



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی و علم مواد

آزمایشگاه خواص مکانیکی مواد

آزمایش شماره ۴:

سختی سنجی

نگارش:

امید فرزانه



گروه:

دوشنبه ۱۶:۳۰ الی ۱۹:۳۰

اساتید درس:

دکتر سیامک سراج زاده

مهندس جعفر مهدی اخگر

تئری آزمون 4 خواص مکانیکی مواد

ایده سزانه

سختی را به صورتی تعریف می‌کنند که مقاومت در برابر تغییر شکل (در ملزات تغییر شکل مومسان) معطراست (تغییر شکل) در اندام میل‌خالی

تخلی برای سختی میزان سختی معرفی می‌شود، که مورد اجتناب ترین آن مقاومت در مقابل فرو رفتگی است.

انواع مختلف این روش عبارت اند از :

① روش بریل :	کاربرد تست : ملزات سخت فرادی : ملزات خمگی	→ قطر مخروط = 10 mm
• قزوینه (indenter)	ملزات سخت : 3000 kgf ملزات با سفتی متوسط : 1500 kgf ملزات با سفتی کم : 500 kgf	• مدت زمان نیروی اعمالی → 30 s : ملزات سخت 65 s : ملزات غیر سخت

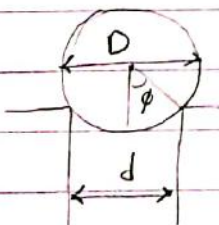
اطلاعات بالا، اطلاعاتی کلی درباره‌ی این روش است.

بعد برداشتن بار اعمالی از مخروط، دو قطر اثر (فردتگی) ایجاد شده یا قطر متوسط کم قدرت (low-power) اندازه‌گیری می‌شود و میانگین آن‌ها به عنوان قطر اثر گزارش می‌شود.

عدد سختی گزارش شده دلیل این روش، نیرو بر سطح اثر ایجاد شده و از منحنی رابطه و بدست می‌آید.

$$BHN = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot t} = \frac{P}{(\pi \cdot D_2) (0.1 - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

mm قطر اثر d mm قطر مخروط D mm عمق اثر t kg نیرو P



اگر سطحی شکل داده شود ϕ ، رابطه با سفتی، نیروی به صورت زیر باز نویسی می‌شود.

$$BHN = \frac{P}{\pi \cdot D^2 / 2 (1 - \cos \phi)}$$

از فرمول اخیر نتیجه می‌شود که اگر در برابر غیر استاندارد (فرود ریز) (معمم) غیر استاندارد) است انجام شود، برای دانش نتیجه می‌آید

این عبارتی از فرمولی که با 2ϕ ثابت باشد از این خود نتیجه می‌دهد :

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2} = \frac{P_3}{D_3^2} = k$$

که k ثابتی وابسته به جنس غونده است. همواره ظرف k بهرست مبالغ است.

$k=1 \rightarrow$ سرب

$k=5 \rightarrow$ مس و آلومینیم

$k=10 \rightarrow$ آلیاژهای بد

$k=30 \rightarrow$ چین و فولاد

مخاطره که مبالغ جدول دور، با افزایش معنی غونده، همواره k نیز افزایش می یابد.

که علت آن این است که از رابطه $P = \frac{P_0}{D^2}$ ، باطرز فروردینگی k میان، هرچه ماده سخت تر

باشد، نیروی بیشتری برای انجام تست باید صرف شود، لذا k باید عدد بزرگتری باشد.

مزالا و محدودیت های این روش بدین شکل نگاه :

به علت معنی اثر بزرگ، مانع روش برای شاقص ناخوشی الی الی می شود. (چند ماری) مزالا لوی میانی از آن لایه (ماری) الی الی می شود.

باز هم به علت بزرگ بودن معنی، مانع کسری به عیب معنی حساس اند و لذا آگاهی معنی کسری برای این تست نیاز است.

غیر فخر بر بودن سب به دلیل ها.

اثر بزرگ آن باعث می شود اما تعداد معنی کسری از یک غونده بقیان فرست و دوا در غونده با سبب خاص محدودیت است و خواهیم

و استکی مانع معنی در این روش به تعبیرات می شود: با افزایش نیروی امتزاش در سبب کاهش می یابد.

② معنی ماری:

این معنی بسیار به بریل است مبالغی که فرمول معنی آن به هرست زیر است.

(در حالت سبب بر و در معنی اثر تعریف می شود)

$$\frac{4P}{\pi d^2} : \text{معنی ماری}$$

نویس اصلی این تست به بریل است که اکثر به نیروی اعمال شده وابسته است.

