



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی و علم مواد

آزمایشگاه خواص مکانیکی مواد

آزمایش شماره ۱:

بررسی رفتار کششی فلزات مختلف

نگارش:

امید فرزانه



گروه:

دوشنبه ۱۶:۳۰ الی ۱۹:۳۰

اساتید درس:

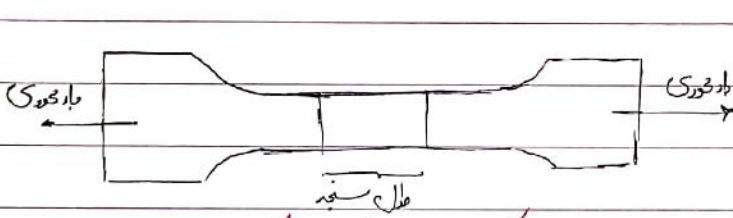
دکتر سیامک سراج زاده

مهندس جعفر مهدی اخگر

## مورد منابع (تئوری)

احمد خزانة - لوله 4

آزمایش (ست) کشش یکی از پرکاربردترین آزمون‌ها است که مشخص‌کننده ویژگی‌های مکانیکی ماده است و اصولاً به بررسی تک محوره، نیروی کششی به غوندری محاط تحت آن وارد می‌شود. (شکل ۱)



شکل ۱. غوندری آزمون کشش

همیشه است نخست باید این داهول کشش آشنا شده و به آن سلف پیوسته با پیوسته کلل پیری آزمایه در دست آمده از آزمون دانسته باشیم.

پایه کشش و اعمال بار محوری ماده دارد تغییر شکل موثر یا الاستیسیته شود که در آن از مانع عمل پیروی می‌کند. ماده‌ای که ماده در این ناحیه است مقدار برآیند بار، ماده به حالت اولیه خود برمی‌گردد.

نکته: برای محاسبه کرنش منابع مقطع و طول غوندر مورد آزمون، ما حتم کشش و کرنش معرفی می‌شود.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (۱)$$

کشش و کرنش حقیقی

کشش و کرنش هندسی

$$\sigma = \frac{F}{A} = S(1 + \epsilon) \quad (۲) \quad \epsilon = \ln \frac{L}{L_0} = \ln(1 + \epsilon) \quad (۳)$$

$$S = \frac{F}{A_0} \quad (۴) \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (۵)$$

نکته: کشش و کرنش هندسی و حقیقی محاط در ناحیه کشش و کرنش حقیقی هستند.

محدود است

نکته:  $E$  یا مدول یانگ (الاستیک) به ماده وابسته است. در حقیقت به انرژی پیوند بین اتمی وابسته است که برای هر ماده

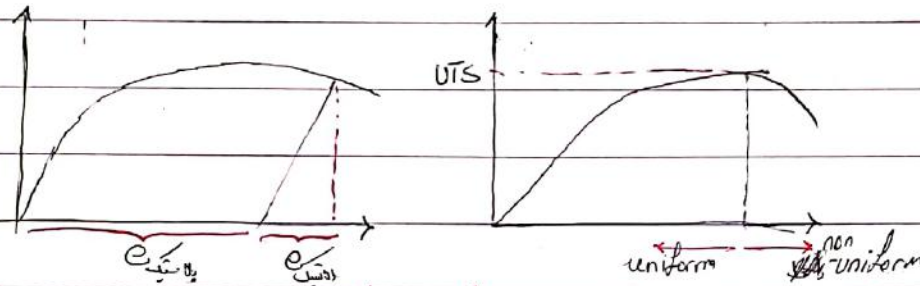
نکته: حجم در ناحیه الاستیک ثابت می‌ماند، زیرا در حقیقت پیوندهای اتمی در حال بسط و منقبض شدن هستند.

