



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی و علم مواد

آزمایشگاه خواص مکانیکی مواد

آزمایش شماره 2 :

بررسی رفتار تنش - کرنش فلزات تحت بارگذاری فشاری

نگارش :

پیام مرادی بانیارانی

98107728

گروه :

دوشنبه ساعت 13:30 تا 16:30

اساتید :

دکتر سیامک سراج زاده

مهندس جعفر مهدی اخگر

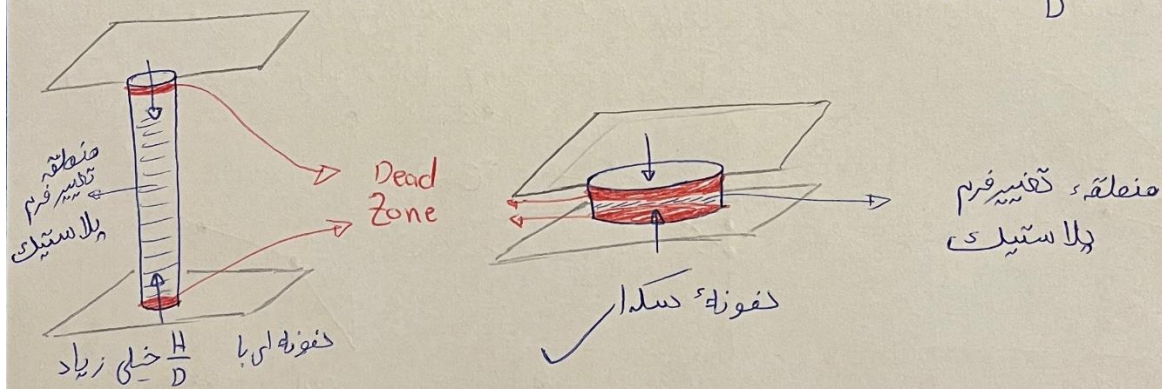
تاریخ انجام آزمایش :

1400/12/23

عنوان: بررسی رفتار تنش-کرنش خلزات تحت بارگذاری فشار

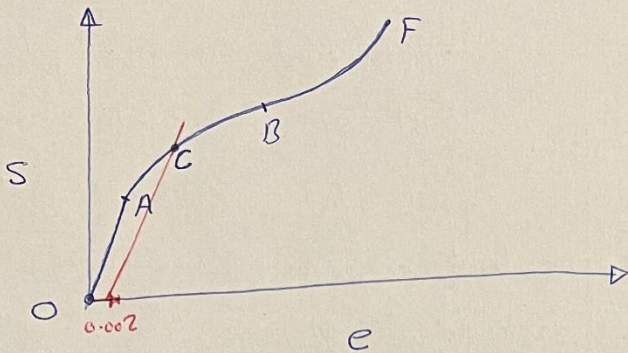
با انجام آزمایش فشار می‌توانیم مدول الاستیک، کرنش تسلیم، نقطه UTS و کرنش در شکست نمونه‌ها را به دست آوریم. اما در هنگام انجام تست فشار به مشکلاتی برخورد می‌کنیم، از قبیل (۱) مشکل بودن اعمال نیروی تک محوری به صورت کاملاً عمودی بر روی نمونه، چرا که اگر نیرو به طور دقیق با زاویه ۹۰ درجه به قطعه وارد نشود، دچار کرنش قطعه می‌شویم. ما را از هدفمان که تعیین موارد فوق بود دور می‌کند، یعنی ایجاد گشایش در نمونه. (۲) اصطکاک بین دو سر نمونه و خاک‌های دستگاه.

در نمونه‌هایی که $\frac{H}{D}$ خیلی بزرگی دارند، یعنی ارتفاع نمونه از قطر نمونه خیلی زیادتر باشد، دچار گشایش نمی‌شوند. برای همین معمولاً این نسبت را $\frac{H}{D} < 10$ در نظر می‌گیرند. همچنین اگر این نسبت $\frac{H}{D}$ خیلی کوچکی باشد به دلیل اینکه منطقه تغییر فرم پلاستیک در این نمونه خیلی محدود شود و نمونه ما دارای منطقه بیشتری از «منطقه پاره» یا همان Dead Zone می‌باشد که ناشی از اصطکاک بین فصل مشترک نمونه و دستگاه است، نمی‌تواند تغییر فرم دهد پس در نتیجه، اطلاعات دقیقی از مشخصات نمونه که مدنظر ماست را نمی‌توانیم به دست بیاوریم. معمولاً این نسبت باید $\frac{H}{D} > 2$ باشد.



پایه‌مان باشد که برای آن‌ها داده‌ها در تست فشار به مراتب از تست کشش بیشتر است زیرا ما دیگر در تست کشش مشکلات گشایش و اصطکاک را نخواهیم داشت.

حفودار تنس - کرنش حفوزہ فیساری راں توان بہ صورت زیر رسم کرد.

