

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.

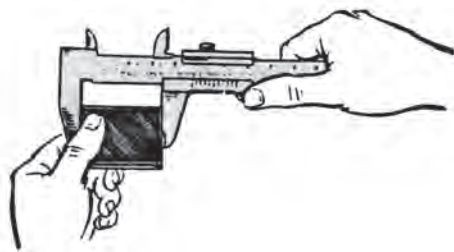
۳- جنس: از آنجا که در اندازه گیری های تماسی وسیله اندازه گیری مستقیماً با کار تماس دارد و آنرا لمس می نماید، لذا مساحت سطح تماس وسیله اندازه گیری با کار و فشار درگیری اهمیت خاص دارد، جدای از آن که فشار درگیری در اندازه گیری قطعات به طور عام مطرح است. در اندازه گیری قطعات غیر فلزی این موضوع از اهمیت بیش 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 پهن 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.

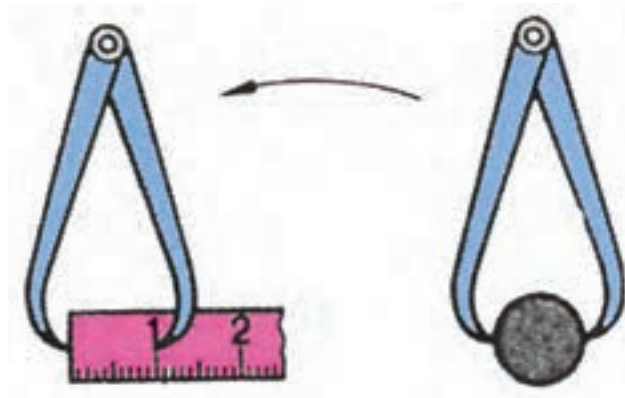


شکل ۹-۲ اندازه‌گیری مستقیم

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 mm باشد. جنس قطعه از پلاستیک و ضخامت آن بیش از ۱۵ 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 mm باشد، بهتر است از میکرومتر فک بشقابی با قابلیت تفکیک 0.1 mm استفاده شود.



۱-۲- برای اندازه‌برداری قطر سوراخ‌ها بهتر است از میله‌های اندازه‌گیری با تغییرات 0.1 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° 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

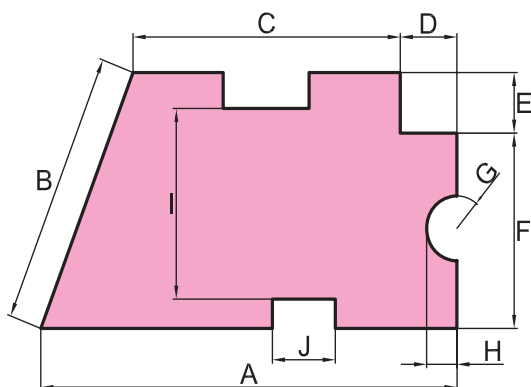
برای نمایش بهتر و مشخص نمودن روش اندازه‌گیری پاسخ در جدول ۹-۱ مرتب شده است.

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° 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

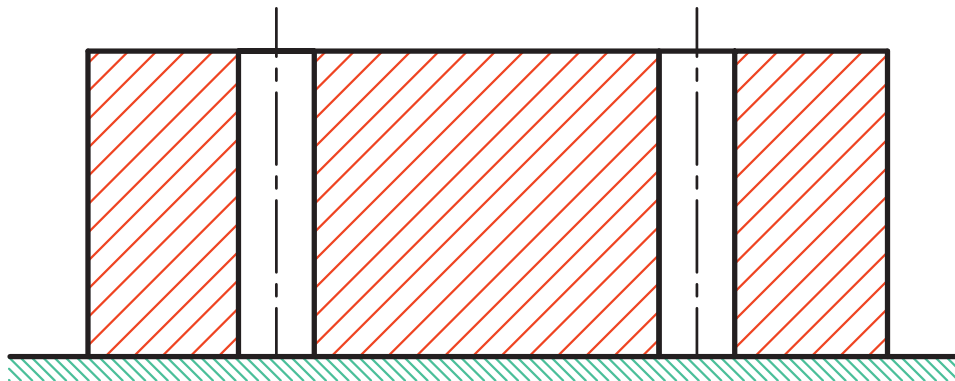
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	ابعاد
کولیس	×	×	کولیس	کولیس	کولیس	شابلن قوس	کولیس و میله	کولیس	کولیس	وسيله اندازه‌گیری
مستقیم	غیر مستقیم	غیر مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	نوع اندازه‌گیری

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.