تعبیر تغییر شکل الاستیک، تغییر شکل پلاستیک را خلاصه‌ای است که در آن میزان برآیند بار اعمالی، ماده (غوندر) کاملاً به حالت

اولیه باز نخواهد گشت و به عبارتی مدولی تغییر شکل دائمی به وجود می‌آید.

نکته: تعدادی تغییر شکل الاستیک در حین نقد از ناحیه الاستیک گذر خواهد داشت که با رسم خطی به برائت ناحیه الاستیک

عجیب این خط از نقد منظر بلند، مدار زیر خط رسم شده کرنش الاستیک و تغییر کرنش، الاستیک است (شکل 3)



شکل 3... نمودار تنش-کرنش (کتاب در non uniform) شکل 2... نمودار تنش-کرنش (معمول و م)

نکته: نقدی که با حروف به اسکام کشی می‌باشد، بالاترین نیرو (تنشی) که ماده عمل می‌کند. بعد از آن

بریده می‌گردد و منحنی رخ می‌دهد که به دلیل کاهش دانه‌های سطح مقطع تنشی از نمونه در کرنش همان است

با است دانه‌های تنشی در غودا مراجعه هستیم. لایه شدن عموماً به این رخ می‌دهد که ضعیف تر است به نسبت با است

(عیب فنی سعی یا ردی). دلیل شروع لایه شدن ظاهری کاهش سطح مقطع بر کارایی است

کارایی: پس از است الاستیک برای ادامه تغییر شکل نیاز به نیروی بیشتری است و مؤثری مشابه گفته با آن

کاهش سطح مقطع است که در تنگی که این دو مؤلفه با هم برابر شوند، نقدی که است را خواهیم داشت.

عجیب بل و بعد از آن به ترتیب تغییر شکل لغو است و غیر پایداری رخ می‌دهد که با رسم غیر لغو است برین

آن به دلیل لایه شدن است.

نکته: در ناحیه تغییر شکل پایداری می‌توانیم از رابطه تجربی هودامان استفاده کنیم. (رابطه 6)

که  $n$  و  $k$  ضرایب وابسته به ماده اند که به ترتیب ضرایب استحکام و توان کارایی نامیده می‌شوند

$$\sigma = k \epsilon^n \quad (6)$$

عجیب حقیقت نرخ کارایی با به سرعت متاثر می‌شود (رابطه 7)

$$\frac{d\sigma}{d\epsilon} = n k \epsilon^{n-1} \quad (7)$$



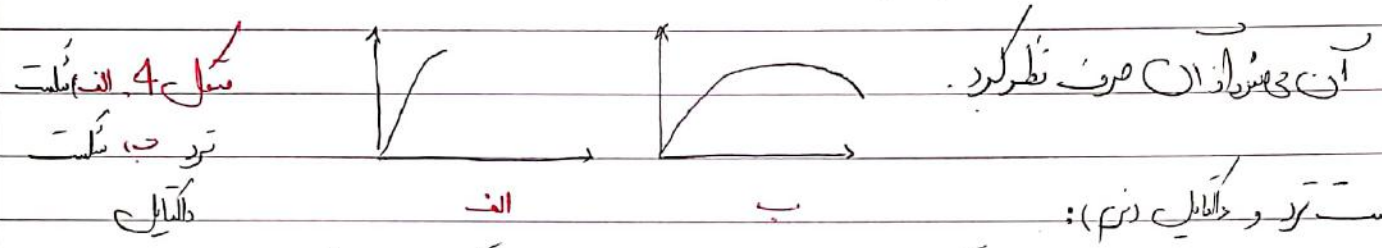
که از راجه 7 می توان دو سادی رو به دور از کتا ثابت کرد.

