



دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده مهندسی و علم مواد  
آزمایشگاه خواص مکانیکی مواد

آزمایش شماره 5:  
نرخ کرنش

نگارش :  
سارا صاحبی اول

گروه:  
دوشنبه ساعت 13.5 الی 16.5

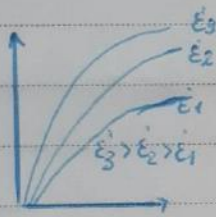
اساتید درس :  
دکتر سیامک سراج زاده  
مهندس جعفر مهدی اخگر

تاریخ انجام آزمایش:  
1401/02/12

## تئوری آزمون:

نرخ کرنش Strain Rate یکی از پارامترهای مهم در رفتار مکانیکی مواد است که به تغییرات کرنش نسبت به زمان تعریف می‌شود.

در حین آزمون کرنش یک ماده در حین بارگذاری کرنش درجه کرنش (استرین) را نشان می‌دهد. کرنش‌های مختلف در یک ماده با بارهای مختلف ایجاد می‌شوند. کرنش‌های مختلف در یک ماده با بارهای مختلف ایجاد می‌شوند.



در حین آزمون کرنش یک ماده در حین بارگذاری کرنش درجه کرنش (استرین) را نشان می‌دهد. کرنش‌های مختلف در یک ماده با بارهای مختلف ایجاد می‌شوند. کرنش‌های مختلف در یک ماده با بارهای مختلف ایجاد می‌شوند.

$$\sigma = C \epsilon^m$$

در حین آزمون کرنش یک ماده در حین بارگذاری کرنش درجه کرنش (استرین) را نشان می‌دهد. کرنش‌های مختلف در یک ماده با بارهای مختلف ایجاد می‌شوند. کرنش‌های مختلف در یک ماده با بارهای مختلف ایجاد می‌شوند.

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left( \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \right)^m \Rightarrow \ln \left( \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) = m \ln \left( \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \right)$$

$$\lim_{n \rightarrow 1} (\ln x) = x - 1 \Rightarrow \ln \left( \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \right) = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} - 1 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = m \ln \left( \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \right) = 2.3m \log \left( \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \right)$$

طبق جدول زیر آورده ، اگر  $\lambda$  بیش از 10 برابر شود و  $m = 0.01$  باشد ، اینج :

$$\frac{\Delta G}{G_1} = 2.3 \cdot 0.01 \cdot 10 = 0.02$$

۴۰ یعنی همان کار که زنده شد و در دماغ این انجیره آمدن روشن بیدار عیدانی نمی کند  
در این حالت اندر دماغ روشن را انداخته می گویند و گفته اند را بدقت عید می

$$\sigma = k\varepsilon^n$$

[illegible]

★ در حالت  $T = 0.5 T_m$  به راحتی دارد. در ماهی کار کم قرار  $m = 0.1$  تا  $0.2$  انباشته می یابد. در ماهی در  $T = 0.5 T_m$  تغییر  $m$  نسبت به  $m$  است اما در ماهی بالایی  $T = 0.5 T_m$  تغییر  $m$  نسبت به  $m$  است.

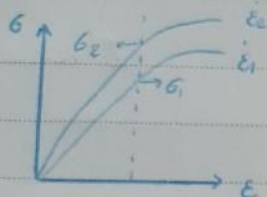


کلیت نکته بالا در عملیات شکل دهی مثل Forging و در مایه بالا استفاده  
می شود و هم امکان آزمون بالست باید از رابطه تعیین شود  $\sigma = CE^m$  استفاده  
شود

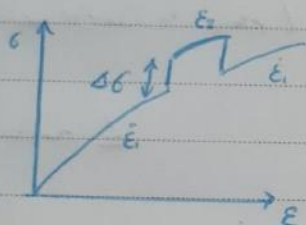
مجموعه ی نود و یکمین  $m$  بهای ایالات را می توان معده ی جاری را گذشت و زمانه ی است

