از:

۱- با سرگونیایی می‌توان زوایای ۴۵°، ۹۰°، ۱۳۵° و ۲۲۵° درجه را ترسیم و یا کنترل نمود.

۲- سرگونیایی مجهز به تراز است و می‌توان توسط آن عملیات ترازبایی افقی و عمودی را انجام داد.

۳- از سوزن خطکش آن، می‌توان برای انجام عملیات خطکشی استفاده نمود.

۴- با سوار کردن خطکش روی سرگونیایی می‌توان از آن به عنوان خطکش ارتفاع‌سنج، خطکش عمق‌سنج، گونیای قابل تنظیم و ... استفاده نمود (شکل ۷-۳۰).



شکل ۷-۳۰- سرگونیایی و خطکش

**سر زاویه یاب:** این قطعه که از اصلی‌ترین قطعات گونیای مرکب است از بدنه، تراز، نقاله، پیچ‌های قفل نقاله و پیچ و مهره محکم‌کننده خط‌کش تشکیل شده است. با این قطعه می‌توان عملیات ترازبایی 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 ۷-۳۱).



شکل ۷-۳۱- سر زاویه یاب و خط‌کش



شکل ۷-۳۲- سر مرکز یاب

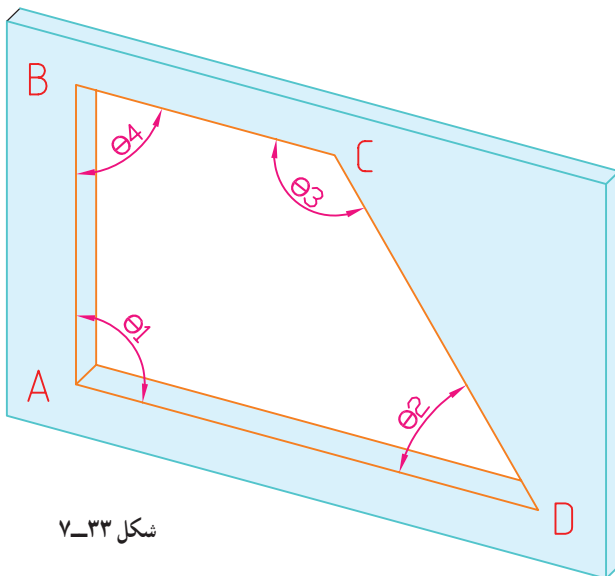
**سر مرکز یاب:** این قطعه از بدنه و پیچ و مهره محکم‌کننده تشکیل شده است. با سوار کردن خط‌کش روی آن می‌توان مرکز قطعات گرد را تعیین نمود (شکل ۷-۳۲).

## نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱- از افتادن زاویه‌سنج و وارد شدن ضربه به آن جداً خودداری شود.
- ۲- در هنگام بایگانی کردن، نقاله روی صفر تنظیم شود.
- ۳- در هنگام بایگانی، پیچ قفل در حد تماس شدن سفت شود.
- ۴- زاویه‌سنج در جعبه 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 نک تیغه‌های آن باعث خراش دست نشود.
- ۷- در هنگام سوار کردن تیغه‌ها، چنان‌چه قسمت تخت خار در داخل شیار تیغه قرار گیرد تیغه به راحتی روی نگهدارنده 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 به وسیله 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 استوانه شیشه‌ای سر زاویه‌یاب و سر گونیایی مجموعه گونیای مرکب خودداری شود.



- ۱- اجزای مختلف یک زاویه‌سنج اونیورسال با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه را با ترسیم شکل نشان داده، موارد استفاده هر کدام را بنویسید.
- ۲- مبنای درجه بندی زاویه‌سنج‌های ورنیه دار را شرح دهید.
- ۳- زاویه‌سنجی با قابلیت تفکیک ۴ دقیقه طراحی کنید، به طوری که قابلیت تفکیک ورنیه آن در محدوده ۱ تا ۲ درجه باشد.
- ۴- دو نوع زاویه‌سنج 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 نقاله روی ورنیه به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم شده است.
- ب) ۳۵ درجه از نقاله روی ورنیه به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم شده است.
- ۵- حداقل اندازه‌ای را که به وسیله زاویه‌سنج ۱ درجه و ۵ دقیقه قابل اندازه‌گیری است، بنویسید.
- ۶- 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.
- ۷- با توجه به کوچک بودن فواصل خطوط روی ورنیه، چه تدابیری در طراحی زاویه‌سنج می‌توان اندیشید تا آن‌ها درشت شوند و راحت‌تر دیده شوند؟
- ۸- 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.
- ۹- پیرامون مزایا و معایب دو نمونه زاویه‌سنج اونیورسال با قابلیت تفکیک ۵ دقیقه و زاویه‌سنج ساعتی ۵ دقیقه بحث و نتیجه‌گیری کنید.



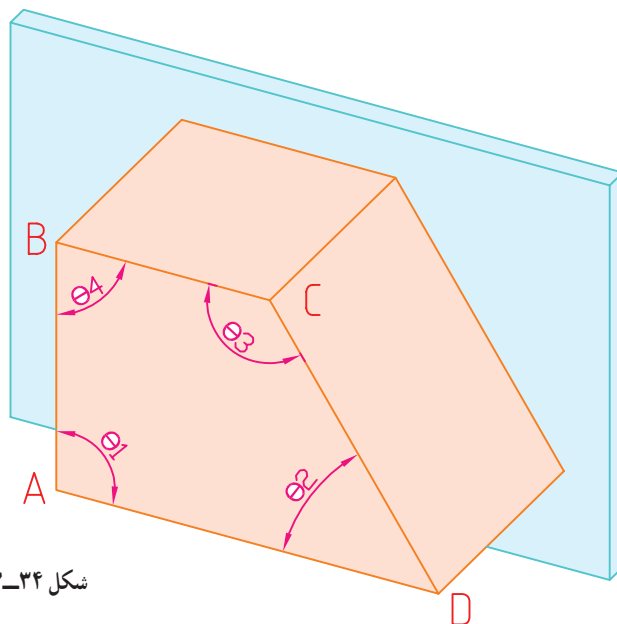
شکل ۷-۳۳

- ۱۰- روش تعیین چهار زاویه دوزنقه را با رسم شکل شرح دهید (شکل ۷-۳۳).
- توضیحاً قطعه کار به اندازه کافی بزرگ بوده که زاویه‌سنج می‌تواند روی آن قرار گیرد.
- ۱۱- با رسم شکل اندازه‌گیری زاویه یک سطح شیب‌دار را به کمک خط‌کش سینوسی، شرح دهید.





۱۲- روش تعیین چهار زاویه دوزنقه مطابق شکل زیر را بنویسید (۷-۳۴). توضیحاً قطعه کار به اندازه کافی بزرگ بوده که زاویه‌سنج می‌تواند روی آن قرار گیرد.



شکل ۷-۳۴- پرسش ۱۲

۱۳- معایب طرح با مقیاس انتخاب شده بیش‌تر در طراحی زاویه‌سنج‌ها کدام است؟

۱۴- چنان‌چه ابعاد کلی قطعه (شکل ۷-۳۳)،  $30 \times 20 \times 2$  میلی‌متر باشد. پیرامون روش اندازه‌گیری زوایا بحث و نتیجه‌گیری کنید.

۱۵- چنان‌چه ابعاد کلی قطعه (شکل ۷-۳۴)  $30 \times 20 \times 2$  میلی‌متر باشد. پیرامون روش اندازه‌گیری بحث و نتیجه‌گیری کنید.

## اندازه‌گیری ثابت

هدف‌های رفتاری: فراگیر در این فصل با انواع اندازه‌گیرهای ثابت از جمله ، بلوک سنج‌های طول، بلوک سنج‌های زاویه، شعاع‌سنج (شابلن قوس)، شیارسنج (فیلر)، رزوه‌سنج (شابلن رزوه)، گلوله‌های اندازه‌گیری ، میله‌های اندازه‌گیری و ... آشنا می‌شود به طوری که در پایان فصل می‌تواند:

- ۱- انواع بلوک‌سنج‌های طول و زاویه را شرح دهد.
- ۲- شعاع‌سنج را شرح دهد.
- ۳- فیلر را توصیف کند.
- ۴- شابلن رزوه را شرح دهد.
- ۵- گلوله‌ها و میله‌های اندازه‌گیری را شرح دهد.
- ۶- فرمان اندازه‌گیری را توصیف کند.
- ۷- نکات ایمنی و حفاظتی آن‌ها را بیان کند.

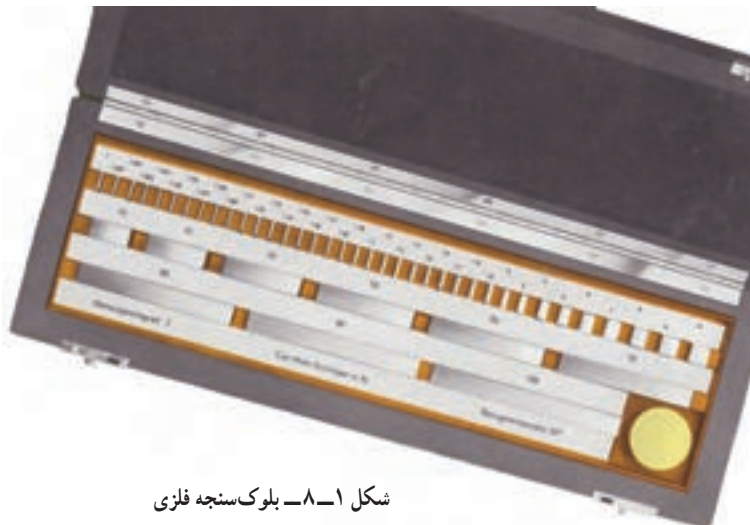
### عناوین این فصل عبارتند از :

- ✓ بلوک سنج‌های طول
- ✓ بلوک سنج‌های زاویه
- ✓ فیلر
- ✓ شابلن قوس
- ✓ شابلن رزوه
- ✓ فرمان
- ✓ میله‌های اندازه‌گیری
- ✓ گلوله‌های اندازه‌گیری



## بلوک سنجه

بلوک سنجه‌های 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 ۸-۱).



شکل ۸-۱- بلوک سنجه فلزی



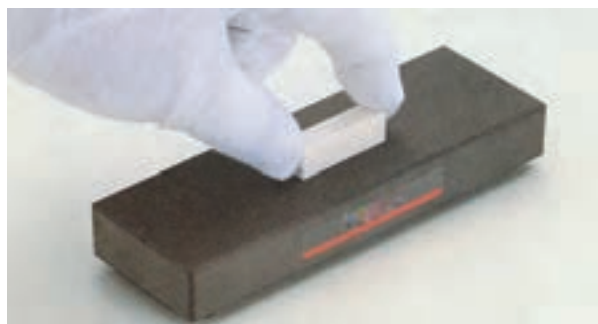
شکل ۸-۲

این قطعات به نام‌های تکه‌های اندازه‌گیری، پارچه‌های اندازه‌گیری، هزارپارچه، بلوک سنجه، 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 گرانیبی آن‌ها نیز بسیار صاف و دارای پرداخت دقیق است و به طور طبیعی از نوع فلزی آن‌ها در مقابل تغییرات دما مقاوم‌تر هستند (شکل ۸-۲).

برای استفاده بهتر و صحیح تر از بلوک سنجه و جلوگیری از انتقال رطوبت و آلودگی دست به بلوک سنجه بهتر است از دست‌کش استفاده شود (شکل ۸-۳).



شکل ۸-۳- استفاده از دست‌کش در استفاده از بلوک سنجه



شکل ۴-۸- گرفتن بلوک سنجه

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 گیره چوبی مخصوص استفاده شود تا حرارت دست و آلودگی به آن‌ها انتقال پیدا نکند (شکل ۴-۸).

بلوک‌سنجه‌ها در سری‌های مختلف از جمله ۳۲، ۴۶، ۴۷، ۸۳، ۸۷، ۱۰۳، ۱۱۱، ۱۱۴ و ... پارچه ساخته می‌شوند و مقدار اندازه هر بلوک‌سنجه روی آن نوشته شده است.

