

آزمون های خواص مکانیکی قطعه که خود به چند دسته تقسیم می شود :

۱-۱ آزمون های سختی ویکرز Vickers Hardness Number VHN :

در مورد مواردی که سختی آنها از ۵۰۰ به نیل تجاوز کند امکان استفاده از گلوله های فولادی در سنجش سختی ممکن نبوده لذا در چنین مواردی از روش تعیین سختی ویکرز استفاده می کنند در این روش به جای به کار بردن ساچمه ی فولادی از فرو برنده های الماس به صورت هدفی با زاویه ای راس ۱۳۶ درجه استفاده کرد .

۱-۲ آزمون های سختی برینل (Brinell Hardness number) :

در این روش نیرویی معادل ۳۰۰۰ کیلو گرم چدن و فولاد و ۵۰۰ کیلو گرم برای فلزات و آلیاژهای نرم توسط ساچمه ای از فولاد سخت و یا کاربیدی به قطر ۱۰ میلیمتر بر روی سطح قطعه که قبلاً صاف و هموار شده اعمال می گردد قطر حفره ی ایجاد شده روی نمونه به نرمی و سختی فلز بستگی دارد و آن را می توان توسط یک میکروسکوپ مدرج شده اندازه گرفت

$$\text{عدد سختی به نیل} = \frac{\text{سطح عرقچین } S}{\text{فشار } p}$$

۱-۳ آزمون های سختی راکول b,c (Racvel Hardness number) :

همانطور که در بالا مشاهده می کنید راکول به دو نوع (b) و (c) تقسیم می گردد . در آزمایش راکول (c) یک مخروط با زاویه راس ۱۲۰ درجه و فشار ۱۵۰ کیلو گرمی انجام می شود . عدد سختی راکول (c) از روی صفحه ی مدرج به طور مستقیم دستگاه خوانده می شود .

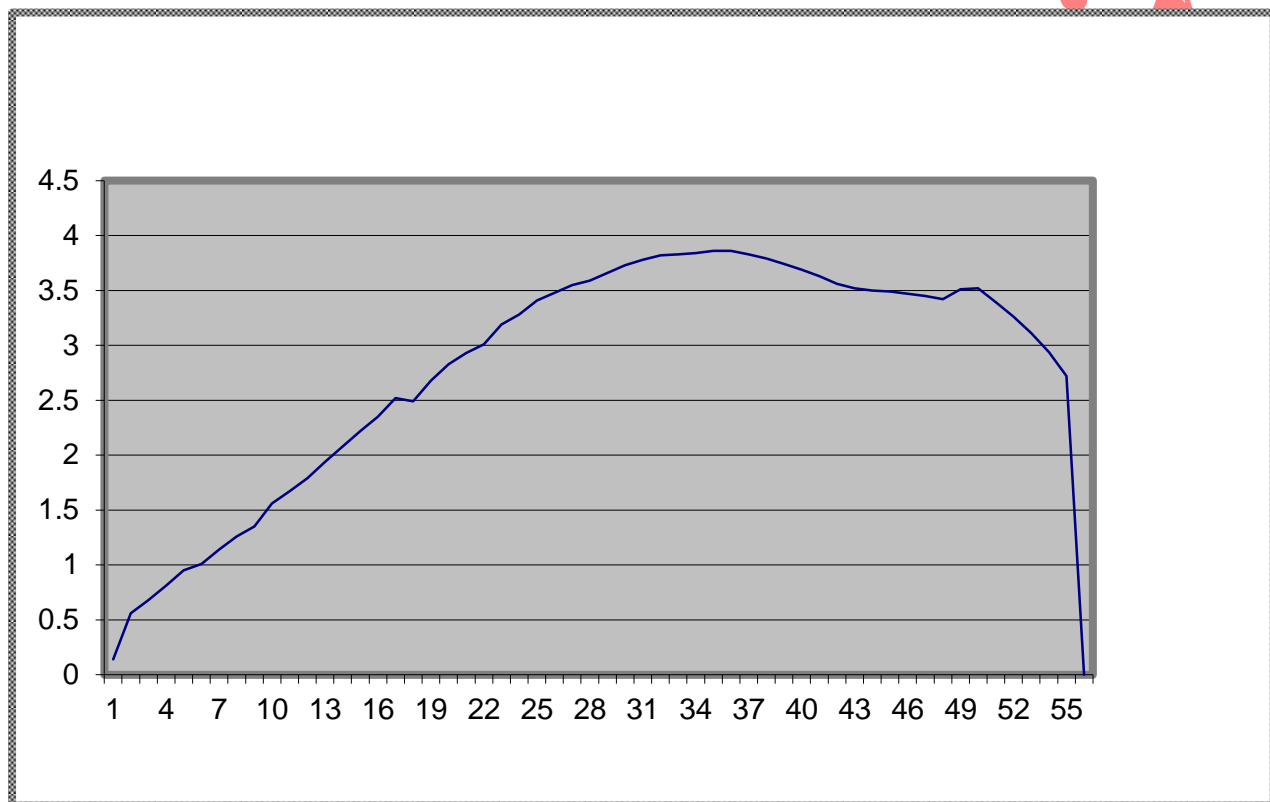
در روش راکول (b) از ساچمه ی فولادی به منظور ۱/۶ میلیمتر استفاده شده و فشار اعمالی تند ۱۰۰ کیلو گرم می باشد نکته ی حائز اهمیت در مقیاس عدد راکول تقسیم نیرو به عمق فرو رفتگی است و واحد آن بر حسب $\frac{kg}{mm^2}$ تعیین می شود لازم به ذکر است در مواردی که قطعه بزرگ بوده نوع دستی این دستگاه موجود می باشد و به راحتی می توان سختی قطعات بزرگ را اندازه گیری کرده.

۱-۴ آزمون کشش :

علاوه بر آزمون سختی ، آزمون کشش اغلب برای تعیین خواص مکانیکی بخصوص انجام می شود . نمونه ای که بطور مخصوص تهیه شده بین دو فک دستگاه آزمون قرار داده می شود . یک بار محوری بطور هیدرولیکی یا مکانیکی با سیستم بازدهی اهرمی بر نمونه اعمال می شود . نیرو در یک صفحه مدرج نشان داده می شود . اگر سطح مقطع اولیه نمونه معلوم باشد تنش تولید شده تحت هر نیرویی را می توان محاسبه کرد . تغییر شکل یا کرنش معمولاً در یک فاصله ثابت و معینی ، معمولاً ۲ اینچ ، توسط یک سنجه

مدرج به نام انبساط سنج اندازه گیری می شود . کرنش واحد را می توان از تقسیم افزایش طول بر طول اولیه (طول موثر) تعیین کرد. در بعضی موارد ممکن است از یک سنجه الکتریکی برای اندازه گیری کرنش کلی استفاده شود .

نمونه فولادی :



h-Dan

$$1) \sigma_y = \frac{F}{A_o} = \frac{0.56}{1508} \times 10^6 = 371.35 \text{ mpa}$$

$$2) \varepsilon_y = Ln \frac{L}{L_o} \Rightarrow \Delta L = 0.03 = L_o + \Delta L \Rightarrow L = 60 + 0.03 = 60.03 \text{ mm} \Rightarrow \varepsilon_y = Ln \frac{60.03}{60} =$$

$$4.99 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$3) \sigma_u = \frac{F}{A_o} = \frac{3.86}{1508} \times 10^6 = 2559.68 \text{ mpa}$$

$$4) \varepsilon_u = Ln \frac{L_U}{L_o} \Rightarrow \Delta L = 1.07 = L_o + \Delta L \Rightarrow 60 + 1.07 = L = 61.07 \text{ mm} \Rightarrow \varepsilon_y = Ln \frac{61.07}{60} =$$

$$\Rightarrow 0.072 \text{ mm}$$

$$5) \sigma_F = \frac{F}{A_o} = \frac{2.73}{1508} \times 10^6 = 1810 \text{ mpa}$$

$$6) \varepsilon_F = Ln \frac{L_F}{L_o} \Rightarrow \Delta L = 3.46 = L_o + \Delta L \Rightarrow 60 + 6.75 = L = 63.46 \text{ mm} \Rightarrow \varepsilon_F = Ln \frac{63.46}{60} =$$