$$\epsilon_{urs} = n$$

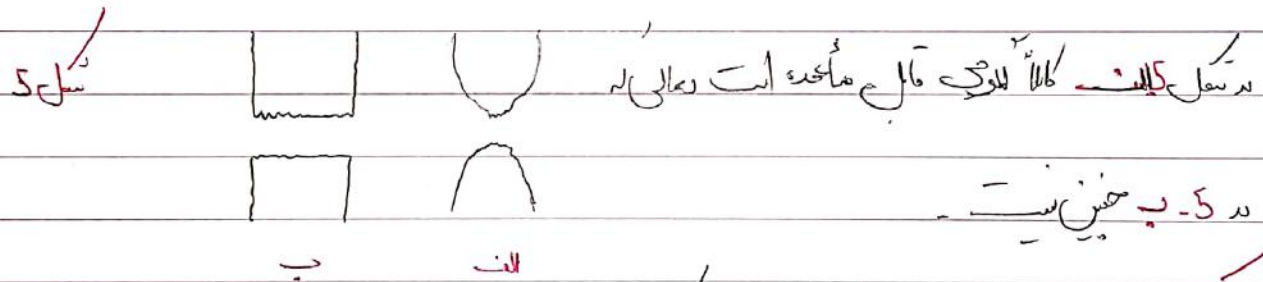
$$\epsilon_{urs} = \frac{m}{\epsilon_{ur}}$$

کلمه 1 در لایه پلاستیک به سبب سلسله شدن پیوندها و به این دلیل شکل آن ها (برضات الاستیک) می توان است حجم تقریباً ثابت می دارد.

★ حافظه در شکل 2 نشان داریم یعنی از کرنش در ناحیه پلاستیک هم ، الاستیک خواهد بود اما حالا به خاطر کوچک بودن



در شکل 4 الف یک سبک تر را مشاهده می کنید که تقریباً بدون هیچ تغییر فرم پلاستیک ماده سلسه است اما در شکل 4 ب ماده به مدت کامل پلاستیک است که تفاوت این در سبک های توان در شکل 5 در سطح مقطع سبک دور

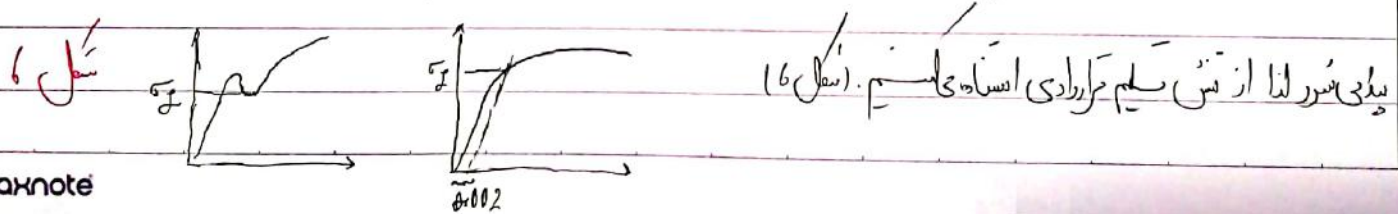


نکته 2 به تقریب هداوت (اچدنی ، حدلستان ، تنش تسلیم قراردادی)

اچدنی ، جایی است که نمونه از حالت خطی خارج شود / حدلستان ، جایی است که بعد از آن تغییر شکل پلاستیک باشد. تنش تسلیم قراردادی : که به اندازه کرنش قراردادی (معمولاً 0.002) با جبرار مبدأ خطی به برانگشت نامیه لستان رسم کرده

و کل باقی آن با نفی را مشخص کنیم ، تنش تسلیم قراردادی را باید اگر رسم

به دور که در سادی که تنش تسلیم بالایی داشته باشد (شکل 6) ، که این حالت پاشی را بر تنش تسلیم است) ، در رسم ، حدلستان بسیار بزرگ



شماره دانشجو: 99107227

خواسته‌های آزمایش 1: انحراف جانبی مراد

اعید فرزانه - گروه 4

1. ابعاد اولیه، طول اولیه و نهایی سنج (Gage length) برای هر 3 نمونه در جدول 1 قرار داده شده است