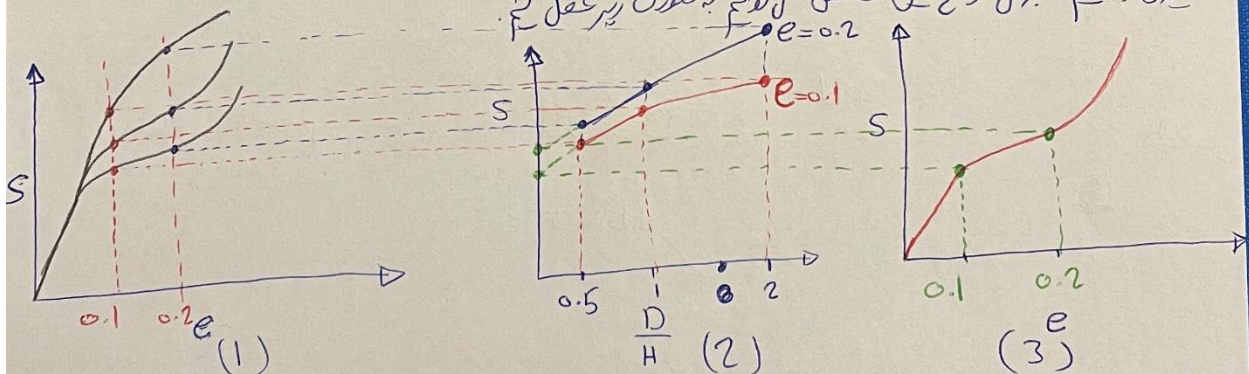


۱-۱ دغودار ككش - كرنش يك دغونه فشري

همانطور که در شکل بالا می بینیم OA نشان دهنده مدول الاستیک، منطقه C به ما کنش تسلیم
خفونه را می دهد. در نقطه B که تقریباً نقطه عطف نمودار است ما شاهد بسته ای شدن خفونه
می بینیم و این منطقه را به عنوان نقطه UT در نظر می گیریم. در نقطه F هم ما شکست قطعه
را شاهد هستیم.

برای رسم نمودار تنش-کرنش نمونه خستاری همانگونه قبلاً اشاره کردیم، ما مستللاتی از تحویل اصطفاک داریم حال برای رفع این مشکل می‌توانیم از روانکارها استفاده کنیم مثل سولفید مولیبدن می‌توانیم استفاده کرد در همان بالا از آنها استفاده می‌شود. اما این روانکارها هم در فشارها خیلی زیاد، دینامیک مشکل ما را حل نمی‌کند و باید به دنبال راه حل دیگری باشیم. برای رفع این مشکل می‌توانیم به صورت زیر عمل کنیم.

$e = 0.2$ \uparrow



برای اینفلر ابتدا نمونه‌های با $\frac{D}{H}$ های مختلف انتخاب کردیم. برای اینفلر مثلاً نمونه‌ها را حمله‌شان را یکسان

گرفتیم و صرفاً ارتفاع آنها را متفاوت گرفتیم. بعد از انجام تست خسار نفوذ در کشتی - کشتی

دفعه‌ها را رسم کنیم حال در یک کرنش ثابت مقادیر تنش های متناظر دفعه‌ها در این کرنش را یادداشت کنیم سپس از روی آن نمودار تنش بر حسب $\frac{D}{H}$ دفعه‌ها را رسم کنیم ، سپس با استفاده از تکنیک بیرون یابی مقدار تنش هنگامی که $\frac{D}{H} \rightarrow 0$ ، به سمت صفر میل کند را بدست می آوریم یعنی حالت ایده آل مسئله ما ، در واقع با این کار توانستیم مشکل اصطکاک را تا حدی حل کنیم .
 چهارمین دفعه از ایند تنش مدنظر را در $\frac{D}{H} \rightarrow 0$ به دست آوریم و از طرفی کرنش های متناظر را هم می یابیم ، می توانیم نمودار تنش - کرنش خشاری را رسم کنیم .

(۱) مستطک خشاری

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A} (1-1) \text{ or } S = \frac{F_{max}}{A_0} (2-1)$$

(۲) تنش تسلیم ، مثل آزمایش کشش ، کشش ۰.۰۰۲ کرنش داریم .

(۳) میزان درصد کاهش ارتفاع که از روابط زیر بدست می آید .

$$e = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{h - h_0}{h_0} \quad (3-1)$$

$$\epsilon = \ln \frac{h}{h_0} \quad (4-1)$$

(۴) درصد تقویم .

$$\text{درصد تقویم} = \frac{\Delta A}{A_0} = \frac{A - A_0}{A_0} \times 100$$

در روابط بالا A_0 سطح مقطع اولیه و A نیز کمترین سطح مقطع پس از افزایش h طول خنثی و h_0 طول اولیه است .

دفعه‌های استاندارد آزمایش خشاری :

دفعه‌های استاندارد برابر مواد هلنس طبق استاندارد ASTM به سه دسته ذیل تقسیم می شوند .

(۱) دفعه‌های کوتاه برای غلظت یا تاقان

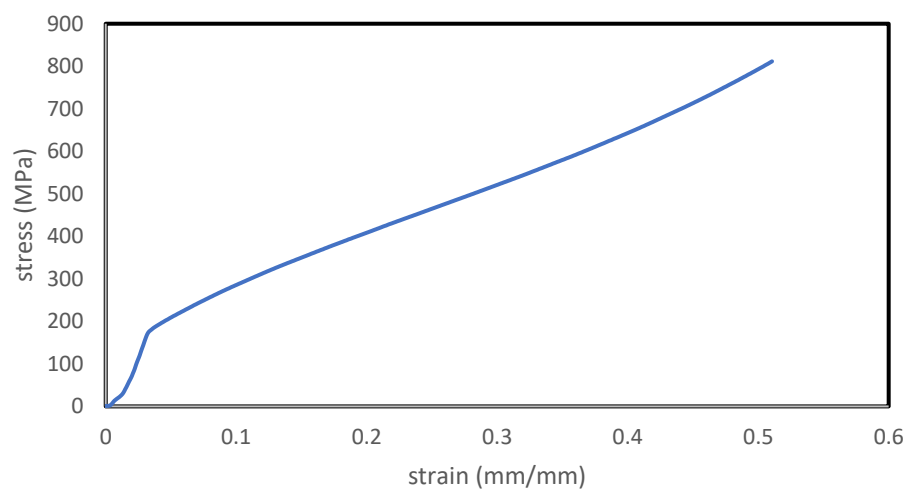
(۲) دفعه‌های متوسط برای استفاده های عمومی

(۳) دفعه‌های بلند که برای تعیین مدول کشمان بکار می رود . در جدول زیر ابعاد دفعه‌های استاندارد ارائه شده است .