$$\Rightarrow 0.1 \text{ mm}$$

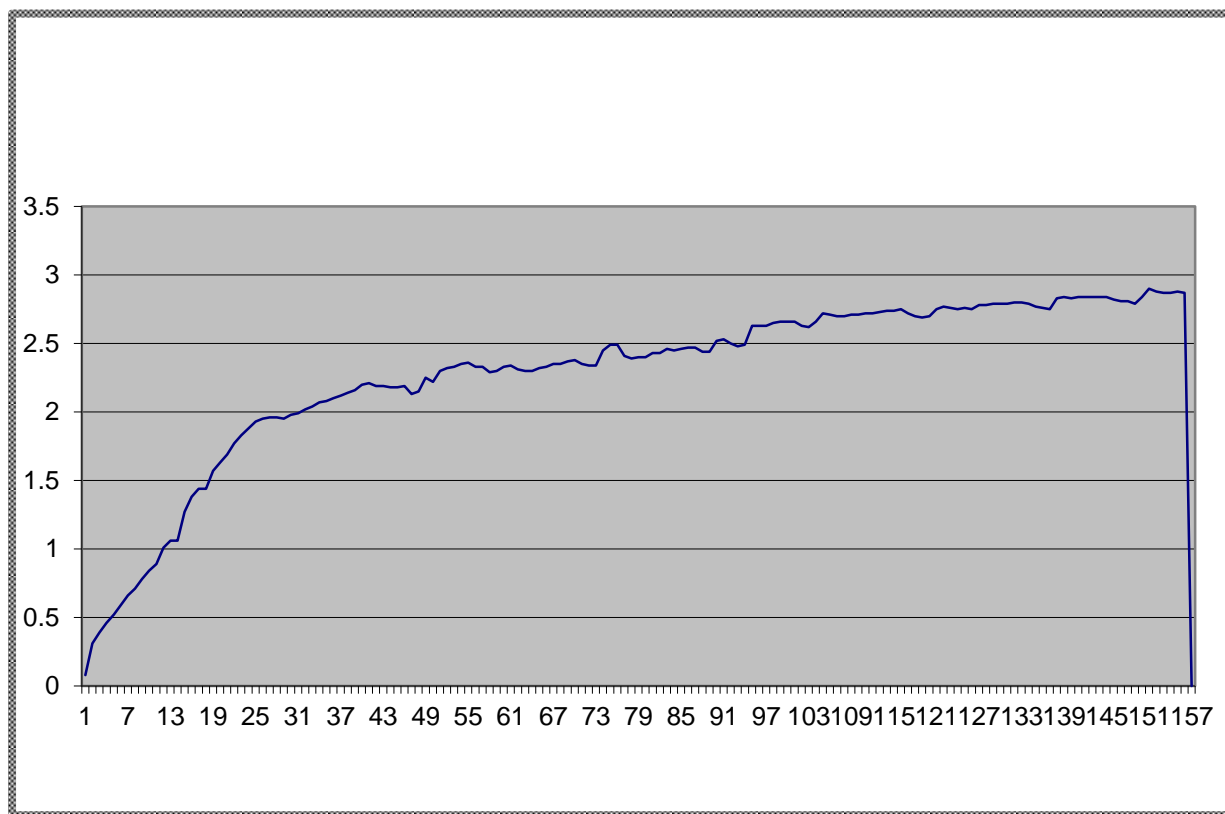
$$7) \%EL = \frac{L_F - L_o}{L} \times 100 \Rightarrow \frac{63.46 - 60}{60} \times 100 = 5.76\%$$

$$8) \%q = \frac{A_o - A_F}{A_o} \times 100 \Rightarrow \frac{1508 - 1594}{1508} \times 100 = -5.76\%$$

$$9) u_R = \frac{1}{2} \sigma_y \varepsilon_y = \frac{371.35 \times 4.99 \times 10^{-3}}{2} = .92$$

$$10) U_T = \int_0^{\varepsilon_F} \sigma d\varepsilon = 1810(0.056) = 101.36$$

نمونه برنجی :



h-Danesh

$$1) \sigma_y = \frac{F}{A_0} = \frac{1.27}{1508} \times 10^6 = 842.17 \text{ mpa}$$

$$2) \varepsilon_y = Ln \frac{L}{L_0} \Rightarrow \Delta L = 0.24 = L_0 + \Delta L \Rightarrow L = 60 + 0.24 = 60.24 \text{ mm} \Rightarrow \varepsilon_y = Ln \frac{60.24}{60} =$$

$$3.99 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$3) \sigma_u = \frac{F}{A_0} = \frac{2.88}{1508} \times 10^6 = 1909 \text{ mpa}$$

$$4) \varepsilon_u = Ln \frac{L^U}{L_0} \Rightarrow \Delta L = 11.4 = L_0 + \Delta L \Rightarrow 60 + 11.4 = L = 71.4 \text{ mm} \Rightarrow \varepsilon_y = Ln \frac{71.4}{60} =$$

$$\Rightarrow 0.17 \text{ mm}$$

$$5) \sigma_F = \frac{F}{A_0} = \frac{2.87}{1508} \times 10^6 = 1903.18 \text{ mpa}$$

÷

$$\Rightarrow 0.1 \text{ mm}$$

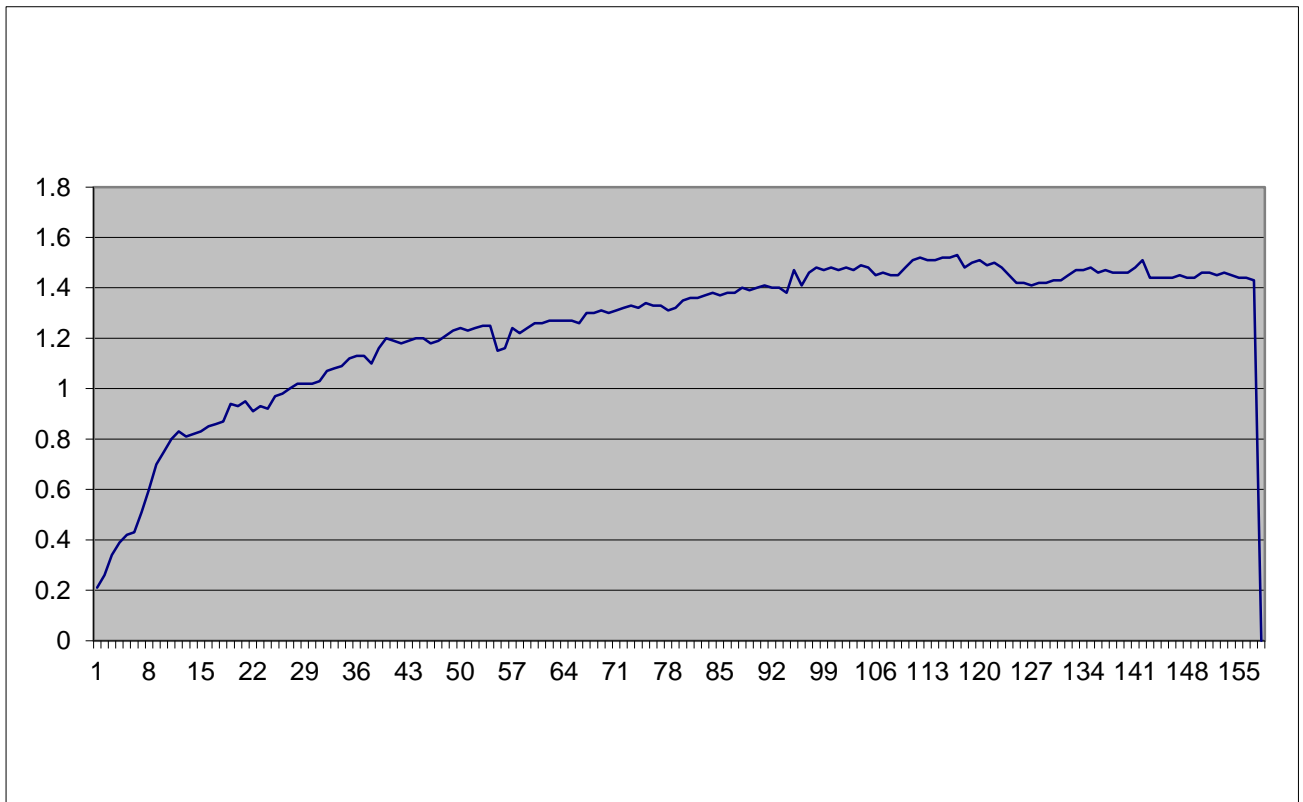
$$7) \%EL = \frac{L_F - L_0}{L} \times 100 \Rightarrow \frac{71.51 - 60}{60} \times 100 = 19.18\%$$

$$8) \%q = \frac{A_0 - A_F}{A_0} \times 100 \Rightarrow \frac{1508 - 1677.61}{1508} \times 100 = -11.24\%$$

$$9) u_R = \frac{1}{2} \sigma_y \varepsilon_y = \frac{842.17 \times 3.99 \times 10^{-3}}{2} = 1.68 \text{ mpa}$$

$$10) U_T = \int_0^{\varepsilon_F} \sigma d\varepsilon = 1903.18(0.175) = 333.025$$