2. اطلاعات خواسته شده به روش زیر برای هر 3 نمونه محاسبه و داخل جدول 2 قرار داده شده است.

$$\epsilon = \frac{l_{UTS/failure} - l_0}{l_0} = \text{کشش هندسی} \quad \epsilon = \ln(1 + e) = \text{کشش حقیقی}$$

$$S = \frac{F_{UTS/failure}}{A_0} = \text{تنش هندسی} \quad \sigma = S(1 + e) = \text{تنش حقیقی}$$

نکته 1- روابط ارائه شده برای  $\sigma$  و  $\epsilon$  تنها با تقریبی UTS مطابقت دارند، لذا با اطلاعات داده شده  $\sigma$  و  $\epsilon$  در تقریبی شلست مایل اندازه گیری نشده است.نکته 2- معادیر  $l_0$  و  $A_0$  نیز از اطلاعات دستگاه مایل محاسبه هستند. به طور مثال برای نمونه فولادی داریم: (برای تعیین به همین صورت)

$$l_0 = 32 \text{ (mm)} \quad \text{عرض} = 5.96 \text{ mm} \quad \text{ضخامت} = 3 \Rightarrow A_0 = 5.96 \times 3 = 17.88 \text{ mm}^2$$

نکته 3-  $F_{UTS/failure}$  و  $l_{UTS/failure}$  از روی نمودار رسم شده در اصل تعیین شده است. (شکل 1-3)

3. محاسبه ضریب ایمنی:

نکته 4- انتخاب 2 نقطه در ناحیه خطی نمودار تنش-کشش (حقیقی یا هندسی) برای تعیین ضریب ایمنی (این ناحیه برهم منطبق اند) و سپس انتخاب دو نقطه

تنش در تنش بین آن 2 نقطه و رسم نمودار آن، در مرحله بعد به نمودار مذکور یک تریدلین اضافه کرده و از معادله خط تریدلین می توان

به ضریب ایمنی (نسب تریدلین) دست یافت. به طور مثال برای نمونه فولادی داریم: (تعیین به طریق مشابه)

$$\sigma = 37162 \epsilon - 85.783 \Rightarrow E = 37162 \text{ MPa} = 37.162 \text{ GPa}$$

محاسبه تنش تسلیم: (نمونه فولادی 10)

این نمونه به دلیل دارا بودن تنش تسلیم بالایی و پایداری، به راحتی تنش تسلیم پایداری (عاملین آمپلیتودهای خط مربوط به تنش تسلیم پایداری) را می بردن به عنوان



# تشریح لژرین لرد

محاسبه تنش تسلیم: (برای نمونه A1 و B1)

برای این دو نمونه تنش تسلیم قراردادی (proof stress) را به عنوان تنش تسلیم معرفی می‌کنیم.

مخوبه محاسبه تنش تسلیم قراردادی: به درجی خطی به حراوات نامیده می‌شود (استان) در دامنه 0.002 تا 0.2 دهد.

رسم شده و محل تقاطع آن با محور تنش کرنش یکباره تنش تسلیم خوانده می‌شود.

برای ایجاد راه کارایی که بخش محدودی تنش تسلیم را در بر می‌گیرد در نظر گرفته و کرنش 0.002 امانت می‌کنیم و برای تنش

نیروی محاسبه ای که قبل از تسلیم آورده می‌شود و عموماً با کرنش مربوط به آن داده می‌شود می‌توانیم از نمودار

استفاده کنیم (تقدیر خود را با محور تنش - کرنش، تنش تسلیم را یافته ایم).

4. محاسبه تغییر کرنش پلاستیک در سلسله: (برای E)

با استفاده از نمودار رسم شده (مجدد):

$$e = \frac{35.4 - 25}{32} = 0.325$$

نمود: به روش بالا دانی بدیده طول نهایی منتهی طرح الاستیک سرد زیرا معیار سلسله و برآینش خود را بدیده از سمت الاستیک کرنش در سلسله

خارج می‌دهد. اما در روش دیگر باید با احتساب کرنش پلاستیک از روی نمودار (نه جدولی کرنش در سلسله)، خواسته را با جمع کنیم.

