www.Prozheha.ir

مسائل

(پاسخ‌ها به‌صورت انتخابی در انتهای کتاب آمده است)

۱-۱- یک نمونه از آلومینیم دارای سطح مقطع **10 mm×12.7 mm** با نیروی **35000 N** کشیده می‌شود که تنها تغییر شکل الاستیک در آن انجام می‌شود. کرنش حاصل را محاسبه کنید.

۱-۲- یک نمونه استوانه‌ای شکل از آلیاژ تیتانیم دارای مدول الاستیک **107 GPa** و قطر اولیه **3.8 mm** است که بر اثر اعمال نیروی کششی **2000 N** تنها تحت تغییر شکل الاستیک قرار می‌گیرد. حداکثر طول نمونه قبل از وقوع تغییر شکل را محاسبه کنید اگر که حداکثر ازدیاد طول نسبی مجاز **0.42 mm** باشد.

۱-۳- یک میله فولادی با طول **100 mm** دارای سطح مقطع مربعی $20\times20\ mm^2$ است و تحت اعمال نیروی کششی **89000 N** قرار می‌گیرد و ازدیاد طول **0.10 mm** است. با فرض تغییر شکل کاملا الاستیک، مدول الاستیک فولاد را محاسبه نمایید.

۱-٤- یک سیم نیکلی با سطح مقطع مدور را در نظر بگیرید که قطر آن **2.0 mm** و طول آن $3\times10^4\ mm$ است. ازدیاد طول نسبی را زمانیکه بار **300 N** اعمال می‌گردد محاسبه نمایید. فرض کنید که تغییر شکل کامل ا الاستیک است.

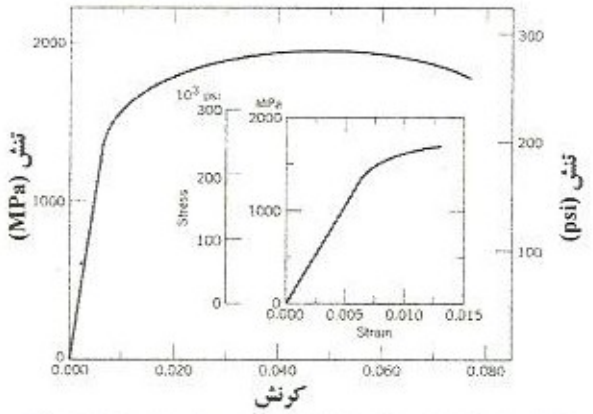
۱-۵- برای یک آلیاژ برنج، تنشی که در آن تغییر شکل پلاستیک شروع می‌شود برابر **345 MPa** است و مدول الاستیک **103 GPa** است.

(a) حداکثر بار که ممکن است بر روی نمونه‌ای با سطح مقطع $130\ mm^2$ بدون تغییر شکل پلاستیک وارد شود، چقدر است؟

(b) اگر طول نمونه اولیه **76 mm** باشد، حداکثر طولی که ممکن است نمونه بدون ایجاد تغییر شکل به آن کشیده شود چقدر است؟

۱-٦- یک میله استوانه‌ای از مس **(E=110 GPa)** دارای استحکام تسلیم **240 MPa** است که باید در معرض بار **6660 N** قرار بگیرد. اگر طول میله **380 mm** باشد، قطر آن چقدر باید باشد تا از ازدیاد طول **0.5 mm** را نتیجه دهد؟

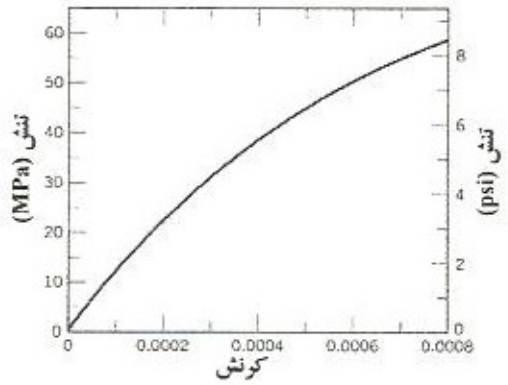
۱-۷- یک نمونه استوانه‌ای از آلیاژ فولاد (شکل ۱-۳۵) با قطر **8.5 mm** و طول **80 mm** را در نظر بگیرید که کشیده می‌گردد. ازدیاد طول نمونه را زمانیکه بار **65250 N** وارد می‌شود را تعیین کنید.



شکل ۱-۳۵: رفتار تنش-کرنش کششی برای یک آلیاژ فولاد

۱-۸- شکل ۱-۳۶ مربوط به چدن خاکستری است که منحنی تنش-کرنش مهندسی در کشش می‌باشد. تعیین کنید:

(a) مدول مماسی در **25 MPa** و **(b)** مدول تقاطعی (سکانت) در **35 MPa**.



شکل ۱-۳۶: رفتار تنش-کرنش کششی برای چدن خاکستری

۱-۹- یک نمونه استوانه‌ای از آلومینیم دارای قطر **19 mm** و طول **200 mm** است که به صورت الاستیک در کشش با نیروی **48800 N** تغییر شکل می‌یابد. با استفاده از داده‌های جدول ۱-۱ موارد زیر را تعیین کنید:

a) میزان ازدیاد طول نمونه در جهت تنش اعمالی

b) تغییر در قطر نمونه. قطر زیاد می‌شود یا کم؟

۱-۱۰- یک میله استوانه‌ای از فولاد با قطر **10 mm** باید به صورت الاستیک توسط اعمال نیرویی در امتداد محور میله، تغییر شکل یابد، با استفاده از داده‌های جدول ۱-۱، نیرویی که در آن کاهش قطر **3×10^{-3} mm** به صورت الاستیک اتفاق می‌افتد را تعیین نمایید.

۱-۱۱- یک نمونه استوانه‌ای از آلیاژ فلزی با قطر **10 mm** به صورت الاستیک تحت تنش کششی قرار می‌گیرد. نیروی **15000 N** سبب ایجاد کاهشی در قطر نمونه به میزان **7×10^{-3} mm** می‌گردد. نسبت پواسون را برای این ماده محاسبه کنید اگر مدول الاستیک آن **100 GPa** باشد.

۱-۱۲- یک نمونه استوانه‌ای از یک آلیاژ فرضی تحت تنش فشاری قرار می‌گیرد. اگر قطرهای اولیه و نهایی به ترتیب برابر **30 mm** و **30.04 mm** باشند و طول نهایی **105.20 mm** باشد، طول اولیه آن را محاسبه کنید در صورتیکه تغییر شکل کامل ا الاستیک باشد. مدول‌های الاستیک و برشی برای این آلیاژ به ترتیب **65.5** و **25.4 MPa** می‌باشند.

۱-۱۳- یک نمونه استوانه‌ای از یک آلیاژ فرضی را که دارای قطر **10.0 mm** است را در نظر بگیرید. نیروی کششی **1500 N**، کاهش قطر **6.7×10^{-4} mm** را به صورت الاستیک ایجاد می‌کند. مدول الاستیک این آلیاژ را با فرض نسبت پواسون **0.35** محاسبه کنید.