نمونه آلومینیومی :



h-Danesh

$$1) \sigma_y = \frac{F}{A_0} = \frac{0.43}{1508} \times 10^6 = 285.14 \text{ mpa}$$

$$2) \varepsilon_y = Ln \frac{L}{L_0} \Rightarrow \Delta L = 0.13 = L - L_0 \Rightarrow L = 60 + 0.13 = 60.13 \text{ mm} \Rightarrow \varepsilon_y = Ln \frac{60.13}{60} = 2.16 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$3) \sigma_u = \frac{F}{A_0} = \frac{1.53}{1508} \times 10^6 = 1014.58 \text{ mpa}$$

$$4) \varepsilon_u = Ln \frac{L_U}{L_0} \Rightarrow \Delta L = 4.48 = L - L_0 \Rightarrow 60 + 4.48 = L = 64.48 \text{ mm} \Rightarrow \varepsilon_y = Ln \frac{64.48}{60} = 0.072 \text{ mm}$$

$$5) \sigma_F = \frac{F}{A_0} = \frac{1.43}{1508} \times 10^6 = 948.2 \text{ mpa}$$

$$6) \varepsilon_F = Ln \frac{L_F}{L_0} \Rightarrow \Delta L = 6.75 = L - L_0 \Rightarrow 60 + 6.75 = L = 66.75 \text{ mm} \Rightarrow \varepsilon_F = Ln \frac{66.75}{60} = 0.17 \text{ mm}$$

$$7) \%EL = \frac{L_F - L_0}{L_0} \times 100 \Rightarrow \frac{66.75 - 60}{60} \times 100 = 11.25\%$$

$$8) \%q = \frac{A_0 - A_F}{A_0} \times 100 \Rightarrow \frac{1508 - 1677.6}{1508} \times 100 = -11.25\%$$

$$9) u_R = \frac{1}{2} \sigma_y \varepsilon_y = \frac{285.14 - 2.16 \times 10^{-3}}{2} = 0.3$$

$$10) U_T = \int_0^{\varepsilon_F} \sigma d\varepsilon = 3557.2(0.1) = 355.72$$

۵-۱ آزمون ضربه :

چقرمگی یک ماده ممکن است بوسیله سطح زیر منحنی تنش - کرنش به دست آید . آزمون ربه نیز معیاری از چقرمگی نسبی ارائه خواهد داد .

عموماً برای آزمون های ضربه از نمونه های شکاف دار استفاده می شود . دو نوع شکاف عموماً در آزمون های ضربه خمشی بکار می رود ، شکاف جاکلیدی و V شکل .

نمونه شاریبی طوری در ماشین گذاشته می شود که هر دو انتهای آن درگیره محکم شده باشند ، در حالیکه یک انتهای نمونه ایزود محکم درگیره بسته شده و انتهای دیگر آن آزاد گذاشته شود.

دستگاه ضربه معمولی یک پاندول تاب خورنده با وزن ثابتی دارد که با توجه به نوع نمونه آزمایشی تا یک ارتفاع استاندارد بلند می شود . در آن ارتفاع ، پاندول نسبت به گیره ی نمونه مقدار معینی انرژی پتانسیل دارد هنگامی که پاندول رها می شود تا اینکه پاندول به نمونه برخورد می کند در نمونه شاریبی پاندول به پشت نمونه V برخورد می کند و مقداری از انرژی پاندول صرف شکستن نمونه می شود به طوری که پاندول در طرف دیگر دستگاه به ارتفاع کمتر از ارتفاع اولیه می رسد . وزن پاندول ضربه و اختلاف ارتفاع ، انرژی جذب شده توسط نمونه یا استحکام ضربه ای نمونه را نشان می دهد که معمولاً به فوت - پوند است . برای تعیین تمایل ماده به داشتن رفتار ترد ، انواع مختلف آزمون ضربه به کار رفته است . این نوع آزمون تفاوتهایی را بین مواد آشکار می کند که در آزمون کشش قابل مشاهده نیستند . نتایج از آزمونهای با میله ی شیاردار به سادگی بر حسب نیازهای طراحی بیان نمی شوند ، چون اندازه گیری مولفه های تنش سه بعدی در شیار ممکن نیست . همچنین در مورد تفسیر یا اهمیت نتایج حاصل از این نوع آزمون هیچ گونه توافق کلی به دست نیامده است .

این آزمایش جهت تعیین انرژی لازم جهت شکست مواد می باشد . مقاومت به ضربه اجسام بستگی به نوع دانه بندی ، عملیات حرارتی انجام شده دارد . فلزات در مقابل ضربه عکس العمل نشان داده ، فلزات سخت زود شکسته شده و فلزات نرم دیر شکسته می شوند . مقاومت به ضربه اکثر اجسام با خاصیت چکش خواری آنها نسبت مستقیم دارد . یعنی هر چه فلزی خاصیت چکش خواری بیشتری داشته باشد مقاومت به ضربه آن نیز بالاست .

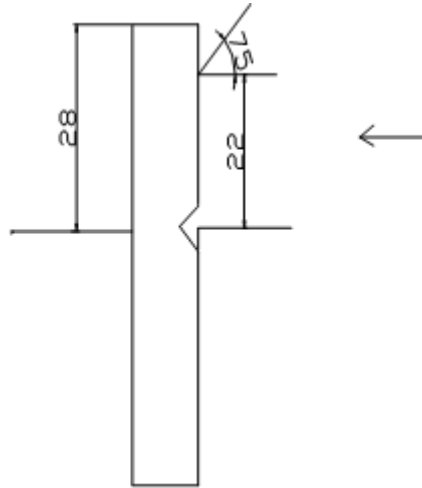
آزمایش ضربه گرچه به ما اعدادی نمی دهد که قابل جانشین کردن در محاسبات خواص مکانیکی باشد ولی در عین حال آزمایش مهمی برای تعیین خواص مواد برای اجزای ماشین تحت شرایط نامناسب می باشد .

اساس آزمایش :

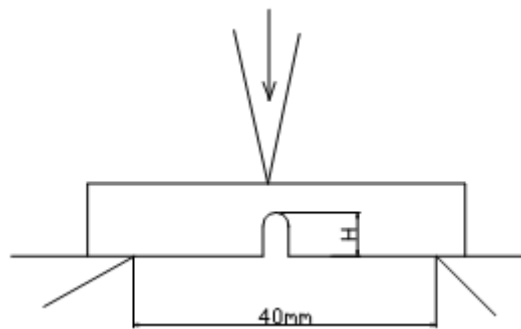
از انرژی سقوط یک پاندول وزنه ای برای شکستن نمونه بر سطح مقطع A را مقاومت به ضربه آن جسم می نامند . معمولترین دستگاه این آزمایش توسط IZOD در سال ۱۹۰۳ اختراع شده است.

نمونه آزمایش ایزود :

نمونه های آزمایشی با مقطع مربع به ضلع ۱۰ میلی متر می باشد و نوع چهار گوش آن معمولتر است در این نمونه زاویه و عمق شیار مطابق شکل به ترتیب برابر ۴۵ درجه و ۲ میلی متر می باشد .



نمونه آزمایش ضربه شاریبی با مقطع مربع ۱۰×۱۰ میلی متر مطابق شکل می باشد که در وسط آن شکافی U شکل با شکاف یک میلی متر تعبیه شده است .



