

# سختی سنجی چیست



شرکت کوپا پژوهش تولیدکننده تجهیزات آزمون خواص مکانیکی مواد

(انواع سختی سنج و تست کشش یونیورسال)

[WWW.KOOPACO.COM](http://WWW.KOOPACO.COM)

## تعریف سختی

سختی یک ماده ویژگی است که به خوبی تعریف نشده است، و متناسب با تجربه کسی که با آن سروکار دارد معانی زیادی به خود می گیرد. در مراجع متالوگرافی، سختی فلزات به مقاومت آنان به تغییر شکل پلاستیک توسط نفوذ یک جسم فرو رونده تعریف شده است [۱].

به طور کلی معمولاً سختی حاکی از مقاومت در برابر تغییر شکل بوده و این خاصیت در فلزات معیاری از مقاومت آنها در برابر تغییر شکل مومسان یا دائم است. برای کسی که با علم مکانیک و آزمایش مواد سروکار دارد به احتمال زیاد سختی به معنی مقاومت در برابر فرورفتگی است. برای یک مهندس طراح سختی غالباً یک کمیت معین و از نظر اندازه گیری ساده می باشد و اطلاعاتی از استحکام و عملیات حرارتی فلز به دست می دهد.

سختی یک خاصیت اساسی ماده نیست اما در رابطه با خواص پلاستیکی و الاستیکی قطعه مطرح می شود. برای مثال برای یک قطعه خاص، مقدار سختی در دو نقطه مختلف آن ممکن است فرق داشته باشد. در صورتیکه خصوصیتی مثل مدول الاستیسیته برای یک قطعه مشخص است. روش آزمایش و آماده کردن نمونه معمولاً ساده است و از نتایج حاصله ممکن است در مشخص کردن خصوصیات مکانیکی دیگر استفاده شود. سختی سنجی به طور گسترده ای در بازرسی ها و کنترل قطعات مورد استفاده قرار می گیرد. [۱، ۲]

## تاریخچه

سختی سنجی، یک آزمون مکانیکی ارزشمند، واضح و معمول است که حدود ۲۵۰ سال است که در اشکال مختلف برای اکثر مواد و بخصوص فلزات مورد استفاده قرار می گیرد. شواهد نشان می دهد سختی سنجی اولیه در سال ۱۷۷۲ شروع شد. در آن زمان ریومر (Reaumur) فشردن لبه های شمش منشوری نسبت به هم را پیشنهاد کرد.

## روش های ابتدائی سختی سنجی فلزات

الف) تعیین سختی مقایسه ای با روش ریومر: در این روش لبه دو نمونه فلزی منشوری شکل بر روی هم فشار داده می شوند.

ب) روش سختی سنجی فوپل: در این روش دو نمونه نیمه استوانه ای شکل فلزی بر روی هم فشار داده شده و اندازه سطح تماس پهن شده تعیین می گردد، این تکنیک برای سختی سنجی گرم نیز به کار رفته است. در این روش نیروی اعمال شده بر هر دو شمش مساوی بوده و به این ترتیب می شد سختی دو قطعه فلزی را مستقیماً با همدیگر مقایسه کرد. در سال ۱۸۹۷ فوپل (Foeppl) به جای شمش های منشوری از دو نیم استوانه استفاده کرد. وی نسبت سطح پهن شده به نیروی وارده را معیار سختی معرفی نمود.

## اهمیت و فواید

مطمئننا ارزش و اهمیت ویژگی های مواد را نمی توان نادیده گرفت. اطلاعات حاصل از سختی سنجی می تواند به همراه سایر تکنیک های تائید کیفیت مواد از قبیل تست کشش و فشار مورد استفاده قرار گرفته و مکمل آنها باشد.

تست مواد و سختی سنجی آنها تا چه اندازه مفید است و اهمیت دارد؟ اطلاعات بدست آمده از سختی سنجی و اهمیت آن در سازه های ساختمانی، صنعت خودرو، صنعت ریخته گری، هوا فضا، کنترل کیفیت و... را در نظر بگیرید. با در دست داشتن این ویژگی ها، بینش ارزشمندی برای دوام، قدرت، انعطاف پذیری و قابلیت های انواع مختلف قطعات که از مواد خام به کالای نهایی تبدیل می شوند فراهم می گردد.