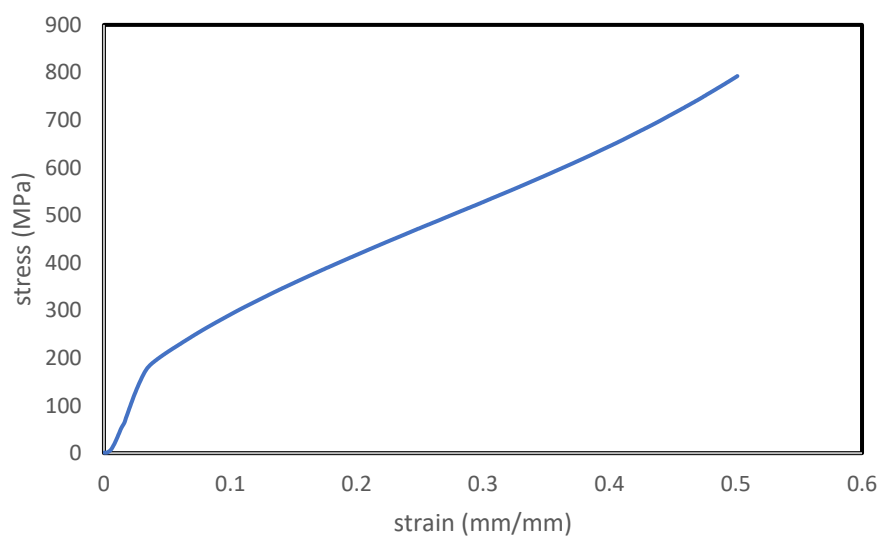
جدول ۱-۱: ابعاد نمونه های استاندارد آزمون فشار

ارتفاع (in)	قطر (in)	نوع نمونه
۱	$1 \frac{1}{8}$	کوتاه
$1 \frac{1}{2}$	۱.۲	متوسط
$2 \frac{3}{8}$	۰.۷۹۸	
۳	۱	
$3 \frac{3}{8}$	$1 \frac{1}{8}$	بلند
$6 \frac{3}{8}$	۰.۷۹۸	
$12 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{4}$	

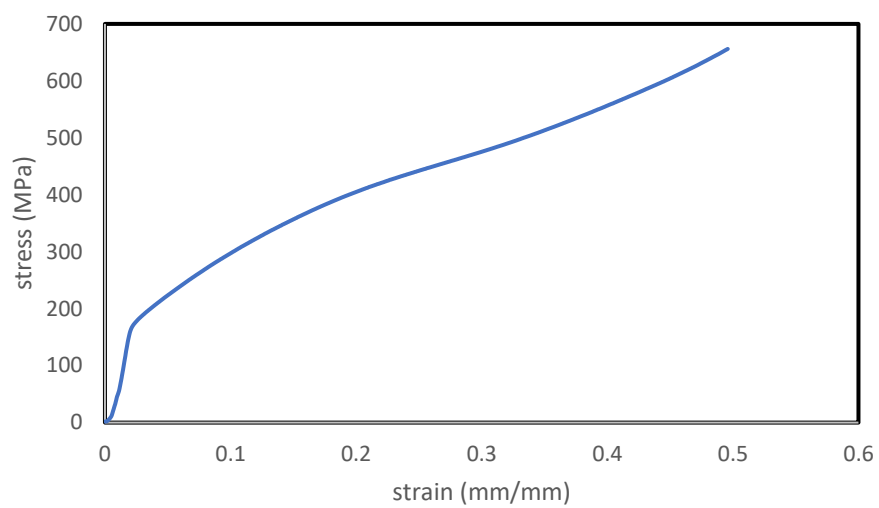
خواسته شماره 1 :



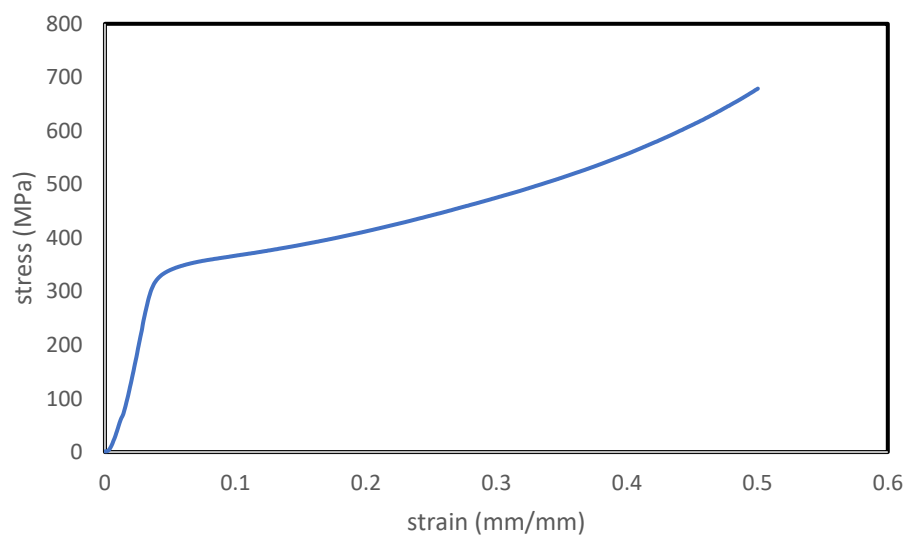
شکل 1.2 منحنی تنش - کرنش مهندسی فشاری نمونه آلومینیومی با طول 10.3 میلی متر