روش های اندازه گیری m

1. روش کشت مخنی های کشت بهره : از بین بردن با روش کشت متعارف غیر شکل ایار و بین رفتی  
کشت کشت با باری منصفه با آمدن کشت مخنی رسم می کشیم  
با تعاریف مخنی های کشت کشت بهره غیر کشت مسلم با اندازه گیری بود روش دیگر در این راه با اندازه گیری



۲. در این روش در بین تشکیل خط یک نوع انحراف، با ثابت نگه داشتن کرنش، اثرات کرنش را با تغییر بار می‌کنیم و با افزایش کرنش تسلیم از روی نمودار مشاهده می‌کنیم.



\* در این روش وقتی کرنش  $\epsilon$  زیاد می‌شود به نقطه انحراف کرنش می‌رسد. معادله انحراف که وقتی است که در این اصل نمونه از ابتدا تحت کرنش تسلیم بالایی قرار گرفته کار سخت تر از نمونه می‌شود.  
در این روش هم اینست که روی یک نمونه چندین بار کرنش را تغییر دادیم اما در کرنش تسلیم همیشه به همان مقدار کرنش می‌رسیم.

\* در این روش هم کرنش از کرنش تسلیم پایین و در کرنش تسلیم بالایی و در کرنش تسلیم بالایی.

$$\sigma = k_1 + k_2 \epsilon$$

\* با فرض اینکه  $k_1$  و  $k_2$  مستقل از کرنش هستند و در دماهای بالا کرنش تسلیم تغییر می‌کند.

$$\epsilon = \frac{d\epsilon}{dt} = \frac{1}{dt} \times \frac{dl}{l} = \frac{1}{l} \times \frac{dl}{dt} = \frac{v}{l}$$

### موضوع 1

$$C = \frac{\delta L}{L} \quad S = \frac{F}{A_0} \quad \epsilon = \ln(1 + e) \quad \phi = S(1 + e)$$

مقیاس تغییرات طولی و عرضی را می توانیم به این روش ها محاسبه کنیم

\* این مقادیر ها در شکل 1 تا 1 آورده شده است

### موضوع 2

سرعت تغییر طول نسبی برای هر نقطه از جسم نسبت به تغییر طول مطلق آن، به طول اولیه آن نسبت می آید:

$$\dot{\epsilon} = \frac{v}{L}$$

مقیاس تغییرات عادی می کنیم

\* این مقادیر در جدول 1 و 2 قرار داده شده اند

### موضوع 3

از روی نمودارهای رسم شده مقادیر تنش  $\sigma$  و تغییرات نسبی طول  $\epsilon$  را می توانیم به دست آوریم

\* این مقادیر در جدول 3 قرار داده شده است

بسیار مهمی این مقادیر در رسم  $\sigma - \epsilon$  را رسم می کنیم \* این مقادیر در شکل 5 تا 7 آورده شده است

مقیاس آخیر در نمودارها مشخص است و رابطه  $\sigma = C\epsilon^m$  و مقادیر  $m$  و  $C$  با افتادگی نرخ کرنش مشخص می شود

در تنش  $\sigma$  و تغییرات نسبی طول  $\epsilon$  با افتادگی نرخ کرنش  $\dot{\epsilon}$  کاهش می یابد

یعنی نمونه تدریجاً در تنش و تغییرات نسبی طول کمتری تسلیم می شود

در هر دو حالت با افتادگی نرخ کرنش  $\dot{\epsilon}$  تغییرات نسبی طول  $\epsilon$  و تنش  $\sigma$  با افتادگی نرخ کرنش  $\dot{\epsilon}$  همراه است



حالت 4

در حالت دوم، در صورتی که در یک نقطه از نمودار، دو خط موازی رسم شود:

$$\sigma_y = k_1 + k_2 \log \epsilon$$

در این حالت، اگر فرض کنیم که در یک نقطه از نمودار، دو خط موازی رسم شود، به ازای هر یک از این خطوط، یک معادله خواهیم داشت. اگر این دو معادله را با هم حل کنیم، می‌توانیم به دست آوریم:

$$k_1 = 320.65 \quad k_2 = 8.56$$

$$\sigma_y = 320.65 + 8.56 \log \epsilon \quad \begin{matrix} 0.5 (\text{sec})^{-1} = 30 (\text{min})^{-1} \\ = 333.29 \text{ MPa} \end{matrix}$$