در بسیاری از کاربردهای صنعتی نیاز به قطعاتی است که دارای سطحی سخت بوده، و در عین حال از چقرمگی و مقاومت به ضربه خوبی نیز برخوردار باشند. از جمله مواردی که می توان در این رابطه به عنوان مثال به آنها اشاره کرد عبارتند از: میل لنگ، میل بادامک، چرخ دنده و قطعات مشابه. این قطعات باید سطحی بسیار سخت و مقاوم در برابر سایش داشته و همچنین بسیار چقرمه و مقاوم در برابر ضربه های وارده در حین کار باشند.

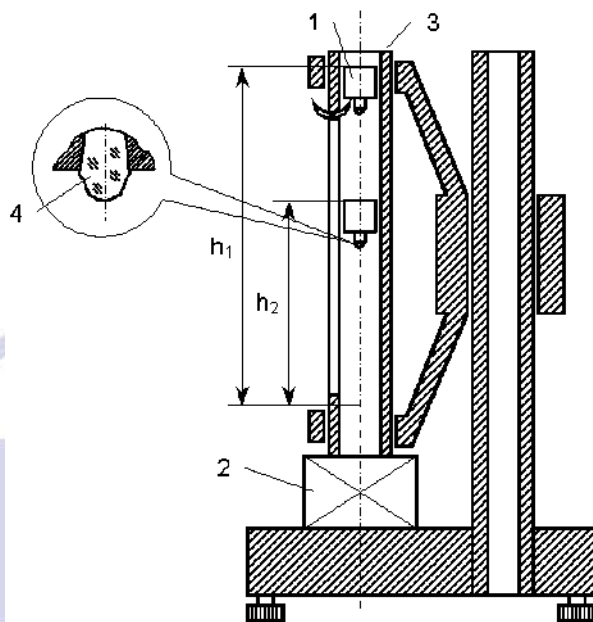
## دسته بندی روش های سختی سنجی

به طور کلی با توجه به نحوه سختی سنجی، می توان آزمون های سختی سنجی موجود را به سه دسته کلی تقسیم نمود [۲]:

- ۱) آزمون سختی الاستیک
- ۲) آزمون مقاومت در برابر برش یا سایش
- ۳) آزمون مقاومت در برابر فرورفتگی

## ۱) آزمون سختی الاستیک

این روش توسط شور معرفی گردید. در این نوع سختی سنجی از وسیله ای به نام اسکروسکوپ استفاده می شود ( شکل ۱). اساس کار در این دستگاه بدین گونه است که یک هرم الماس یا منشور با وزن مشخص که از ارتفاع معینی رها شده، پس از برخورد با سطح مجدداً به طرف بالا برگشت می کند. ارتفاع برگشت اندازه گیری شده که نشانگر میزان انرژی جذب شده توسط سطح فلز است، مبین میزان سختی است. این روش به روش دینامیکی نیز معروف است.



تصویر ۱) ساختار ساده دستگاه اسکروسکوپ شور

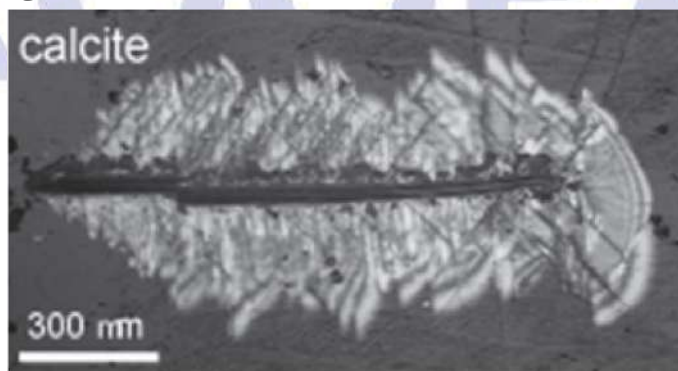
## ۲) سختی سنجی از طریق مقاومت در برابر برش یا سایش