از روی راه کار (نقشه): راه اصلی استین خطی به حراوات سمت الاستیک که از نقطه سلسله نیز بگذرد و پس با این محل

برخورد خط با محور تنش که همان کرنش پلاستیک سلسله خوانده می‌شود.

با داشتن جمله سمت راست از سمت عایق، شیب را برآورد و عرض از مبدأ خط معلوم در بالا را می‌یابیم.

$$\rightarrow \sigma_{failure} = 37162 (E_{failure}) + C \rightarrow C = -13514.83$$

حال ۵-۵ با به حالت قوی چشم:

$$0 = 37162(x) - 13514.83$$

$$\Rightarrow x = 0.3636 \quad \text{کرنش استند است}$$

از روش اول  $e = 0.325$  و از روش دوم  $e = 0.367$  بدست آمد که اختلاف قابل توجهی با توجه به تقریبها و خطاهای ناشی از اندازه گیری نمونه و یا خطای دستگاه است.

برای دیگر نمونه ها نیز روند مشابه است:

$$131.656 = 22718(0.130122) + C \Rightarrow C = -2824.45 \quad \text{A1} \leftarrow \text{روش 2}$$

$$0 = 22718(x) - 2824.45 \Rightarrow x = e = 0.1243$$

$$e = \frac{28.8 - 25}{32} = 0.11875 \quad \text{روش 1}$$

$$e = \left( \frac{24313}{171.4408 - 24313(0.586662)} \right)^{-1} = 0.57962 \quad \text{A2} \leftarrow \text{روش 2}$$

$$e = \frac{39.31 - 25}{32} = 0.4471 \quad \text{روش 1}$$

5- شکل 1 و شکل 2 و شکل 3 به ترتیب برای غرضهای  $e$ ،  $A1$  و  $Cu$  هستند و از طریق داده های دستگاه تهیه شده اند. (در آفل)

6- تفاوت ها: شکل های 4 و 5

• قیاسی ترین مدل لاسیک و  $A1$  کمترین رادانت •  $Cu$  بیشترین کرنش است (شکل پیچیده) و  $A1$  کمترین رادانت

•  $e$  بیشترین تنش تسلیم و  $e$  کمترین رادانت •  $e$  بیشترین  $UAS$  و  $A1$  کمترین رادانت

•  $e$  و  $Cu$  خنثی بی تغییر از  $A1$  دارند. •  $e$  و  $Cu$  بسیار شتر از  $A1$  است



•  $\sigma$  و  $\epsilon$  نسبت دایال ری نسبت به  $A_1$  دارند. •  $\sigma$  برخلاف  $A_1$  و  $\epsilon$  تنش نسبی بالایی ندارد.

دلیل :

• انرژی پیوند و سطح انرژی تفاوت که باعث تغییر خیلی از خواص مکانیکی مخصوصاً مدول الاستیک می شود ( $E$  سیرین

تأثیرش را در میانس انرژی خیلی و به  $E$  و  $\sigma$  وابسته است)

• وجود آتم های بین سینی کربن و سترین در فولاد کربن ( $\epsilon$ ) که با مواجی که در سازه حرکت باجایی ها ایجاد می کنند

باعث ایجاد تنش نسبی بالایی و پایداری را ایجاد می کنند (در این مواقع که در سترین است تنش حرارت با تکیه نقاطی که در ایجاد می شوند)

• اندازه دانه های تفاوت : با سترین آت بدون دانه زیاد و کم شدن اندازه دانه - معانی کم یا زیاد سترین مزوانه ها است

که این مزوانه ها هستند که مخصوصاً در مراحل اول تغییر شکل مکانیکی برای حرکت باجایی ها هستند لذا تأثیرگذار در خواص

مکانیکی ماده و نهایتاً تغییر مکانیکی تنش - کرنش هستند.