۱-۱٤- یک آلیاژ برنج دارای استحکام تسلیم **275 MPa**، استحکام کششی **380 MPa**، و مدول الاستیک **103 GPa** است. یک نمونه استوانه‌ای از این آلیاژ با قطر **12.7 mm** و طول **250 mm** تحت تنش کششی قرار گرفته و ازدیاد طول **7.6 mm** حاصل می‌گردد. بر اساس اطلاعات داده شده، آیا محاسبه اندازه باری که برای ایجاد این تغییر طول لازم می‌باشد، ممکن است؟ اگر اینطور است، بار را محاسبه نموده، در غیر این صورت علت آنرا شرح دهید.

۱-۱۵- یک نمونه استوانه‌ای با قطر **12.7 mm** و طول **250 mm** در معرض تنش کششی **28 MPa** قرار می‌گیرد. در این میزان تنش، تغییر شکل حاصل کاملا الاستیک است.

(a) اگر ازدیاد طول باید **0.080 mm** باشد، کدامیک از فلزات داده شده در جدول ۱-۱ کاندیدای مناسبی خواهد بود؟ چرا؟

(b) اگر علاوه بر این، حداکثر کاهش قطر مجاز **1.2×10^{-3} mm** باشد در زمانیکه تنش کششی **28 MPa** اعمال می‌شود، کدامیک از فلزاتی که معیار قسمت **(a)** را بر آورده می‌کنند، کاندیدای مناسبی می‌باشند؟ چرا؟

۱-۱٦- آلیاژ برنجی را در نظر بگیرید که دارای رفتار تنش-کرنش نشان داده شده در شکل ۱-۱۲ باشد. یک نمونه استوانه‌ای از این ماده با قطر **10.0 mm** و طول **101.6 mm** با نیروی **10000 N** تحت کشش قرار می‌گیرد. اگر این آلیاژ دارای نسبت پواسون **0.35** باشد، موارد زیر را محاسبه کنید:

(a) ازدیاد طول نمونه و **(b)** کاهش در قطر نمونه.

۱-۱۷- یک میله استوانه‌ای شکل با طول **120 mm** و قطر **15.0 mm** با استفاده از بار **35000 N** تحت کشش قرار می‌گیرد. در این نمونه تغییر شکل پلاستیک یا کاهش قطر بیشتر از 1.2×10^{-2} **mm** نباید اتفاق بیفتد. از مواد درج شده در جدول زیر، کدامیک کاندیدای مناسبی هستند؟ انتخاب خود را توجیه نمایید.

ماده	مدول الاستیک (GPA)	استحکام تسلیم (MPa)	نسبت پواسون
آلیاژ آلومینیم	70	250	0.33
آلیاژ تیتانیم	105	850	0.36
آلیاژ فولاد	205	550	0.27
آلیاژ منیزیم	45	170	0.20

۱-۱۸- یک میله استوانه‌ای با طول **380 mm** و قطر **10.0 mm** در معرض بار کششی قرار می‌گیرد. اگر در این میله در زمانی که بار **2400 N** اعمال می‌گردد، نباید تغییر شکل پلاستیک اتفاق بیفتد و ازدیاد طول نباید بیش از **0.9 mm** باشد ، کدامیک از فلزات یا آلیاژهای درج شده در جدول زیر کاندیدای مناسبی می‌باشند؟ پاسخ خود را توجیه نمایید.

ماده	مدول الاستیک (GPA)	استحکام تسلیم (MPa)	استحکام کششی (MPa)
آلیاژ آلومینیم	70	255	420
آلیاژ برنج	100	345	420
مس	110	250	290
آلیاژ فولاد	207	450	550

۱-۱۹- شکل ۱-۳۵ رفتار تنش-کرنش مهندسی را در کشش برای یک آلیاژ فولادی نشان می‌دهد.

(a) مدول الاستیک چقدر است؟

(b) حد متناسب چقدر است؟

(c) استحکام تسلیم در کرنش اُفست **0.002** چقدر است؟

(d) استحکام کششی چقدر است؟

۱-۲۰- یک نمونه استوانه از آلیاژ برنج دارای طول **100 mm** است و در زمانیکه یک بار کششی **100000 N** بر روی آن اعمال می‌گردد، باید تنها به اندازه **5 mm** ازدیاد طول یابد. تحت این شرایط، شعاع نمونه چقدر باید باشد؟ فرض کنید این آلیاژ برنج رفتار تنش-کرنش نشان داده شده در شکل ۱-۱۲ را داشته باشد.

۱-۲۱- یک بار **140000 N** بر روی نمونه استوانه‌ای از آلیاژ فولاد وارد می‌شود که باعث ایجاد رفتار تنش-کرنش نشان داده شده در شکل ۱-۳۵ می‌گردد. قطر نمونه **10 mm** است.

(a) آیا نمونه تغییر شکل الاستیک و یا پلاستیک را تجربه می‌نماید؟ چرا؟

(b) اگر طول اولیه نمونه **500 mm** باشد، چقدر طول آن بر اثر این بار اعمالی، افزایش می‌یابد.

۱-۲۲- یک میله فولادی که دارای رفتار تنش-کرنش نشان داده شده در شکل ۱-۳۵ است تحت بار کششی قرار می‌گیرد. طول نمونه **375 mm** و دارای سطح مقطع مربعی با طول ضلع **5.5 mm** است.

(a) اندازه بار لازم برای ایجاد ازدیاد طول **2.25 mm** را محاسبه کنید.

(b) تغییر شکل بعد از برداشتن بار چقدر خواهد بود؟

۱-۲۳- یک نمونه استوانه‌ای از آلومینیم با قطر **12.8 mm** و طول سنجه **50.80 mm** تحت کشش قرار می‌گیرد. با استفاده از مشخصات بار- ازدیاد طول که در زیر آمده است به سوالات **(a)** تا **(f)** پاسخ دهید.

Load		*Length*	
lb_f	*N*	*in.*	*mm*
0	0	2.000	50.800
1,650	7,330	2.002	50.851
3,400	15,100	2.004	50.902
5,200	23,100	2.006	50.952
6,850	30,400	2.008	51.003
7,750	34,400	2.010	51.054
8,650	38,400	2.020	51.308
9,300	41,300	2.040	51.816
10,100	44,800	2.080	52.832
10,400	46,200	2.120	53.848
10,650	47,300	2.160	54.864
10,700	47,500	2.200	55.880
10,400	46,100	2.240	56.896
10,100	44,800	2.270	57.658
9,600	42,600	2.300	58.420
8,200	36,400	2.330	59.182
	شکست		

(a) داده‌ها را به صورت تنش مهندسی در مقابل کرنش مهندسی رسم نمایید.

(b) مدول الاستیک را محاسبه کنید.

(c) استحکام تسلیم را در کرنش افست **0.002** تعیین کنید.

(d) استحکام کششی این آلیاژ را تعیین نمایید.

(e) انعطاف‌پذیری تقریبی را در قالب درصد ازدیاد طول نسبی بیان کنید.

(f) مدول چسبندگی را محاسبه نمایید.

۱-۲۴- یک نمونه از آلیاژ منیزیم دارای سطح مقطع مستطیل شکل با ابعاد **3.2 mm×19.1 mm** است که تحت تغییر شکل کششی قرار می‌گیرد. با استفاده از داده‌های بار-ازدیاد طول درج شده در جدول زیر، به قسمت‌های **(a)** تا **(f)** پاسخ دهید.