جدول ۱-۸ یک سری بلوک‌سنجه ۴۶ پارچه را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۸- سری تکه‌های اندازه‌گیری

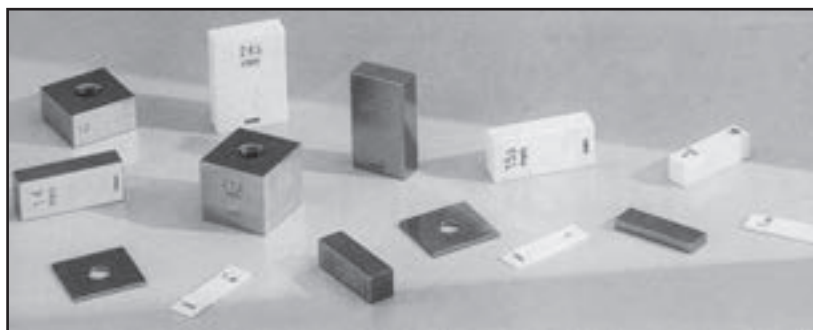
ردیف	تعداد	اندازه پارچه‌ها (mm)	تغییرات (mm)
۱	۹	۱/۰۰۱ ... ۱/۰۰۹	۰/۰۰۱
۲	۹	۱/۰۱ ... ۱/۰۹	۰/۰۱
۳	۹	۱/۱ ... ۱/۹	۰/۱
۴	۹	۱ ... ۹	۱
۵	۱۰	۱۰ ... ۱۰۰	۱۰

**ساختن اندازه ترکیبی :** برای ساختن اندازه‌های خاص از ترکیب بلوک‌سنجه‌ها، از کوچک‌ترین مقدار شروع کرده تا به بزرگ‌ترین اندازه برسیم. به عنوان مثال برای جدا کردن اندازه ۴۸/۶۵۴ از سری بلوک‌سنجه ۴۶ پارچه (جدول ۱-۸) مطابق زیر عمل می‌کنیم :

- |                                  |          |
|----------------------------------|----------|
| ۱- از ردیف ۱ بلوک‌سنجه با اندازه | ۱/۰۰۴ mm |
| ۲- از ردیف ۲ بلوک‌سنجه با اندازه | ۱/۰۵ mm  |
| ۳- از ردیف ۳ بلوک‌سنجه با اندازه | ۱/۶ mm   |
| ۴- از ردیف ۴ بلوک‌سنجه با اندازه | ۵ mm     |
| ۵- از ردیف ۵ بلوک‌سنجه با اندازه | ۴۰ mm    |

$$۴۰ + ۵ + ۱/۶ + ۱/۰۵ + ۱/۰۰۴ = ۴۸/۶۵۴ \text{ mm}$$

بلوک‌سنجه‌های طول با مقطع مربع، مربع مستطیل و دایره ساخته می‌شوند که نوع مربع و دایره‌ای آن‌ها را سوراخ‌دار می‌سازند (شکل ۵-۸).



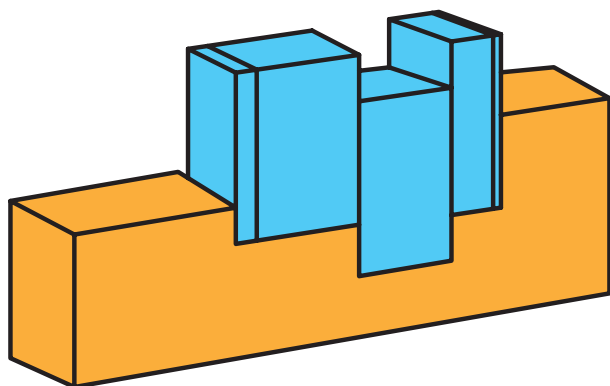
شکل ۸-۵- انواع بلوک سنجه



شکل ۸-۶- تجهیزات جانبی بلوک سنجه‌ها

### تجهیزات جانبی بلوک سنجه‌ها: کارخانجات سازنده

بلوک سنجه‌ها، تجهیزات جانبی برای آن‌ها می‌سازند که به کمک این تجهیزات می‌توان کاربردهای بلوک سنجه را توسعه داد (شکل ۸-۶).



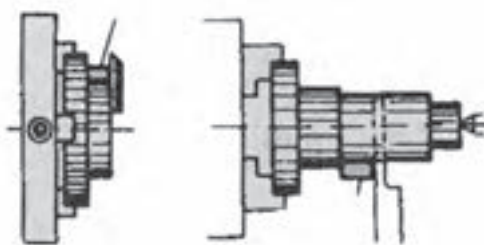
شکل ۸-۷- اندازه‌گیری شکاف‌ها

### کاربردها: بلوک سنجه‌های طول به تنهایی و هم‌چنین

با کمک متعلقات مربوطه، در صنعت کاربردهای فراوان و مختلفی دارند، که نمونه‌هایی از آن‌ها ذیل به اختصار توضیح داده می‌شود.

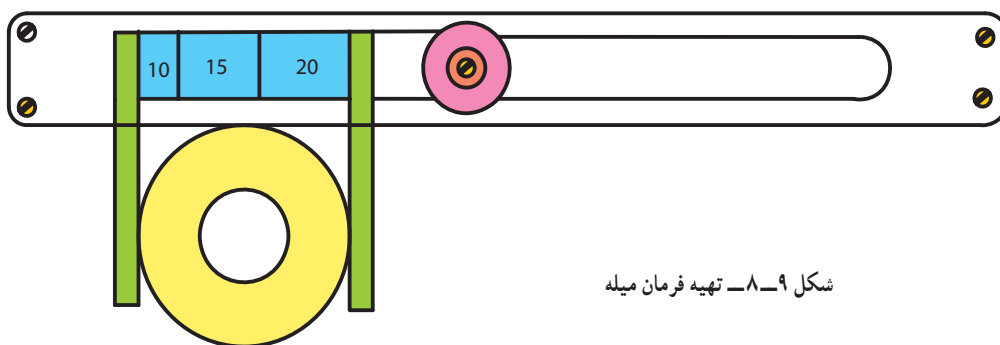
- ۱- اندازه‌گیری فاصله شیارها و شکاف‌ها (شکل ۸-۷)
- ۲- تنظیم فاصله رنده تراشکاری با قطعه کار

(شکل ۸-۸)



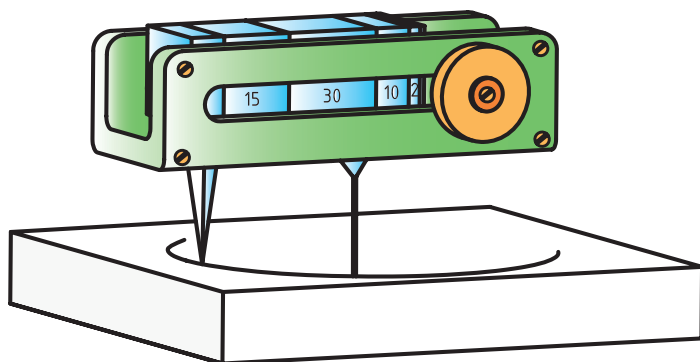
شکل ۸-۸- تنظیم رنده تراشکاری

۳- تهیه فرمان کنترل میله به کمک بلوک‌سنجه و متعلقات آن‌ها (شکل ۸-۹)



شکل ۸-۹- تهیه فرمان میله

۴- با استفاده از شاخک‌های سوزنی، نگاه‌دارنده و بلوک‌سنجه‌ها می‌توان پرگار با دقت بالا تهیه نمود (شکل ۸-۱۰).



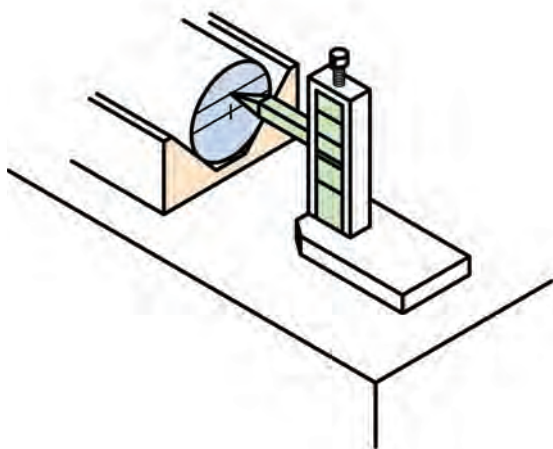
شکل ۸-۱۰- رسم دایره

۵- با استفاده از بلوک‌سنجه، نگاه‌دارنده و شاخک‌های داخلی می‌توان برای کنترل ابعاد داخلی قطعات «فرمان» سوراخ تهیه نمود (شکل ۸-۱۱).

۶- با سوار کردن نگاه‌دارنده روی پایه مخصوص از مجموعه متعلقات بلوک‌سنجه‌ها و سوزن خط‌کشی، می‌توان سوزن خط‌کش پایه‌دار تهیه نمود (شکل ۸-۱۲).

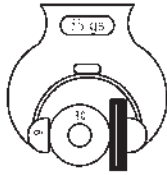


شکل ۸-۱۱- تهیه فرمان سوراخ



شکل ۸-۱۲- ترسیم خطوط





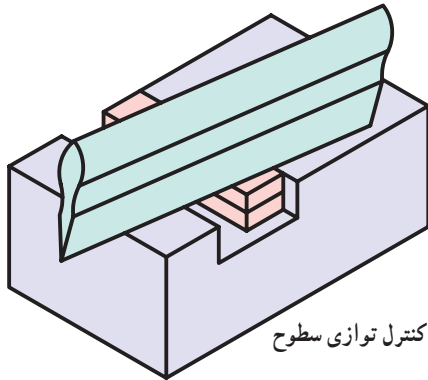
شکل ۸-۱۳- کنترل فرمانها

۷- از بلوک سنجه‌های طول می‌توان برای کنترل فرامین اندازه‌گیری استفاده نمود (شکل ۸-۱۳).

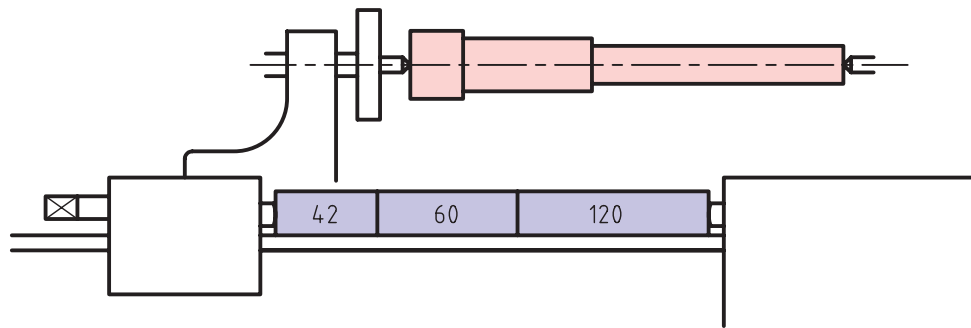
۸- به وسیله بلوک سنجه‌ها و خط‌کش مویی می‌توان توازی سطوح هم‌سطح و غیرهم‌سطح را کنترل نمود (شکل ۸-۱۴).

۹- برای تنظیم ماشین‌های ابزار می‌توان از بلوک سنجه‌ها مطابق شکل استفاده نمود (شکل ۸-۱۵).

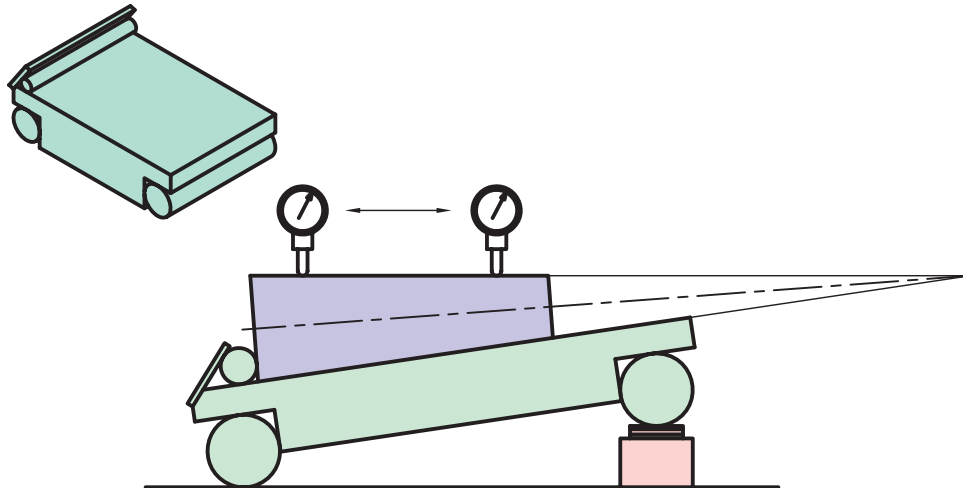
۱۰- از بلوک سنجه‌ها در اندازه‌گیری زوایا به کمک خط‌کش سینوسی استفاده می‌شود (شکل ۸-۱۶).