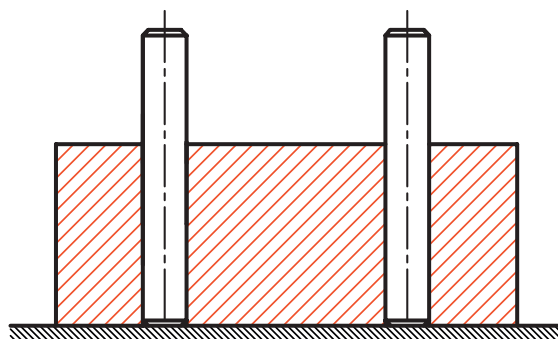
شکل ۹-۶ - اندازه‌گیری و کنترل سوراخ

پاسخ:

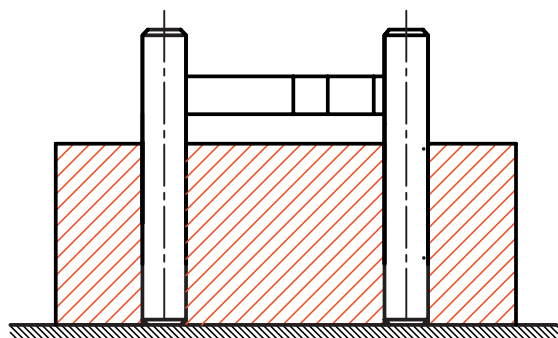
۱-۳ - تعیین قطر سوراخ‌ها: قطر سوراخ‌ها را می‌توان به روش مستقیم با کولیس یا با میکرومتر اندازه‌گیری داخل به دست آورد. همچنین می‌توان از سری میله‌های اندازه‌گیری استفاده نمود. به این ترتیب که میله‌های مختلف روی سوراخ‌ها امتحان شوند تا میله‌های کاملاً هم‌اندازه با سوراخ مشخص گردند. در این صورت قطر سوراخ‌ها برابر



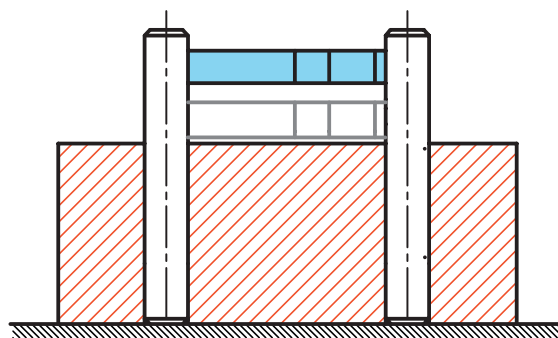
میله انتخابی خواهد بود (شکل ۹-۷).



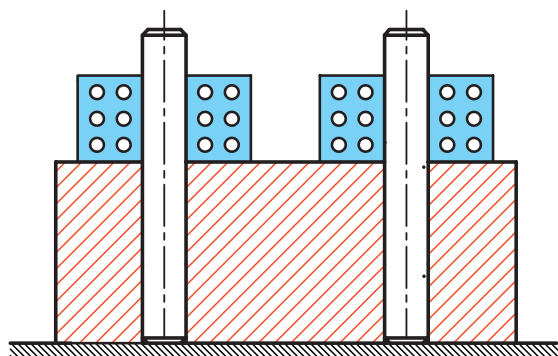
شکل ۹-۷- تعیین قطر سوراخها



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° 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).