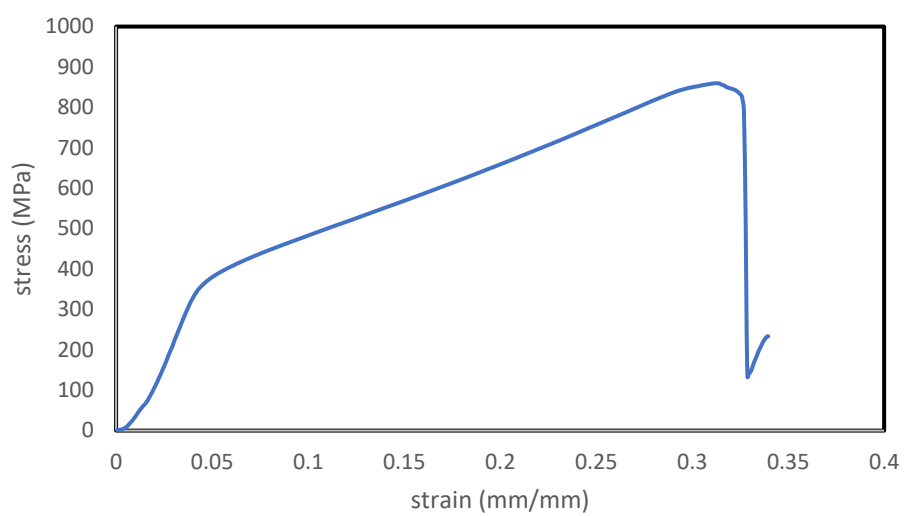
شکل 1.3 منحنی تنش - کرنش مهندسی فشاری نمونه آلومینیومی به طول 15.3 میلی متر



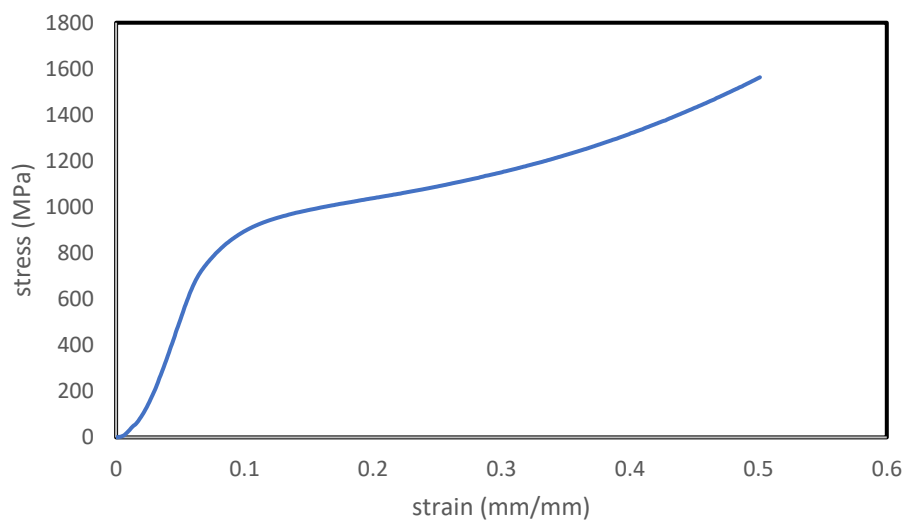
شکل 1.4 منحنی تنش - کرنش مهندسی فشاری نمونه آلومینیومی به طول 21.22 میلی متر



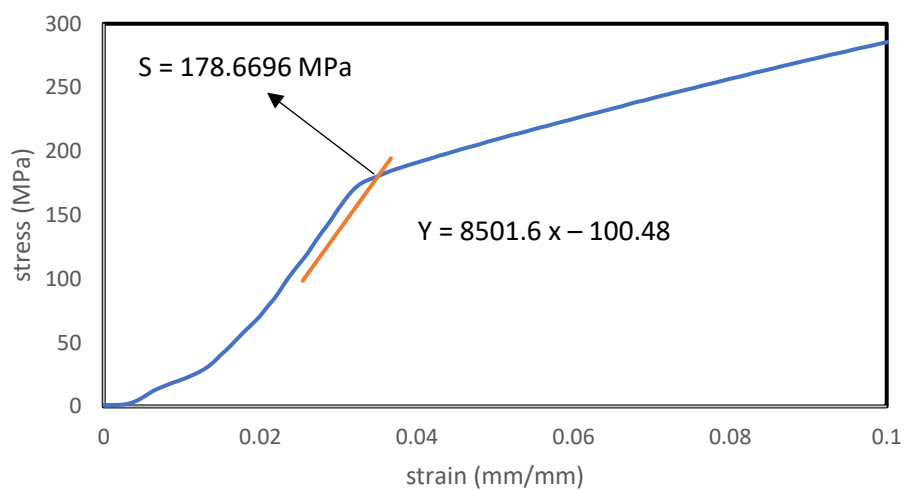
شکل 1.5 منحنی تنش - کرنش مهندسی فشاری نمونه مسی



