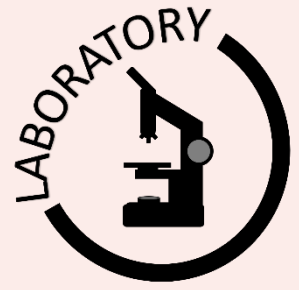




به نام خدا



آزمایش دهم: سختی سنجی

مدرس: دکتر احسان فتحی

مدیر و موسس آموزشگاه آزاد فنی و حرفه‌ای فتحی

Telegram & Instagram: @FathiTrainingGroup

Website: FathiTrainingGroup.com

Email: ehsanfathi_eh@yahoo.com

Tel: 09386249330, 05191012910

فهرست مطالب

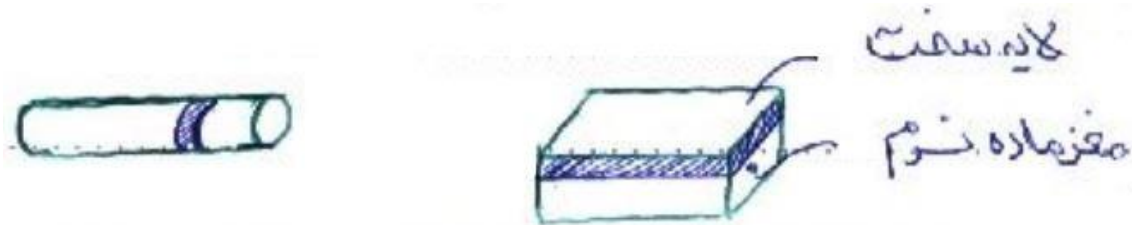
- هدف آزمایش
- تئوری آزمایش
- وسایل انجام آزمایش
- دستگاه آزمایش
- روش انجام آزمایش
- خواسته‌های آزمایش
- روش گزارش کار نویسی

- تعیین سختی یک ماده با استفاده از آزمایش سختی راکول
- تبدیل سختی راکول به سختی برینل و ویکرز

تئوری آزمایش

○ تعریف سختی:

مقاومت یک ماده در برابر تغییر شکل الاستیک و پلاستیک



○ چون در آزمایش های سختی سنجی، سختی در رابطه با خواص سطحی است، بنابراین به صورت زیر تعریف می شود:

مقاومت یک جسم در برابر فرورفتن یک جسم سخت تر و یا خراشیده شدن توسط یک جسم سخت

تئوری آزمایش

○ سختی به سه صورت کلی سنجیده می شود:

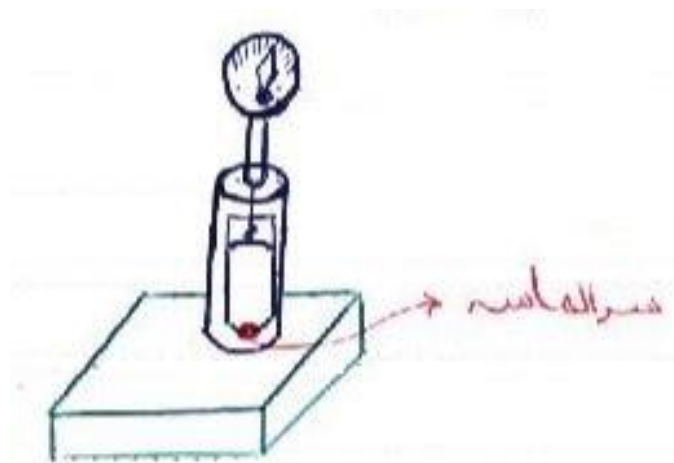
۱. سختی الاستیک

۲. سختی در مقابل خراش

۳. سختی در مقابل ماده نافذ

○ سختی الاستیک:

توسط روش Shor (با دستگاه اسکوسکوپ) چکش با سر الماسه به روی سطح نمونه خورده می شود.



○ سختی خراش:

با توجه به اینکه چه ماده‌ای بتواند سطح نمونه را خراش دهد سختی را تا ۱۰ درجه تقسیم بندی کرده‌اند.