شرایط صحت آزمایش :

- ۱- شیار ایجاد شده روی نمونه باید عمود بر محور طولی آن باشد .
- ۲- نمونه باید از هر طرف صاف و صیقلی باشد .
- ۳- شیار نمونه ای که از قطعات نورد شده بریده می شود باید عمود بر جهت نورد باشد .
- ۴- هنگام نمونه برداری از شمش ها ، تیر آهن و... باید عی شود که فلز نمونه از کج دن و یا گرم شدن محفوظ بماند .
- ۵- محور طولی نمونه باید عمود بر جهت ضربه باشد .
- ۶- انطباق بین نمونه و گیره باید در حد عبوری باشد .
- ۷- سرعت برخورد چکش باید در حدود ۳ تا ۶ متر بر ثانیه باشد .
- ۸- درجه حرارت نمونه باید در حالت عادی در حد مناسب باشد .

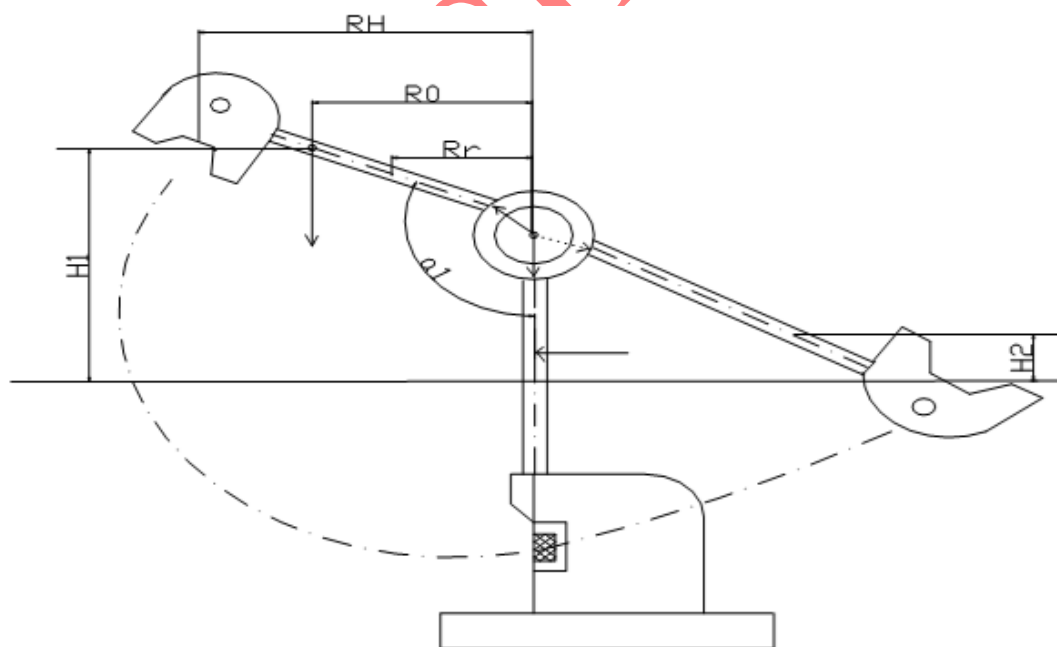
- ۹- وزن گیره و پایه و بدنه دستگاه ضربه حداقل چهل برابر وزن چکش و دسته آن باشد .
 سرعت برخورد را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد :

$$V = \sqrt{2gR_H (1 - \cos\alpha_1)}$$

α_1 زاویه قبل از برخورد بر حسب درجه
 V سرعت بر حسب متر بر ثانیه ، g شتاب ثقل
 R_H شعاع دوران محل برخورد چکش با نمونه می باشد

شرح انجام آزمایش :

- ۱- عقربه نشان دهنده زاویه برگشت را روی صفر تنظیم کنید .
- ۲- نمونه آزمایش بین دهانه سندان گذاشته شود .
- ۳- چکش را به اندازه زاویه α_1 به طوری که سرعت مجاز برخورد در آزمایش شاریبی از ۵ متر بر ثانیه تجاوز نکند موقعیت دید .
- ۴- بعد از رها کردن چکش و شکستن نمونه زاویه برگشت و بعد از برخورد را خوانده و یادداشت کنید .



محاسبه مقاومت به ضربه :

انرژی مصرف شده برای شکستن نمونه از تفاضل انرژی قبل از برخورد و انرژی پس از برخورد حاصل می

شود : $W_1 = FR_0 (1 - \cos\alpha_1)$

انرژی پس از برخورد عبارت است از :

$$W_2 = FH_2 = F[R_0 - R_0 \cos \alpha_2] = FR_0(1 - \cos \alpha_2)$$

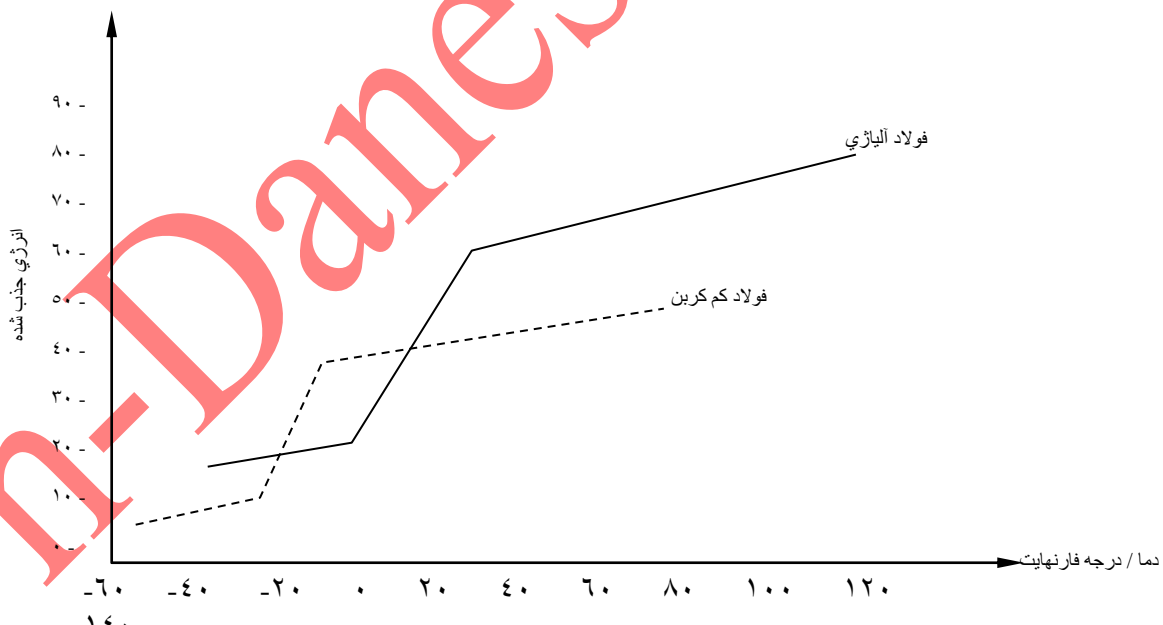
$$\Delta V = W_1 - W_2 = FR_0[(1 - \cos \alpha_1) - (1 - \cos \alpha_2)]$$

$$\Delta W = FR_0(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \quad \text{انرژی مصرف شده :}$$

$$\text{مقاومت به ضربه} = \frac{\Delta w}{A} = \frac{\Delta W}{(10-h)(10)}$$

عواملی چند مانند دقت ماشین ، کیفیت و دقت نمونه ها درجه حرارت و ... در مقاومت به ضربه مواد موثرند . درجه حرارت مبدی تواند به طور چشمگیری در میزان مقاومت به ضربه مواد موثرند درجه حرارت می تواند به طور چشم گیری در میزان مقاومت به ضربه موثر باشد عدم رعایت این نکته می تواند موارد فاجعه آمیز فراوانی را در پیش داشته باشد . به همین دلیل در هنگام انتخاب موادی که قرارند در درجه حرارتهای پایین کار کنند باید توجه کافی را مبذول داشت برخی از فولادهای نیکل دار می توانند قابلیت جذب ضربه خود را تا درجه حرارت -70° درجه حفظ کنند .

دیگرام زیر تاثیر درجه حرارت را روی مقاومت به ضربه دو نوع فولاد نشان می دهد .