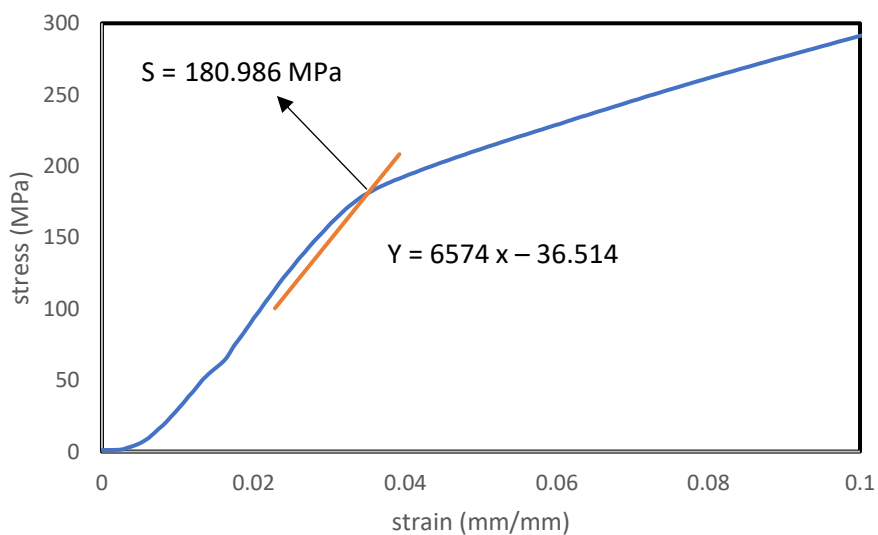
شکل 1.6 منحنی تنش - کرنش مهندسی فشاری نمونه برنجی



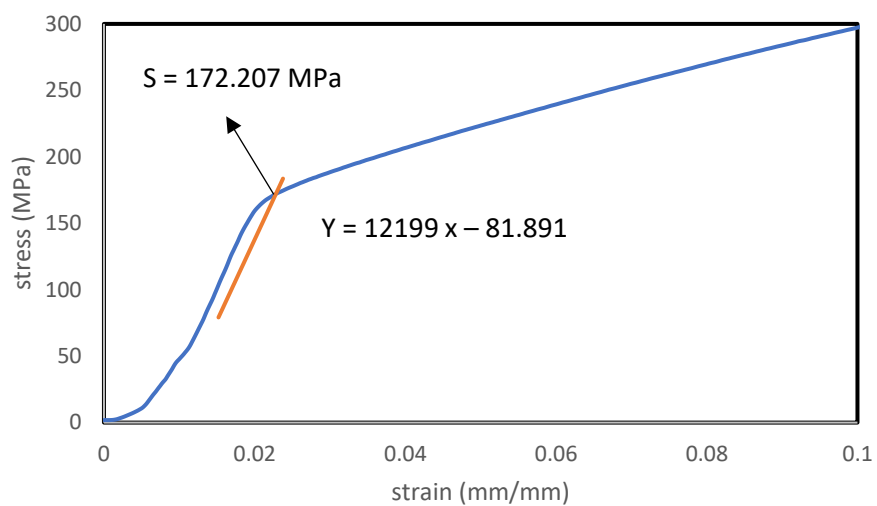
شکل 1.7 منحنی تنش - کرنش مهندسی فشاری نمونه فولادی



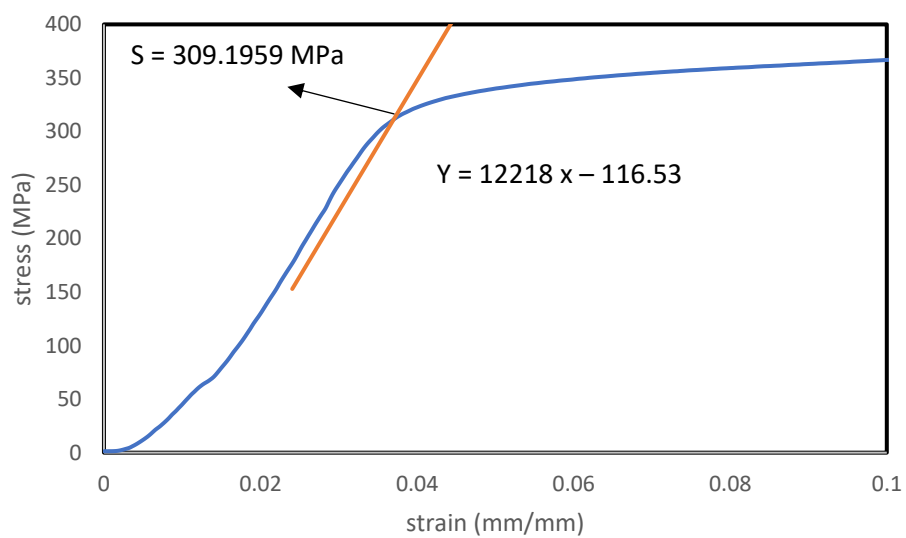
شکل 1.8 تعیین تنش تسلیم نمونه آلومینیومی با طول 10.3 میلی متر



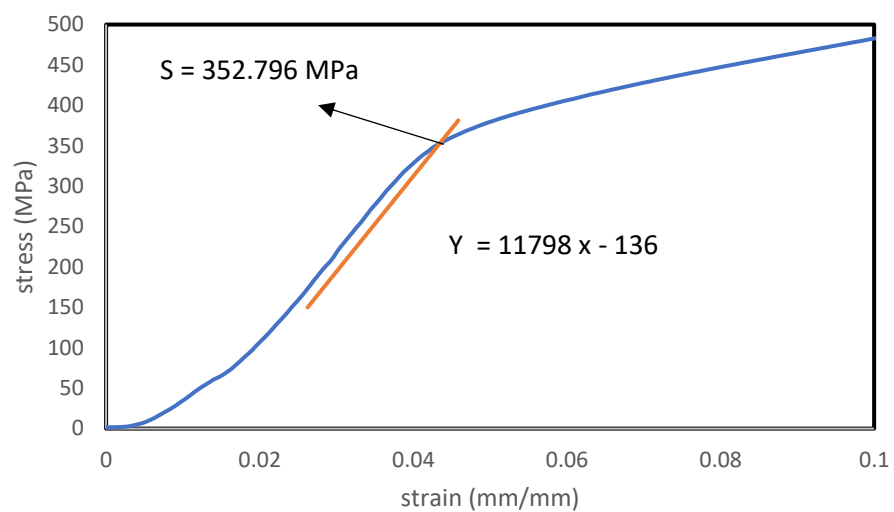
شکل 1.9 تعیین تنش تسلیم نمونه آلومینیومی با طول 15.3 میلی متر