ملزات آتیل شده		ملزات کار سبب شده
بسیار کم معنی ایجاد شده	امتراش با امتراش P	ثابت
کمتر	امتراش پس امتراش P	کاهش با امتراش P
بسیار	امتراش پس امتراش P	معنی بریل

③ دلیزر : نامین مغالت مابل 136° → حرم لمعبرج الماسی (indenter) فرورنده

مغنی دوش به صفت مغنیو تقسیم بر سطحی شد در عمل ما از نامری مغالین قطر اثر جالده و به صفت فرورنده میزاست .

$$\text{مغالین قطر اثر ایا رنده } L = \text{و ل مغنیو } P = 5 \text{ gf} \quad \theta = 136^\circ \quad \text{mm}$$

$$\text{DPH - VHN} = \frac{2 \cdot P \cdot \sin(\theta/2)}{L^2} = \frac{1.854 P}{L^2} \quad *$$

آلمه : اسم دلیزر است دلیزر (Vickers hardness test) ، (Diamond-pyramidal hardness test) DPH است

میزان و محاسب دلیزر دلیز : $\text{DPH} = \{5 - 1500\}$ ، $\{1 - 120\}$ دلیزر دلیز

میزان : با توجه به محاسب بودن مایع آن از مغنیو اعلالی (در جزوه مغنیو اعلالی) ، به وسیلهی شعاعهای شعاع از $1 - 120$ و دوش
تستوی و دوشی از دوش صفت نامیم را آزمایش کردیم (5 DPH - 1500)

در جابجای که تغییرات خیزی حاشیه است اند (مغنیو) این دوش و بریل می تواند کاربرد داشته باشد .

محاسب : به دلالی تک سیر بودن فرورنده و سطح اثر ایا رنده و به آن ، فصل از ناخالصی ها خواهد بود (سمت های مختلف) لذا
برای مغالین چند دلیز محاسب می شود

بلاخره به دلالی سطحی اثر ایا رندی اعلالی سطح خوبی نیاز است ، زیرا که به مغنیو سطحی حساس خواهد بود .

سرعت عمل به کم این دوش و دوش بریل سبب شده که این دو دوش سیر در مارهای محاسباتی کاربرد داشته باشند (آدم صفت)

④ دالول :

فرورنده : مخروط الماسی با زاویه رأس 120° A ، C ، D

ماچمه نواری به قطر $\{8 \text{ mm}\}$ ایچ ایچ H ، F

$\{14 \text{ mm}\}$ ایچ ایچ G ، F ، B

دوش انجام : ابتدا برای ثبت فل انجام تست در غونده ، مغنیو و اعلالی می شود . پس با توجه به نرخ آن یک مغنیو اعلالی مشخص

subject :

date :

داده فروردین انتخاب می شود. از جدول زیر انتخاب R_c , R_b , R_e است.

عمر مفید R را بر مبنای N و d می دانند. $HR = N - d/5$

که d بر حسب mm و N و R بر حسب درصد است، به طور مثال برای R_c و R_b داریم:

$$R_b = 130 - \frac{d}{0.002} HRB \quad R_c = 100 - \frac{d}{0.002} HRC$$

نکته: HRB , HRA و HRC بر حسب درصد است. $0 HRB \leq R_b \leq 100 HRB$ $20 HRC \leq R_c \leq 70 HRC$

مثلاً: سختی بالا - سطح استیل - آما سازی سطح (مطابق با $10 kg$) - محاسبات ساده تر به استفاده از سختی

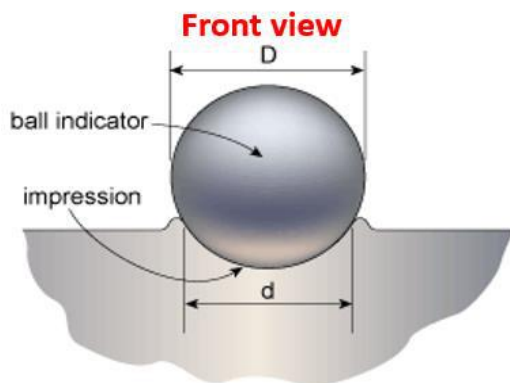
محاسبه: R_b که $100 P$ است \rightarrow می توان از جدول زیر استفاده کرد \rightarrow سطح کوای برای هر نوع R R_c که $150 P$ است \rightarrow می توان از جدول زیر استفاده کرد \rightarrow قطر دارد

\rightarrow رعایت نکات زیر در انجام تست سختی ضروری است:

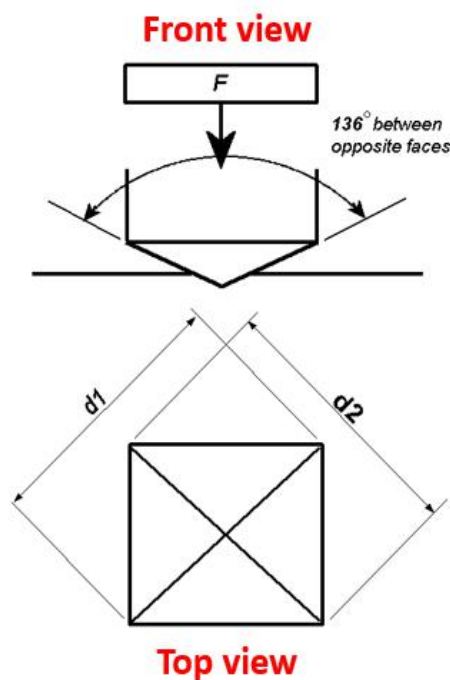
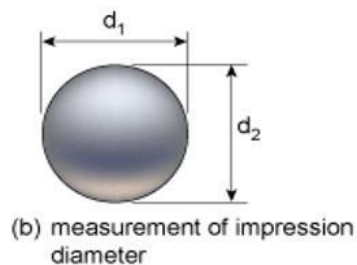
1. سطح نمونه باید آماده سازی کامل شود. 2. سطح نمونه سطح یکدست و برش خورده ای نداشته باشد. 3. فواصل بین دو تست باید 3-5 برابر قطر باشد.

4. سرعت اعمال نیرو باید استاندارد باشد. 5. ترجیحاً از نمونه های یکسان استفاده شود. 6. ضخامت نمونه محدوداً باید 10 برابر

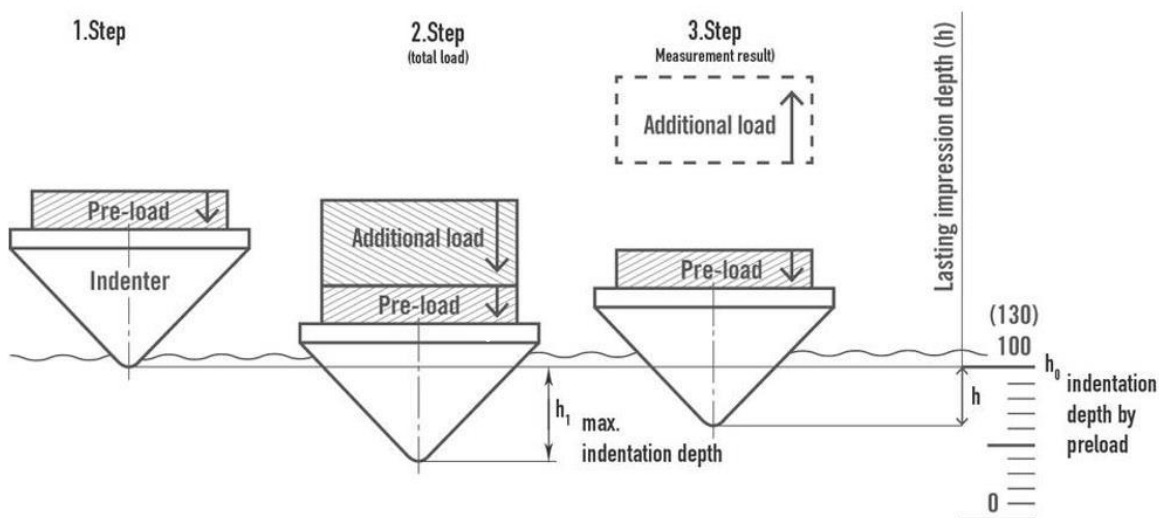
قطر باشد (به همین خاطر در ماشین تست های لایه ای از $10 kg$ برای سختی استفاده می شود)



(a) Brinell indentation



شکل ۱. شماتیک تست سختی سنجی برینل (چپ) و تست ویکرز (راست)



شکل ۲. شماتیک مراحل تست سختی سنجی راکول (فرو رونده مخروط الماسی)

① - برنیل :

$$BHN = \frac{P}{(\pi \cdot d)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, P = 62.5 \text{ kgf}, D = 2.5 \text{ mm}$$