دیگرام شماره ۴ - اثر درجه حرارت بر مقاومت در مقابل ضربه

بحث و نتیجه گیری :

حالت استاندارد دستگاه ضربه به صورت شاریبی :

$$E_1=140.56J$$

$$E_{air}=1.95J$$

$$\alpha=159.99^\circ$$

$$E_2=131.18J$$

$$\Rightarrow \Delta E=7.52J$$

$$\alpha =143.45^\circ$$

ابعاد نمونه مورد آزمایش در تست ضربه :

جنس نمونه	ابعاد نمونه
Al	10.4×8.7
Brass	10×7.9
Steel	10.2×8.3

*آزمایش ضربه نمونه آلومینیومی :

تست شماره ۱ :

$$E_1=140.28J$$

$$E_2=122.22J$$

$$\alpha_1=157.20^\circ$$

$$\alpha_2=133.86^\circ$$

$$E_{air}=1.95 \Rightarrow \Delta E=16.11J$$

*میزان چقرمگی ضربه در تست ۱ (مقاومت به ضربه) :

$$\Delta E=mgl(\cos \alpha_1-\cos \alpha_2)$$

$$\frac{\Delta E}{A_1} = \frac{16.11}{(10.4 \times 8.7 \times 10^{-3})^2} = \frac{16.11}{8.180 \times 10^3} = \frac{1611 \times 10^{-2}}{8.186 \times 10^{-9}} = 196.79 \times 10^7 \frac{J}{m^2}$$

تست شماره ۲:

$$E_1=138.09J \quad E_2=114.91J$$

$$\alpha_1=153.95^\circ \quad \alpha_2=125.43^\circ$$

$$E_{air}=1.95 \Rightarrow \Delta E=21.23J$$

*میزان چقرمگی ضربه در تست ۲ (مقاومت به ضربه):

$$\Delta E=mgl(\cos \alpha_1-\cos \alpha_2)$$

تعیین مقاومت ضربه

$$\frac{E}{A_1} = \frac{21.23}{(10.4 \times 8.7 \times 10^{-3})^2} = \frac{16.11}{8.186 \times 10^9} = 259.34 \times 10^7 \frac{J}{m^2}$$

مقدار متوسط

$$\frac{196.79+259.34}{2} = 228.06 \times 10^7 \frac{J}{m^2}$$

*آزمایش ضربه نمونه برنجی:

تست شماره ۱:

$$E_1=140.14J \quad E_2=122.13J$$

$$\alpha_1=157.90^\circ \quad \alpha_2=133.76^\circ$$

$$E_{air}=1.95 \Rightarrow \Delta E=16.06J$$

*میزان چقرمگی ضربه در تست ۱ (مقاومت به ضربه):

$$\Delta E=mgl(\cos \alpha_1-\cos \alpha_2)$$

$$\frac{\Delta E}{A_1} = \frac{16.06}{(10 \times 7.9 \times 10^{-3})^2} = \frac{16.06}{6.241 \times 10^9} = 257.33 \times 10^7 \frac{J}{m^2}$$

تست شماره ۲:

$$E_1=138.53J \quad E_2=122.59J$$

$$\alpha_1=154.74^\circ \quad \alpha_2=133.25^\circ$$

$$E_{air}=1.95j \Rightarrow \Delta E=13.99J$$

*میزان چقرمگی ضربه در تست ۲ (مقاومت به ضربه):

$$\Delta E = mgl(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

تعیین مقاومت ضربه

$$\frac{\Delta E}{A_1} = \frac{13.99}{(10 \times 7.9 \times 10^{-3})^2} = \frac{1399 \cdot 10^{-2}}{(6.241 \times 10^{-9})^2} = 224.16 \times 10^7 \frac{J}{m^2}$$

مقدار متوسط

$$= \frac{224.16 + 257.33}{2} = 240.746 \times 10^7 \frac{J}{m^2}$$

*آزمایش ضربه نمونه فولادی:

تست شماره ۱:

$$E_1=137.92J \quad E_2=0.84J$$

$$\alpha_1=153.65^\circ \quad \alpha_2=25.05^\circ$$

$$E_{air}=1.95 \Rightarrow \Delta E=129.13J$$

*میزان چقرمگی ضربه در تست ۱ (مقاومت به ضربه):

$$\Delta E = mgl(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

$$\frac{\Delta E}{A_1} = \frac{129.13}{(10.2 \times 8.3 \times 10^{-3})^2} = \frac{12913}{7.167 \times 10^{-9}} = 1801.73 \times 10^7 \frac{J}{m^2}$$

تست شماره ۲:

$$E_1=138.74J \quad E_2=11.37J$$

$$\alpha_1=155.13^\circ \quad \alpha_2=32.47^\circ$$

$$E_{air}=1.95j \Rightarrow \Delta E=125.42J$$

*میزان چقرمگی ضربه در تست ۲ (مقاومت به ضربه):

$$\Delta E = mgl(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

تعیین مقاومت ضربه

$$\frac{\Delta E}{A_1} = \frac{125.42}{(10.2 \times 8.03 \times 10^{-3})^2} = \frac{12542 \times 10^{-2}}{(7.167 \times 10^{-9})} = 1749.96 \times 10^7 \frac{J}{m^2}$$

مقدار متوسط

$$\frac{1801.73 + 1749.96}{2} = 1775.845 \times 10^7 \frac{j}{m^2}$$

*تعیین دمای تردی به نرمی:

بحث و بررسی:

هرچقدر میزان انرژی شکست افزایش یابد تاثیر درجه حرارت بر DBTT افزایش می یابد یا بلعکس هر چقدر اختلاف درجه حرارت نیز در نمونه و آزمون ضربه داشته باشد انرژی شکست (انرژی سطحی) نیز متغیر می شود. در حالت انرژی که بایستی غلبه انرژی سطحی نیز اعمال کنیم به حرارت فولاد از برنج بیشتر است و برنج از آلومنیوم بیشتر است و دلیل آن غلبه بر پیوندهای اتمی در ساختار کریستالوگرافی است که هرچه نوع پیوند اتمی مستحکم تر باشد نیروی یا انرژی بیشتری برای شکست یا از هم گسیختگی نیاز داریم و به نوع فاز های موجود در نمونه بستگی دارد.

نتیجه ای که از بررسی سطح شکست در آزمون شارپی به دست می آید، تعیین رشته ای بودن شکست (شکست برشی)، دانه ای بودن آن (شکست رخ برگی)، یا مخلوط هر دو شکست است. سطح صاف شکست رخ برگی بازتابندگی زیاد و ظاهر براقی دارد، در صورتی که سطح گود شده شکست رشته ای نرم، جاذب نور و دارای ظاهری کدر است.

شکست رشته ای ابتدا در اطراف سطح بیرونی نمونه (لبه ی برش) که قید سه بعدی حداقل است ظاهر می شود.

در دمای کم ، شکست به صورت رخ برگی انجام می شود در صورتی که در دمای زیاد شکست به صورت گسیختگی نرم رخ می دهد . بنابراین با افزایش دما ، گذار از رفتار ترد به چقرمه در شیار رخ می دهد . این گذار در فلزات در ۰,۱ تا ۰,۲ دمای مطلق ذوب انجام می شود در صورتی که در سرامیک ها گذار در دمایی حدود ۰,۵ تا ۰,۷ دمای مطلق ذوب رخ می دهد .

هرچه دمای گذار کمتر باشد چقرمگی شکست ماده بیشتر خواهد بود .
آزمون ضربه با نمونه ی شیاردار هنگامی معنی پیدا می کند که در گستره ای از دما انجام شود ، تا دمایی که در آن گذار نرمی به تردی رخ می دهد تعیین شود .

با توجه به منحنی انرژی جذب شده بر حسب دما دیده می شود که انرژی جذب شده با کم شدن دما کم می شود ولی در بیشتر موارد کاهش جذب انرژی در دمای خیلی مشخصی رخ نمی دهد . در نتیجه تعیین دقیق دمای گذار مشکل می شود .

در فلزات هرگونه افزایش دما باعث فعالتر شدن نابجاییها و در نتیجه کاهش استحکام تسلیم می شود . برعکس ، تاثیر کاهش دما ، افزایش استحکام تسلیم است .

فلزات با شبکه ی bcc ، با افزایش دما تغییر رفتار از ترد به نرم می دهند . فولادهای کم کربن (مثل فولاد St۳۷) که جزو این دسته از فلزات محسوب می شوند در آهنگ های کم کرنش در تمام دماهای بالای حدود ۱۷۰ درجه سانتیگراد نرم هستند ، ولی وقتی در معرض بارهای ضربه ای قرار میگیرند . در گستره ی باریکی از دما در نزدیکی صفر درجه ی سانتیگراد ، نحوه ی شکست از حالت رشته ای چقرمه به حالت رخ برگی ترد تبدیل می شود .