(a) داده‌های تنش مهندسی را در مقابل کرنش مهندسی رسم کنید.

(b) مدول الاستیک را محاسبه کنید.

(c) استحکام تسلیم را در کرنش افست **0.002** بدست آورید.

(d) استحکام کشش این آلیاژ را تعیین کنید.

(e) مدول چسبندگی را محاسبه نمایید.

(f) انعطاف‌پذیری در قالب درصد ازدیاد طولی نسبی بدست آورید.

Load		*Length*	
lb_f	*N*	*in.*	*mm*
0	0	2.500	63.50
310	1380	2.501	63.53
625	2780	2.502	63.56
1265	5630	2.505	63.62
1670	7430	2.508	63.70
1830	8140	2.510	63.75
2220	9870	2.525	64.14
2890	12,850	2.575	65.41
3170	14,100	2.625	66.68
3225	14,340	2.675	67.95
3110	13,830	2.725	69.22
2810	12,500	2.775	70.49
	شکست		

۱-۲۵- یک نمونه فولادی استوانه‌ای شکل دارای قطر **12.8 mm** و طول سنجه **50.80 mm** تحت کشش قرار می‌گیرد تا اینکه شکست شود. قطر در نقطه شکست، **6.60 mm** و طول سنجه بعد از شکست **72.14 mm** می‌گردد. انعطاف‌پذیری را در قالب درصد کاهش سطح مقطع و درصد ازدیاد طول نسبی، محاسبه نمایید.

۱-۲۶- مدول‌های چسبندگی برای مواد دارای رفتارهای تنش-کرنش آورده شده از اشکال ۱-۱۲ و ۱-۱۳ را محاسبه کنید.

۱-۲۷- مدول چسبندگی را برای هر یک از آلیاژهای زیر تعیین کنید:

ماده	استحکام تسلیم (MPa)
آلیاژ فولاد	830
آلیاژ برنج	380
آلیاژ آلومینیم	275
آلیاژ تیتانیم	690

مقادیر مدول الاستیک را از جدول ۱-۱ استفاده نمایید.

۱-۲۸- یک آلیاژ فولادی که برای کاربردهای فنر استفاده می‌گردد باید دارای مدول چسبندگی حداقل **2.07 MPa** باشد. حداقل استحکام تسلیم آن چقدر باید باشد؟

۱-۲۹- نشان دهید معادلات ۱-۱۸a و ۱-۱۸b زمانی معتبر هستند که هیچگونه تغییر حجمی در طی تغییر شکل وجود نداشته باشد.

۱-۳۰- نشان دهید زمانیکه حجم نمونه در طی تغییر شکل ثابت باقی می‌ماند، معادله ۱-۱۶ که کرنش حقیقی را بیان می‌کند را ممکن است به صورت زیر نیز نوشته شود.

$$\varepsilon_T = \ln\left(\frac{A_0}{A_i}\right)$$

کدامیک از این معادلات در طی گلویی شدن، معتبر است؟ چرا؟

۱-۳۱- با استفاده از داده‌های مسئله ۱-۲۳ و معادلات ۱-۱۵، ۱-۱۶، و ۱-**۱۸a**، نمودار تنش حقیقی-کرنش حقیقی را برای آلومینیم رسم نمایید. معادله ۱-**۱۸a** بعد از نقطه‌ای که گلویی شدن آغاز می‌شود، غیرمعتبر می‌باشد. بنابراین، قطرهای اندازه‌گیری شده در زیر برای چهار داده آخر داده شده‌اند که باید در محاسبات تنش حقیقی مورد استفاده قرار گیرد.

Load		*Length*		*Diameter*	
N	*lb$_f$*	*mm*	*in.*	*mm*	*in.*
46,100	10,400	56.896	2.240	11.71	0.461
44,800	10,100	57.658	2.270	10.95	0.431
42,600	9,600	58.420	2.300	10.62	0.418
36,400	8,200	59.182	2.330	9.40	0.370

۱-۳۲- آزمون کششی بر روی یک نمونه فلزی اجرا می‌گردد و مشاهده شده است که کرنش پلاستیک حقیقی **0.20** در زمانیکه تنش حقیقی **575 MPa** اعمال می‌شود، مشاهده می‌گردد. برای همین فلز، مقدار **K** در معادله ۱-۱۹ برابر **860 MPa** است. کرنش حقیقی که از اعمال تنش حقیقی **600 MPa** حاصل می‌شود را محاسبه کنید.

۱-۳۳- برای بعضی از آلیاژهای فلزی، تنش حقیقی **345 MPa** سبب ایجاد کرنش حقیقی پلاستیک **0.02** می‌شود. زمانیکه تنش حقیقی **415 MPa** اعمال می‌شود، نمونه‌ای از این ماده چه مقدار ازدیاد طول می‌یابد اگر طول اولیه **500 mm** باشد؟ مقدار **0.22** را برای توان کار سختی **n** در نظر بگیرید.

۱-۳٤- تنش‌های حقیقی زیر، کرنش‌های پلاستیک حقیقی را مطابق جدول زیردر یک آلیاژ برنج ایجاد می‌کند

تنش حقیقی (psi)	کرنش حقیقی
50000	0.10
60000	0.2

چه تنش حقیقی برای ایجاد کرنش پلاستیک حقیقی **0.25** مورد نیاز است؟

۱-۳۵- برای یک آلیاژ برنج، تنش‌های مهندسی زیر، کرنش‌های مهندسی پلاستیک متناظری را قبل از گلویی شدن ایجاد می‌کند.

بر اساس این اطلاعات، تنش مهندسی لازم برای ایجاد کرنش مهندسی **0.28** را محاسبه نمایید.

۱-۳۶- تافنس (یا انرژی که باعث شکست می‌شود) را برای فلزی که هر دو مورد تغییر شکل الاستیک و پلاستیک را تجربه می‌نماید، پیدا کنید. معادله ۱-۵ را برای تغییر شکل الاستیک در نظر بگیرید که مدول الاستیک **172 GPa** باشد و تغییر شکل الاستیک در کرنش **0.01** پایان یابد. برای تغییر شکل پلاستیک، فرض کنید که ارتباط تنش-کرنش با معادله ۱-۱۹ بیان شود که در آن مقادیر **K** و **n** به ترتیب **6900 MPa** و **0.30** هستند. به علاوه، تغییر شکل پلاستیک بین مقادیر کرنش **0.01** و **0.75** (نقطه شکست) اتفاق می‌افتد.

۱-۳۷- برای آزمون کششی، این نکته می‌تواند نشان داده شود که گلویی شدن زمانی شروع می‌شود که

$$\frac{d\sigma_T}{d\varepsilon_T} = \sigma_T \qquad (۱-۳۸)$$

با استفاده از معادله ۱-۱۹، مقدار کرنش حقیقی در آغاز گلویی شدن را تعیین نمایید.

