

## آزمایش اول:

### آزمون سختی (Hardness Testing)

**هدف:** آشنایی با روش‌های استاندارد و متداول اندازه‌گیری سختی فلزات

#### مقدمه و شرح آزمایش:

سختی یک واژه کلی بوده و تعاریف متفاوتی از آن شده است. بسته به نوع آزمایش و کاربرد، بعضی تعاریف متداول عبارت‌اند از:

۱- مقاومت در برابر خراش (Scratch hardness)

۲- میزان جذب انرژی تحت نیروهای ضربه‌ای (Rebound hardness)

۳- مقاومت در برابر فرورفتگی تحت بارهای استاتیکی (Indentation hardness)

سختی فلزات عموماً به صورت مورد سوم تعریف می‌شود. در این مورد، یک فرورونده روی سطح فلز فشرده شده و اثری روی سطح باقی می‌گذارد. با توجه به سطح یا عمق اثر فرورونده روی سطح فلز، میزان سختی اندازه‌گیری می‌شود. هر چه سطح و عمق اثر فرورونده کوچک‌تر باشد، سختی ماده بیشتر است. روش‌های استاندارد مختلفی برای اندازه‌گیری این نوع سختی وجود دارد که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

۱- سختی سنجی برینل (Brinell)

۲- سختی سنجی ویکرز (Vickers)

۳- سختی سنجی راکول (Rockwell)

در این آزمایش پس از آشنایی با دستگاه و نحوه کار آن، چند نمونه فلزی سختی سنجی می‌شوند. مقیاس‌های ویکرز، برینل و راکول برای اندازه‌گیری سختی هر نمونه استفاده شده و در نهایت سختی نمونه‌های مختلف با هم مقایسه می‌شود.

#### خواسته‌های آزمایش (در قسمت یافته‌ها و بحث گزارش):

- سختی هر نمونه با استفاده از روش‌های ویکرز، برینل و راکول اندازه‌گیری شود.

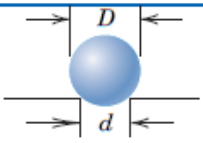
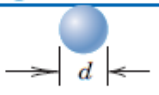
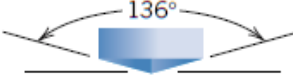

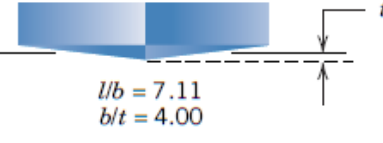
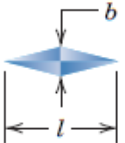
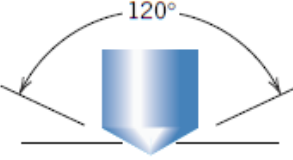

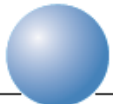

- نمودار ستونی سختی‌های اندازه‌گیری شده رسم شود. (برای هر نمونه به صورت جداگانه)

- سختی نمونه‌های از جنس‌های مختلف با هم مقایسه شوند.
- مقادیر سختی نمونه فولادی که با روش‌های ویکرز و راکول اندازه‌گیری شده است، با استفاده از جدول تبدیل سختی‌ها (Hardness Conversion Chart) با هم مقایسه شوند.

### سوالات:

- ۱- شرایط نمونه و سطح آن را برای انجام هر یک از آزمون‌های سختی برینل، راکول و ویکرز بیان کنید.
- ۲- اگر یک نمونه مجهول فلزی در اختیار شما قرار داده باشند، از کدام یک از روش‌های سختی‌سنجی بالا استفاده می‌کنید؟ چرا؟
- ۳- آیا نمونه‌های پلیمری و سرامیکی را می‌توان با سه روش بالا سختی‌سنجی کرد؟ توضیح دهید.
- ۴- اگر هدف از سختی‌سنجی، کنترل کیفی قطعات تولید شده در یک خط تولید با تیراژ بالا باشد، کدام روش سختی‌سنجی را مناسب می‌دانید؟

### Hardness-Testing Techniques

<i>Test</i>	<i>Indenter</i>	<i>Shape of Indentation</i>		<i>Load</i>	<i>Formula for Hardness Number<sup>a</sup></i>	
		<i>Side View</i>	<i>Top View</i>			
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			$P$	$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$	
Vickers microhardness	Diamond pyramid			$P$	$HV = 1.854P/d_1^2$	
Knoop microhardness	Diamond pyramid			$P$	$HK = 14.2P/l^2$	
Rockwell and superficial Rockwell	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> <p>Diamond cone:  <math>\frac{1}{16}</math>, <math>\frac{1}{8}</math>, <math>\frac{1}{4}</math>, <math>\frac{1}{2}</math> in. diameter</p> <p>steel spheres</p> </div> </div>			<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <math>60 \text{ kg}</math>  <math>100 \text{ kg}</math>  <math>150 \text{ kg}</math> </div> <div style="font-size: 2em;">}</div> <div>Rockwell</div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <math>15 \text{ kg}</math>  <math>30 \text{ kg}</math>  <math>45 \text{ kg}</math> </div> <div style="font-size: 2em;">}</div> <div>Superficial Rockwell</div> </div> </div>		

<sup>a</sup>For the hardness formulas given,  $P$  (the applied load) is in kg, and  $D$ ,  $d$ ,  $d_1$ , and  $l$  are all in millimeters.

Source: Adapted from H. W. Hayden, W. G. Moffatt, and J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. III, *Mechanical Behavior*. Copyright © 1965 by John Wiley & Sons, New York.