درجه‌ها:

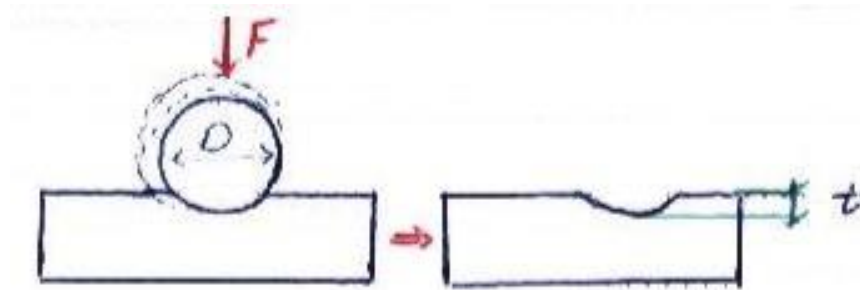
- | | |
|-----------|---------------|
| ۱. تالک | ۶. فلوسپات |
| ۲. گچ | ۷. کوارتز |
| ۳. کلمت | ۸. یاقوت کبود |
| ۴. فلوریت | ۹. یاقوت سرخ |
| ۵. آپاتیت | ۱۰. الماس |

تئوری آزمایش

- سختی در برابر ماده نافذ:
در این حالت براساس میزان نفوذ یک ماده سخت در سطح، تحت یک بار استاتیکی معین عدد سختی معین می شود.
- به طور کلی با سه روش می توان سختی در برابر ماده نافذ را اندازه گیری کرد:
 ۱. برینل (Brinell)
 ۲. ویکرز (Vickers)
 ۳. راکول (Rockwel)

۱. روش برینل:

در این روش یک گوی با نیروی معلوم F بر روی سطح فشار وارد می کند.

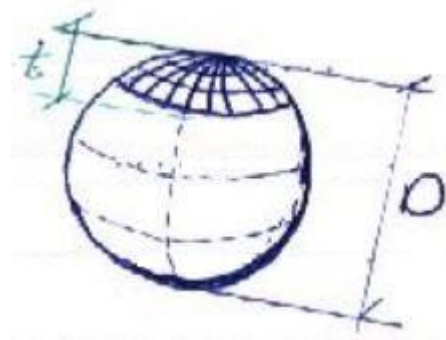


در این روش مقدار نیروی اعمالی برای آلیاژهای آهنی ۳۰۰۰ کیلوگرم و برای آلیاژهای غیر آهنی ۵۰۰ کیلوگرم می باشد. همچنین، زمان اعمال نیرو بین ۱۰ تا ۳۰ ثانیه خواهد بود.

○ نحوه محاسبه عدد سختی برینل:

$$\text{Brinell Hardness Number: } BHN = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi D t} \left(\frac{kg}{mm^2} \right)$$

در رابطه بالا F نیروی اعمال شده، D قطر گوی و t میزان فرورفتگی گوی در جسم می باشد.



تئوری آزمایش

○ محاسبه ضخامت t :

سطح را زیر میکروسکوپ چشمی قرار می‌دهیم و به وسیله ترازهای موجود در آن قطر حفره را اندازه می‌گیریم.

$$\Delta = \left(\frac{d}{2}\right)^2 + (OC)^2$$

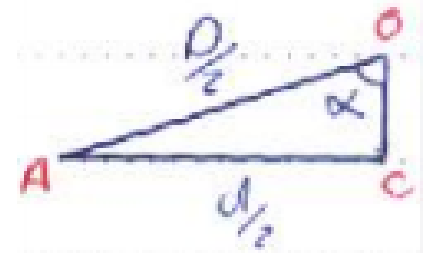
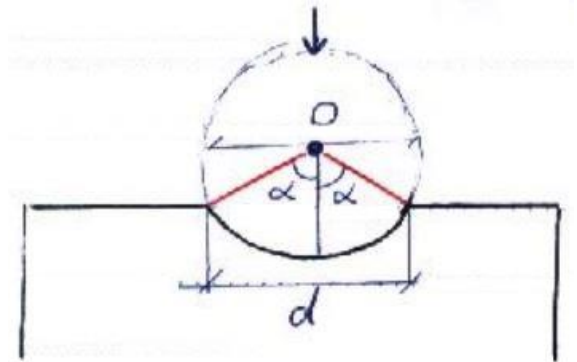
$$AC: OC = \frac{D}{2} - t$$

$$t = \frac{1}{2} [D - \sqrt{D^2 - d^2}]$$

$$BHN = \frac{2F}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} \frac{kg}{mm^2}$$

$$d = D \sin \alpha$$

$$BHN = \frac{2}{\pi(1 - \cos \alpha)} \cdot \frac{F}{D^2}, \quad d = 0.2D - 0.7D$$