۱-۳۸- با گرفتن لگاریتم از هر دو سمت معادله ۱-۱۹ داریم

$$\log \sigma_T = \log K + n \log \varepsilon_T \qquad (۱-۳۹)$$

بنابراین رسم $\log \sigma_T$ در مقابل $\log \varepsilon_T$ در ناحیه پلاستیک تا نقطه گلویی شدن باید خط مستقیمی را با شیب **n** و عرض از مبداء (در $\log \sigma_T = 0$) برابر با **log K** نتیجه دهد.

با استفاده از داده‌های درج شده در مسئله ۱-۲۳، نموداری برای $\log \sigma_T$ در مقابل $\log \varepsilon_T$ رسم نمایید و مقادیر **n** و **K** را تعیین کنید. این امر ضروری است تا تنش‌ها و کرنش‌های مهندسی به تنش‌ها و کرنش‌های حقیقی با استفاده از معادلات ۱-۱۸a و ۱-۱۸b تبدیل گردند.

۱-۳۹- یک نمونه استوانه‌ای شکل از آلیاژ برنج با قطر **10.0 mm** و طول **120.0 mm** با نیروی **11750 N** کشیده می‌شوند. سپس بار برداشته می‌گردد.

(a) طول نهایی نمونه را در این زمان محاسبه کنید. رفتار تنش-کرنش کششی برای این آلیاژ در شکل ۱-۱۲ نشان داده شده است.

(b) طول نهایی نمونه را زمانیکه بار به **23500 N** افزایش می‌یابد و سپس برداشته می‌شود، محاسبه کنید.

۱-۴۰- یک آلیاژ فولادی دارای سطح مقطع مستطیلی با ابعاد **19 mm×3.2 mm** دارای رفتار تنش-کرنش نشان داده شده در شکل ۱-۳۵ است. اگر این نمونه در معرض بار کششی **110000 N** قرار گیرد

(a) مقادیر کرنش الاستیک و پلاستیک را تعیین نمایید.

(b) اگر طول اولیه **610 mm** باشد، طول نهایی آن بعد از اعمال بار در قسمت **(a)** و سپس برداشتن بار، چقدر خواهد بود.

۱-۴۱- یک آزمون خمشی سه نقطه‌ای بر روی نمونه شیشه‌ای که دارای سطح مقطع مستطیلی با ارتفاع **d=5 mm** و عرض **b=10 mm** است، اجرا می‌گردد. فاصله بین نقاط بارگذاری در زیر نمونه **45 mm** است.

(a) استحکام خمشی را محاسبه کنید، اگر که شکست در بار **290 N** اتفاق بیفتد.

(b) نقطه جابجایی حداکثر **(Δy)**، که در ناحیه مرکزی نمونه اتفاق می‌افتد توسط رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\Delta y = \frac{FL^3}{48EI}$$

که در آن **E** مدول الاستیک، و **I** ممان اینرسی سطح مقطع می‌باشد. **Δy** را در بار **266 N** محاسبه کنید.

۱-۴۲- یک نمونه مدور از **MgO** به‌صورت خمشی سه‌نقطه‌ای بارگذاری می‌گردد. حداقل شعاع ممکن برای نمونه را بدون اینکه شکست اتفاق بیفتد را محاسبه کنید. بار اعمالی **425 N**، استحکام خمشی **105 MPa**، و فاصله بین نقاط بارگذاری در زیر نمونه **50 mm** است.

۱-۴۳- آزمون خمش سه نقطه‌ای بر روی نمونه اکسید آلومینیم دارای سطح مقطع دایره‌ای با شعاع **5.0 mm** اجرا می‌گردد. در زمانیکه فاصله بین نقاط بارگذاری در زیر نمونه **40 mm** باشد، نمونه در بار **3000 N** می‌شکند. آزمون دیگری باید بر روی نمونه‌ای از همین جنس اجرا گردد ولی تفاوت این نمونه این است که دارای سطح مقطع مربع با طول ضلع **15 mm** است. در چه باری شما انتظار دارید که این نمونه بشکند اگر فاصله دو نقطه بارگذاری زیرین همان **40 mm** حفظ گردد؟

۱-۴۴- **(a)** یک آزمون خمش عرضی سه نقطه‌ای بر روی نمونه استوانه‌ای شکل از جنس اکسید آلومینیم انجام می‌شود که دارای استحکام خمشی گزارش شده برابر **300 MPa** است. اگر شعاع نمونه **5.0 mm** باشد و فاصله نقاط بارگذاری **15.0 mm** باشد، پیش بینی کنید که آیا نمونه در اثر اعمال بار **7500 N** می‌شکند یا خیر.

(b) آیا شما به پیش بینی خود در قسمت **(a)** اطمینان دارید؟ چرا بلی یا چرا نه؟

۱-۴۵- مدول الاستیک برای اسپینل **($MgAl_2O_4$)** دارای **5%** حجمی تخلخل برابر **240 GPa** است.

(a) مدول الاستیک را برای ماده غیر متخلخل محاسبه کنید.

(b) مدول الاستیک را برای **15%** حجمی تخلخل محاسبه نمایید.

۱-۴۶- مدول الاستیک برای کاربید تیتانیم **(TiC)** دارای **5%** حجمی تخلخل برابر **310 GPa** است.

(a) مدول الاستیک را برای ماده غیر متخلخل محاسبه کنید.

(b) در چه درصد حجمی از تخلخل، مدول الاستیک **240 GPa** خواهد بود.

۱-۴۷- با استفاده از داده‌های جدول ۱-۲، موارد زیر را تعیین کنید:

(a) استحکام خمشی را برای **MgO** غیرمتخلخل با فرض مقدار **3.75** برای **n** در معادله ۱-۳۰ تعیین کنید.

(b) کسر حجمی تخلخل که در آن استحکام خمشی **MgO** برابر **74 MPa** است را محاسبه نمایید.

۱-٤٨- استحکام خمشی و کسر حجمی تخلخل مربوط به آن برای دو نمونه از ماده سرامیکی یکسان به صورت زیر داده شده است:

P	σ_f
0.05	100
0.20	50

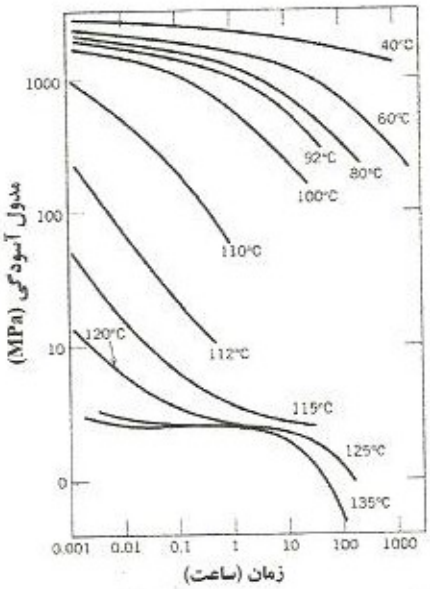
(a) استحکام خمشی را برای نمونه کاملا غیر متخلخل از این ماده محاسبه کنید.

(b) استحکام خمشی را برای کسر حجمی تخلخل برابر **0.1** محاسبه نمایید.