• تفاوت در سستم (سلیک) کریستالی که این موارد در آن مشاهده می شوند یک عامل دیگر است زیرا باعث

تفاوت در بین سستم های لغزشی می شوند که تأثیر مستقیم بر خواص مکانیکی ماده دارد. (  $\epsilon$  شبکه BCC و  $A_1$  و  $\epsilon$  شبکه

CCF دارند)



جدول ۱. ابعاد اولیه ، طول اولیه و نهایی سنجه برای سه نمونه

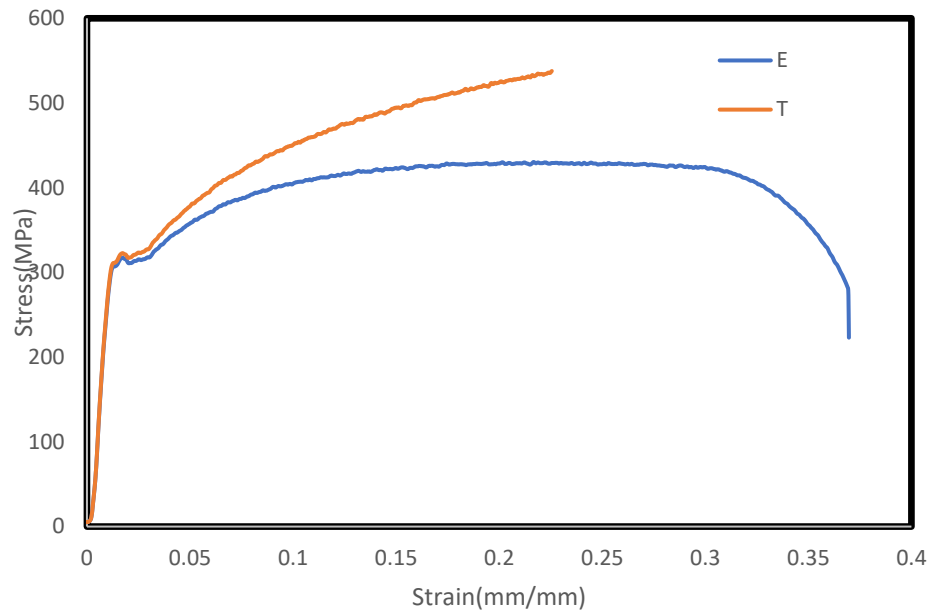
	Fe	Al	Cu
ضخامت نمونه (mm)	3	3.96	2.9
عرض نمونه (mm)	5.96	6.04	6.06
طول نمونه (mm)	32	32	32
طول اولیه سنجه (mm)	25	25	25
طول ثانویه سنجه (mm)	35.4	28.8	39.31

جدول ۲. نیرو، تنش و کرنش مهندسی، تنش و کرنش حقیقی در نقاط UTS و شکست برای سه نمونه

