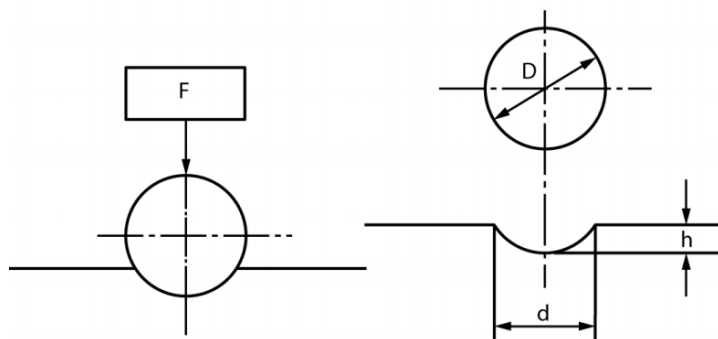


## آزمون سختی سنجی

سختی مواد را می توان به شکل های مختلف تعریف کرد. معمولاً به صورت "مقاومت در برابر خراش" یا "مقاومت در برابر تغییر شک پلاستیک موضعی در اثر فرو رفتن یک جسم خارجی" در نظر گرفته می شود. آزمون های مختلف سختی بر اساس اندازه گیری یکی از این ویژگی ها طراحی شده اند. این آزمون به دو صورت ماکرو و میکروانجام می گیرد که البته روش های ماکرو را می توان با تغییر کاربری به مقیاس میکرو برد. لازم به ذکر است که سختی یک عدد بدون بعد است و عدد بزرگ تر در هر مقیاس، به معنی ماده سخت تر است. آزمون های سختی معمولاً برای فلزات شامل آزمون های فرورفتگی هستند که به صورت استاتیک یا دینامیک انجام می شوند. در آزمون ایستا، فرورفتگی تحت بار مشخص ایجاد می شود و اندازه آن نشان دهنده سختی ماده است. نقطه اثر بزرگ تر در اثر فرورفتگی بیشتر به معنای ماده نرم تر است. آزمون برینل اولین آزمون ایستای فرورفتگی بود که به طور عمومی استفاده شد. در این آزمون معمولاً از یک ساچمه از جنس فولاد سخت یا کاربید تنگستن با قطر ۱۰ میلی متر، برای اعمال بار بر روی سطح ماده استفاده می شود. برای فلزات سخت، مقدار بار ۳۰۰۰ کیلوگرم، برای فلزات نیمه سخت ۱۵۰۰ کیلوگرم و برای فلزات نرم ۵۰۰ کیلوگرم یا کمتر برای مدت زمان مشخص اعمال می شود. نمایی از چگونگی انجام آزمون، در شکل ۱ نشان داده شده است. عدد سختی برینل (HBW) مقدار فشار وارد بر واحد سطح حفره ایجاد شده بر حسب کیلوگرم بر میلی متر مربع است که به صورت زیر به دست می آید:

$$HBW = \frac{2F_{kgf}}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$



شکل ۱. نمایی از آزمون سختی سنجی برینل.

سختی سنجی برینل را می توان توسط یک سختی سنج یونیورسال با اضافه کردن یک مبدل مناسب که ساچمه را نگه می دارد، انجام داد. در آزمایش برینل استاندارد قطر حفره ایجاد شده توسط ساچمه، به وسیله یک میکروسکوپ میکرومتر و یا میکروسکوپ برینل که یک صفحه شفاف مدرج در میان آن است، اندازه گرفته می شود. مطابق با شکل ۱، این آزمون در دو مرحله انجام می شود:

مرحله ۱: فرورفتگی در جهت عمود بر سطح با نمونه آزمایش تماس داده شده و نیروی آزمایش  $F$  اعمال می‌شود. نیروی آزمایش برای مدت زمان مشخصی نگه داشته شده و سپس برداشته می‌شود.