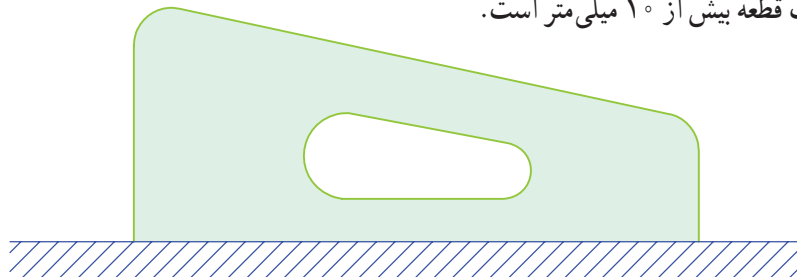
برای نمایش بهتر و مشخص نمودن روش اندازه گیری، پاسخها در جدول ۹-۳ خلاصه و مرتب شده است.

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.

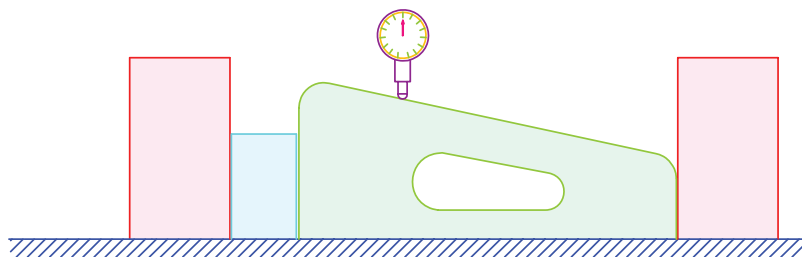


شکل ۱۱-۹- تعیین زاویه شیب سطح

پاسخ: برای تعیین زاویه شیب سطح مطابق زیر عمل می کنیم :

- ۱-۴- به کمک گونیاى 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 گونیاى 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 گونیاى سمت چپ قرار دهید و قطعه کار را کاملاً به آن بچسبانید.
- ۵-۴- صفحه گونیاى را کاملاً فشار دهید تا کاملاً به بلوک سنجه بچسبد 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).

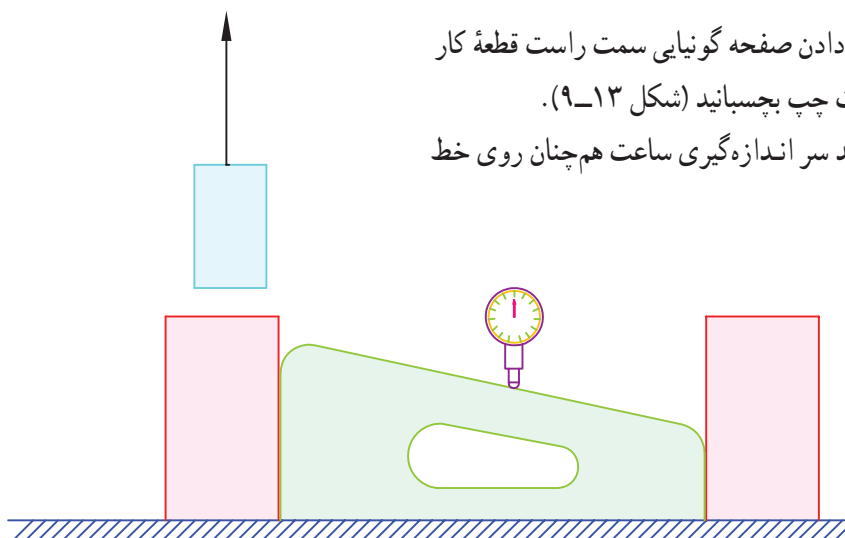


شکل ۹-۱۲- اندازه گیری زاویه شیب

- ۴-۱۱- مطابق شکل ۹-۱۳ ترکیب بلوک سنج قرار داده شده مابین قطعه مورد اندازه گیری و صفحه گونیا را بردارید.

۴-۱۲- با حرکت دادن صفحه گونیا سمت راست قطعه کار را به صفحه گونیا 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:

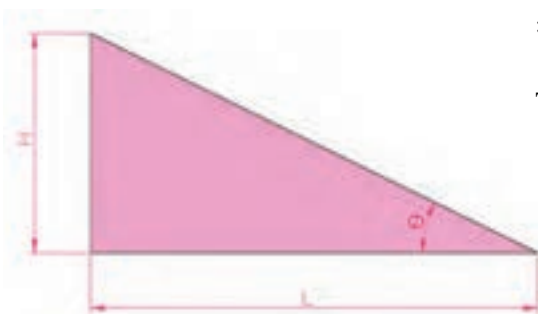
$$\text{Tg } \theta = \frac{H}{L}$$

که در آن:

L = ضخامت بلوک سنج

H = تغییر اندازه ایجاد شده در ساعت اندازه گیری

θ = زاویه شیب سطح



نتایج این اندازه‌گیری را می‌توان مطابق جدول ۹-۴ خلاصه نمود :

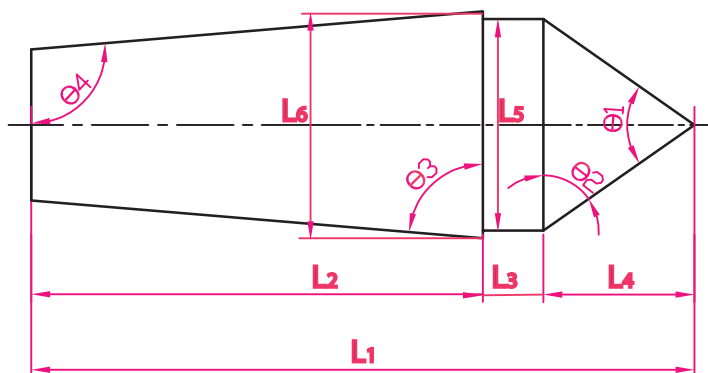
جدول ۹-۴- وسایل و روش اندازه‌گیری زاویه شیب سطح

روش اندازه‌گیری	وسیله اندازه‌گیری	علامت	بعد
محاسبه	-	θ	زاویه
مستقیم	بلوک سنج	L	تغییر مکان افقی
مستقیم	ساعت اندازه‌گیری	H	تغییر مکان عمودی



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

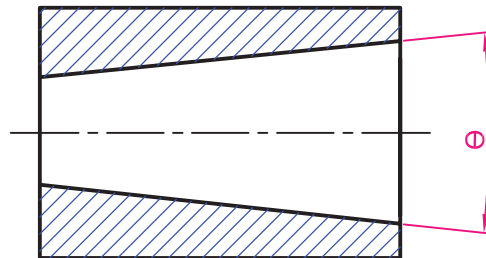
جدول ۹-۶- وسایل و روش اندازه‌گیری زاویه‌ها

زوایا	θ_5	θ_4	θ_3	θ_2	θ_1
وسیله	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج	زاویه‌سنج
نوع اندازه‌گیری	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم	مستقیم



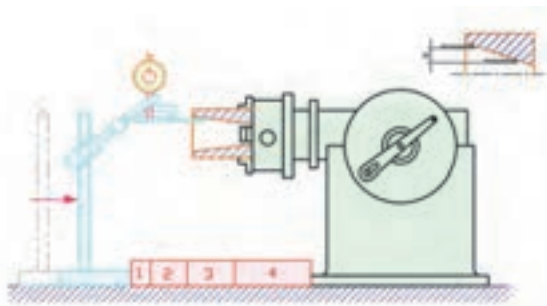
مثال

روش تعیین زاویه مخروط داخلی شکل ۹-۱۵ را شرح دهید.

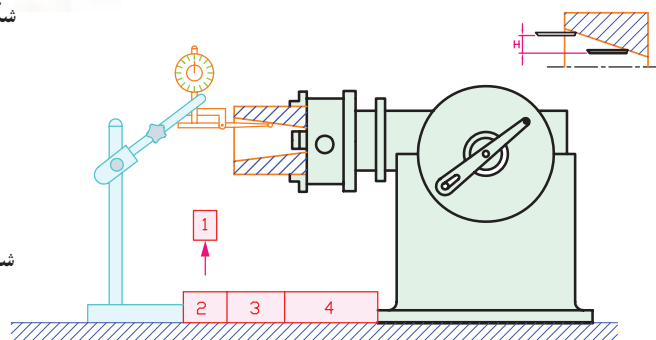


شکل ۹-۱۵

- 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 بچسبند.



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:

$$\operatorname{Tg} \frac{\theta}{\psi} = \frac{H}{L}$$

θ = زاویه مخروط

H = مقداری که ساعت اندازه‌گیری نشان می‌دهد.

L = مقدار ضخامت بلوک سنجه 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