این روش آزمون از اولین روشهای بررسی سختی اجسام می باشد، که توسط زمین شناس معروف، فردریک موس بنیان نهاده شده است. به این روش، ماینرالوژی نیز گفته می شود. در روش ماینرالوژی ( کانی شناسی) از روش ایجاد خراش استفاده می شود. ماینرال ها و سایر مواد بر حسب قدرت خراش دادن بر دیگر مواد طبقه بندی شده و آن را به صورت جدولی به نام ( MOHS ) نشان می دهند که در آن نرم ترین کانی یعنی تالک دارای سختی ۱ و سخت ترین آنها یعنی الماس با سختی ۱۰ می باشد. بدین ترتیب جسم سخت تر قابلیت ایجاد خراش بر روی جسم نرم تر را دارا است. مزیت این روش سهولت آن بوده و یک دید سریع به کارشناسان می دهد. سختی سنجی موس در بین زمین شناسان بسیار رایج بوده ولی معمولاً برای فلزات به کار نمی رود. عیب بزرگ این روش حدودی بودن آن و عدم یکنواختی بین مقیاس ها است. عدد سختی مواد مختلف در مقیاس موس در جدول ۱ آورده شده است.

Mineral	Hardness
Talc	1
Gypsum	2
Calcite	3
Fluorite	4
Apatite	5
Feldspar	6
Quartz	7
Topaz	8
Corundum	9
Diamond	10

جدول ۱) طبقه بندی مواد در جدول Mohs

در نوع دیگری از آزمایش سختی خراش، عمق یا عرض خراشی که در اثر کشیدن سوزن الماسه با یک بار معین روی سطح ایجاد شده، اندازه گرفته می شود (شکل ۲). این وسیله گرچه برای اندازه گیری سختی نسبی اجزای ریز، ابزار مفیدی است، ولی دقت زیاد نداشته و تکرار پذیر نیست. اگر یک ماده نامشخص با شماره ۶ خراشیده شود ولی با شماره ۵ خراشیده نشود، سختی آن بین ۵ و ۶ خواهد بود. بزرگترین عیب این روش آنست که مقیاس سختی یکنواخت نیست. وقتی که سختی مواد معدنی با روشهای دیگر سختی سنجی اندازه گرفته می شود، در می یابیم که مقادیر بین ۱ و ۹ خلاصه شده و بین ۹ تا ۱۰ یک فاصله و خلاء بزرگی افتاده است.



تصویر ۲) آزمون خراش با استفاده از سوزن الماسه

**File Test**: این روش به روش مقاومت در برابر سایش موسوم می باشد. در این روش به صورتی قطعه را مورد بررسی قرار می دهند که مشاهده کنند قطعه مزبور توسط سوهانی که زبری یا سختی آن مشخص است ساییده می شود یا خیر. آزمایش های مقایسه ای با یک سوهان یا ابزار ساینده بستگی دارد به : اندازه، شکل، و سختی ابزار و سرعت، فشار و زاویه سایش در طی آزمایش، و به ترکیب و عملیات حرارتی مواد تحت آزمایش. این روش بطور کلی در صنعت به عنوان یک معیار قبول یا رد مواد مورد استفاده قرار می گیرد.

### (۳) سختی سنجی از طریق مقاومت در برابر فرورفتگی

این آزمون و روش های مختلف آن بوسیله نفوذ یک فرو رونده در قطعه ی مورد آزمایش انجام می گیرد. در این آزمون قطعه مورد آزمایش بر روی یک میز صلب به صورت کامل فیکس شده و فرو رونده تحت بار ثابت و مشخص در قطعه فرو می رود [۲]. اعمال نیرو به صورت مستقیم یا به کمک یک سیستم اهرمی انجام میشود. مقاومت جسم در برابر نفوذ فرو رونده بیانگر میزان سختی آن خواهد بود. این روش به آزمون سختی نفوذ نیز معروف است و روش های مختلف آن از متداول ترین روش های سختی سنجی می باشند. بسته به نوع آزمون، سختی با یک عدد بیان می گردد که با عمق نفوذ تحت یک بار ثابت و یا مساحت اثر ایجاد شده توسط فرو رونده در محل نفوذ رابطه معکوس دارد [۱، ۲].

چهار روش متداول برای انجام آزمایش سختی فرورفتگی یا سختی نفوذی وجود دارد که عبارتند از:

- (۱) آزمون سختی سنجی برینل
- (۲) آزمون سختی سنجی راکول
- (۳) آزمون سختی سنجی ویکرز
- (۴) آزمون ریز سختی سنجی

### مراجع

1. Dieter, G.E. and D.J. Bacon, *Mechanical metallurgy*. Vol. 3. 1986: McGraw-hill New York
2. Avner, S.H., *Introduction to physical metallurgy*. 1964