نمونه‌سی :

$$d = 0.87 \text{ mm} \rightarrow BHN = 101.850$$

$$d = 0.865 \text{ mm} \rightarrow BHN = 103.070 \Rightarrow \text{average} : 101.464$$

$$d = 0.88 \text{ mm} \rightarrow BHN = 99.472$$

نمونه A1 :

$$d = 0.79 \text{ mm} \rightarrow BHN = 124.241$$

$$d = 0.785 \text{ mm} \rightarrow BHN = 125.871 \Rightarrow \text{average} : 124.251$$

$$d = 0.795 \text{ mm} \rightarrow BHN = 122.841$$

بالکل B :

83 HRB

46 HRB

$$\text{نمونه C} : 85 \text{ HRB} \Rightarrow \text{avg} : 84 \text{ HRB}$$

$$\text{نمونه B} : 48 \text{ HRB} \Rightarrow \text{avg} : 47 \text{ HRB}$$

84 HRB

47 HRB

مقایسه سختی هاریدیت اچ برای هر نمونه در جدول قرار داده شده است.

② غوازه خواسته شده در شکل رسم شده است.

نقطه‌ای 1 نزدیک‌ترین نقطه انجام است به داخل نمونه و نقطه‌ای 7 دورترین است

حداکثر که دیده شود ، مکانی بین نقطه‌ی 2 و کمترین میزان سختی را داریم.

علت این اتفاق این است که این نمونه ناهمگنی غلافی که در جنس داریم ، لایه‌های داخلی و بیرونی سبب تغییر شکل و

باز این بهترین مقدار را می‌توانیم را بخواهیم داشت. (البته اگر جنس در منطقه الاستیک را رسم کرده باشیم اما اینجا نمونه ناهمگنی شکل تغییر فرم الاستیک

داشته است) از سبب این در سختی را دارند. در این بین جایی می‌توانیم خواسته داشت که کمترین تغییر شکل را بخواهیم داشت

(در جنس الاستیک ما می‌توانیم خواسته داشت و در جنس پلاستیک که می‌سیم غوازه هم در وسط نمونه قرار ندارد)

③ به هر کل است جابجایی مالت شللی از مرتب در فواصل را نشان می دهد.

و مابین غرض جابجایی که در ممت از ناحیه است بر رنده است (در استراحت).

لذا در استهای بر رنده غرض فرست ایدار است و مابین به در تقابلی شده که حسن باعث استنای می آید اما بعضی

انطاف پذیری و غیر کل می شود (به خاطر تفاوت در مالت کرسالی در رنده تفاوت در ممت های لغزنی)

و در رنده خراسته شده در کل 4 است.

خاکه که در ممت از نقطه 1 که نزدیک ترین به استهای بر رنده و نقطه 39 که دورترین است، مقدار ممتی لازم شده

کاهش می یابد که به دلیل توصیات بالا مالتی است و مالت خراسته های است جابجایی ممتی نمی خواهند است.

④ اما اگر مقصود ما از است ممتی لازم نیایی برای یک کار دستی است، پس توصیات در ممتی لازم است، اما به برخی بریل یا ویکز

خواهیم رفت و در مثال برای سوت کل ستر ممت، لابل را آفتاب می کنیم.

در بریل با داشتن ممت 1، ممتی نیروی مناسب را برای غرض استوار کرد که گستره استایی بریل با از ممت ممت را پیش و بعد

به دیگر به لطف لعل بریل به طرز از نیرو می توان نیروهای زیادی با اعمال کرد که ممت سبب می شود که از ممت حلی نرم

حلی ممت را پیش و بعد.