شکل ۸-۱۴- کنترل توازی سطوح



شکل ۸-۱۵- تنظیم ماشین‌های ابزار



شکل ۸-۱۶- اندازه‌گیری زاویه به کمک خط‌کش سینوسی

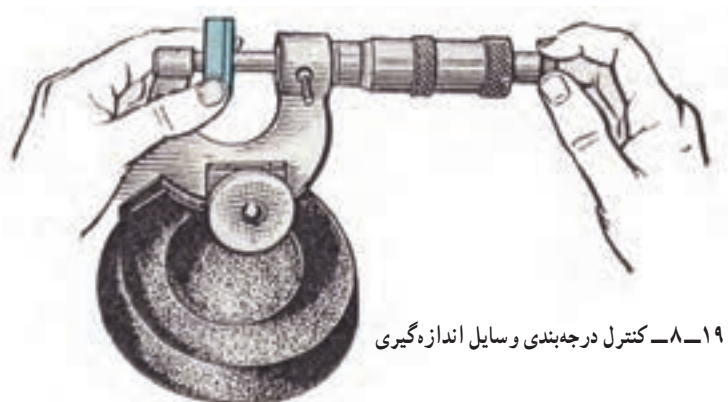
- ۱۱- از بلوک‌سنجه‌های طول و به کمک ساعت اندازه‌گیری می‌توان ارتفاع قطعات پله‌دار را تعیین نمود (شکل ۸-۱۷).
- ۱۲- از بلوک‌سنجه‌ها می‌توان برای تنظیم ساعت اندازه‌گیری برای عملیات کنترل استفاده نمود (شکل ۸-۱۸).
- ۱۳- از بلوک‌سنجه‌ها برای کنترل درجه‌بندی انواع وسایل اندازه‌گیری طول استفاده می‌شود (شکل ۸-۱۹).



شکل ۸-۱۸- تنظیم ساعت اندازه‌گیری



شکل ۸-۱۷- اندازه‌گیری ارتفاع پله‌ها



شکل ۸-۱۹- کنترل درجه‌بندی وسایل اندازه‌گیری

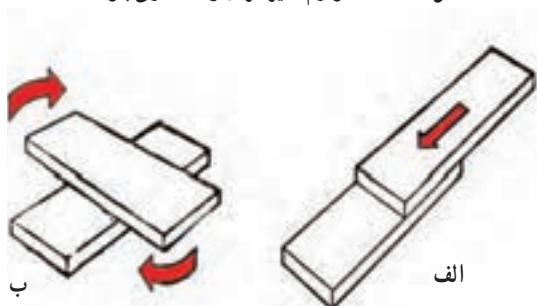
**رده‌بندی بلوک‌سنجه‌ها:** بلوک‌سنجه‌ها در رده‌های  $0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$  ساخته می‌شوند. رده  $0$  دارای بالاترین دقت است. از رده‌های بالا ( $0, 0, 0$ ) برای کالیبراسیون تجهیزات اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

### اصول و قواعد استفاده از بلوک‌سنجه‌ها

۱- 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 نگاه‌داریم 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. شکل ۸-۲۰



شکل ۲۰-۸ لوازم تمیز کردن و نگهداری بلوک سنجه



شکل ۲۱-۸ جدا کردن و چسباندن بلوک سنجه‌ها

تجهیزات کاملی از لوازم تمیزکاری و حفاظت از بلوک سنجه را نشان می‌دهد.

۲- برای به هم چسباندن بلوک سنجه‌ها 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 بلوک سنجه روی استفاده نمود (ب) و آن‌ها را از هم جدا کرد (شکل ۲۱-۸).

۳- در هنگام انتخاب بلوک سنجه‌ها به اندازه نوشته شده روی آن توجه کنید.

۴- در ایجاد یک اندازه خاص از ترکیب بلوک سنجه و برای جداسازی باید از کوچک‌ترین بلوک سنجه (دارای رقم اعشاری بالاتر) اقدام نمود.

۵- برای تمیز کردن بلوک سنجه می‌توان از ترا کلرید کربن استفاده نمود.

۶- در جمع کردن مقدار عددی بلوک سنجه‌ها، دقت شود تا دچار خطای ریاضی نشوید.

## نکات ایمنی و حفاظتی

- ۱- پس از استفاده از بلوک سنجه‌ها لازم است آن‌ها با پارچه مخصوص تمیز شوند.
- ۲- در بایگانی طولانی مدت می‌توان جهت محافظت از سطوح کار، آن‌ها را با روغن وازلین چرب نمود.
- ۳- در هنگام بایگانی و برگرداندن آن‌ها به داخل جعبه دقت شود. هر بلوک سنجه با توجه به مقداری که روی آن نوشته شده است در محل مخصوص به آن بایگانی شود.
- ۴- از ادغام بلوک سنجه‌ها با دو رده مختلف جداً خودداری شود و در استفاده از دو جعبه بلوک سنجه یا دو رده مختلف به صورت هم‌زمان جداً خودداری شود.
- ۵- در استفاده از تجهیزات جانبی بلوک سنجه برای سفت کردن، ابتدا از پیچ بزرگ (سفت‌کاری خشن) و سپس از پیچ ریز (سفت کردن دقیق) استفاده شود.
- ۶- از وارد شدن ضربه و خراش روی سطوح کاری بلوک سنجه جداً خودداری شود.
- ۷- بعد از استفاده از هر بلوک سنجه دقت شود با توجه به اندازه نوشته شده روی آن، دقیقاً در محل مربوطه اش قرار گیرد.



شکل ۸-۲۲- بلوک سنجه زاویه

### بلوک سنجه زاویه: بلوک سنجه‌های زاویه قطعات

زاویه‌دار هستند که از آن‌ها برای تعیین زوایا و کالیبراسیون زاویه‌سنج‌ها، کنترل فیکسچرها و ... استفاده می‌شود (شکل ۸-۲۲).

بلوک سنجه‌های زاویه در سری‌های مختلف ساخته

می‌شوند. جدول ۸-۲ سری ۳۲ پارچه از این بلوک سنجه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۸-۲- سری بلوک سنجه زاویه ۳۲ پارچه

تغییرات	اندازه بلوک سنجه‌ها	تعداد	ردیف
۱ دقیقه	$15^{\circ}, 1' - 15^{\circ}, 2' \dots 15^{\circ}, 9'$	۹	۱
۱۰ دقیقه	$15^{\circ}, 10' - 15^{\circ}, 20' \dots 15^{\circ}, 50'$	۵	۲
۱ درجه	$1^{\circ}, 11', 12', \dots 20^{\circ}$	۱۱	۳
۱۰ درجه	$7^{\circ}, \dots, 30^{\circ}, 40^{\circ}$	۵	۴
-	$45^{\circ}$	۱	۵
-	$90^{\circ}$	۱	۶

برای جدا کردن اندازه‌ای خاص، مانند بلوک سنجه‌های طول باید از کوچک‌ترین جزء زاویه شروع کرد. برای مثال جهت ساختن اندازه ۵۳ درجه و ۴۴ دقیقه به ترتیب بلوک‌سنجه‌های زیر را انتخاب و با هم ترکیب می‌کنیم.

- ۱- بلوک‌سنجه با زاویه  $15^{\circ}, 4'$
- ۲- بلوک‌سنجه با زاویه  $15^{\circ}, 40'$
- ۳- بلوک‌سنجه با زاویه  $13^{\circ}$
- ۴- بلوک‌سنجه با زاویه  $1^{\circ}$

$$(15^{\circ}, 4') + (15^{\circ}, 40') + (13^{\circ}) + (1^{\circ}) = 53^{\circ}, 44'$$

هم‌چنین برای زاویه ۱۷۷ درجه و ۵۵ دقیقه نیز لازم است:

- ۱- یک عدد بلوک‌سنجه با زاویه  $15^{\circ}, 5'$
- ۲- یک عدد بلوک‌سنجه با زاویه  $15^{\circ}, 50'$
- ۳- یک عدد بلوک‌سنجه با زاویه  $17^{\circ}$
- ۴- یک عدد بلوک‌سنجه با زاویه  $40^{\circ}$
- ۵- یک عدد بلوک‌سنجه با زاویه  $90^{\circ}$



$$(15^{\circ}, 5') + (15^{\circ}, 5^{\circ}) + (17^{\circ}) + (4^{\circ}) + (9^{\circ}) = 177^{\circ}, 55'$$

بلوک سنجه‌های زاویه نیز دارای تجهیزات جانبی هستند که از آنها

به عنوان نگه‌دارنده بلوک‌های زاویه استفاده می‌شود (شکل ۸-۲۳).

توجه: چنان‌چه بلوک سنجه‌ها به صورت هم‌جهت (به طرف تیزی

زاویه) کنار هم گذاشته شوند زوایا با یک‌دیگر جمع و چنان‌چه غیرهم‌جهت

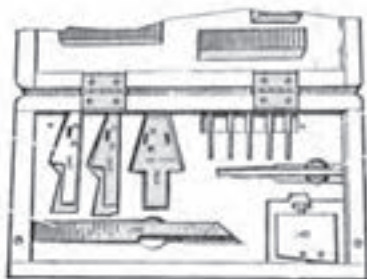
کنار یک‌دیگر قرار گیرند از هم‌دیگر کسر می‌شوند (شکل ۸-۲۴).

تصاویر زیر نمونه‌هایی از کاربردهای بلوک زاویه را نشان می‌دهد:

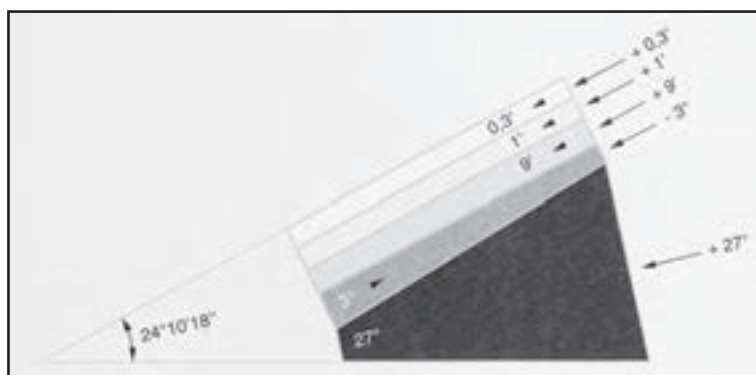
۱- کنترل زاویه قطعه کار با بلوک سنجه زاویه و کمک میکرومتر

(شکل ۸-۲۵).

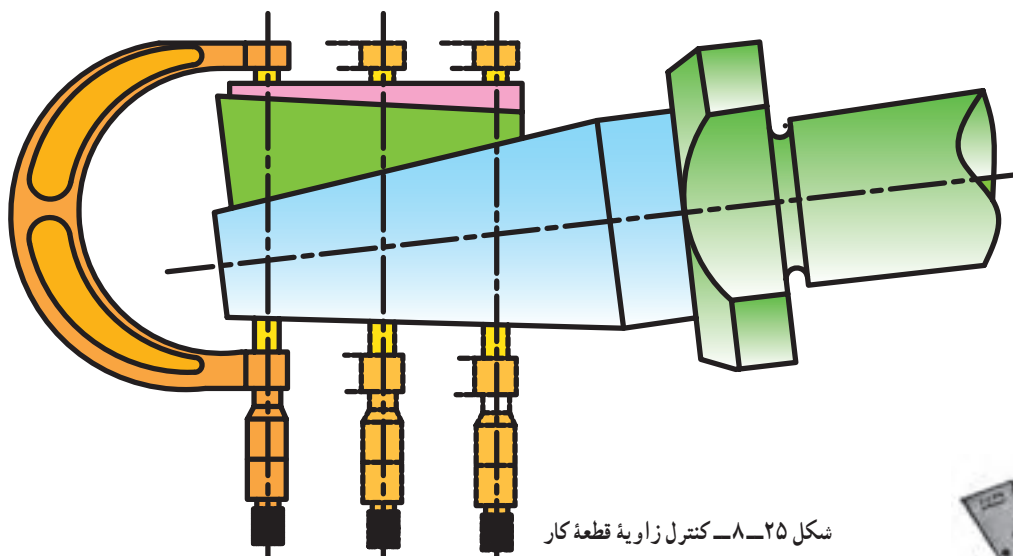
۲- کنترل شابلن زاویه به وسیله بلوک سنجه زاویه (شکل ۸-۲۶).