فرض کنیم که در یک نقطه از نمودار، دو خط موازی رسم شود. در این حالت، اگر فرض کنیم که در یک نقطه از نمودار، دو خط موازی رسم شود، به ازای هر یک از این خطوط، یک معادله خواهیم داشت. اگر این دو معادله را با هم حل کنیم، می‌توانیم به دست آوریم:

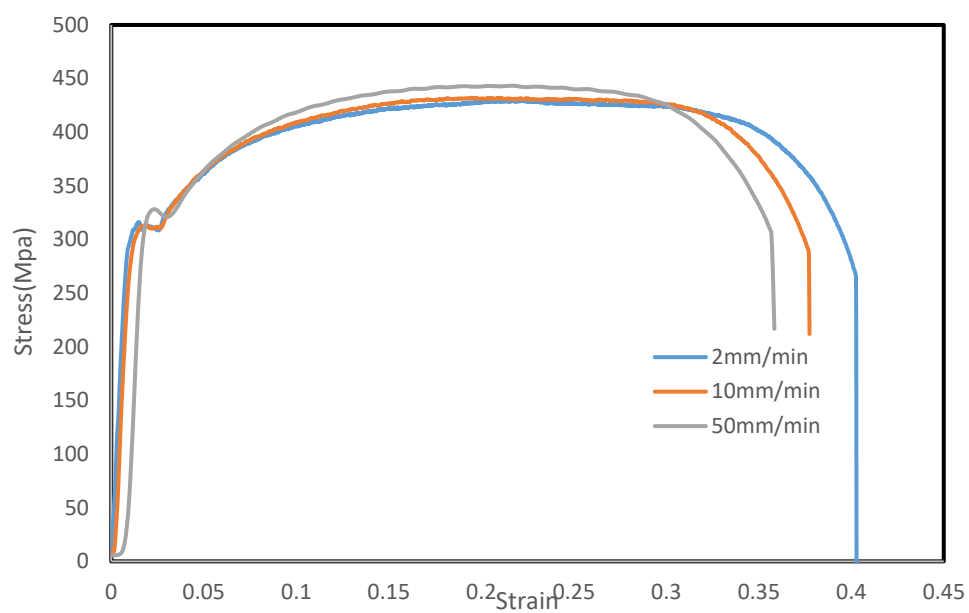
حالت 5:

در این حالت، فرض کنیم که در یک نقطه از نمودار، دو خط موازی رسم شود. در این حالت، اگر فرض کنیم که در یک نقطه از نمودار، دو خط موازی رسم شود، به ازای هر یک از این خطوط، یک معادله خواهیم داشت. اگر این دو معادله را با هم حل کنیم، می‌توانیم به دست آوریم:

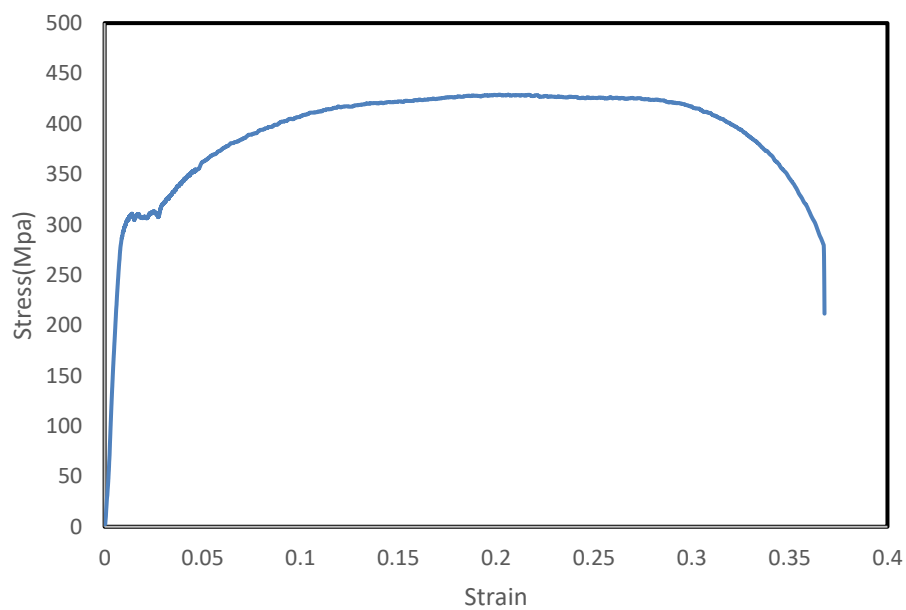
$$\sigma = C \epsilon^m \quad \text{in jump:} \quad m = \frac{\log(\frac{\sigma_2}{\sigma_1})}{\log(\epsilon_2/\epsilon_1)} = \frac{\log(350.971/336.679)}{\log(0.3725/0.0625)} = 0.0074$$

در این حالت، فرض کنیم که در یک نقطه از نمودار، دو خط موازی رسم شود. در این حالت، اگر فرض کنیم که در یک نقطه از نمودار، دو خط موازی رسم شود، به ازای هر یک از این خطوط، یک معادله خواهیم داشت. اگر این دو معادله را با هم حل کنیم، می‌توانیم به دست آوریم:

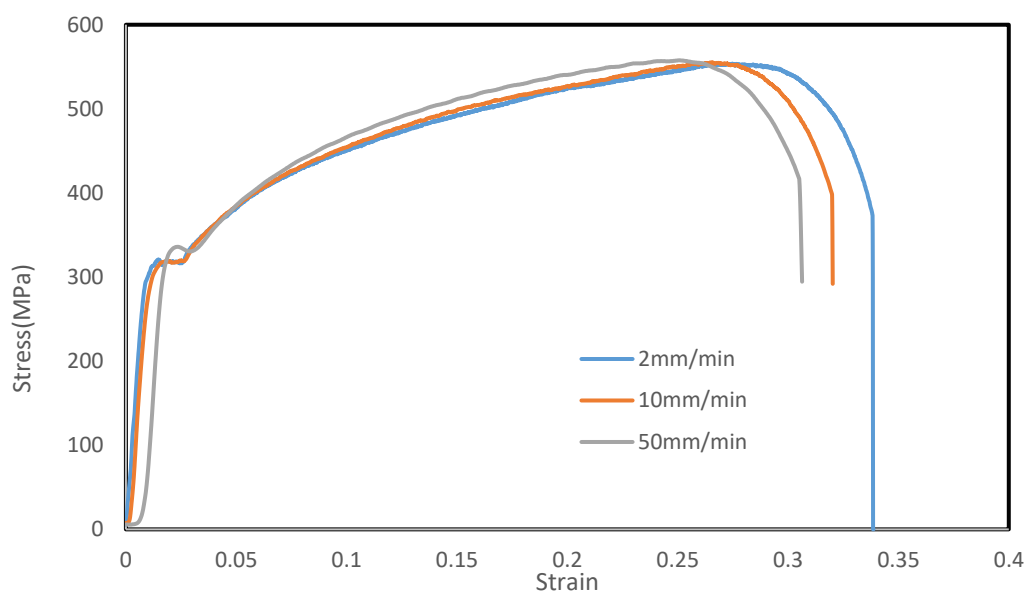
$$\sigma = C \epsilon^m \quad m = \frac{\log(\sigma_2/\sigma_1)}{\log(\epsilon_2/\epsilon_1)} = \frac{\log(426.23/422.2126)}{\log(0.3725/0.0625)} = 0.007$$