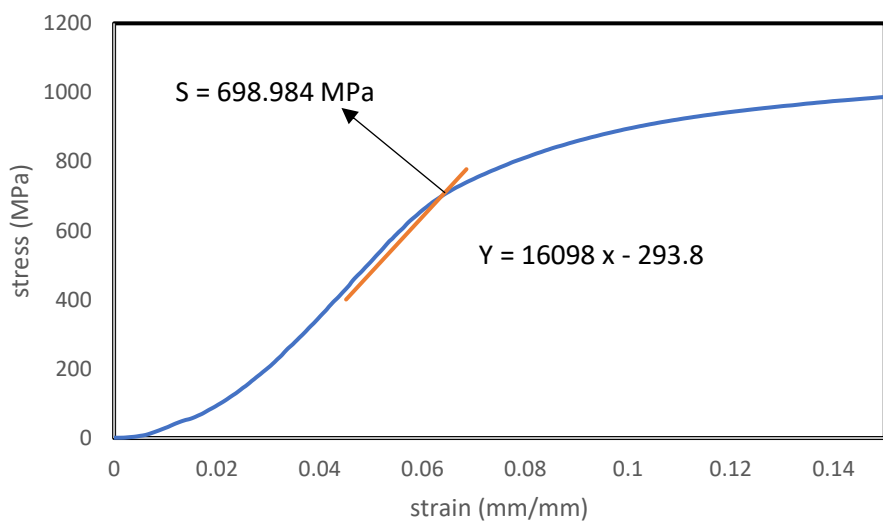
شکل 1.10 تعیین تنش تسلیم نمونه آلومینیومی با طول 21.22 میلی متر



شکل 1.11 تعیین تنش تسلیم نمونه مسی



شکل 1.12 تعیین تنش تسلیم نمونه برنجی



شکل 1.13 تعیین تنش تسلیم نمونه فولادی

مقادیر طول کشسان و تنش تسلیم در شکل های ۱.۸ تا ۱.۱۳ نشان داده شده است

حال ما می خواهیم کاهش طول نسبی، درصد تورم و استطام خنثی نمونه ها را بدست بیاوریم:

کاهش طول نسبی:

$$Al - 10.3 \text{ mm} \Rightarrow \underbrace{\frac{10.3 - 6.1}{10.3} \times 100}_{\text{کاهش طول نسبی پلاستیک}} + \underbrace{\pi}_{\text{کاهش طول نسبی الاستیک}} = 50 \Rightarrow \begin{cases} \text{کاهش طول نسبی پلاستیک} = 40.77\% \\ \text{کاهش طول نسبی الاستیک} = 9.23\% \end{cases}$$

$$Al - 15.3 \text{ mm} \Rightarrow \frac{15.3 - 8.4}{15.3} \times 100 + \pi = 50 \Rightarrow \begin{cases} \text{کاهش طول نسبی پلاستیک} = 45.1\% \\ \text{کاهش طول نسبی الاستیک} = 4.9\% \end{cases}$$

$$Al - 21.22 \text{ mm} \Rightarrow \frac{21.22 - 11.52}{21.22} \times 100 + \pi = 50 \Rightarrow \begin{cases} \text{کاهش طول نسبی پلاستیک} = 45.71\% \\ \text{کاهش طول نسبی الاستیک} = 4.29\% \end{cases}$$

$$Cu \Rightarrow \frac{15.4 - 8.3}{15.4} \times 100 + \pi = 50 \Rightarrow \begin{cases} \text{کاهش طول نسبی پلاستیک} = 46.1\% \\ \text{کاهش طول نسبی الاستیک} = 3.9\% \end{cases}$$

$$Brass \Rightarrow \frac{15.24 - \cancel{9.24}^{9.64}}{15.24} \times 100 + \pi = 50 \Rightarrow \begin{cases} \text{کاهش طول نسبی پلاستیک} = 36.75\% \\ \text{کاهش طول نسبی الاستیک} = 13.25\% \end{cases}$$

$$steel \Rightarrow \frac{14.42 - 8.42}{14.42} \times 100 + \pi = 50 \Rightarrow \begin{cases} \text{کاهش طول نسبی پلاستیک} = 41.61\% \\ \text{کاهش طول نسبی الاستیک} = 8.39\% \end{cases}$$

درصد تغییر

$$Al - 10.3 \text{ mm} \Rightarrow \frac{A - A_0}{A_0} \times 100 = \frac{\frac{\pi}{4} (13^2 - 10^2)}{\frac{\pi}{4} (10^2)} \times 100 = 69\%$$

$$Al - 15.3 \text{ mm} \Rightarrow \frac{A - A_0}{A_0} \times 100 = \frac{\frac{\pi}{4} (13.35^2 - 10^2)}{\frac{\pi}{4} (10^2)} \times 100 = 78.22\%$$

$$Al - 21.22 \text{ mm} \Rightarrow \frac{A - A_0}{A_0} \times 100 = \frac{\frac{\pi}{4} (13.7^2 - 10^2)}{\frac{\pi}{4} (10^2)} \times 100 = \cancel{87.69\%}$$

$$Cu \Rightarrow \frac{A - A_0}{A_0} \times 100 = \frac{\frac{\pi}{4} (13.9^2 - 10^2)}{\frac{\pi}{4} (10^2)} \times 100 = 93.21\%$$

$$Brass \Rightarrow \frac{A - A_0}{A_0} \times 100 = \frac{\frac{\pi}{4} (12.27^2 - 10^2)}{\frac{\pi}{4} (10^2)} \times 100 = 50.553\%$$

$$Steel \Rightarrow \frac{A - A_0}{A_0} \times 100 = \frac{\frac{\pi}{4} (14.06^2 - 10^2)}{\frac{\pi}{4} (10^2)} \times 100 = 97.684\%$$