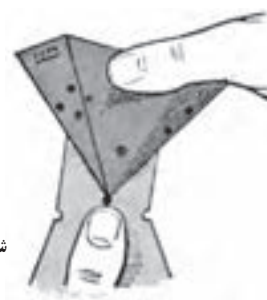
شکل ۸-۲۳- تجهیزات جانبی بلوک‌سنجه‌های زاویه



شکل ۸-۲۴- ترکیب بلوک‌سنجه‌های زاویه

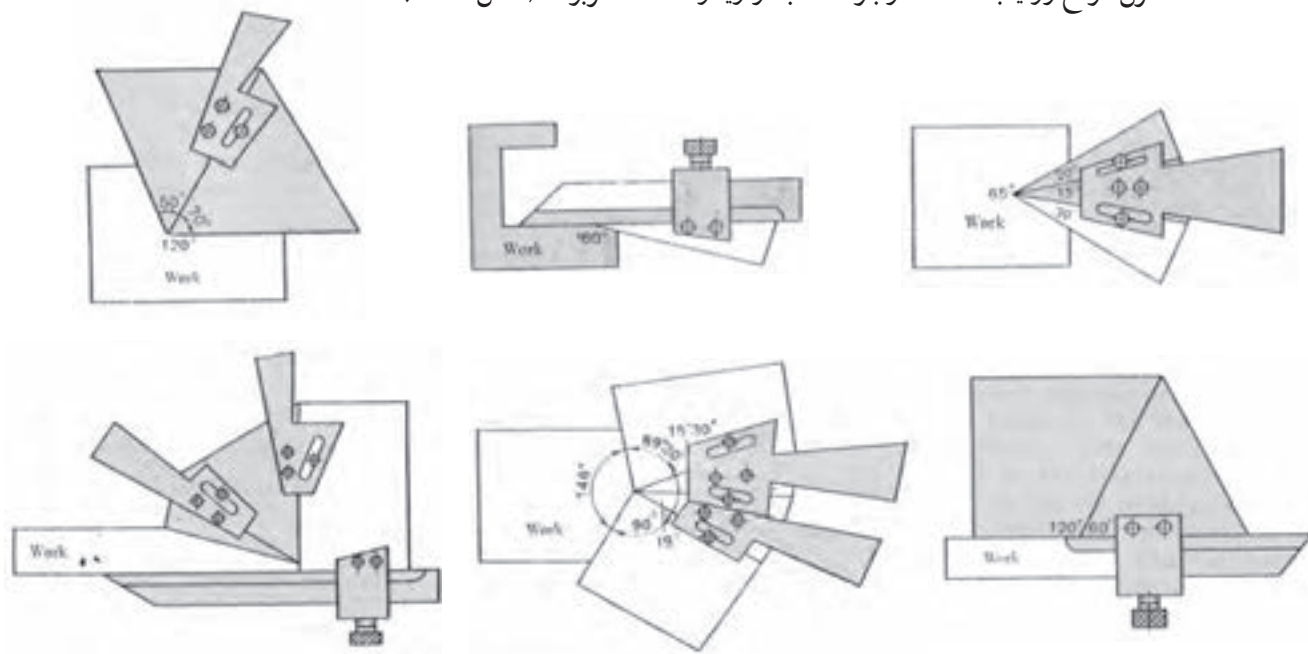


شکل ۸-۲۵- کنترل زاویه قطعه کار



شکل ۸-۲۶- کنترل شابلن زاویه

۳- کنترل انواع زوایا با استفاده از بلوک‌سنجه زاویه و متعلقات مربوطه (شکل ۲۷-۸).



شکل ۲۷-۸- کنترل زوایای مختلف

### اصول و قواعد استفاده از بلوک‌سنجه‌های زاویه

- ۱- در هنگام انتخاب بلوک‌سنجه به مقدار نوشته شده روی آن توجه شود.
- ۲- در ایجاد یک اندازه خاص از ترکیب بلوک‌سنجه‌ها، برای جداسازی باید از کوچک‌ترین جزء زاویه شروع نمود.
- ۳- در تعیین اندازه زوایای قطعات کار، به داخلی و یا خارجی بودن زوایا توجه شود.
- ۴- هنگام مجموع نمودن بلوک‌سنجه‌های زاویه، به جهت زاویه توجه شود.
- ۵- در جمع و تفریق دقت شود دچار خطای ریاضی نشود.
- ۶- با توجه به این که مقدار یک زاویه ممکن است ترکیبی از یک‌های درجه و دقیقه باشد لذا دقت شود تا در جمع و یا تفریق آن‌ها اشتباه نکنید.

### نکات ایمنی و حفاظتی

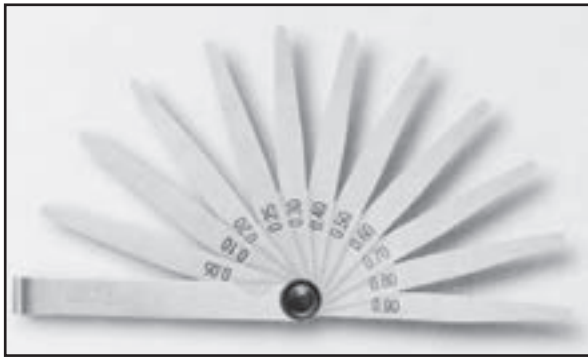
- ۱- دقت شود تا سر تیز بلوک‌سنجه باعث خراش روی دست نشود.
- ۲- در موقع بایگانی، هر بلوک‌سنجه در محل مربوطه قرار داده شود.
- ۳- در هنگام بایگانی، در جعبه بسته باشد.
- ۴- در ترکیب بلوک‌سنجه‌ها چنانچه از نگه‌دارنده‌ها استفاده می‌شود پیچ‌های اتصال کاملاً محکم شوند.
- ۵- چنانچه برای دراز مدت بلوک‌سنجه‌ها مورد استفاده قرار نمی‌گیرند سطوح آن‌ها با روغن وازلین چربکاری شود.

## شیارسنج (فیلر)

فیلرها تیغه‌های نازک فلزی هستند که از آن‌ها برای اندازه‌گیری و کنترل فاصله‌های شیارها و شکاف‌ها استفاده می‌شود (شکل ۸-۲۸).

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 طوری که 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 (شکل ۸-۲۹).



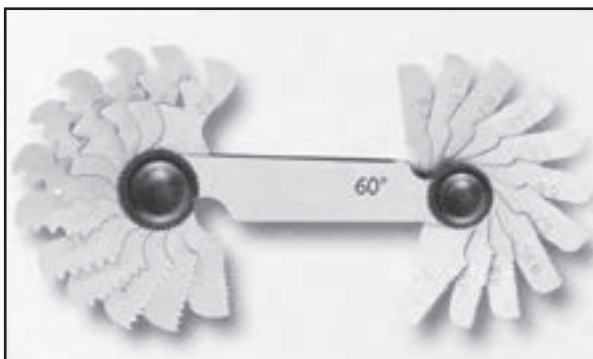
شکل ۸-۲۸- فیلر



شکل ۸-۲۹- نمونه‌هایی از کاربرد فیلر

در استفاده و حفاظت از فیلرها باید:

- ۱- هیچ‌گاه آن‌ها را از جای خود باز نکنید.
- ۲- پیچ اتصال را کم‌تر از نیم دور شل کنید.
- ۳- در ترکیب آن‌ها باید تیغه‌ها را از محل سر آن‌ها گرفت و روی هم فشار داده و سپس داخل شیار و شکاف نمود.
- ۴- در جمع اندازه‌ها مواظب باشید تا دچار خطای ریاضی نشوید.
- ۵- سطوح فیلرها باید کاملاً تمیز باشد.
- ۶- در انتخاب تیغه‌های ظریف (نازک) از تا خوردن و چروک شدن آن‌ها جلوگیری شود.

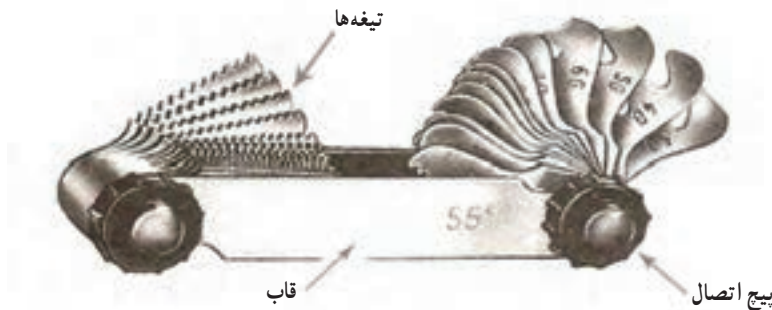


شکل ۸-۳۰- شابلن رزوه

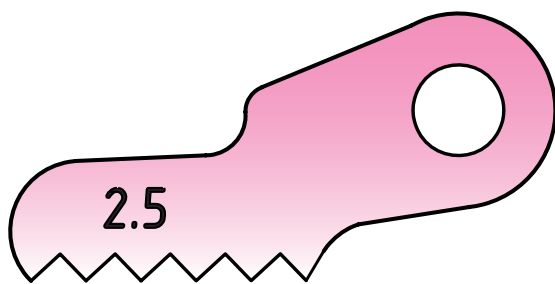
## رزوه‌سنج / دنده‌سنج (شابلن رزوه)

شابلن‌های رزوه تیغه‌های دندانه‌داری هستند که از آن‌ها برای تعیین گام در پیچ و مهره‌های میلی‌متری و تعداد دندانه در یک اینچ در پیچ و مهره‌های اینچی استفاده می‌شود (شکل ۸-۳۰).

شابلن رزوه از تیغه‌ها، قاب و پیچ اتصال آن‌ها تشکیل شده است (شکل ۸-۳۱).



شکل ۸-۳۱- اجزای شابلن رزوه



شکل ۸-۳۲- شابلن رزوه میلی متری

### مشخصات

**شابلن رزوه میلی متری:** در روی شابلن رزوه میلی متری

فقط مقدار گام رزوه بر حسب میلی متر نوشته می‌شود، که با تطابق دندانه‌های تیغه روی رزوه، مقدار گام مشخص می‌شود، ضمناً زاویه دندانه این تیغه‌ها ۶۰ درجه و برای تعیین مقدار گام پیچ و مهره‌های متریک دنده مثلثی استفاده می‌شود (شکل ۸-۳۲).

شکل ۸-۳۳ استفاده از شابلن رزوه را نشان می‌دهد.

شابلن رزوه اینچی: در روی شابلن رزوه اینچی ممکن است

یک عدد، دو عدد، یا سه عدد نوشته شده باشد. که اولین عدد سمت چپ نشان‌دهنده تعداد دندانه در یک اینچ و دو عدد بعدی معرف مقدار قطر بزرگ رزوه استاندارد بر حسب اینچ است (شکل ۸-۳۴).