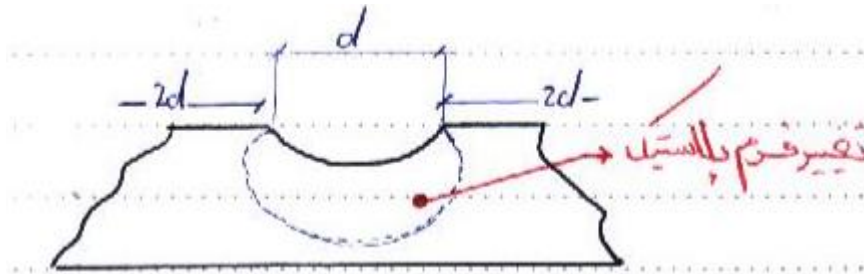
تئوری آزمایش

○ نکات:

۱. توجه به درجه نیرو با توجه به نوع ماده

فلز	آلیاژ مس	آلیاژهای آلومینوم	آلیاژهای فولاد
X	2,5	5	10

←



۲. رعایت فاصله مناسب در متوسط گیری

۳. جنس ساچمه برای مواد با استحکام متوسط فولاده سخت شده و برای مواد با استحکام خیلی بالا کاربرد تنگستن می باشد.

○ محدودیت:

فقط برای سنجش لایه هایی با ضخامت کمتر از ۲.۵ میلیمتر مناسب است.

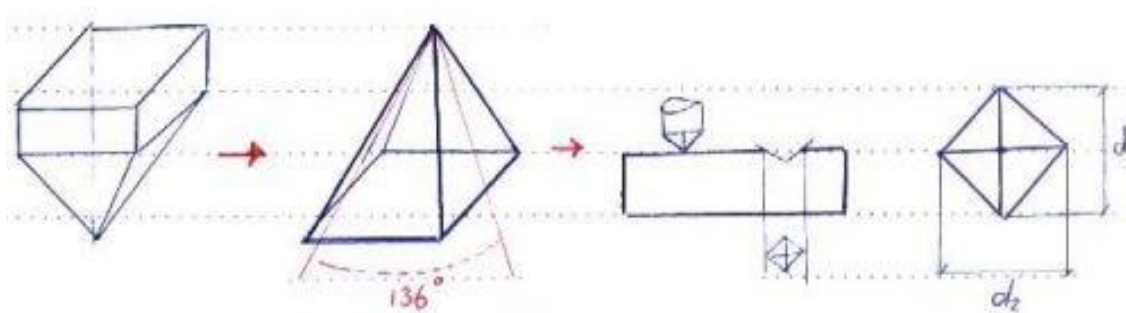
○ نکته:

روش برینل برای سنجش نسبی استحکام تسلیم و یا استحکام کششی مناسب است.

$$Su = 3.5 BHN (MPa)$$

۲. روش ویکرز:

در این روش فرورونده یک هرم مربع القائده با زاویه وجوه ۱۳۶ درجه می باشد.



$$d_1 = d_2 \rightarrow \bar{d} = \frac{1}{2}(d_1 + d_2)$$

نکته: با داشتن مقدار D از روش برینل می توان \bar{d} را از رابطه زیر بدست آورد.

$$\bar{d} = 0.37D$$

○ نحوه محاسبه عدد سختی ویکرز:

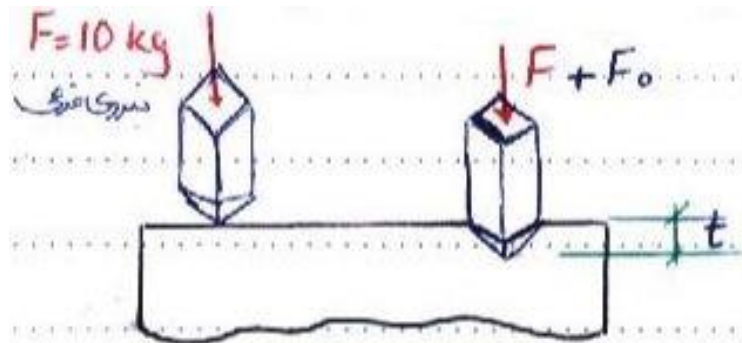
Vickers Hardness Number:
$$VHN = \frac{F}{A} = \frac{2F \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2}\right)$$

مواد سخت $5 < VHN < 1500$ مواد نرم

۳. روش راکول:

در این روش ابتدا یک نیرو فرعی ۱۰ کیلوگرم به نمونه وارد شده سپس با توجه به جنس نمونه نیروی ثانویه ۶۰، ۱۰۰ و یا ۱۵۰ کیلوگرم به جسم اعمال شده و مقدار سختی با توجه به رابطه زیر محاسبه می شود:

$$R = C_1 - C_2 t$$



در این روش از دو نوع فرورونده می توان استفاده نمود:

(الف) ساچمه ای فولادی به قطرهای مختلف

(ب) مخروط الماسی با زاویه وجوه ۱۲۰ درجه و شعاع راس ۰.۲ میلیمتر

تئوری آزمایش

به کمک جدول زیر می توان عدد سختی راکول را برای نمونه های مختلف محاسبه نمود:

علامتسفتی	نوع سنبه	F_0 (kg)	F (kg)	
* HRA	مفرطه الماسی	10	60	
* HRC	مفرطه الماسی	10	150	$R = 100 - 500t$
HRD	مفرطه الماسی	10	100	
* HRB	ساجه	10	100	
HRF	ساجه	10	60	$R = 130 - 500t$
HRG	ساجه	10	150	
* روش های متداول				فرو رنده مفرطه الماسی 100 ساجه فولادی 130

وسایل انجام آزمایش

- ✓ دستگاه آزمایش سختی
- ✓ نمونه با جنس های مختلف



شکل ۳: نمایش دستگاه آزمایش

روش انجام آزمایش

۱. نمونه را روی تکیه گاه قرار دهید.
۲. پیچ بالابرنده نمونه را آنقدر بچرخانید تا نمونه با ابزار مخروطی یا کروی شکل تماس پیدا کند.
۳. بارگذاری را با چرخاندن پیچ ادامه دهید تا عقربه کوچک بر روی نقطه قرمز رنگ قرار گیرد.
۴. برای خواندن سختی بر حسب Rockwell C عقربه را بر روی حرف C قرار دهید.
۵. اهرم سمت راست دستگاه را در حالت Loading قرار داده و پس از ثابت شدن عقربه اهرم دیگر را در حالت Unloading قرار دهید.
۶. عدد خوانده شده همان سختی را کول هست.
۷. آزمایش را برای سه نمونه با جنس های مختلف و برای هر نمونه سه بار تکرار کنید.
۸. با استفاده از جدول تبدیل مقادیر، سختی را کول را به سختی برینل و ویکرز تبدیل کنید.

نمونه سوم			نمونه دوم			نمونه اول			شماره آزمایش
سختی ویکرز	سختی برینل	سختی راکول	سختی ویکرز	سختی برینل	سختی راکول	سختی ویکرز	سختی برینل	سختی راکول	
									۱
									۲
									۳

خواسته های آزمایش

- پس از انجام این آزمایش مطلوب است:
محاسبه و مقایسه مقادیر سختی نمونه ها با جنس های مختلف

روش گزارش کار نویسی

□ گزارش کار باید شامل بخش های زیر باشد:

۱- صفحه اول: عنوان آزمایش، شماره آزمایش، تاریخ انجام آزمایش

۲- صفحه دوم: فهرست مطالب

۳- سایر صفحات: اهداف آزمایش، تئوری آزمایش، وسایل انجام آزمایش، روش انجام آزمایش، ثبت نتایج، ترسیم منحنی های خواسته شده، محاسبه درصد خطا، بررسی عوامل خطا، نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

پیامبر اکرم (ص):

نگاه کردن به سه چیز عبادت است: به صورت پدر و مادر، به قرآن و به دریا.