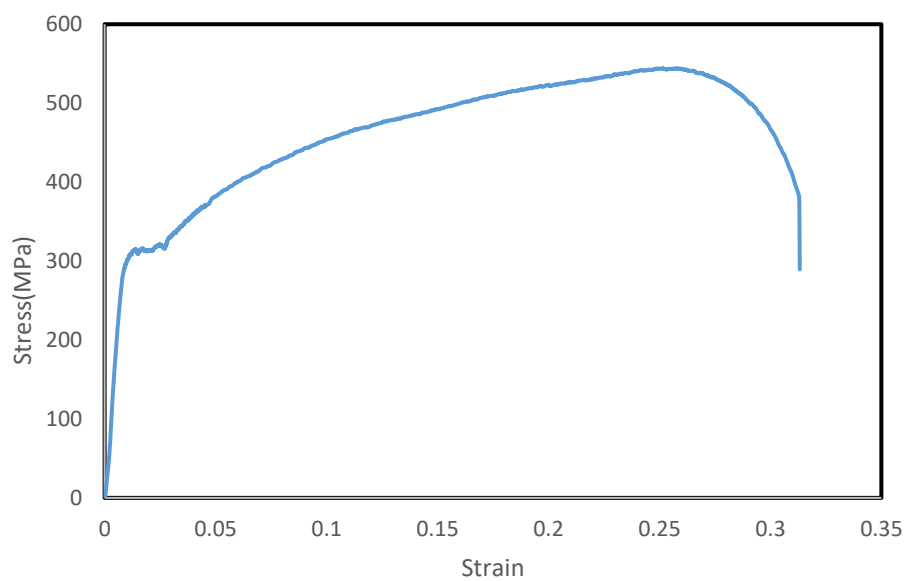
شکل 1\_ منحنی تنش کرنش مهندسی نمونه ها با آهنگ تغییر شکل متفاوت



شکل 2\_ نمودار تنش کرنش مهندسی آزمون  
Jump



شکل 3\_منحنی تنش کرنش حقیقی نمونه ها با آهنگ تغییر شکل متفاوت



شکل 4\_نمودار تنش کرنش حقیقی آزمون  
jump



جدول 1\_سرعت تغییر طول نسبی برای هر نمونه

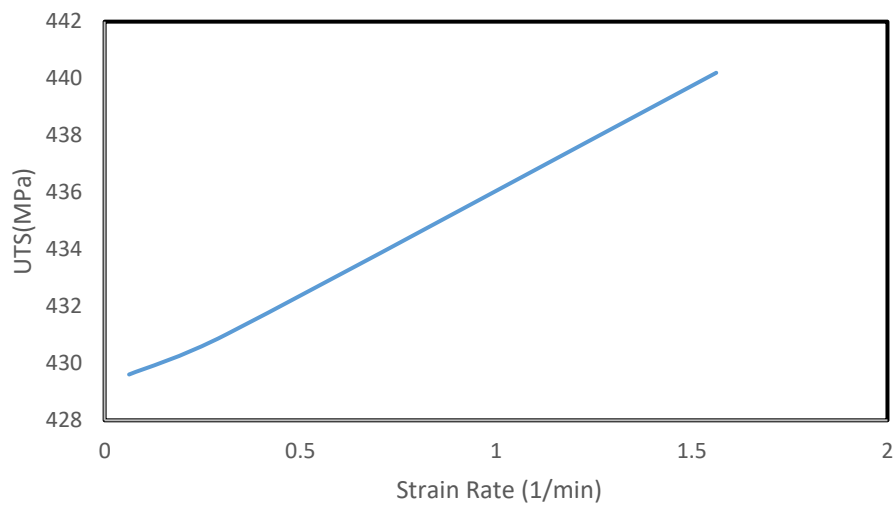
V(mm/min)	2	10	50
$\dot{\epsilon}$ (1/min)	0.0625	0.3125	1.5625