مطابق شکل ۸-۳۴:

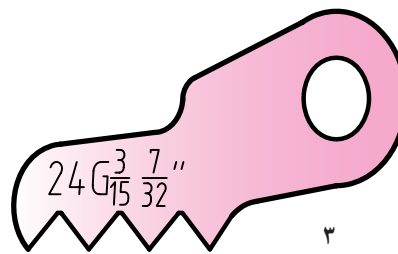
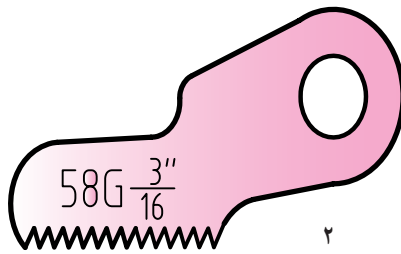
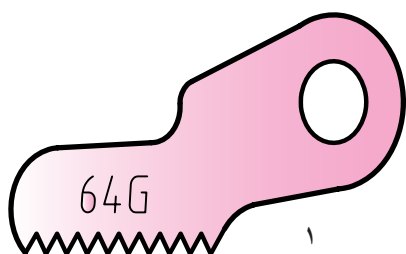
۱- رزوه اینچی دنده ویتورث با ۶۴ دندانه در یک اینچ

۲- رزوه اینچی دنده ویتورث با تعداد دندانه در یک اینچ ۵۸

و قطر بزرگ رزوه استاندارد  $\frac{3}{16}$  اینچ



شکل ۸-۳۳- اندازه‌گیری گام



شکل ۸-۳۴- شابلن رزوه اینچی

۳- رزوه اینچی دنده ویتورث با ۲۴ دندانه در یک اینچ و قطر بزرگ رزوه استاندارد،  $\frac{3}{15}$  اینچ و  $\frac{7}{32}$  اینچ با استفاده از رابطه زیر می‌توان مقدار گام رزوه‌های اینچی را بر حسب میلی‌متر به دست آورد.

$$p = \frac{25.4}{z}$$

که در آن :

$P$  = مقدار گام بر حسب میلی‌متر

$Z$  = تعداد دندانه در یک اینچ

در استفاده از شابلن‌های رزوه باید :

- ۱- تیغه‌ها را از جای خود باز نکرده و جدا نکنید.
- ۲- از شل کردن زیاد پیچ اتصال تیغه‌ها خودداری شود.
- ۳- مناسب‌ترین تیغه برای رزوه، تیغه‌ای است که کاملاً روی دندانه‌ها نشست و بر آن منطبق باشد.
- ۴- از علامت‌گذاری روی تیغه‌ها خودداری شود.
- ۵- در هنگام استفاده از تطابق شابلن رزوه با دندانه‌ها با جلوی نور گرفتن مجموعه اطمینان حاصل کنید.
- ۶- در خواندن اندازه‌ها دقت شود تا از خطای بد خواندن جلوگیری شود.
- ۷- دقت شود تا شابلن رزوه میلی‌متری را با شابلن رزوه اینچی اشتباه نکنید

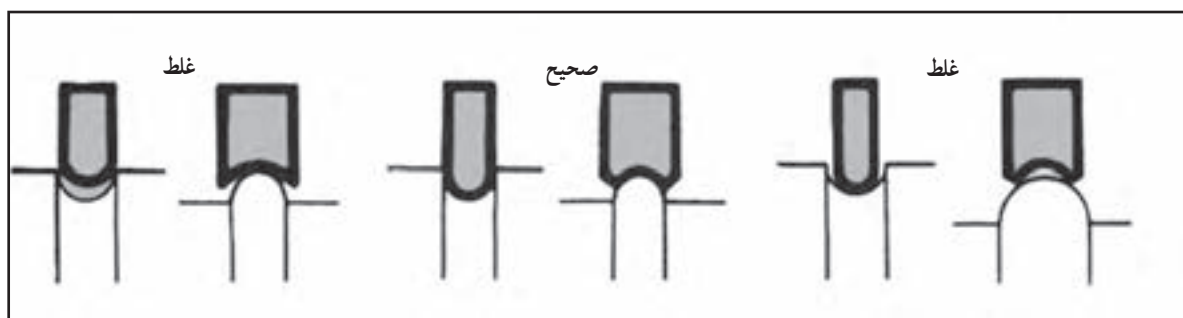


شکل ۳۵-۸- شابلن قوس

### 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 (شکل ۳۵-۸).

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 ۳۶-۸- نمونه‌هایی از کاربرد شابلن قوس

## فرمان

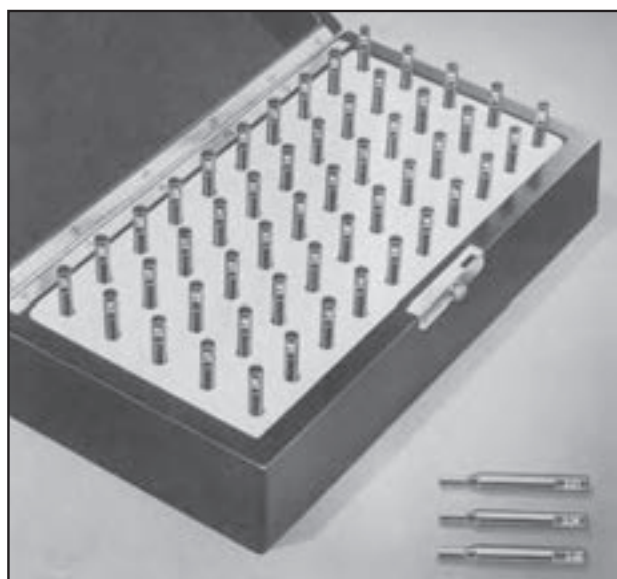
فرمان‌ها وسایلی هستند که از آن‌ها برای کنترل قطعات در تولید انبوه استفاده می‌شود. فرمان‌ها جزء اندازه‌گیرهای ثابت بوده و با یک فرمان می‌توان فقط یک نوع بعد با یک اندازه را کنترل نمود. شکل ۳۷-۸ دو نوع فرمان را نشان می‌دهد.



شکل ۳۷-۸ فرمان تویی دوسر و دهان از در میله

## میله‌های اندازه‌گیری

میله‌های اندازه‌گیری نیز جزء 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  $\frac{1}{5}$  میلی‌متر با تغییرات  $\frac{1}{10}$  میلی‌متر شروع می‌شود (شکل ۳۸-۸). تصاویر زیر نمونه‌هایی از موارد استفاده این میله‌ها را نشان می‌دهد.

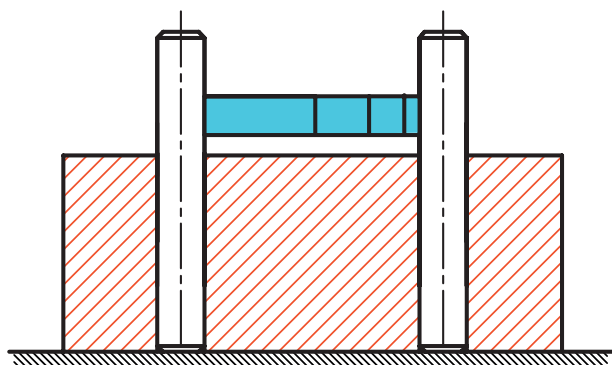


شکل ۳۸-۸ میله‌های اندازه‌گیری

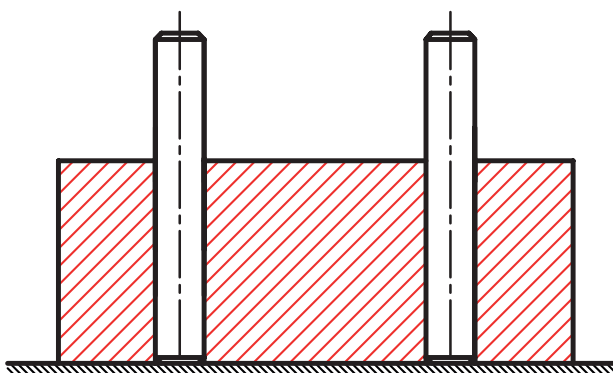
۱- اندازه‌گیری قطر سوراخ (شکل ۳۹-۸)

۲- اندازه‌گیری و کنترل فاصله سوراخ‌ها به کمک میله

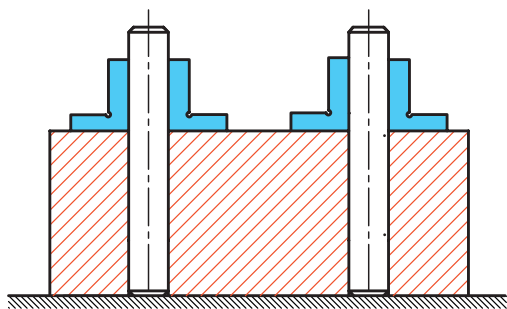
اندازه‌گیری و بلوک‌سنجه (شکل ۴۰-۸)



شکل ۴۰-۸ اندازه‌گیری و کنترل فاصله خط‌المركزین سوراخ‌ها



شکل ۳۹-۸ اندازه‌گیری قطر سوراخ



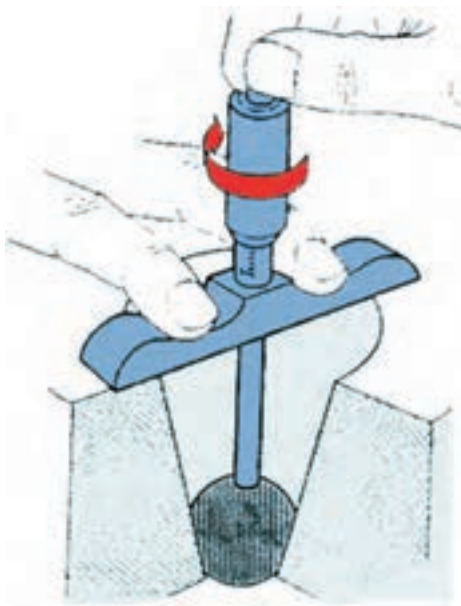
شکل ۴۱-۸- کنترل تعامد محور سوراخ

۳- کنترل تعامد محور سوراخ نسبت به سطح شکل (۴۱-۸)

### 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 (شکل ۴۲-۸).

شکل زیر نمونه استفاده از گلوله اندازه‌گیری را نشان می‌دهد (شکل ۴۳-۸).



شکل ۴۳-۸- اندازه‌گیری مخروط داخلی



شکل ۴۲-۸- گلوله‌های اندازه‌گیری



- ۱- عددی با سه رقم صحیح و سه رقم اعشار و بر حسب میلی‌متر مثال بزیند 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 اندازه مورد نظر برسید.
- ۲- 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 بزیند و سپس، با توجه به نمونه سری بلوک‌سنجه ذکر شده در این فصل، بلوک‌سنجه‌های انتخابی را مشخص و سپس با هم جمع نموده تا به اندازه مورد نظر برسید.
- ۳- بلوک‌سنجه‌های انتخابی برای اندازه  $5/555$  میلی‌متر را با توجه به جدول این فصل بنویسید.
- ۴- با توجه به جدول مربوط به بلوک‌سنجه‌های زاویه در این فصل برای ایجاد زاویه  $44^\circ$  درجه و  $44'$  دقیقه بلوک‌سنجه‌های مناسب را انتخاب و با هم جمع کنید.
- ۵- برای کنترل زوایای داخلی یک شش ضلعی منتظم، روش کار و ترکیب بلوک‌سنجه‌ها را بنویسید.
- ۶- برای ایجاد اندازه  $3/45$  میلی‌متر از ترکیب چه تیغه فیلرهایی می‌توان استفاده نمود؟
- ۷- منظور از اعداد نوشته شده روی شابلن رزوه میلی‌متری چیست؟
- ۸- در روی شابلن رزوه اینچی ممکن است چند عدد نوشته شده باشد. هر یک را توضیح دهید.
- ۹- با رسم شکل کاربرد یک میله اندازه‌گیری و گلوله اندازه‌گیری را بنویسید.
- ۱۰- به طور کلی نکات ایمنی و حفاظتی در مورد شابلن‌ها (شابلن رزوه، شابلن قوس و فیلر) را بنویسید.
- ۱۱- روش استفاده از شابلن قوس را بنویسید.
- ۱۲- از ترکیب چه بلوک‌سنجه‌هایی می‌توان زاویه  $123^\circ$  درجه و  $43'$  دقیقه را ایجاد نمود؟
- ۱۳- با رسم شکل و استفاده از خط‌کش مویی همراه متعلقات بلوک‌سنجه زاویه، زاویه  $74^\circ$  درجه و  $40'$  دقیقه را بسازید.





# فصل

# ۹

## روش‌های اندازه‌برداری قطعات صنعتی



هدف‌های رفتاری: هدف از این فصل استفاده 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:

- ۱- با توجه به مشخصات قطعات کار از جمله شکل هندسی، اندازه ابعاد، دقت‌ها، جنس و ... وسایل مناسب برای اندازه‌برداری را انتخاب کند.
- ۲- روش اندازه‌برداری را مشخص کند.
- ۳- وسایل مناسب برای اندازه‌برداری از روی قطعات را انتخاب و فهرست کند.
- ۴- ابعاد قطعات را به کمک وسایل اندازه‌گیری به روش مستقیم اندازه بگیرد.
- ۵- از وسایل انتقال اندازه در اندازه‌گیری‌های غیرمستقیم استفاده نماید.
- ۶- از ترکیب وسایل اندازه‌گیری و همچنین روابط ساده ریاضی در اندازه‌گیری‌های غیرمستقیم استفاده کند.