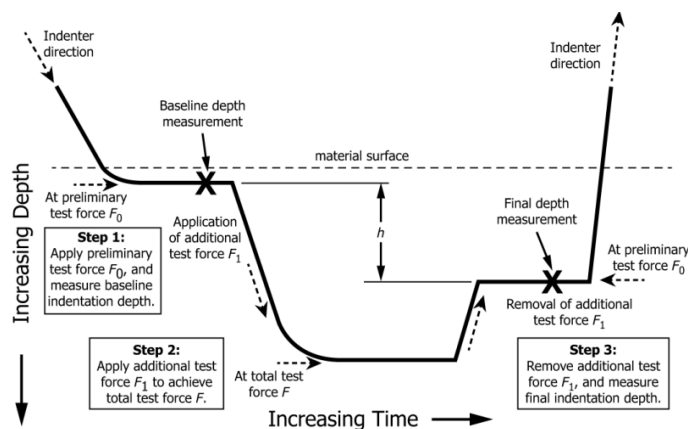
مرحله ۲: قطر فرورفتگی حداقل در دو جهت عمود بر یکدیگر اندازه‌گیری می‌شود. مقدار سختی برینل از میانگین اندازه‌گیری‌های قطر بدست می‌آید.

آزمون راکول یک آزمون سختی سنجی تجربی است که می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد مواد فلزی ارائه دهد. این اطلاعات ممکن است با استحکام کششی، مقاومت در برابر سایش، شکل‌پذیری و سایر ویژگی‌های فیزیکی مواد فلزی مرتبط باشند و می‌تواند در کنترل کیفیت و انتخاب مواد مفید باشد. این آزمون با استفاده از یک دستگاه یونیورسال برای وارد کردن یک فرورونده مخروط الماسی یا فرورونده ساچمه‌ای کاربید تنگستن (یا فولادی)، تحت شرایط مشخص به سطح ماده تحت آزمایش، انجام می‌شود. اساس این روش اندازه‌گیری تفاوت عمق فرورفتگی با افزایش نیروی وارد بر فرورونده ( $F_1$ ) از یک نیروی آزمایش اولیه ( $F_0$ ) مشخص به یک نیروی آزمایش کل ( $F$ ) مشخص و سپس بازگشت به نیروی آزمایش اولیه است. اصل کلی آزمایش سختی راکول در شکل ۲ نشان داده شده است. این آزمایش به سه مرحله تقسیم می‌شود:

مرحله ۱: فرورونده با نمونه آزمایش تماس داده شده و نیروی اولیه آزمایش  $F_0$  اعمال می‌شود. پس از نگه داشتن نیروی اولیه آزمایش برای مدت زمان توقف مشخص، عمق پایه فرورفتگی اندازه‌گیری می‌شود.

مرحله ۲: نیروی وارد بر فرورونده با سرعت کنترل شده توسط نیروی اضافی آزمایش  $F_1$  افزایش می‌یابد تا به نیروی کل آزمایش  $F$  برسد. نیروی کل آزمایش برای مدت زمان توقف مشخص نگه داشته می‌شود.

مرحله ۳: نیروی اضافی آزمایش حذف می‌شود و به نیروی اولیه آزمایش برمی‌گردد. پس از نگه داشتن نیروی اولیه آزمایش برای مدت زمان توقف مشخص، عمق نهایی فرورفتگی اندازه‌گیری می‌شود. مقدار سختی راکول از اختلاف در عمق فرورفتگی نهایی و پایه ( $h$ ) در حالی که تحت نیروی اولیه آزمایش قرار دارد، بدست می‌آید. نیروی اولیه آزمایش حذف شده و فرورونده از نمونه آزمایش جدا می‌شود.



عدد سختی را کول یک عدد دلخواه است که طبق روش محاسبه، برای مواد سخت‌تر، عدد بالاتری را نتیجه می‌دهد. و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Rockwell Hardness} = 100 - \frac{h}{0.002}$$