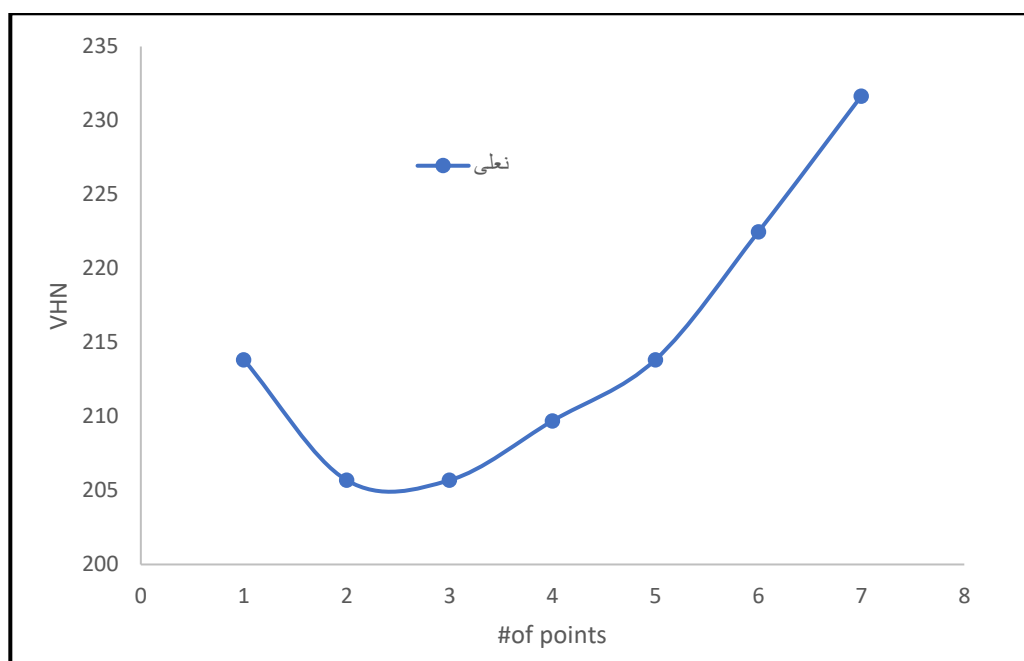
اما در ممت راکل، راکل B با ممت توانی به تقریب 1 افیج و ممتی 100 kg مناسب ممت نرم راکل بود و در ممت

راکل C با ممت الماسی و ممتی 150 kg مناسب ممت نرم راکل است.

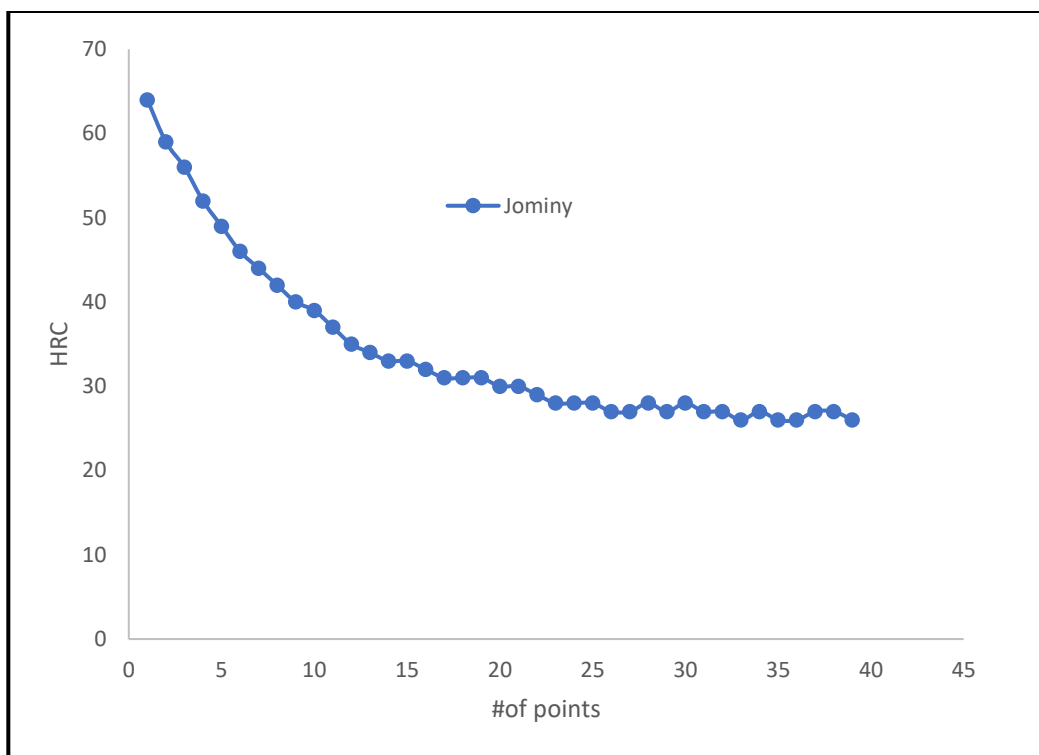
ست ممت با راکل B و ممت با راکل C سبب می شود که ممت غیر معمول و خارج از گستره تغییرات معمولی آن باشد

جدول ۱. مقادیر سختی فلزات مختلف

راکول B(HRB)	برینل (BHN)	نمونه آلیاژ مسی
-	101.464	نمونه آلیاژ آلومینیومی
-	124.251	نمونه فولادی
84	-	نمونه مسی
47	-	



شکل ۴. تغییرات سختی نمونه نعلی برحسب فاصله از داخل لبه فشاری



شکل ۵. تغییرات سختی نمونه جومینی برحسب فاصله از انتهای سریع سرد شده