بعضی از عناصر آلیاژی موجود در فولادها می توانند بر دمای تبدیل از رفتار نرم به ترد اثر بگذارند . منگنز و نیکل دمای تبدیل را پایین می آورند ولی کربن ، ازت و فسفر آن را افزایش می دهند .
نکته : نتایج آزمایش ضربه ی نمونه ی شیاردار نباید به تنهایی به کار روند . این نتایج باید همراه با نتایج آزمایشهای دیگر از جمله آزمونهای کشش و سختی استاندارد ، مورد استفاده قرار گیرند .

خطاهای آزمایش :

۱. عدم استاندارد بودن ابعاد نمونه و زاویه ی شیار توسط تراشکاری .
۲. تغییر دمای نمونه در اثر انتقال به دستگاه آزمایش .
۳. عدم دقت کاربر در خواندن زوایا و محاسبات و اندازه گیری ها .
۴. ممکن است دستگاه استاندارد نباشد و اصطکاک بالایی داشته باشد .
۵. ممکن است نمونه همگن نباشد .

۶. ضخامت نمونه ی استاندارد باید به قدری باشد که زیاد بودن میزان بارگذاری کرنش صفحه ای و سه بعدی بودن را تقریباً در سراسر سطح مقطع شیار تضمین کند. برای این منظور از نمونه ی شارپی استاندارد با شیار جناغی می توان آزمون مطمئنی برای شکست ترد انجام داد.

نتیجه گیری نهایی :

یک ماده با وجود انعطاف پذیری و استحکام بالایی که دارد تحت تاثیر عواملی می تواند ترد و شکننده شود بدین صورت که تحت آن شرایط تمایل به یک شکست ناگهانی با مقدار بسیار کمی تغییر شکل پلاستیکی پیدا می کند.

عمده ترین عوامل موثر عبارتند از :

۱- درجه حرارت های پایین

۲- سرعت های بالای وارد آمدن تنش

۳- حالت تنش سه محوری

۱-۶ آزمون خستگی :

آزمون خستگی یک نوع آزمون دینامیکی است که رفتار نسبی مواد را هنگامیکه در معرض بارهای تکراری یا نوسان کننده قرار می گیرند تعیین می کند. در این آزمایش سعی می شود شرایط تنش را که تحت ارتعاش بارهای تناوبی در قطعات ماشین ظاهر می شوند تجسم کرد. مقدار تنش را می توان در ماشین تغییر داد، و نوع تنش (کششی، فشاری، خمشی، پیچشی)

توسط ماشین و نوع نمونه آزمایشی تعیین می شود. تنش اعمال شده بر نمونه، بطور مداوم بین دو مقدار تغییر می کند، که حداکثر آن معمولاً پایین تر از استحکام تسلیم ماده است. دور (تعداد) تنش ها آنقدر تکرار می شود که منجر به شکست نمونه شده یا به حد معینی برسد.

۱-۷ آزمون های خزش :

آزمون خزش تغییر شکل مداوم یک ماده را در دماهای بالا، هنگامی که تحت یک تنش پایین تر از استحکام تسلیم قرار گرفته، تعیین می کند. نتایج این آزمون در طراحی قطعاتی از ماشین که در معرض دماهای بالا قرار دارند مهم است.

مقدمه

آزمون خزش تغییر شکل مداوم در دماهای بالا را وقتی تنش کمتر از حد تسلیم است تعیین می کند. نتایج این آزمون در طراحی اجزای ماشینی که در دمای بالا قرار دارند اهمیت دارد. خزش خاصیت بسیار مهم مواد در کاربرد های دمای بالا است و می توان آن را به صورت ((جریان مداوم و آهسته ی مومسان تحت بار یا تنش ثابت)) تعریف کرد. به طور کلی خزش به آهنگ تغییر شکلی وابسته است که در دمای کارکرد فلز و

تحت تنشهای پایینتر از تنش فلز ادامه یابد. خزش در هر دمایی رخ می دهد ولی اهمیت خزش به ماهیت ماده و مقدار تغییر شکل مجاز قطعه بستگی دارد.

آزمون خزش همان آزمون کششی است که در تنش و دمای ثابت انجام می شود. در این آزمون از یک وسیله بسیار دقیق اندازه گیری طول و یک وسیله گرم کردن نمونه در شرایط کاملا کنترل شده استفاده می شود. منحنی خزش کل یا درصد ازدیاد طول بر حسب زمان رسم می شود.

در آغاز بار گذاری ازدیاد طول آنی کشسانی پدید می آید. سپس یک مرحله مقدماتی گذرا به وجود می آید که طی آن لغزش و کار سختی در اغلب دانه های دارای جهت مطلوب روی می دهد. آهنگ خزش ابتدا بالاست و به تدریج تا حد اقلی کاهش می یابد. پس از این به مرحله دوم یا خزش حالت پایا می رسیم که طی آن تغییر شکل با آهنگ تقریبا ثابت ادامه می یابد.

در طی مرحله بین آهنگ کار سختی و آهنگ نرم شدن ناشی از باز یابی یا تجدید تبلور تعادل به وجود دارد. در بعضی موارد تحت تنشهای متوسط ممکن است آهنگ خزش بسیار آهسته کاهش یابد و مرحله ثانویه تا مدتی دراز ادامه پیدا کند ولی اگر تنش به مقدار کافی بالا باشد مرحله سوم نیز وجود دارد که در آن آهنگ خزش شتاب یابد تا شکست رخ دهد.

بین خواص مکانیکی ماده در دمای معمولی و خواص خزشی آن یا ارتباط اندک وجود دارد و یا هیچ ارتباطی وجود ندارد. به نظر می رسد که اندکی تغییر در ریز ساختار و مراحل ساخت بر خزش اثر شدید دارد. اندازه دانه ی فلز عامل مهمی در تعیین مشخصه های خزشی آن است در حالی که در دمای محیط استحکام تسلیم و استحکام نهایی مواد دانه ریز از مواد دانه درشت بیشتر است در دماهای بسیار بالا عکس مطلب فوق صادق است. این موضوع پذیرفته شده است که در دماهای بالا ممکن است مرز دانه ها به صورت مرکزی برای تولید نابجاییهایی که مایه ی خزش می شوند عمل کنند.

حضور اتمهای ماده ی حل شده حتی به مقدار جزئی از طریق تداخل با حرکت نابجاییها در میان بلور سبب کندی خزش می شود. عامل موثرتر در کندی خزش وجود فاز دوم قوی و پایداری با پراکندگی خوب است.

برخی از خواص خزشی آلیاژهای گوناگون :

فولادهای ساده کربنی و فولادهای کم آلیاژ به طور گسترده ای در محیطهای با دمای متوسط به ویژه دماهای پایینتر از ۴۸۰ درجه سانتی گراد به کار می روند. در دماهای پایین به سبب لایه ای بودن کاربیدها افزایش مقدار کربن استحکام خزشی را بهبود می بخشد. در دماهای بالا به سبب کروی شدن کاربیدها عکس این مطلب صادق است و افزایش مقدار کربن موجب کاهش استحکام خزشی می شود.

ساختار مناسب فولادهای ساده کربنی برای کار در دمای بالا ساختار یکنواخت شده است. ساختار تابکاری شده پایداری کمتری دارد و مایل است به سرعت کروی در آید و در نتیجه استحکام خزشی را کاهش می

دهد. استفاده از آلومینیوم به عنوان عامل اکسیژن زدا در فولاد سازی سبب دانه ریزی فولاد و کاهش استحکام خزشی می شود.