### عناوین این فصل عبارتند از 8

✓ روش‌های اندازه‌برداری قطعات صنعتی

✓ مثال‌ها

## روش های اندازه برداری قطعات صنعتی

در فصل های گذشته با انواع وسایل اندازه گیری طول، زاویه و وسایل انتقال اندازه آشنا شده، قطعات ساده ای را با آنها اندازه گرفته، روش خواندن آنها را یاد گرفته، با قابلیت تفکیک آنها نیز آشنا شده و مهارت نسبی در به کار بردن آنها بر روی قطعات را کسب نمودید. در این مبحث قصد داریم به اندازه برداری از روی قطعاتی بپردازیم که دارای ابعاد مختلف طول و زاویه اند و به ترکیبی از وسایل اندازه گیری 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 اندازه گیری و روش اندازه گیری را مشخص نمود و سپس به اندازه برداری بپردازیم. لذا در مقدمه لازم است به موارد زیر اشاره شود:

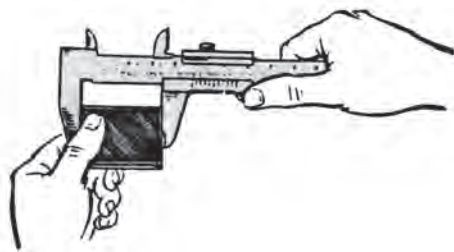
## معیارهای انتخاب وسیله اندازه گیری

- ۱- شکل هندسی قطعه:** با توجه به نوع ابعاد قطعات که ممکن است طولی، زاویه ای، داخلی، خارجی، شیار، شکاف، میله، سوراخ، پیچ، مهره و ... باشند، وسیله مناسب انتخاب شود.
- ۲- اندازه قطعه:** عامل دیگری که در اندازه برداری قطعات باید مد نظر قرار گیرد اندازه ابعاد قطعه مورد اندازه برداری است، تا بر اساس اندازه ابعاد (کوچکی و بزرگی) وسیله اندازه گیری با گستره اندازه گیری مناسب انتخاب شود.
- ۳- جنس:** از آنجا که در اندازه گیری های تماسی وسیله اندازه گیری مستقیماً با کار تماس دارد و آنرا لمس می نماید، لذا مساحت سطح تماس وسیله اندازه گیری با کار و فشار درگیری اهمیت خاص دارد، جدای از آن که فشار درگیری در اندازه گیری قطعات به طور عام مطرح است. در اندازه گیری قطعات غیر فلزی این موضوع از اهمیت بیش تری برخوردار است. لذا در اندازه گیری قطعات غیر فلزی نظیر لاستیک ها، پلاستیک ها، اسفنج ها و ... بهتر است اندازه گیری به روش های غیر تماسی انجام شود و چنانچه اندازه گیری با وسایلی مانند کولیس، میکرومتر و ... انجام می شود باید سطح تماس وسیله با کار زیاد باشد. برای مثال جهت اندازه گیری قطعات نرم، نظیر اسفنج ها از کولیس فک بهن و یا میکرومتر فک بشقابی و ... استفاده شود (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱- اندازه گیری به وسیله میکرومتر فک بشقابی

- ۴- قابلیت تفکیک وسیله اندازه گیری:** در اندازه برداری از روی قطعات باید دقت ابعاد مشخص باشد تا بر اساس آن وسیله اندازه گیری با قابلیت تفکیک مناسب را انتخاب کنیم. مثلاً کولیس با قابلیت تفکیک  $0.1$  میلی متر یا میکرومتر با قابلیت تفکیک  $0.01$  میلی متر
- ۵- دستگاه یکاهای اندازه گیری:** از دیگر مواردی که در انتخاب وسایل اندازه گیری باید در نظر گرفت سیستم اندازه گیری است که لازم است مشخص باشد تا بدانیم وسیله را با سیستم میلی متری و یا اینچی انتخاب کنیم.

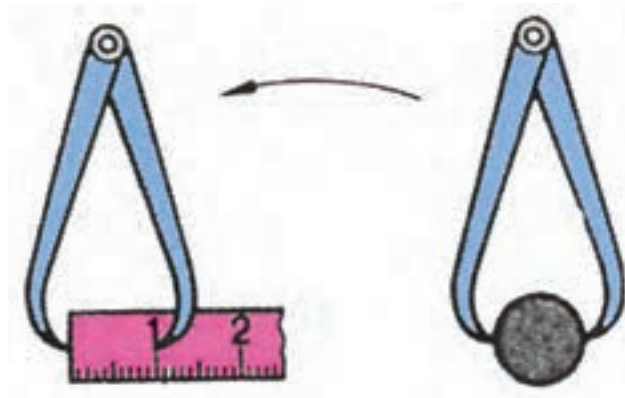


شکل ۹-۲ اندازه‌گیری مستقیم

## ۶- روش‌های اندازه‌گیری: اندازه‌گیری‌ها ممکن است به

یکی از دو روش زیر انجام شود:

اندازه‌گیری به روش مستقیم: چنانچه وسیله اندازه‌گیری مستقیماً با کار تماس داشته باشد، اندازه‌گیری را مستقیم گویند (شکل ۹-۲).



شکل ۹-۳ اندازه‌گیری غیر مستقیم (انتقال اندازه)

روش اندازه‌گیری غیرمستقیم: در این حالت وسیله

اندازه‌گیری مستقیماً با کار تماس ندارد و برای اندازه‌برداری باید از وسایل انتقال اندازه استفاده نمود (شکل ۹-۳).

## اندازه‌گیری تماسی: اندازه‌گیری تماسی به اندازه‌گیری گفته می‌شود که وسیله اندازه‌گیری، سطوح قطعه کار را لمس کنند

مانند انواع اندازه‌گیری‌هایی که با کولیس و میکرومتر 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:

۱- سطوح مورد اندازه‌گیری قطعه کار باید تمیز باشد.

۲- قطعه کار گرم نباشد.

۳- قطعه کار پلیسه نداشته باشد.

۴- قطعه کار مغناطیس نباشد.

۵- 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:

۱- از دانش، آموزش و مهارت‌های لازم برخوردار باشد.

۲- بتواند روش مناسب برای انجام کار را انتخاب نماید.

۳- مشکل بینایی نداشته باشد.

- ۴- از حوصله لازم برای کار اندازه‌گیری ابعادی برخوردار باشد.
  - ۵- دقت و انضباط کاری داشته باشد.
  - ۶- دانش و اطلاعات کافی برای انتخاب و استفاده از وسیله اندازه‌گیری داشته باشد.
  - ۷- لرزش دست نداشته باشد.
  - ۸- دست‌هایش تمیز باشد.
  - ۹- توانایی باز کردن و سر هم نمودن قطعات یک دستگاه را داشته باشد.
- ۱۰- توانایی لازم برای نقشه‌خوانی مجموعه‌ها و قطعات مرکب و هم‌چنین قطعات تکی را داشته باشد.
- شرایط عمومی وسیله اندازه‌گیری:** وسیله اندازه‌گیری انتخاب شده باید شرایط زیر را داشته باشد:
- ۱- از دقت و درستی لازم برخوردار باشد.
  - ۲- سالم و تنظیم باشد.
  - ۳- کاملاً تمیز باشد.
  - ۴- لقی قسمت‌های مختلف آن در حد مجاز باشد.
  - ۵- قابلیت تفکیک آن متناسب با قطعه مورد اندازه‌گیری باشد.
  - ۶- فرسوده نباشد.
  - ۷- سالم باشد.
  - ۸- با توجه به ابعاد قطعه کار از گستره 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، فاصله محوری سوراخ‌ها و ابعاد صفحه شکل (۴-۹) را شرح دهید. دقت اندازه‌برداری  $0.1\text{ mm}$  باشد. جنس قطعه از پلاستیک و ضخامت آن بیش از  $15$  میلی‌متر است.



شکل ۴-۹- اندازه‌گیری صفحه شیاردار

### پاسخ:

۱-۱- ابعاد طول، پهنای و ضخامت صفحه به وسیله اندازه‌گیرهای طول قابل اندازه‌برداری می‌باشد. البته از آن‌جا که جنس قطعه پلاستیکی (انعطاف پذیر) است و دقت اندازه‌گیری باید  $0.1\text{ mm}$  باشد، بهتر است از میکرومتر فک بشقابی با قابلیت تفکیک  $0.1\text{ mm}$  استفاده شود.

۱-۲- برای اندازه‌برداری قطر سوراخ‌ها بهتر است از میله‌های اندازه‌گیری با تغییرات  $0.1 \text{ mm}$  استفاده شود به این ترتیب که از سری میله‌های اندازه‌گیری آن قدر روی سوراخ‌ها امتحان می‌کنیم تا میله هم قطر مشخص شود.

۱-۳- برای تعیین پهنای شیار از فیلر یا بلوک سنج‌ه طول استفاده شود. ترکیبی از بلوک سنج‌ه طول را در داخل شیار کرده، چسبان‌ترین ترکیب اندازه‌ پهنای شیار را نشان می‌دهد.

۱-۴- به منظور اندازه‌گیری فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها، ابتدا میله‌هایی هم قطر سوراخ‌ها انتخاب و در داخل سوراخ‌ها زده می‌شود. (لازم است طول میله‌ها به گونه‌ای باشد که حداقل  $10^\circ$  میلی‌متر از سوراخ‌ها بیرون بزنند). سپس، فاصله پشت تا پشت میله‌ها را با استفاده از میکرومتر اندازه‌گیری کرده، فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها را از رابطه زیر به دست 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

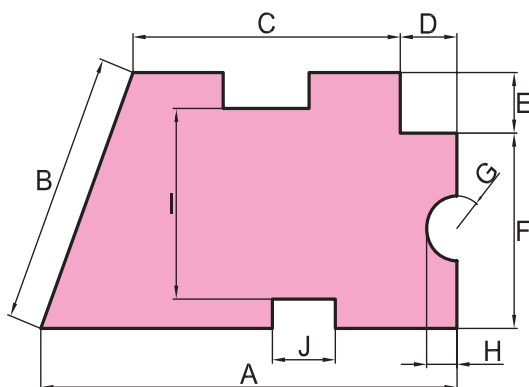
برای نمایش بهتر و مشخص نمودن روش اندازه‌گیری پاسخ در جدول ۹-۱ مرتب شده است.

جدول ۹-۱- وسایل و روش اندازه‌گیری

بعد	فاصله محوری	پهنای شیار	قطر سوراخ‌ها	ضخامت	عرض	طول
وسیله	میله و میکرومتر	فیلر یا بلوک سنج‌ه طول	میله اندازه‌گیری	میکرومتر فک بشقابی	میکرومتر فک بشقابی	میکرومتر فک بشقابی
روش اندازه‌گیری	مستقیم و غیرمستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم



### مثال



وسیله مناسب برای تعیین ابعاد مشخص شده در شکل ۹-۵ را به روش مستقیم بنویسید. چنانچه بعدی به روش مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست، آن را در جدول با علامت  $\times$  مشخص نمایید قطعه از ورقی به ضخامت  $10^\circ$  میلی‌متر ساخته شده است.

شکل ۹-۵- 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 ۹-۲ مرتب شده است.

جدول ۹-۲ وسایل و روش اندازه‌گیری

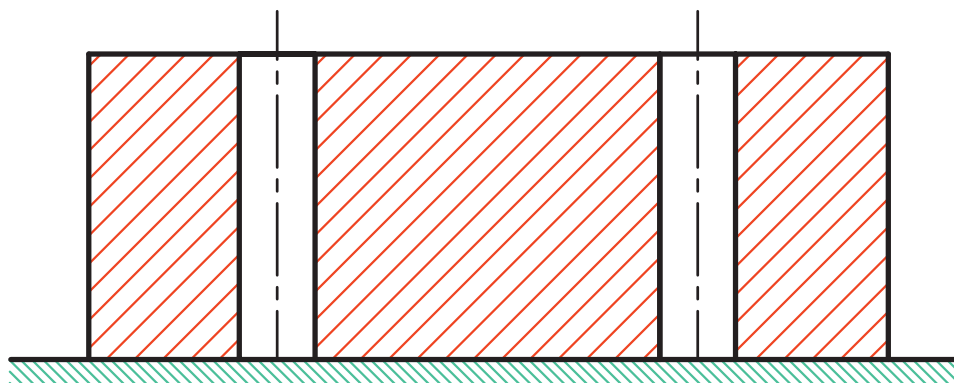
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	ابعاد
کولیس	×	×	کولیس	کولیس	کولیس	شابلن قوس	کولیس و میله	کولیس	کولیس	وسيله اندازه‌گیری
مستقیم	غیر مستقیم	غیر مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	نوع اندازه‌گیری

**توجه:** بعدهای B و C به دلیل منتهی بودن به سطح شیب‌دار به روش مستقیم قابل اندازه‌گیری نیستند.



## مثال

روش اندازه‌گیری و کنترل قطر، فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها، توازی محور سوراخ و همچنین زاویه محور سوراخ‌ها را نسبت به سطح بالایی شکل ۹-۶، به کمک بلوک‌سنج طویل و زاویه و میله‌های اندازه‌گیری، مشخص کنید.



