



حل المسائل كتاب طراحي اجزاء ماشين شيگلى

نويسنده: جوزف شيگلى

ترجمه و تاليف: مهندس احمد كيانوش
مهندس ابوذر ملكيان
مهندس مجتبي شايسته



نشر دانشگاهی کيان
Kian Publication

سرشناسه	: کیانوش، احمد، ۱۳۶۲.
عنوان و نام پدیدآور	: تشریح کامل مسائل طراحی اجزاء ماشین ۲ و ۱ شیگی / مؤلفان احمد کیانوش، ابوذر ملکیان، مجتبی شایسته.
مشخصات نشر	: تهران: انتشارات دانشگاهی کیان، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۷۵۲ص.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۳۰۷-۰۳۰-۱
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتاب حاضر ترجمه و حل المسائل کتاب "طراحی اجزاء ماشین (طراحی در مهندسی مکانیک)" تألیف شیگی، ریچارد گوردون بادی‌ناس و کیت نیتز است.
عنوان دیگر	: طراحی اجزاء ماشین (طراحی در مهندسی مکانیک).
موضوع	: ماشین آلات - طراحی.
شناسه افزوده	: ماشین آلات - طراحی - مسایل، تمرین‌ها و غیره.
شناسه افزوده	: ملکیان، ابوذر، ۱۳۶۲.
شناسه افزوده	: شایسته، مجتبی، ۱۳۶۳.
شناسه افزوده	: شیگی، جوزف ادوارد، طراحی اجزاء ماشین (طراحی در مهندسی مکانیک).
شناسه افزوده	: بادی ناس، ریچارد گوردون، طراحی اجزاء ماشین (طراحی در مهندسی مکانیک).
شناسه افزوده	: نیتز، کیت، طراحی اجزاء ماشین (طراحی در مهندسی مکانیک).
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۲ ۱۲۶۷ ۴۲۶۷ ط۹ش/۲۲۰.TJ.
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۱/۵۱۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۳۷۰۱۰۷



نشر دانشگاهی کیان
Kian Publication

انتشارات دانشگاهی کیان

نام کتاب	: تشریح کامل مسائل طراحی اجزاء ماشین ۲ و ۱ شیگی
ناشر	: انتشارات دانشگاهی کیان
مؤلفان	: احمد کیانوش-ابوذر ملکیان-مجتبی شایسته
چاپ اول	: ۱۳۹۲
تیراژ	: ۱۰۰۰ جلد
چاپ و صحافی	: گنج شایگان
قیمت	: ۲۵۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۳۰۷-۰۳۰-۱
ISBN	: 978-600-307-030-1

کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است.
تکثیر تمامی یا قسمتی از این اثر به صورت حروفچینی یا چاپ مجدد، چاپ افست، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است و پیگرد قانونی دارد.

مرکز پخش:

تهران- خ انقلاب - خ ۱۲ فروردین - کوچه نوروژ - پلاک ۲۷ طبقه اول

تلفن: ۶۶۴۱۶۴۴۶-۶۶۴۰۶۸۳۴-۶۶۴۱۱۷۱۵

خرید Online از طریق سایت www.kianpub.com

SMS: ۳۰۰۰۲۲۱۴۴۱

فهرست مطالب

.....	سخن مولف	۵
.....	سخنی با خوانندگان	۶

قسمت اول: مقدمات

.....	فصل ۱: مقدمه‌ای بر طراحی در مهندسی مکانیک	۷
.....	فصل ۲: مواد	۱۵
.....	فصل ۳: نیرو و آنالیز تنش	۳۷
.....	فصل ۴: تغییر شکل و سفتی	۱۲۹

قسمت دوم: پیشگیری از شکست

.....	فصل ۵: شکست بر اثر بارهای استاتیک	۲۰۳
.....	فصل ۶: شکست خستگی بر اثر بارهای متغیر	۲۵۵