۱-٤۹- از روی داده‌های تنش-کرنش برای پلی‌متیل‌متاکریلات که در شکل ۱-۲٦ نشان داده شده است، مدول الاستیک و استحکام کششی را در دمای اتاق **(20°C)** تعیین نموده و این مقادیر را با آنچه در جداول ۱-۱ و ۱-۲ داده شده است، مقایسه کنید.

۱-۵۰- به زبان خود، به صورت مختصر پدیده ویسکوالاستیسیته را تعریف نمایید.

۱-۵۱- در شکل ۱-۳۷، لگاریتم $E_r(t)$ در مقابل لگاریتم زمان برای **PMMA** در دماهای متفاوت رسم شده است. نموداری از $E_r(10)$ در مقابل دما رسم نموده و سپس T_g را از روی آن تخمین بزنید.



شکل ۱-۳۷: لگاریتم مدول آسودگی در مقابل لگاریتم زمان برای پلی‌متیل‌متاکریلات بین 40-135°C

۱-۵۲- بر اساس منحنی‌های شکل ۱-۲۸، نمودارهای کرنش-زمان را به صورت شماتیک برای مواد پلی‌استایرنی زیر در دماهای مشخص شده رسم نمایید:

(a) کریستالی در **70°C**

(b) آمورف در **180°C**

(c) دارای پیوند عرضی شده در **180°C**

(d) آمورف در **100°C**

۱-۵۳- **(a)** یک فرورونده با قطر **10 mm** در روش سختی سنجی برینل منجر به ایجاد اثر سختی با قطر **2.50 mm** در یک آلیاژ فولاد می‌گردد، زمانیکه از بار **1000 Kg** استفاده شود. **HB** این ماده را محاسبه کنید.

(b) قطر اثر سختی برای سختی **300 HB** بدست آمده زمانیکه بار **500 Kg** اعمال می‌شود، چقدر خواهد بود

۱-۵٤- سختی برنیل و راکول را برای مواد زیر تخمین بزنید:

(a) برنج مورد استفاده در کشتی سازی **(naval brass)** که دارای رفتار تنش-کرنش مطابق شکل ۱-۱۲ است.

(a) آلیاژ فولادی که دارای رفتار تنش-کرنش نشان داده شده در شکل ۱-۳۵ است.

(b) پنج فاکتور را ذکر کنید که منجر به پراکندگی در خواص اندازه‌گیری شده ماده می‌گردد.

۱-۵۵- با استفاده از داده‌های نمایش داده شده در شکل ۱-۳۳، معادلاتی را مشخص نمایید که استحکام کششی و سختی برینل را برای برنج و چدن با گرافیت کروی به‌هم مرتبط نماید (مشابه با معادلات ۱-**33a** و ۱-**33b** برای فولادها).

۱-۵٦- پنج فاکتور را ذکر کنید که منجر به پراکندگی در خواص اندازه‌گیری شده ماده می‌گردد.

۱-۵۷- در زیر تعداد از مقادیر سختی **Rockwell G** که بر روی یک نمونه فولادی خاص اندازه‌گیری شده، درج گردیده است. مقادیر سختی میانگین و انحراف استاندارد را محاسبه نمایید.

47.3	48.7	47.1
52.1	50.0	50.4
45.6	46.2	45.9
49.9	48.3	46.4
47.6	51.1	48.5
50.4	46.7	49.7

۱-۵۸- فاکتورهای ایمنی بر اساس کدام سه معیار هستند؟

۱-۵۹- تنش‌های کاری را برای دو آلیاژ که دارای رفتارهای تنش-کرنش نشان داده شده در شکل ۱-۱۲ و ۱-۳۵ هستند، تعیین نمایید.

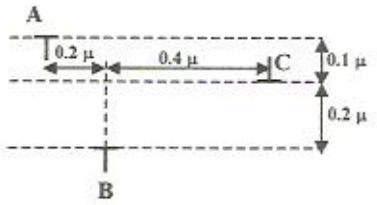
مسائل

(پاسخ‌ها به‌صورت انتخابی در انتهای کتاب آمده است)

۲-۱- برای تولید یک جای خالی در مس حدود **20000 cal/mol** انرژی لازم است. اگر بخواهیم تعداد جاهای خالی در مس **1000** برابر حالت معمولی که در دمای **25°C** وجود دارد باشد، چه مقدار دما باید افزایش یابد؟ **($R=1987$ cal/mol°, $a_{Cu}=6.36\times10^{-9}$ m)**.

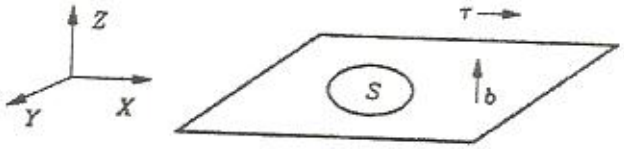
۲-۲- **(a)** نیروی بین دو نابجایی ساده را طوری محاسبه کنید که دانسیته نابجایی‌ها برابر 10^{-8} cm^{-2} باشد. **(b)** اگر تنش خارجی $\tau=10^{4}$ psi اعمال گردد، حداقل فاصله دو نابجایی را محاسبه نمایید. **($G=10^{7}$ psi, $b_1=b_2=2\times10^{-8}$ cm)**.

۲-۳- سه نابجایی ساده واقع در سه صفحه موازی به‌صورت زیر وجود دارند. در صورتی‌که **A** و **B** به‌وسیله دو مانع در محل خود متوقف گردیده باشند، مطلوب است تعیین جهت حرکت نابجایی **C**. فرض می‌شود که هیچگونه نیروی خارجی روی نابجایی وجود ندارد.



($\nu=0.25$, $b=2.5$ Å, $G=10^{12}$ dyne/cm^2).

۲-۴- حلقه نابجایی **S** را با بردار برگرز **b** در جهت **Z** را در نظر بگیرید. اگر تنش برشی τ در جهت **X** به حلقه مزبور وارد شود، عکس‌العمل حلقه مزبور در اثر تنش τ چه خواهد بود؟



۲-۵- آیا امکان تجزیه نابجایی‌ها از نوع **a<110>** و **a<100>** در شبکه‌های **BCC** طبق واکنش‌های زیر وجود دارد؟

i) $a[001]\rightarrow\frac{a}{2}[\bar{1}\,\bar{1}\,1]+\frac{a}{2}[111]$ ii) $a[\bar{1}\,\bar{1}\,0]\rightarrow\frac{a}{2}[\bar{1}\,\bar{1}\,1]+\frac{a}{2}[\bar{1}\,\bar{1}\,\bar{1}]$

۲-۶- از چهار نابجایی کامل $\frac{a}{2}[0\bar{1}\,1]$، $\frac{a}{2}[\bar{1}\,10]$، $\frac{a}{2}[101]$، و $\frac{a}{2}[011]$، کدامیک متعلق به صفحه $(11\bar{1})$ نیست؟

۲-۷- اختلاف جهت کریستالی **(misorientation)** در یک مرز با زاویه کم برای نمونه‌ای از **Al** حدود 5° است. اگر بردار برگرز نابجایی‌ها **0.29 nm** باشد، فاصله نابجایی‌ها در این مرز را محاسبه نمایید.