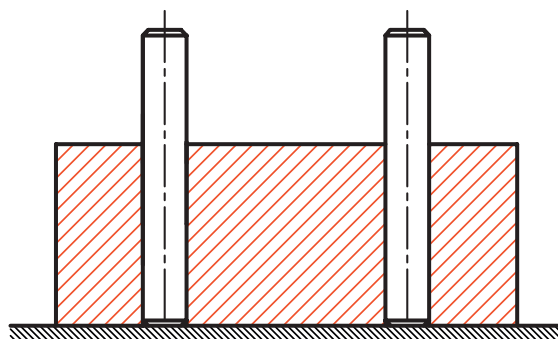
شکل ۹-۶ اندازه‌گیری و کنترل سوراخ

## پاسخ:

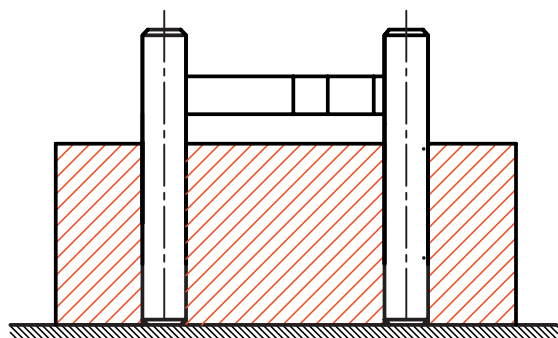
۳-۱- تعیین قطر سوراخ‌ها: قطر سوراخ‌ها را می‌توان به روش مستقیم با کولیس یا با میکرومتر اندازه‌گیر داخل به‌دست آورد. همچنین می‌توان از سری میله‌های اندازه‌گیری استفاده نمود. به این ترتیب که میله‌های مختلف روی سوراخ‌ها امتحان شوند تا میله‌های کاملاً هم‌اندازه با سوراخ مشخص گردند. در این صورت قطر سوراخ‌ها برابر



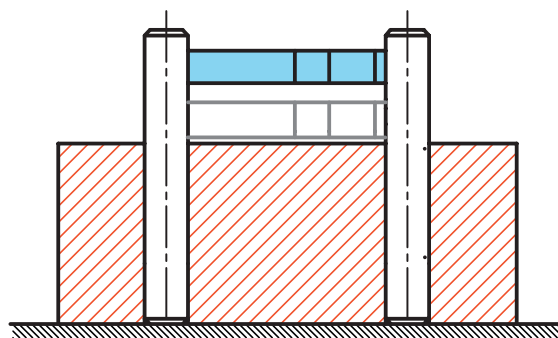
میله انتخابی خواهد بود (شکل ۹-۷).



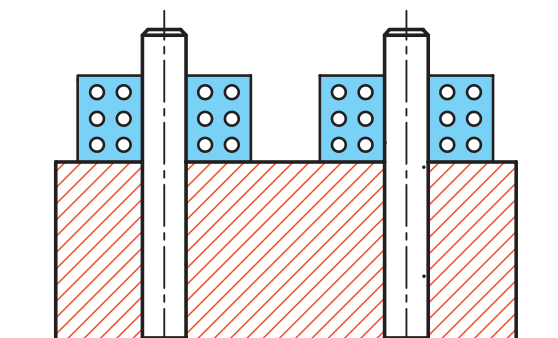
شکل ۹-۷- تعیین قطر سوراخها



شکل ۹-۸- کنترل توازی محورها



شکل ۹-۹- کنترل توازی محورها



شکل ۹-۱۰- کنترل تعامد محور سوراخها نسبت به سطح کار

۳-۲- فاصله مرکز تا مرکز سوراخها: برای تعیین فاصله مرکز تا مرکز سوراخها، ابتدا دو عدد میله هم قطر با سوراخها در داخل آنها زده و سپس فاصله مابین میلهها را با بلوک سنججه طول اندازه گیری می کنیم. مجموع اندازه بلوک سنججهها و شعاع هر یک از میلهها، نشان دهنده مقدار فاصله مرکز تا مرکز سوراخها است (شکل ۹-۸).

۳-۳- کنترل توازی محورها: برای این کار، در همان حالتی که میلههای کاملاً هم قطر داخل سوراخ قرار دارند، فاصله میلهها را با ترکیب بلوک سنججه طول یا میکرومتر فک میلهای، طی سه مرحله مطابق شکل ۹-۹، اندازه گیری می کنیم. در صورت یکسان بودن اندازهها، محور سوراخها با هم دیگر موازی است.

۳-۴- کنترل تعامد محور سوراخها نسبت به سطح: در همان حالتی که میلهها داخل سوراخها قرار دارند یک عدد بلوک سنججه زاویه با زاویه  $90^\circ$  درجه انتخاب می کنیم و آن را روی سطح قطعه کار و در کنار میلهها قرار می دهیم و تعامد محور سوراخها نسبت به سطح را کنترل می کنیم (شکل ۹-۱۰).

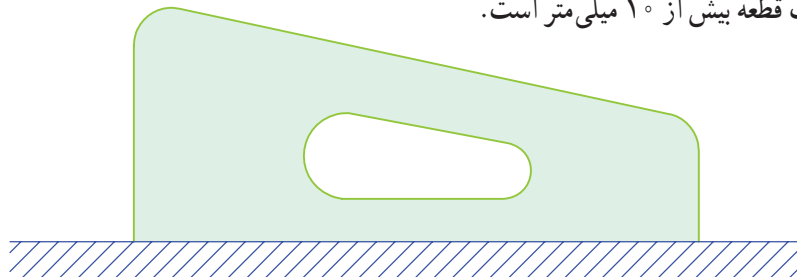
برای نمایش بهتر و مشخص نمودن روش اندازه گیری، پاسخها در جدول ۹-۳ خلاصه و مرتب شده است.

جدول ۳-۹- وسایل و روش اندازه گیری

بعد	تعامد محور سوراخ ها	توازی محور سوراخ ها	فاصله مرکز تا مرکز سوراخ ها	قطر سوراخ ها
وسیله اندازه گیری و کنترل	بلوک سنجه زاویه	میله و بلوک سنجه	میله های اندازه گیری و بلوک سنجه زاویه	میله های اندازه گیری، کولیس، میکرومتر
روش اندازه گیری و کنترل	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم

مثال

زاویه شیب سطح شکل (۱۱-۹) را به کمک ساعت اندازه گیری و بلوک سنجه طول تعیین کنید. ضخامت قطعه بیش از ۱۰ میلی متر است.



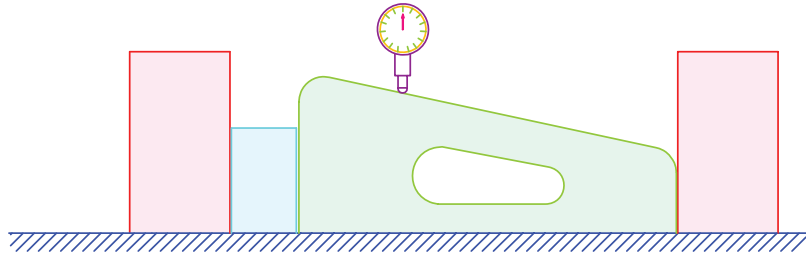
شکل ۱۱-۹- تعیین زاویه شیب سطح

**پاسخ:** برای تعیین زاویه شیب سطح مطابق زیر عمل می کنیم:

- ۱-۴- به کمک گونیای مرکب و مداد خطی مستقیم، روی سطح شیب دار ترسیم می کنیم.
- ۲-۴- قطعه کار را روی صفحه صافی می گذاریم، به گونه ای که سطح خط کشی شده در بالا قرار گیرد.
- ۳-۴- با استفاده از دو صفحه گونیا و یا شمش موازی دقیق، سطح شیب دار را کاملاً از دو طرف مهار کنید.
- ۴-۴- ترکیبی از بلوک سنجه های طول با اندازه حدود ۱۵ میلی متر را مابین قطعه کار و صفحه گونیا سمت چپ قرار دهید و قطعه کار را کاملاً به آن بچسبانید.
- ۵-۴- صفحه گونیا را کاملاً فشار دهید تا کاملاً به بلوک سنجه بچسبند و بلوک سنجه نیز به سطح بزرگ قطعه مماس شود.
- ۶-۴- ساعت اندازه گیری، با قابلیت تفکیک و گستره اندازه گیری مناسب، انتخاب کنید و آن را روی نگه دارنده با پایه مغناطیسی و یا نگه دارنده ثابت سوار کرده روی صفحه صافی قرار دهید.
- ۷-۴- ساعت اندازه گیری را در مجاورت قطعه کار بیاورید، به گونه ای که اولاً سر اندازه گیری ساعت روی قطعه کار و خط ترسیم شده قرار گیرد. ثانیاً بر قطعه کار عمود باشد. ثالثاً نزدیک به ضلع بزرگ تر قطعه قرار گیرد، به طوری که برای اندازه گیری زاویه شیب، ساعت حرکت نزولی داشته باشد.



- ۴-۸- عقربه بزرگ ساعت را نزدیک به گستره اندازه گیری ساعت، تحت فشاردگی قرار دهید.  
 ۴-۹- با چرخاندن طوقه متحرک ساعت، صفر صفحه بزرگ ساعت را زیر عقربه بزرگ بیاورید.  
 ۴-۱۰- موقعیت عقربه بزرگ و عقربه کوچک ساعت را یادداشت کنید (شکل ۹-۱۲).

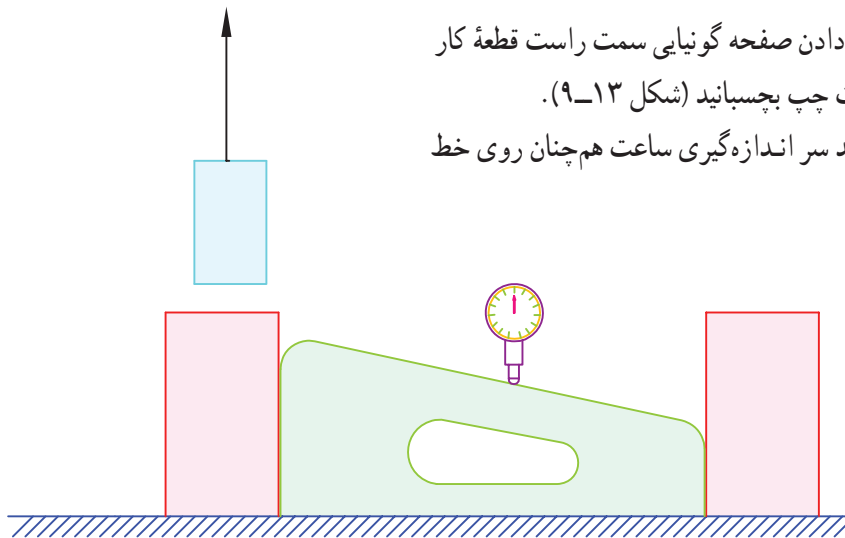


شکل ۹-۱۲- اندازه گیری زاویه شیب

- ۴-۱۱- مطابق شکل ۹-۱۳ ترکیب بلوک سنج قرار داده شده مابین قطعه مورد اندازه گیری و صفحه گونیايي را بردارید.

۴-۱۲- با حرکت دادن صفحه گونیايي سمت راست قطعه کار را به صفحه گونیايي سمت چپ بچسبانید (شکل ۹-۱۳).

**توجه:** دقت کنید سر اندازه گیری ساعت هم چنان روی خط ترسیم شده باشد.



شکل ۹-۱۳- اندازه گیری زاویه شیب سطح

- ۴-۱۳- موقعیت جدید ساعت را یادداشت کنید.