با توجه به داده‌های موجود ارتفاع F_{max} رو به دست می‌آید. $S = \frac{F_{max}}{A_0}$ و استقامت

$$Al - 10.3 \text{ mm} \Rightarrow S = \frac{63701.2}{\frac{\pi}{4} (10^2)} \approx 811.48 \text{ MPa}$$

$$Al - 15.3 \text{ mm} \Rightarrow S = \frac{62211.3}{\frac{\pi}{4} (10^2)} \approx 792.5 \text{ MPa}$$

$$Al - 21.22 \text{ mm} \Rightarrow S = \frac{51498.8}{\frac{\pi}{4} (10^2)} \approx 656.04 \text{ MPa}$$

$$Cu \Rightarrow S = \frac{53297.7}{\frac{\pi}{4} (10^2)} = 678.95 \text{ MPa}$$

$$Brass \Rightarrow S = \frac{67483}{\frac{\pi}{4} (10^2)} = \cancel{869.22} \text{ MPa}$$

$$Steel \Rightarrow S = \frac{122715.7}{\frac{\pi}{4} (10^2)} = 1563.26 \text{ MPa}$$

جدول 1.2 تعیین مشخصات نمونه ها

نمونه ها	Al-10.3 mm	Al-15.3 mm	Al-21.22mm	Cu	Brass	Steel
مدول الاستیسیته (MPa)	8501.6	6574	12199	12218	11798	16098
تنش تسلیم (MPa)	178.6696	180.986	172.207	309.1959	352.796	698.984
کاهش طول نسبی پلاستیک %	40.77 %	45.1 %	45.71 %	46.1 %	36.75 %	41.61 %
کاهش طول نسبی الاستیک %	9.23 %	4.9 %	4.29 %	3.9 %	13.25 %	8.39 %
درصد تورم %	69 %	78.22 %	87.69 %	93.21 %	50.553 %	97.684 %
استحکام فشاری (MPa)	811.48	792.5	656.04	678.95	859.22	1563.26

مقایسه مشخصات بین نمونه ها:

آلومینیوم با طول 1.22 mm

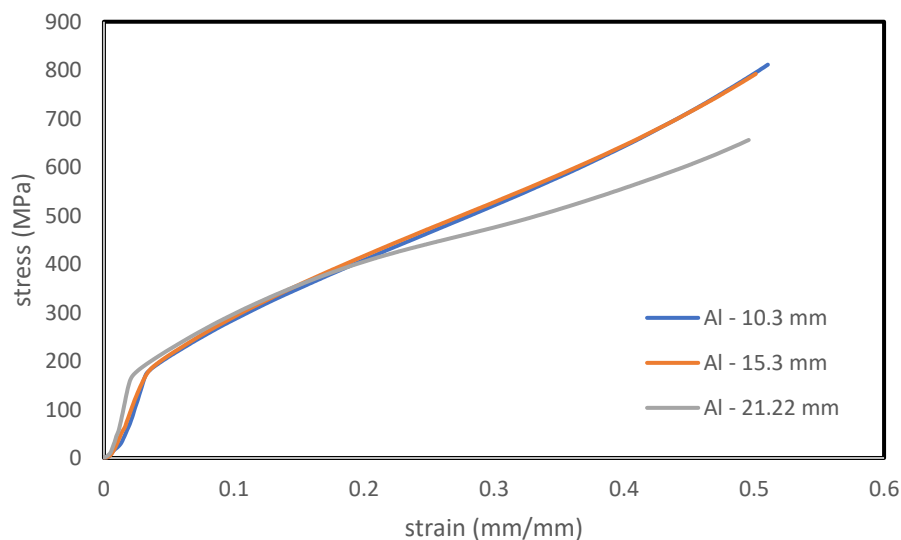
در بین این که نمونه فولاد دارای بیشترین مدول الاستیسیته می باشد. سپس مس، آلومینیوم و کمترین مقدار را نمونه های آلومینیوم دارند. در واقع ملتان بیان می برد که فولاد نیروهای بین اتمی آن به نسبت دایره فلزات از قدرت بیشتری برخوردار هستند.

تنش تسلیم بیانگر مقاومت ماده در برابر تغییر فرم می باشد. در بین این نمونه ها فولاد دارای بیشترین تنش تسلیم، سپس مس، برنج و نمونه های آلومینیوم. می دانیم که آلومینیوم برنج ترکیبی از روی و مس دارد بنابراین توانایی آن در برابر مقاومت که در دو جلوی حرکت نابجایی ها را از تنش نسبت به مس بیشتر است چرا که همین فاز Zn می تواند مانعی بر سر راه حرکت نابجایی ها باشد.

از لحاظ کاهش طول نسبی پلاستیک مس دارای بیشترین درصد کاهش طول نسبی پلاستیک را دارد بعد از آن دو نمونه 21.22mm و 15.3mm آلومینیوم بیشترین درصد کاهش، سپس فولاد، آلومینیوم با طول 10.3mm و در نهایت برنج دارای کمترین مقدار کاهش طول نسبی پلاستیک بین نمونه ها می باشد. از لحاظ کاهش طول نسبی الاستیک اینبار برنج دارای بیشترین کاهش طول نسبی الاستیک می باشد، سپس آلومینیوم با طول 10.3mm، فولاد، آلومینیوم با طول 15.3mm، آلومینیوم با 21.22mm و در نهایت مس دارای کمترین درصد کاهش طول نسبی الاستیک می باشد.