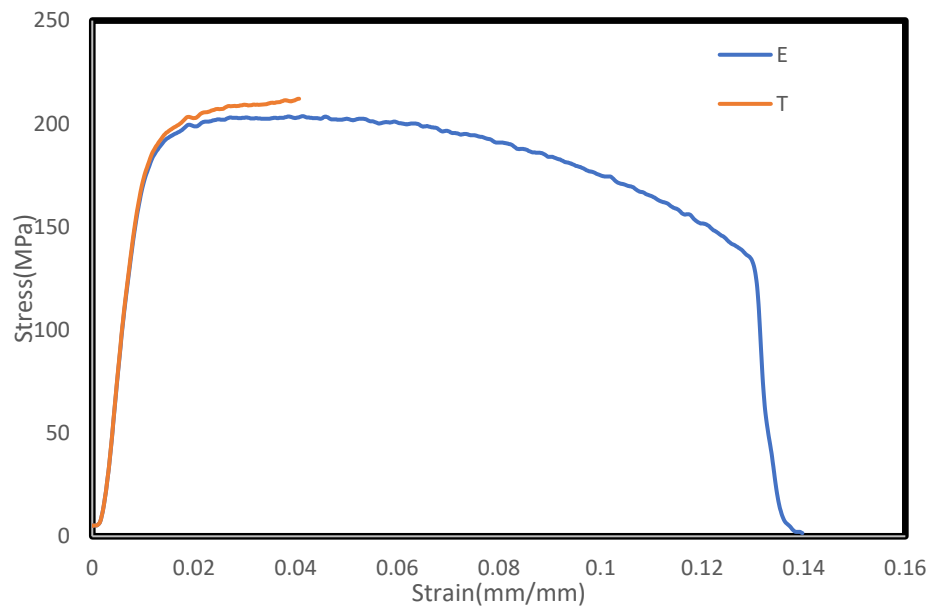
	Fe	Al	Cu
نیرو در UTS (N)	7655.5	4870.7	4223.2
کرنش مهندسی در UTS (mm/mm)	0.264388	0.041544	0.440928
تنش مهندسی در UTS (Mpa)	428.16	203.6382	240.3095
کرنش حقیقی در UTS (mm/mm)	0.234588	0.040704	0.365287
تنش حقیقی در UTS (Mpa)	541.3601	212.0981	346.2688
نیرو در شکست (N)	3987.8	3149	3012.9
کرنش مهندسی در شکست (mm/mm)	0.369675	0.130122	0.586669
تنش مهندسی در شکست (Mpa)	223.0313	131.656	171.4408
کرنش حقیقی در شکست (mm/mm)	-	-	-
تنش حقیقی در شکست (Mpa)	-	-	-

جدول ۳. مدول الاستیک و تنش تسلیم سه نمونه

	Fe	Al	Cu
مدول الاستیک (Mpa)	37162	22718	24313
تنش تسلیم (Mpa)	320.9618	180.5062	99.9912