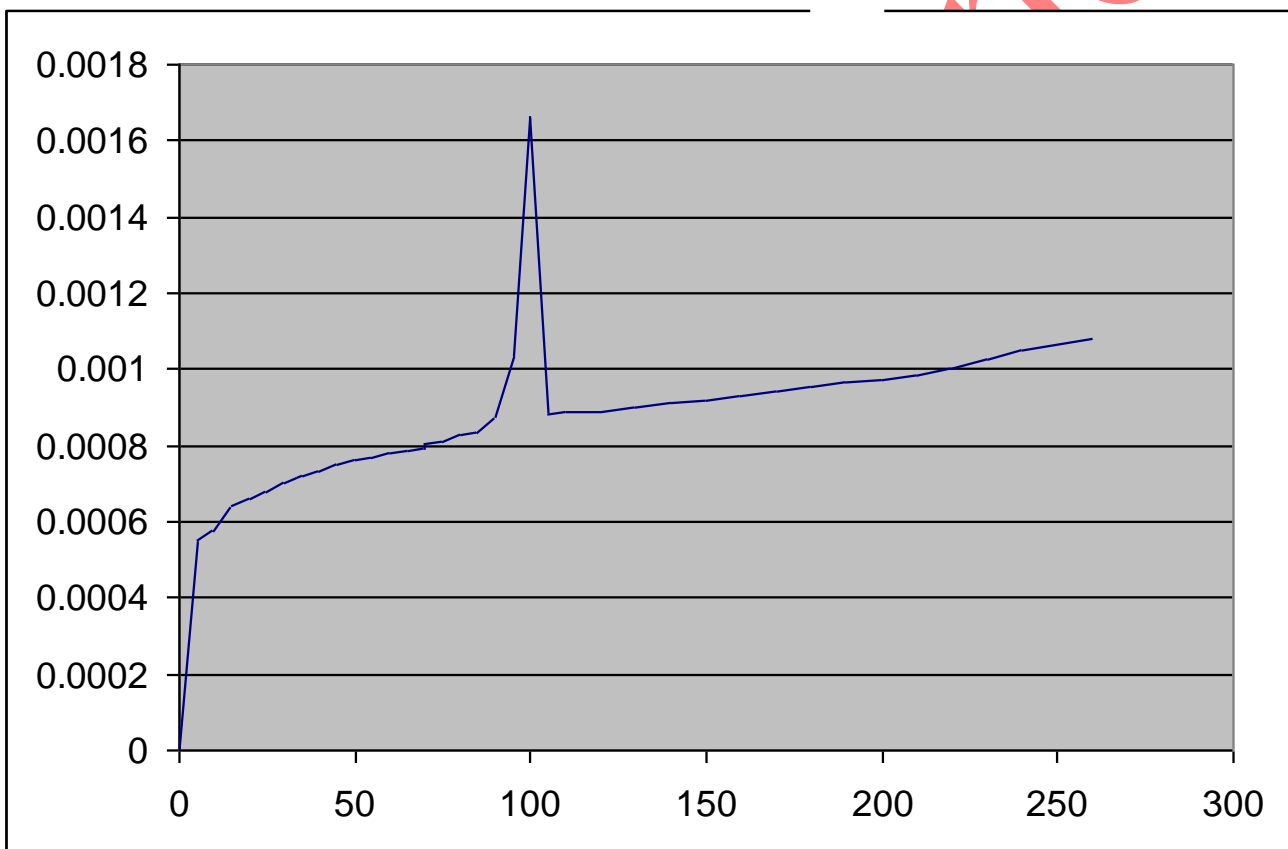
در فولادهای کم آلیاژ که کمتر از ۱۰ درصد عنصر آلیاژی دارند. مولبیدن و وانادیم مؤثرترین عناصر در افزایش مقاومت خزشی اند مقدار کربن معمولا کمتر از ۰٫۱۵ درصد نگه داشته می شود. فولاد با ۰٫۵ درصد مولبیدن برای لوله های حمل مواد نفتی و لوله های گرمکن تا ۴۵۵ درجه سانتی گراد به کار برده می شود بالاتر از این دما روند کروی و گرافیتی شدن قوت می گیرد که با کاهش در استحکام خزشی توام است.

نمونه پلاستیکی :

ΔL	$t(s)$	Δl	$t(s)$
5.5×10^{-4}	۵	1.04×10^{-3}	۱۰۰
5.79×10^{-4}	۱۰	1.06×10^{-3}	۱۰۵
6.41×10^{-4}	۱۵	8.9×10^{-4}	۱۱۰
6.62×10^{-4}	۲۰	9×10^{-4}	۱۲۰
6.79×10^{-4}	۲۵	9.04×10^{-4}	۱۳۰
7×10^{-4}	۳۰	9.15×10^{-4}	۱۴۰
7.2×10^{-4}	۳۵	9.20×10^{-4}	۱۵۰
7.3×10^{-4}	۴۰	9.29×10^{-4}	۱۶۰
7.54×10^{-4}	۴۵	9.41×10^{-4}	۱۷۰
7.62×10^{-4}	۵۰	9.54×10^{-4}	۱۸۰
7.7×10^{-4}	۵۵	9.66×10^{-4}	۱۹۰
7.79×10^{-4}	۶۰	9.75×10^{-4}	۲۰۰
7.87×10^{-4}	۶۵	9.87×10^{-4}	۲۱۰
7.95×10^{-4}	۷۰	1.004×10^{-3}	۲۲۰

8.04×10^{-4}	۷۵	1.029×10^{-3}	۲۳۰
8.125×10^{-4}	۸۰	1.05×10^{-3}	۲۴۰
8.25×10^{-4}	۸۵	1.076×10^{-3}	۲۶۰
8.33×10^{-4}	۹۰	1.08×10^{-3}	۲۸۰
8.75×10^{-4}	۹۵	1.09×10^{-3}	۳۰۰

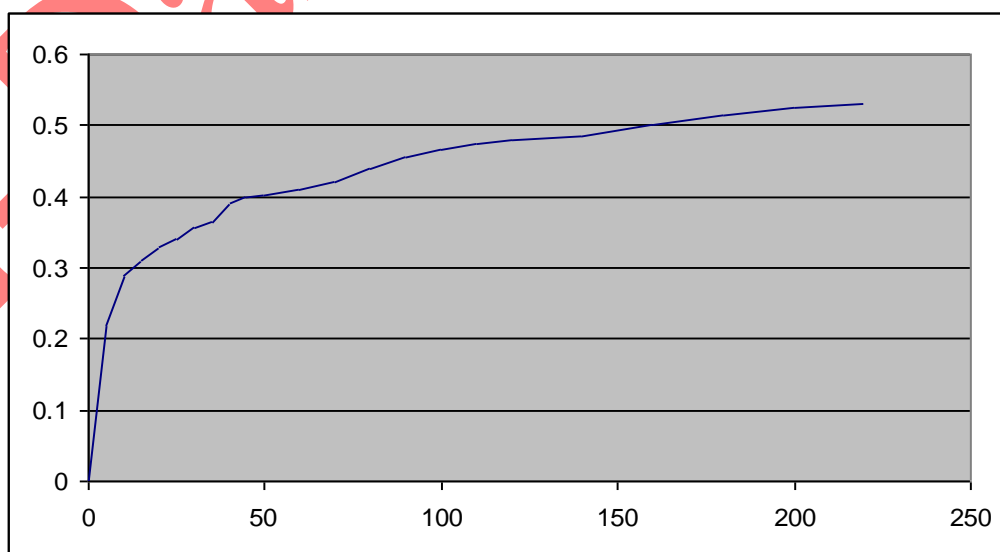
نمودار نمونه پلاستیکی:



نمونه سریبی :

ΔL	$t(S)$	ΔL	$T(S)$
۰,۲۲	۵	۰,۴۲	۷۰
۰,۲۹	۱۰	۰,۴۴	۸۰
۰,۳۱	۱۵	۰,۴۵۵	۹۰
۰,۳۳	۲۰	۰,۴۶۵	۱۰۰
۰,۳۴	۲۵	۰,۴۷۵	۱۱۰
۰,۳۵۵	۳۰	۰,۴۸	۱۲۰
۰,۳۶۵	۳۵	۰,۴۸۵	۱۴۰
۰,۳۹	۴۰	۰,۵۰	۱۶۰
۰,۴۰	۴۵	۰,۵۱۵	۱۸۰
۰,۴۰۲	۵۰	۰,۵۲۵	۲۰۰
۰,۴۱	۶۰	۰,۵۳	۲۲۰

نمودار نمونه سریبی :



آزمایش خیزش :

مقدمه :

این آزمایش برای تعیین خیز ماده انجام می شود. تست خیزش به دو روش سه نقطه و چهار نقطه ای انجام می شود. ما در این آزمایش از تست سه نقطه ای استفاده می کنیم.