جدول 2\_سرعت تغییر طول نسبی برای نمونه تحت آزمون

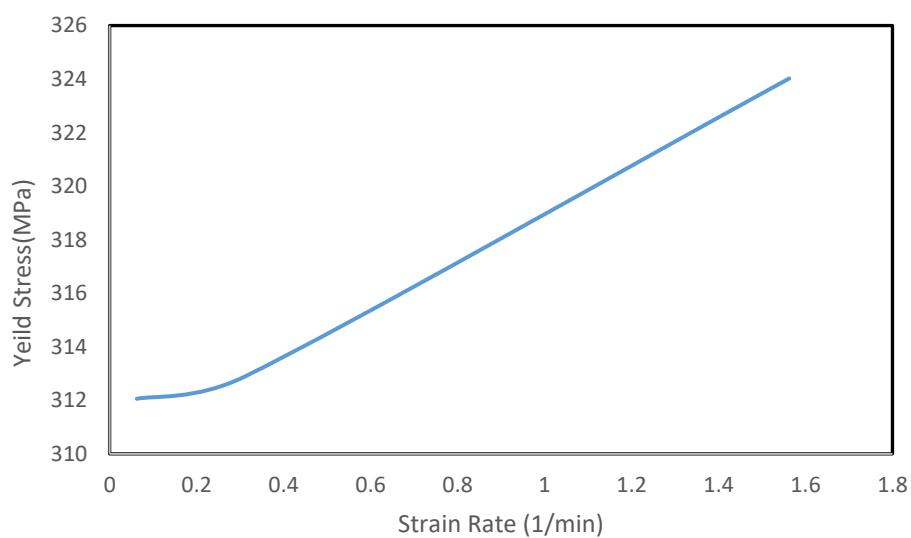
Jump			
V(mm/min)	2	10	
$\dot{\epsilon}$ (1/min)	0.0625	0.3125	

جدول 3\_مقادیر تنش تسلیم و کرنش شکست بر حسب نرخ کرنش

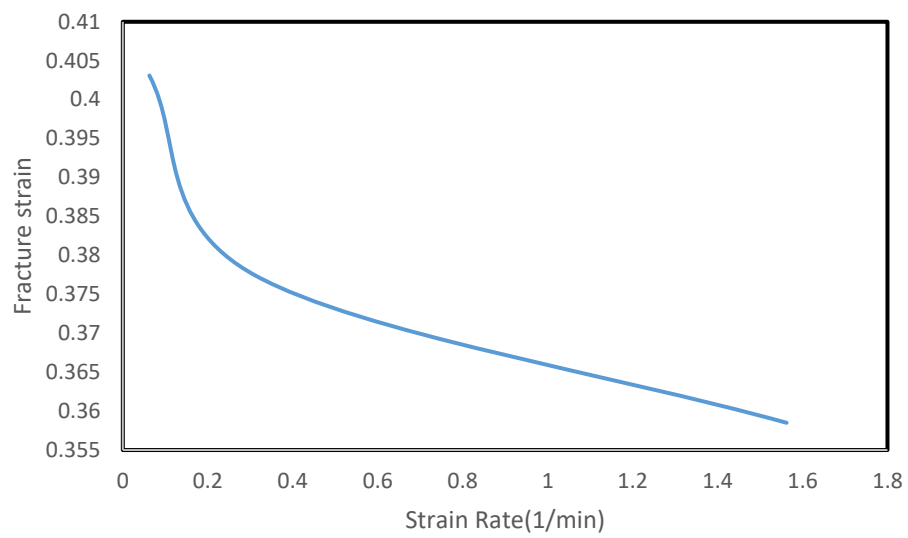
$\dot{\epsilon}$ (1/min)	$\sigma_{uts}$	$\sigma_y$	$\epsilon_f$
0.0625	429.6092	312.0574	0.4031
0.3125	431.0278	312.9	0.3774
1.5625	440.2034	324.0236	0.3585



شکل 5\_ تغییرات  
UTS  
بر حسب نرخ کرنش



شکل 6\_ تغییرات تنش تسلیم بر حسب نرخ کرنش



شکل 7\_ تغییرات کرنش شکست بر حسب زمان