۲-۸- اگر تنش سیلان برشی در صفحه لغزش فلزی برابر **50 MPa** و مدول برشی برابر **100 GPa** و ساختار بلوری آن **BCC** با ثابت شبکه 3.2×10^{-10} باشد، چگالی متوسط نابجایی آن چقدر است؟

۲-۹- در یک آزمایش کشش اگر تنش برشی اعمال شده چهار برابر شود، شعاع انحناء یک نابجایی مفروض چه تغییری خواهد کرد؟

۲-۱۰- در واکنش زیر نابجایی **x** و امکان انجام واکنش از نظر انرژی را مشخص نمایید.

$$\frac{a}{3}[111] \rightarrow \frac{a}{2}[101] + x$$

۲-۱۱- کدام گزینه در مورد صعود نابجایی صحیح است؟

۱) صعود، مخصوص نابجایی پیچی است.

۲) صعود نابجایی پیچی راحت‌تر از نابجایی لبه‌ای (خطی) است.

۳) صعود نابجایی پیچی با نفوذ جاهای خالی و اتم‌های بین‌نشین به خط نابجایی رخ می‌دهد.

٤) صعود نابجایی لبه‌ای با نفوذ جای خالی و اتم‌های بین‌نشین به خط نابجایی رخ می‌دهد.

۲-۱۲- در یک سیستم **FCC** نابجایی دارای بردار برگرز $b = \frac{a_0}{2}[\bar{1}\,\bar{1}\,0]$ است و خط نابجایی موازی با امتداد تقاطع دو صفحه $(1\,\bar{1}\,1)$ و (111) است. این نابجایی از چه نوعی می‌باشد؟

۲-۱۳- انرژی بر واحد طول یک نابجایی از قانون فرانک بدست می‌آید. با توجه به این قانون کدام عبارت در مورد انرژی نابجایی در سیستم **FCC** و **BCC** صحیح است؟

۱) انرژی نابجایی در هر دو سیستم برابر است.

۲) در هر سیستم انرژی نابجایی لبه‌ای و پیچی برابر است.

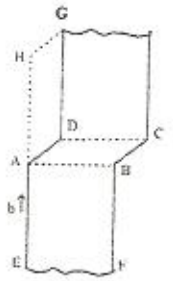
۳) انرژی نابجایی در سیستم **BCC** کمتر از انرژی نابجایی در سیستم **FCC** است.

٤) انرژی نابجایی در سیستم **BCC** کمتر از انرژی نابجایی در سیستم **FCC** است.

۲-۱٤- دو منبع فرانک-رید در صفحه (111) یک دانه از یک پلی کریستال نقره وجود دارد. طول منبع اولی برابر **10 μm** و دومی برابر **12 μm** می‌باشد. کدام منبع ابتدا فعال می‌شود؟

۲-۱۵- واکنش نابجایی در شبکه بلوری **BCC** به‌صورت زیر می‌باشد. جهت انجام واکنش را تعیین نمایید.

$$\frac{a}{2}[\bar{1}\,\bar{1}\,1] \Leftrightarrow \frac{a}{8}[\bar{1}\,\bar{1}\,0] + \frac{a}{4}[\bar{1}\,1\,\bar{2}] + \frac{a}{8}[\bar{1}\,\bar{1}\,0]$$



۲-۱۶- ماهیت جاگ (لبه‌ای و پیچی بودن آن) و صفحه لغزش جاگ روبرو را مشخص نمایید؟

۲-۱۷- نابجایی $\frac{a}{6}[\bar{1}2\bar{1}]$ روی صفحه (111) و نابجایی $\frac{a}{6}[1\bar{1}2]$ روی صفحه $(\bar{1}11)$ با هم در فصل مشترک دو صفحه ترکیب می شوند. نابجایی حاصل چیست؟

۲-۱۸- امکان تجزیه نابجایی‌هایی از نوع $\frac{a}{2}<110>$ در فلز نقره به‌صورت زیر می‌باشد. آیا این واکنش‌ها انجام پذیر هستند؟

i) $\frac{a}{2}[0\bar{1}1]\rightarrow\frac{a}{6}[1\bar{1}2]+\frac{a}{6}[\bar{1}\bar{2}1]$ ii) $\frac{a}{2}[0\bar{1}1]\rightarrow\frac{a}{2}[\bar{1}\bar{1}0]+\frac{a}{2}[101]$

۲-۱۹- نسبت انرژی بر واحد طول نابجایی $\frac{a}{3}[111]$ به نابجایی $\frac{a}{6}[12\bar{1}]$ را تعیین کنید.

۲-۲۰- تفاوت بین کینک و جاگ را بر روی یک نابجایی لبه‌ای بیان نمایید (ترسیم شکل ممکن است مفید باشد).

۲-۲۱- یک تخمین عددی در واحد صحیح انرژی برای یک نابجایی لبه‌ای به طول 1 متر در MgO بزنید.

۲-۲۲- تک کریستال‌هایی از دو آلیاژ مختلف با شبکه × مورد آزمون کشش در یک میزان کرنش قرار می‌گیرند. اگر هر دو نمونه در ابتدا دارای جهت کریستالی یکسانی باشند، توضیح دهید که چرا یک از نمونه‌ها ممکن است دارای پله‌های لغزش خیلی بزرگتری نسبت به نمونه دیگر باشد، ولی دارای فاصله بیشتری بین پله‌ها است.

۲-۲۳- در یک فلز **BCC** یک نابجایی $\frac{a}{2}[111]$ که بر صفحه لغزش $(\bar{2}11)$ حرکت می‌کند به یک نابجایی بدون حرکت $\frac{a}{2}[\bar{1}11]$ موجود بر روی صفحه لغزش $(1\bar{1}2)$ برخورد می‌کند، نتیجه برخورد چیست؟

مسائل

(پاسخ‌ها به‌صورت انتخابی در انتهای کتاب آمده است)

۳-۱- برای فراهم آوردن دورنمایی از ابعاد عیوب اتمی فرض کنید نمونه‌ای فلزی وجود داشته باشد که دارای دانسیته نابجایی $10^5\ mm^{-2}$ باشد. فرض کنید کلیه نابجایی‌ها در حجم $1000\ mm^3$ ($1\ cm^3$) از بین رفته و انتهای آن‌ها به هم متصل گردد. این زنجیره چقدر وسعت خواهد داشت؟ حال فرض کنید که دانسیته به $10^9\ mm^{-2}$ توسط کارسرد افزایش یابد. طول زنجیره نابجایی‌ها در $1000\ mm^3$ از ماده چقدر خواهد بود؟

۳-۲- دو نابجایی لبه‌ای با علامت متضاد را در نظر بگیرید که دارای صفحات لغزشی باشد که توسط چند فاصله اتمی از یکدیگر جدا شده باشند همانطوری که در دیاگرام زیر نشان داده شده است. به صورت مختصر، عیبی که در زمانیکه این دو نابجایی در راستای هم قرار می‌گیرند به وجود می‌آید را تشریح کنید.

۳-۳- آیا ممکن است دو نابجایی پیچی با علامت مخالف، یکدیگر را خنثی (نابود) نمایند توضیح دهید.

۳-٤- برای هر یک از نابجایی‌های لبه‌ای، پیچی، و مخلوط، ارتباط بین جهت تنش برشی اعمالی و جهت حرکت خط را ذکر کنید.