شرح آزمایش:

ابتدا ابعاد تیر مورد بررسی را اندازه می گیریم و سپس آن را روی دستگاه مورد نظر قرار می دهیم . بعد ساعت اندازه گیر را روی نقاط مختلف تیر می گذاریم ؛ ساعت باید در ابتدا صفر باشد. سپس وزنه را روی مکان مقرر قرار می دهیم .

این مکان تا پایان ثابت می ماند که ما وسط تیر را انتخاب می کنیم ساعت اندازه گیر در هر مکانی که قرار می گیرد یک عدد را نشان می دهد که این اعداد خیز تیر را در آن نقطه ی مشخص نشان می دهد. با توجه به تئوری هایی که در قبل بود خیز برابر است با:

$$\sigma = \frac{3FL}{2d^2b}$$

F: نیرو

d: ضخامت

δ : خیز وسط تیر

L: فاصله ی بین دو تکیه گاه

b: عرض

در این تست سه نمونه فولادی، برنجی و آلومینیومی مورد آزمایش قرار می گیرند که وزنه های مختلف به نمونه ها نیرو اعمال می شود و رفتار آنها به صورت زیر مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

* تست خیزش برای نمونه فولادی:



$$\sigma_{1Kg} = \frac{2700}{1299.9} = \times 9.806 = 20.36 \text{ mpa}$$

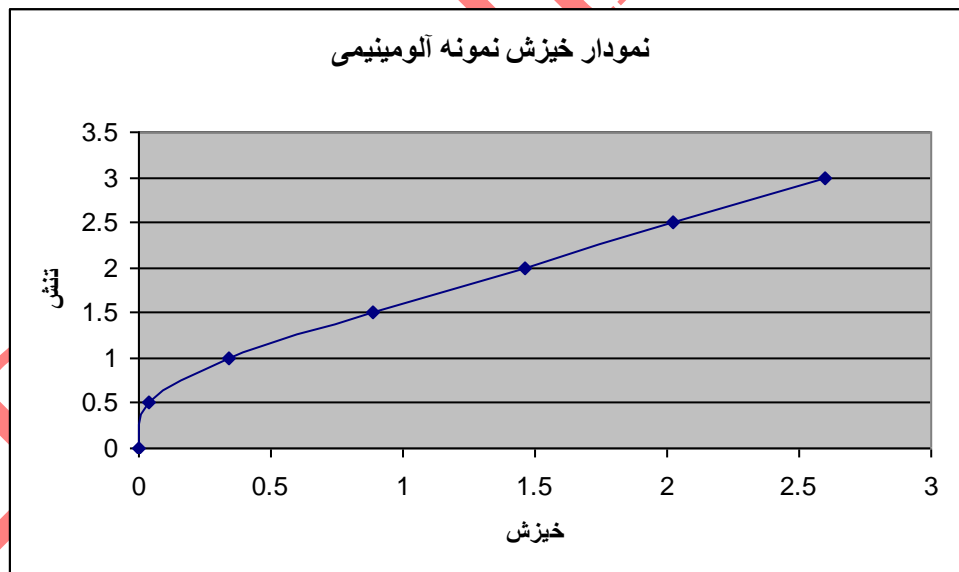
$$\sigma_{1.5Kg} = \frac{4050}{1299.9} = \times 9.806 = 30.55 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{2Kg} = \frac{5400}{1299.9} = \times 9.806 = 40.73 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{2.5Kg} = \frac{6750}{1299.9} = \times 9.806 = 50.91 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{3Kg} = \frac{8100}{1299.9} = \times 9.806 = 61.10 \text{ mpa}$$

* تست خیزش برای نمونه آلومینیومی



$$\sigma_0 = 0$$

$$\sigma_{0.5Kg} = \frac{3(0.5)(900)}{2(10^2)(19.5)} = \frac{1350}{3900} = 3.39 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{1Kg} = \frac{2700}{3900} \times 9.806 = 6.67 \text{ mpa}$$

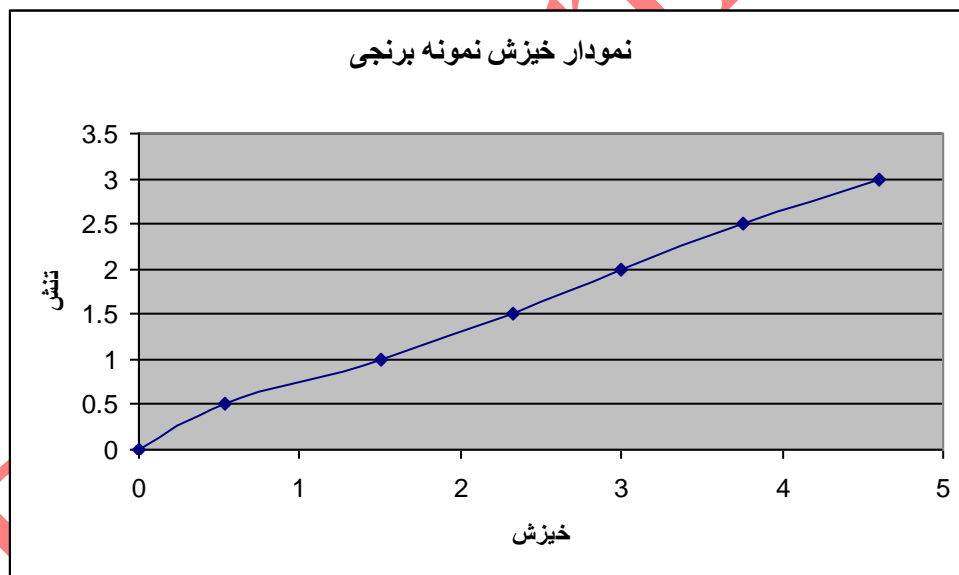
$$\sigma_{1.5Kg} = \frac{4050}{3900} \times 9.806 = 10.18 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{2Kg} = \frac{5400}{3900} \times 9.806 = 13.57 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{2.5Kg} = \frac{6750}{3900} \times 9.806 = 16.97 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{3Kg} = \frac{8100}{3900} \times 9.806 = 20.36 \text{ mpa}$$

* تست خیزش برای نمونه برنجی:



$$\sigma_0 = 0$$

$$\sigma_{0.5Kg} = \frac{1350}{12.16} \times 9.806 = 10.88 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{1Kg} = \frac{2700}{1216} \times 9.806 = 21.77 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{1.5Kg} = \frac{4050}{1216} \times 9.806 = 32.65 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{2Kg} = \frac{5400}{1216} \times 9.806 = 43.54 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{2.5Kg} = \frac{6750}{1216} \times 9.806 = 54.43 \text{ mpa}$$

$$\sigma_{3Kg} = \frac{8100}{1216} \times 9.806 = 65.32 \text{ mpa}$$

فولاد		آلومینیوم		برنج	
خیزش (mm)	F(Kg)	خیزش (mm)	F(Kg)	خیزش (mm)	F(Kg)
۰	۰	۰	۰	۰	۰
۰,۹۱	۰,۵	۰,۰۴	۰,۵	۰,۵۴	۰,۵
۱,۹۴	۱	۰,۳۴	۱	۱,۵	۱
۲,۹۱	۱,۵	۰,۸۶	۱,۵	۲,۳۲	۱,۵
۳,۹۵	۲	۱,۴۶	۲	۰,۳	۲
۴,۹۷	۲,۵	۲,۰۲	۲,۵	۳,۷۶	۲,۵
۵,۹۵	۳	۲,۶	۳	۴,۶	۳

بحث و بررسی :

نتیجه گیری که می توان از تست خیزش گرفت این است که آلیاژ آلومینیوم کمترین حالت $\sigma-d$ را دارد.

چرا که نسبتا نرم بوده و با مقدار کمتری جابجا می شود و همانطور که در دیاگرام مشاهده می کنیم برنج از فولاد و فولاد از آلومینیوم نسبت $\sigma-d$ بیشتری دارد، یعنی برای برنج تنش بیشتری نیاز است تا جابجائی انجام شود و به مراتب برای فولاد و آلومینیوم .

نکته قابل توجه این است که مقدار تنش جابجائی در برنج و فولاد با وجود تنش بیشتر جابجائی کمتری نسبت به فولاد دارد و بلعکس فولاد با وجود تنش کمتر نسبت به برنج جابجائی بیشتر نسبت به آن دارد البته تمامی این نمونه ها در منطقه الاستیک تنش وارد شده و پس از حذف نیرو تنش به حالت اولیه خود بر می گردند.