مقدار زاویه، مطابق شکل و رابطه زیر تعیین می شود:

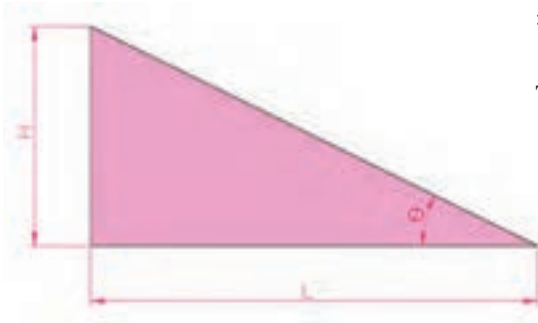
$$\text{Tg } \theta = \frac{H}{L}$$

که در آن:

$L$  = ضخامت بلوک سنج

$H$  = تغییر اندازه ایجاد شده در ساعت اندازه گیری

$\theta$  = زاویه شیب سطح



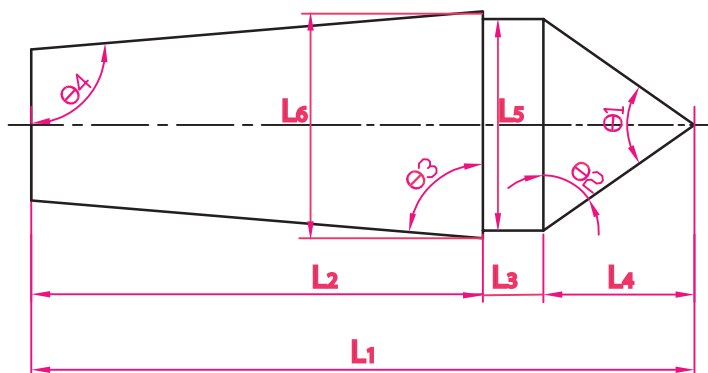
نتایج این اندازه‌گیری را می‌توان مطابق جدول ۹-۴ خلاصه نمود :

جدول ۹-۴- وسایل و روش اندازه‌گیری زاویه شیب سطح

بعد	علامت	وسیله اندازه‌گیری	روش اندازه‌گیری
زاویه	$\theta$	-	محاسبه
تغییر مکان افقی	L	بلوک سنج	مستقیم
تغییر مکان عمودی	H	ساعت اندازه‌گیری	مستقیم

### مثال

در صورتی که انواع وسایل اندازه‌گیری و کنترل طول و زاویه در اختیار باشد، روش تعیین ابعاد مرغک ثابت شکل ۹-۱۴ را شرح دهید. ابعاد مشابه، کاملاً مساوی و قرینه فرض شوند.



شکل ۹-۱۴- مرغک ثابت

### پاسخ:

۵-۱- طول‌های  $L_1$  و  $L_2$  و قطر  $L_5$  و  $L_6$  به روش مستقیم و با استفاده از کولیس و میکرومتر قابل اندازه‌گیری است.

۵-۲- زوایای  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$  به روش مستقیم قابل اندازه‌گیری است.

۵-۳- تعیین طول  $L_4$ : این طول به روش مستقیم قابل اندازه‌گیری نبوده و مقدار آن بر اساس روابط ریاضی مطابق زیر محاسبه می‌شود :

$$T_g \frac{\theta_1}{2} = \frac{L_5}{L_4}$$

$$L_4 = \frac{L_5}{2T_g \frac{\theta_1}{2}}$$

۴-۵ 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 ۹-۵- وسایل و روش اندازه‌گیری طول‌ها

بعد	$L_6$	$L_5$	$L_4$	$L_3$	$L_2$	$L_1$
وسیله	مستقیم	مستقیم	-	-	کولیس	کولیس
روش اندازه‌گیری	محاسبه (غیر مستقیم)	محاسبه (غیر مستقیم)	محاسبه (غیر مستقیم)	محاسبه (غیر مستقیم)	مستقیم	مستقیم

### اندازه‌های زاویه‌ای

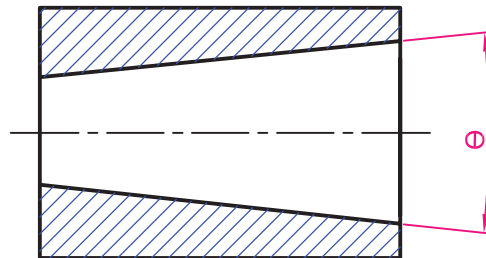
جدول ۹-۶- وسایل و روش اندازه‌گیری زاویه‌ها

زوایا	$\theta_5$	$\theta_4$	$\theta_3$	$\theta_2$	$\theta_1$
وسیله	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج
نوع اندازه‌گیری	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم



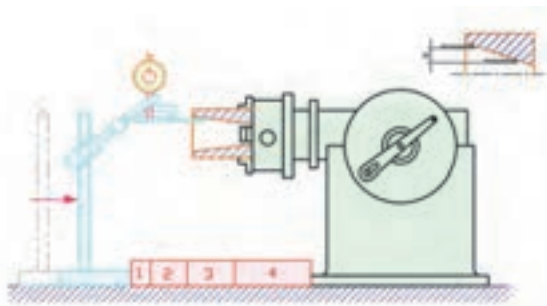
مثال

روش تعیین زاویه مخروط داخلی شکل ۹-۱۵ را شرح دهید.

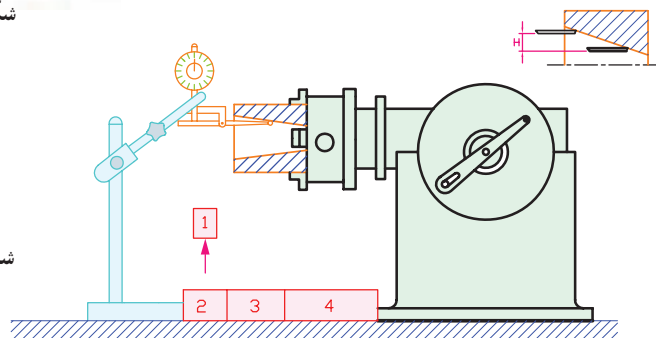


شکل ۹-۱۵

- پاسخ:** روشی را که برای اندازه‌گیری زاویه مخروط انتخاب می‌کنیم، استفاده از سه نظام دستگاه تقسیم است، که مطابق زیر عمل می‌شود:
- ۱-۶- قطعه کار را به سه نظام دستگاه تقسیم می‌بندیم، به گونه‌ای که قطر کوچک مخروط در داخل گلوبی سه نظام دستگاه تقسیم قرار گیرد.
  - ۲-۶- قطعه کار را داخل سه نظام محکم می‌کنیم.
  - ۳-۶- ساعت اندازه‌گیری مناسب انتخاب و روی نگه‌دارنده میله‌ای با پایه مغناطیسی و یا نگه‌دارنده ثابت، سوار می‌کنیم.
  - ۴-۶- از مجموعه متعلقات ساعت، اهرم اندازه‌گیری داخلی ساعت را روی آن سوار کنید.
  - ۵-۶- مجموعه ساعت اندازه‌گیری را روی میزی که دستگاه تقسیم روی آن قرار دارد می‌گذاریم، به طوری که بین پایه ساعت اندازه‌گیری و پایه دستگاه تقسیم، مقدار فاصله‌ای باقی بماند.
  - ۶-۶- فاصله مابین پایه ساعت اندازه‌گیری و پایه دستگاه تقسیم را با بلوک سنجح پر می‌کنیم.
  - ۷-۶- مقدار بلوک سنجح‌ها باید به اندازه‌ای باشد که مجموعه ساعت اندازه‌گیری را نزدیک پایه سه نظام دستگاه تقسیم برده، به گونه‌ای که سر اهرم اندازه‌گیری ساعت داخل مخروط و نزدیک قطر بزرگ قرار گیرد و بر لبه بالایی مخروط مماس باشد و عقربه بزرگ ساعت به اندازه ربع دور صفحه بزرگ ساعت تحت فشاردگی قرار گرفته باشد.
  - ۸-۶- طوقه متحرک ساعت را چرخانده، صفر صفحه بزرگ ساعت را زیر عقربه بزرگ می‌آوریم.
  - ۹-۶- با استفاده از پیچ و زبانه روی بدنه ساعت، طوقه را قفل می‌کنیم (شکل ۱۶-۹).
  - ۱۰- یک قطعه از بلوک سنجح‌ها را از مجموعه بلوک سنجح‌ها بر می‌داریم.
  - ۱۱- مطابق شکل ۱۷-۹، ساعت اندازه‌گیری را به داخل مخروط هدایت می‌کنیم تا پایه ساعت مجدداً به بلوک سنجح‌های باقی مانده بچسبد.



شکل ۱۶-۹- اندازه‌گیری زاویه مخروط داخلی



شکل ۱۷-۹- اندازه‌گیری زاویه مخروط داخلی

۱۲- مقدار تغییر اندازه ساعت را می‌خوانیم.

۱۳- با داشتن تغییر مکان طولی و عمودی، زاویهٔ مخروط را محاسبه می‌کنیم.  
که در آن:

$$\operatorname{Tg} \frac{\theta}{\psi} = \frac{H}{L}$$

$\theta$  = زاویه مخروط

$H$  = مقداری که ساعت اندازه‌گیری نشان می‌دهد.

$L$  = مقدار ضخامت بلوک سنجی برداشته شده

با توجه به مطالب ذکر شده در این فصل مراحل اندازه‌برداری قطعات را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- تمیز کردن دست‌ها

۲- تمیز کردن قطعات مورد اندازه‌گیری

۳- مطالعه، بررسی و شناخت دقیق قطعه با دستگاه مورد اندازه‌برداری

۴- مطالعه و بررسی دقت اندازه‌برداری

۵- بررسی وسایل اندازه‌گیری مورد نیاز

۶- انتخاب و تهیه فهرست وسایل اندازه‌گیری مورد نیاز

۷- تهیه نقشه با دست آزاد همراه خط اندازه‌های لازم

۸- گذاشتن حروف مناسب برای خط اندازه‌ها

۹- ترسیم جدول اندازه در صورت لزوم

۱۰- اندازه‌برداری از روی قطعه کار

۱۱- درج اندازه‌ها در جدول

۱۲- بررسی و جمع‌بندی اندازه‌ها

۱۳- نهایی نمودن اندازه‌ها

۱۴- مرتب کردن وسایل



- ۱- برای اندازه‌گیری قوس‌های داخلی که قابل دسترس نیستند چه روش اندازه‌برداری را پیشنهاد می‌کنید؟ با رسم شکل توضیح دهید.
- ۲- روش اندازه‌گیری طول اضلاع یک پنج‌ضلعی منتظم را با رسم شکل شرح دهید.
- ۳- روش اندازه‌گیری قطر یک پولک شکسته (کم‌تر از نیم‌دایره) را با رسم شکل شرح دهید.
- ۴- چگونه می‌توان قطر بزرگ یک چرخ‌دنده شکسته را اندازه‌گیری نمود؟ با رسم شکل توضیح دهید.
- ۵- روش اندازه‌گیری زاویه مخروط را به کمک ماشین‌تراش و ساعت اندازه‌گیری توضیح دهید.



## فهرست منابع

- ۱\_ Engineering \_ Metrology\_ DM ANTHONY
- ۲\_ Practical Engineering Metrology K.W.H SHARP
- ۳\_ Dinensional Gavging V.L. Br Rov
- ۴\_ Metrology For Engineering J.F.W. Galyer & C.R. Shotbolt
- ۵\_ Engineering Metrology R.K. JAIN

- ۶\_ جزوات اندازه‌گیری، محمد مهردادگان
- ۷\_ کتاب اندازه‌گیری دقیق، محمد مهردادگان . وزارت آموزش و پرورش
- ۸\_ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری، شرکت میتو توپو ژاپن
- ۹\_ کتاب‌های اندازه‌گیری، صندوق کارآموزی
- ۱۰\_ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری شرکت تسا سوئیس
- ۱۱\_ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری شرکت مار آلمان
- ۱۲\_ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری شرکت هلیوس آلمان
- ۱۳\_ کاتالوگ لوازم اندازه‌گیری شرکت استارت انگلستان
- ۱۴\_ استانداردهای اندازه‌گیری ISO ,DIN ,ISIRI
- ۱۵\_ واژه‌نامه و اصطلاحات پایه و عمومی اندازه‌شناسی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