۳-۵- **(a)** یک سیستم لغزش را تعریف کنید. **(b)** آیا کلیه فلزات دارای سیستم لغزش یکسانی هستند؟ چرا؟

۳-۶- **(a)** دانسیته‌های (تراکم‌های) صفحه‌ای را برای صفحات **(100)**، **(110)** و **(111)** را در شبکه **FCC** مورد مقایسه قرار دهید.

(b) دانسیته‌های (تراکم‌های) صفحه‌ای برای صفحات **(100)**، **(110)**، و **(111)** را در شبکه **BCC** مورد مقایسه قرار دهید.

۳-۷- یک سیستم لغزش برای ساختار کریستالی **BCC**، **<111>** **{110}** است. در شیوه‌ای مشابه با شکل ۳-**6b**، یک صفحه نوع **{110}** را برای ساختار **BCC** رسم کنید که موقعیت‌های اتمی با دوایر نشان داده شوند. حال با استفاده از پیکان، دو جهت مختلف لغزش **<111>** را در داخل این صفحه، مشخص نمایید.

۳-۸- یک سیستم لغزش برای ساختار کریستالی **HCP** عبارت است از $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ **{0001}**. در شیوه‌ای مشابه با شکل ۳-**6b**، صفحه‌ای از نوع **{0001}** برای ساختار **HCP** رسم کنید و با استفاده از پیکان، سه جهت متفاوت لغزش $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ را در داخل این صفحه، مشخص نمایید.

۳-۹- گاهی حاصلضرب $\cos\lambda \cos\varphi$ در معادله ۳-٤ تحت عنوان فاکتور **Schmid** نامیده می‌شود. اندازه فاکتور **Schmid** را برای تک کریستال **FCC** که در جهت [**100**] به موازات محور بارگذاری قرار گرفته است، تعیین نمایید.

۳-۱۰- یک فلز تک کریستالی را در نظر بگیرید که چنان قرار گرفته است که نرماله (عمود) بر صفحه لغزش و جهت لغزش آن به ترتیب با زوایای **60°** و **30°** نسبت به محور کششی است. اگر تنش برشی تصویر شده برابر **6.2 MPa** باشد آیا تنش اعمالی **12 MPa** سبب تسلیم تک کریستال خواهد شد؟ اگر جواب منفی است، چه تنشی مورد نیاز است؟

۳-۱۱- یک تک کریستال روی (**Zn**) به گونه‌ای در آزمون کشش قرار گرفته است که نرماله صفحه لغزش آن یک زاویه **65°** با محور کششی می‌سازد. سه جهت لغزش ممکن **30°**، **48°**، و **78°** نسبت به همان محور کششی می‌باشد.

(a) کدامیک از این سه جهت لغزش مساعدتر می‌باشد.

(b) اگر تغییر شکل پلاستیک در تنش **2.5 MPa** آغاز شود، تنش برشی تصویر شده بحرانی را برای روی پیدا نمایید.

۳-۱۲- یک تک کریستال از نقره را در نظر بگیرید که به گونه‌ای قرار گرفته که تنش کششی در جهت [**001**] اعمال می‌گردد. اگر لغزش بر روی صفحه (**111**) و در جهت $[\bar{1}01]$ اتفاق بیفتد و در یک تنش کششی اعمالی **1.1 MPa** آغاز شود، تنش برشی تصویر شده بحرانی را محاسبه کنید.

۳-۱۳- یک تک کریستال از یک فلز که دارای ساختار کریستالی **FCC** است به گونه‌ای قرار می‌گیرد که تنش کششی به موازات جهت [**100**] اعمال می‌گردد. اگر تنش برشی تصویر شده بحرانی برای این ماده **0.5 MPa** باشد، اندازه تنش یا تنش‌های اعمالی لازم برای ایجاد لغزش در صفحه (**111**) را در هر یک از جهات $[1\bar{1}0]$، $[10\bar{1}]$و $[0\bar{1}1]$را محاسبه نمایید.

۳-۱۴- **(a)** یک تک کریستال از یک فلز که دارای ساختار کریستالی **BCC** است به گونه‌ای قرار می‌گیرد که تنش کششی اعمالی در جهت [**100**] اعمال می‌شود. اگر اندازه این تنش **4.0 MPa** باشد، تنش برشی تصویر شده در جهت $[1\bar{1}1]$را بر روی هر یک از صفحات (**110**)، (**011**)، و $(10\bar{1})$محاسبه کنید.

(b) بر اساس مقادیر تنش برشی تصویر شده بدست آمده، کدام سیستم یا سیستم‌های لغزش مساعدترین از لحاظ وضعیت قرارگیری نسبت به تنش اعمالی می‌باشد.

۳-۱۵-یک تک کریستال از یک فلز فرضی با ساختار کریستالی **BCC** را در نظر بگیرید که به گونه‌ای قرار گرفته باشد که یک تنش کششی در امتداد جهت [**121**] اعمال گردد. اگر لغزش بر روی صفحه (**101**) و در جهت $[\bar{1}11]$ اتفاق بیفتد، تنشی را که در آن کریستال تسلیم می‌شود محاسبه کنید اگر که تنش برشی تصویر شده بحرانی برابر **2.4 MPa** باشد.

۳-۱۶- تنش برشی تصویر شده بحرانی برای مس **0.48 MPa** است، حداکثر استحکام تسلیم ممکن را برای یک تک کریستال از **Cu** که تحت کشش قرار می‌گیرد را تعیین کنید.

۳-۱۷- چهار تفاوت عمده بین تغییر شکل توسط دوقلویی شدن و تغییر شکل توسط لغزش را از لحاظ مکانیزم، شرایط انجام، و نتیجه نهایی ذکر کنید.

۳-۱۸- یک دلیل برای اینکه چرا مواد سرامیکی به صورت کلی سخت‌تر و تردتر نسبت به فلزات هستند، ذکر کنید.

۳-۱۹- مکانیزم‌هایی که توسط آن پلیمرهای نیمه کریستالی: **(a)** تغییر شکل الاستیک می‌دهند، **(b)** تغییر شکل پلاستیک می‌دهند، و **(c)** توسط آن الاستومرها تغییر شکل الاستیک می‌دهند را تشریح نمایید.

۳-۲۰- به صورت مختصر توضیح دهید که چطور هر یک از موارد زیر بر روی مدول الاستیک پلیمرهای نیمه کریستالی تاثیر می‌گذارد و چرا؟

(a) وزن ملکولی، **(b)** درجه کریستالی بودن، **(c)** تغییر شکل توسط کشش، **(d)** آنیل کردن یک ماده تغییر شکل نیافته، **(e)** آنیل کردن یک ماده کشیده شده.

۳-۲۱- به صورت مختصر شرح دهید که چطور هر یک از موارد زیر بر روی استحکام کششی یا استحکام تسلیم یک پلیمر نیمه کریستالی تاثیر می‌گذارد و چرا؟

(a) وزن ملکولی،**(b)** درجه کریستالی بودن، **(c)** تغییر شکل توسط کشش، **(d)** آنیل کردن یک ماده تغییر شکل نیافته.