درصد تقویم یعنی آینه در اثر انجام تست فشار نمونه‌های ماحققه توانسته‌اند، سطح مقطع جان زیادتر شود که خود بیانگر توانایی بیشتر قطعات در تغییر فرم پلاستیک است. در بین نمونه‌های ذکر شده فولاد دارل بیشترین درصد تقویم، سپس به ترتیب مس، آلومینیوم با طول 21.22mm، 15.3mm، 10.3mm و در نهایت برنج. یعنی فولاد بیشترین توانایی در تغییر فرم پلاستیک داشته و کمترین آن دچار است. از لحاظ استحکام فشاری، فولاد دارل بالاترین مقدار و آلومینیوم با طول 21.22mm دارل کمترین مقدار این استحکام را دارد.

خواسته شماره 3 :

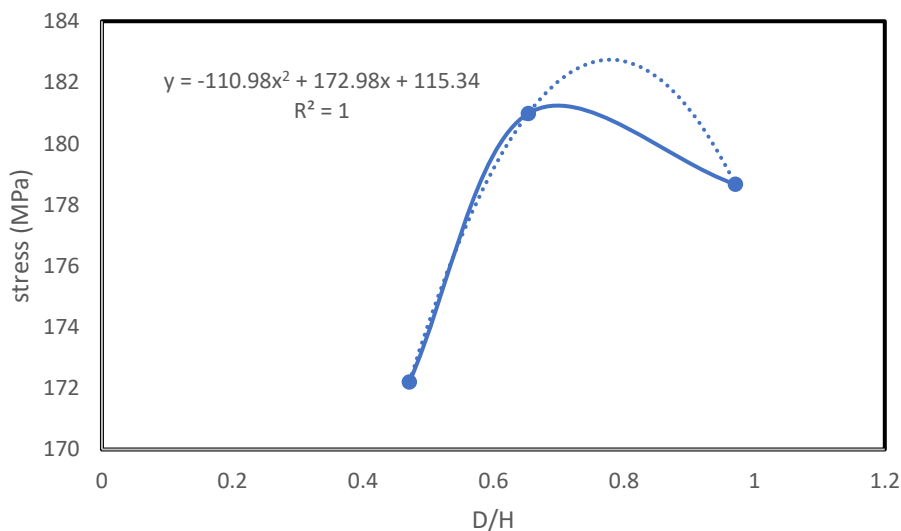


شکل 1.14 منحنی تنش - کرنش نمونه های آلومینیومی

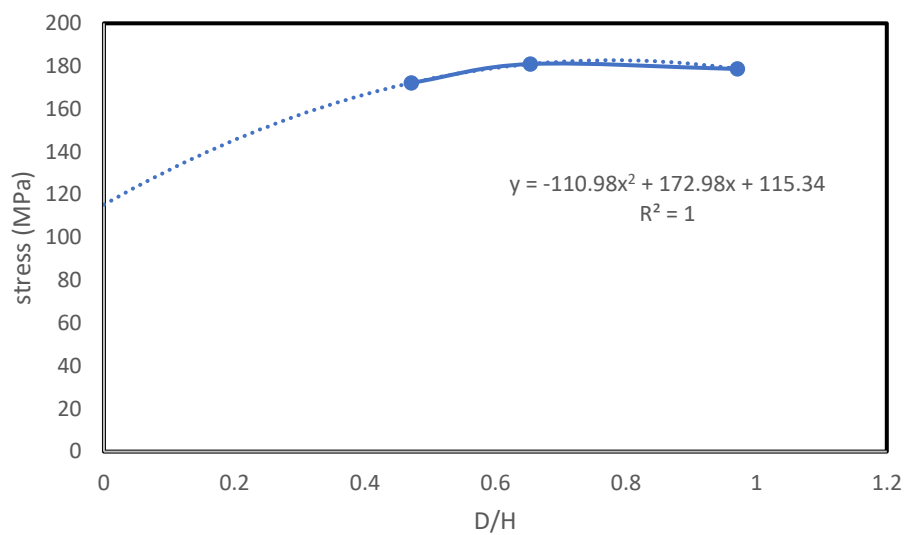
همانطور که می‌توان از نمودار فهمید هر چقدر که ارتفاع نفوذ کمتر شود شرایط برین تغییر فرم سخت‌تر
 شود چرا که از نمودار می‌توان دید که برین ادعا کرنش بیشتر به تنش بیشتری احتیاج داریم. مثلاً در
 یک کرنش ثابت نفوذ آلومینیوم با طول 21.22mm ، به تنش کمتری احتیاج دارد تا
 نفوذ آلومینیوم با طول 10.3mm .

در توجیه این موضوع راجع به محدودتر شدن منطقه تغییر فرم پلاستیک دانست که در نفوذها با ارتفاع کمتر
 این ناحیه هم کمتر شود و ناحیه مرده *dead zone* بخش بیشتری از قطعه را شامل می‌شود
 و منطقه تغییر فرم پلاستیک را محدودتر کند ، پس برین ادعا کرنش بیشتر مسلماً به تنش‌های بیشتر
 احتیاج داریم .

خواسته شماره 4 :



شکل 1.15 منحنی تنش - قطر/ارتفاع نمونه های آلومینیومی



شکل 1.16 تعیین تنش تسلیم ایده آل نمونه آلومینیومی بعد از برون یابی

جدول 1.3 تعیین نسبت قطر به ارتفاع نمونه های آلومینیومی و تنش تسلیم آنها

نمونه ها	Al – 10.3 mm	Al – 15.3 mm	Al – 21.22 mm
D/H	0.970874	0.653595	0.471254
S	178.6696	180.986	172.207

مقدار برون یابی شده از روی نمودار 115.34 مگاپاسکال می باشد

مراجع :

کتاب هرتزبرگ

جزوه آز خواص مکانیکی مواد