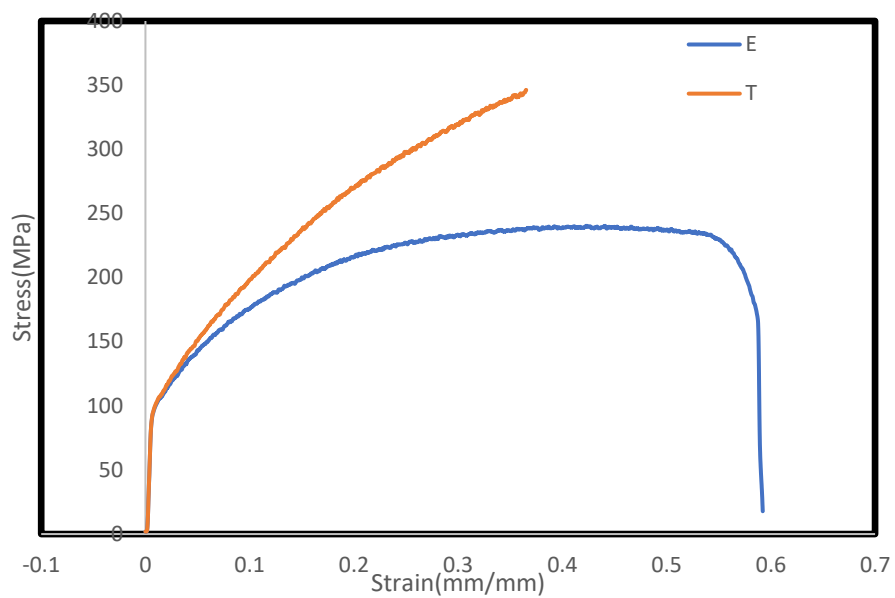


شکل ۱. منحنی تنش-کرنش نمونه فولادی

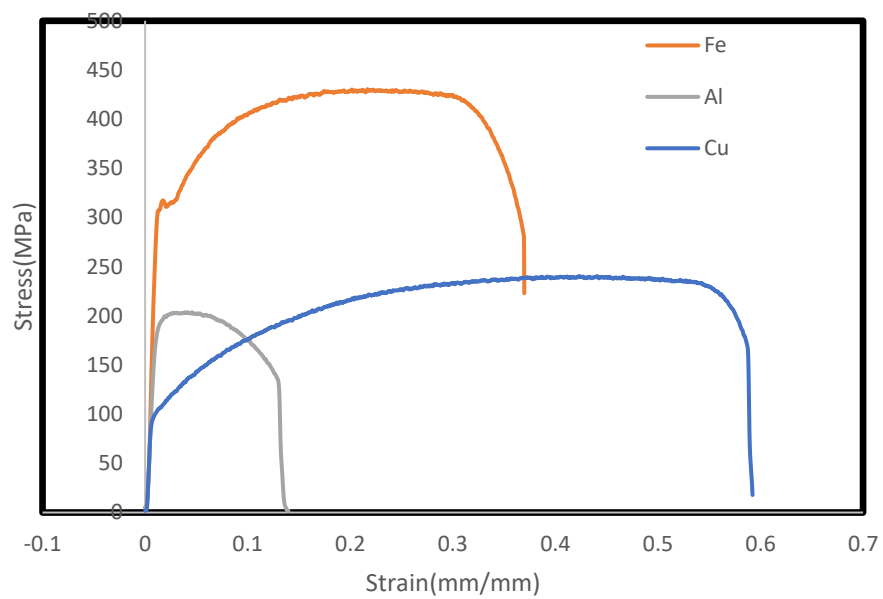


شکل ۲. منحنی تنش-کرنش نمونه آلومینیومی

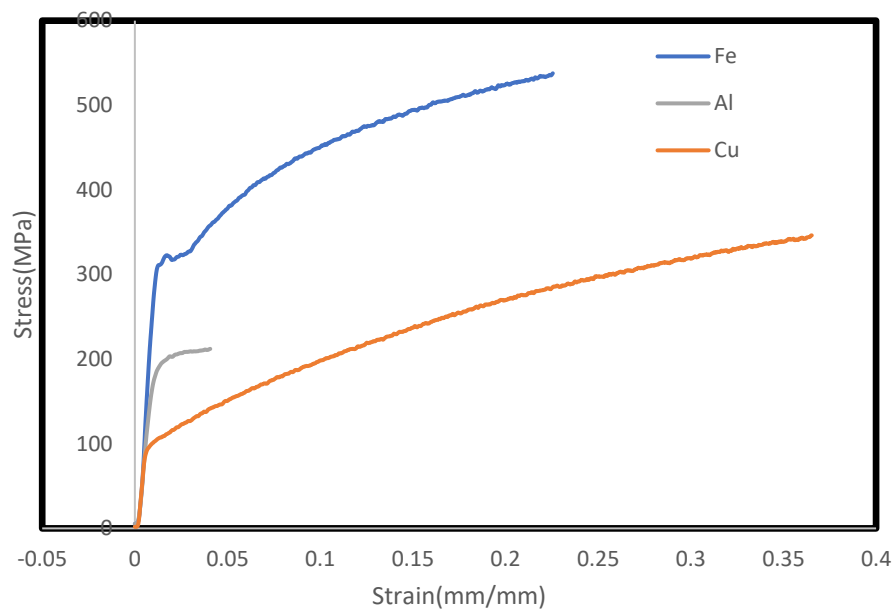




شکل ۳. منحنی تنش-کرنش نمونه مسی



شکل ۴. منحنی تنش-کرنش مهندسی هر سه نمونه



شکل ۵. منحنی تنش-کرنش حقیقی هر سه نمونه