٦-٣- برای کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف غیرپیوسته و جهت یافته، یکی از ویژگی‌های مطلوب این است که کامپوزیت نسبتاً مستحکم (استحکام بالا) و سفت (مدول الاستیک بالا) باشد. یک ویژگی کمتر مطلوب این است که خواص مکانیکی غیرهمسان (غیرایزوتروپ) باشند.

برای کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف تصادفی و غیرپیوسته، یک ویژگی مطلوب این است که خواص همسان (ایزوتروپ) باشند. یک ویژگی کمتر مطلوب این است که یک جهت خاص با استحکام بالا وجود نداشته باشد.

(ii) پاسخ‌های مسائل انتخابی آخر فصل‌ها

فصل ۱

۱-۲- $l_0 = 250mm$

۱-۵- (a) F=44850 N; (b) l=76.25 mm

۱-۷- $\Delta l = 0.43mm$

۱-۹- (a) $\Delta l = 0.50mm$; (b) $\Delta d = -1.6\times10^{-2}mm$ کاهش می‌یابد

۱-۱۰- F=16250 N

۱-۱۱- $\nu = 0.367$

۱-۱۳- E=100 GPa

۱-۱٦- (a) $\Delta l = 0.15mm$; (b) $\Delta d = -5.25\times10^{-3}mm$

۱-۱۸- فولاد

۱-۲۱- (a) هر دو مورد الاستیک و پلاستیک.

(b) $\Delta l = 0.85mm$

۱-۲۳- (b) E=62.5 GPa; (c) $\sigma_y = 285MPa$; (d) TS=370 MPa;
(e) %EL=16%; (f) $U_r = 6.5\times10^5 J/m^3$

۱-۲٦- شکل ۱-۱۲: $U_r = 3.32\times10^5 J/m^3$

۱-۲۸- $\sigma_y = 925MPa$

۱-۳۲- $\varepsilon_T = 0.237$

۱-۳٤- $\sigma_T = 440MPa$

۱-۳٦- تافنس = $3.65\times10^9 J/m^3$

۱-۳۸- n=0.136

۱-٤٠- (a) ε (elastic)≈0.009, ε (plastic)≈0.011; (b) l_i=616.7 mm

۱-٤۲- R=4 mm

۱-٤۳- F_f=17200 N

۱-٤٥- (a) E_0=265 GPa; (b) E=195 GPa

۱-٤۷- (b) P=0.144

۱-٥٤- (a) 125 HB (70 HRB)

۱-٥۹- شکل ۷-۱۲: $\sigma_w = 125MPa$

۱-D۲- (a) $\Delta x = 2.5mm$; (b) σ=10 MPa

فصل ۲

۲-۱- $\Delta T = 77^{\circ}C$

۲-۲- (a): اگر فاصله متوسط دو نابجایی را با $\overline{S}$ نشان دهیم، داریم: $\overline{S} = \frac{1}{\sqrt{\rho}} = 10^{-4}\,cm$

$$F = \frac{Gb_1b_2}{2\pi(1-\nu)\overline{S}} = \frac{10^7 \times (2\times10^{-8})^2}{2\pi(1-0.33)\times10^{-4}} = 8\times10^{-6}\,psi$$

(b):

$$F = \tau b = 10^{-4}\times2\times10^{-8} = 2\times10^{-4}$$

$$F = \frac{Gb_1b_2}{2\pi(1-\nu)\overline{S}} \Rightarrow 2\times10^{-4} = \frac{10^7\times(2\times10^{-8})^2}{2\pi(1-0.33)\overline{S}} \Rightarrow \overline{S} = 400\,\text{Å}$$

۲-۳- $F_x = \frac{Gb^2(x^2-y^2)}{2\pi(1-\nu)(x^2+y^2)^2} \Rightarrow F_{xB}$=1.577 dyn/cm , F_{xA}=2.2747 dyn/cm

از آنجائیکه نابجایی C دارای علامت مخالف با نابجایی‌های A و B است، هرکدام از نیروها که بیشتر باشد، جهت حرکت نابجایی Cرا تعیین می‌نماید. پس نابجایی C به‌طرف نابجایی A می‌رود.

۲-٤- چون تنش برشی τ عمود بر جهت بردار برگرز (جهت لغزش) می‌باشد، حلقه هیچ حرکتی نمی‌نماید.

۲-٥- واکنشی امکان پذیر است که از لحاظ برداری صحیح و از لحاظ انرژی نیز انجام‌پذیر باشد (کاهش انرژی). بنابر این تنها واکنش (ii) امکان‌پذیر است، زیرا واکنش (i) از لحاظ انرژی انجام‌پذیر نیست.

۲-٦- باید بدنبال برداری بود که ضرب داخلی آن در صفحه $(11\bar{1})$ صفر نشود. این بردار $\frac{a}{2}[0\,\bar{1}\,1]$ می‌باشد.

۲-۷- زاویه باید به‌رادیان تبدیل شود.

$$\theta = \frac{b}{D} \Rightarrow \frac{5\pi}{180} = \frac{0.29}{D} \Rightarrow D = 3.323nm$$

۲-۸-

$$\tau = \frac{Gb}{L}\ ,\ L = \frac{1}{\sqrt{\rho}} \Rightarrow$$

$$\tau = \frac{Gb}{\frac{1}{\sqrt{\rho}}} \Rightarrow \rho = \frac{\tau^2}{G^2b^2} = \frac{50^2}{(100\times10^3)\times(\frac{3.2\times\sqrt{3}}{2})\times10^{-10})^2} = 3.255\times10^{12}$$

۲-۹- شعاع انحناء 1/4 برابر خواهد شد.

$$\tau = \frac{Gb}{R} \Rightarrow \tau \propto \frac{1}{R}$$

۲-۱۰-

$$x = \frac{a}{6}[\bar{1}2\bar{1}]$$

$$\frac{3a^2}{9} \rightarrow \frac{2a^2}{4} + \frac{6a^2}{36} \Rightarrow \frac{a^2}{3} < \frac{2a^2}{3}$$

غیرقابل انجام از لحاظ انرژی

۲-۱۱- گزینه (٤)

۲-۱۲- یک نابجایی مخلوط (مختلط) است.

۲-۱۳- گزینه (٤) صحیح است.

۲-۱٤- منبع دوم ابتدا فعال می‌شود. زیرا هر چه طول منبع (L) بیشتر باشد، تنش لازم برای فعال شدن منبع کمتر است.

$$\tau = \frac{Gb}{L} \Rightarrow \tau \propto \frac{1}{L}$$

۲-۱۵- از سمت چپ به راست.

۲-۱٦- AD جاگی است لبه‌ای و صفحه لغزش آن صفحه ADGH است.

۲-۱۷- $\frac{a}{6}[0\,\bar{1}\,1]$

۲-۱۸- تنها واکنش (i) امکان‌پذیر است.

۲-۱۹- برابر 2 است.

فصل ۳

۳-۹- $\cos\lambda\cos\varphi=0.408$

۳-۱۱- (b) $\tau_{crss}=0.90$ MPa

۳-۱۲- $\tau_{crss}=0.45$ Mpa

۳-۱۳- برای $[1\,\bar{1}\,0]$ -(111): $\sigma_y=1.22$