قسمت سوم: طراحی اجزا ماشین

.....	فصل ۷: شفت و اجزاء آن	۳۱۵
.....	فصل ۸: پیچ و مهره و طراحی اتصالات موقت	۳۵۹
.....	فصل ۹: جوشکاری، چسب کاری و طراحی اتصالات دائم	۴۲۹
.....	فصل ۱۰: فنرهای مکانیکی	۴۶۳
.....	فصل ۱۱: یاتاقان‌های غلتشی	۵۰۵
.....	فصل ۱۲: روانکاری و یاتاقان‌های لغزشی	۵۳۷
.....	فصل ۱۳: چرخنده‌ها	۵۶۵
.....	فصل ۱۴: چرخنده‌های ساده و مارپیچ	۶۰۳
.....	فصل ۱۵: چرخنده‌های مخروطی و حلزونی	۶۴۳
.....	فصل ۱۶: کلاچ‌ها، ترمزها، کوپلینگ‌ها و چرخ طیارها	۶۶۱
.....	فصل ۱۷: اجزای مکانیکی انعطاف‌پذیر	۶۸۷

قسمت چهارم: ابزارهای تحلیل

.....	فصل ۲۰: ملاحظات آماری	۷۲۳
-------	-----------------------	-----

تقدیم بہ:

ساحت مقدس حضرت صاحب الزمان (عج)

و باسکرا از:

ہمسر مہربانم کہ با صبر و فداکاری، تالیف این اثر را میسر نموده است.
پدر و مادر عزیزم کہ ہموارہ دعای خیرشان بدرقہ را ہم بودہ است.
فرزند دلبندم علی جان، کہ روشنی بخش خانہ ام شدہ

احمد کیانوش

ہمسر عزیزم کہ در ہمہ مراحل ہمراہ و مشوق من بودہ است.
پدر خانم و مادر خانم عزیزم کہ بہ چون پدری و مادری مہربان در ہمہ مراحل مرایاری کردہ اند.
نور چشم محمد حسین

ابو ذکلیان

پدر و مادر دلسوزو، ہمسر مہربانم کہ آیینہ آفتاب است.

محبی شایستہ

سخن مؤلف

درس طراحی اجزاء ماشین یکی از دروس مهم و اصلی رشته‌های مهندسی مکانیک به شمار می‌رود. کتاب طراحی اجزاء ماشین شیگلی، به عنوان اصلی‌ترین کتاب در این حوزه در اکثر دانشگاه‌های کشور و دنیا تدریس می‌شود. دلیل تدریس این کتاب در دانشگاه‌های ایران، را می‌توان تطابق سرفصل‌های این کتاب با سرفصل‌های نظام آموزش عالی کشور دانست. در یک نگاه کلی به این کتاب، باید اذعان کرد که مجموعه‌ای بی‌نقص و کامل و در هر ویرایش کاربردی‌تر شده است. معمولاً دانشجویانی که برای اولین بار این درس را مطالعه می‌نمایند، نیاز به یک کتاب راهنما جهت تجزیه و تحلیل مسائل کتاب دارند. در کتاب تشریح مسایل پیش‌رو، به تجزیه و تحلیل تمامی مسائل کتاب فوق (به جز دو فصل که حل مسائل آن بر اساس برنامه‌نویسی مبتنی بر کامپیوتر است) پرداخته شده است. از ویژگی‌های این کتاب می‌توان به کامل بودن، حل تمامی مسائل، توضیحات کامل، اشاره به مراجع، منابع، جداول و استفاده از روش حل نویسنده کتاب اصلی اشاره کرد.

خرسندیم که خداوند این توانایی را به ما داد تا بتوانیم خدمتی ناچیز به دانشجویان این مرز و بوم نماییم. ان شاء الله... کتاب حاضر مورد استفاده دانشجویان عزیز قرار گرفته و این بزرگواران کلیه اشتباهات علمی و چاپی را بخشیده و با ارسال انتقادات و پیشنهادات خود در چاپ‌های بعدی ما را یاری نمایند.

در پایان فرصت را غنیمت شمرده و از کلیه عزیزانی که ما را در تهیه این کتاب همراهی نمودند، بخصوص از آقای مهندس امیری بهقدم و آقای تجملی مدیریت محترم نشر دانشگاهی کیان و خانم بیگلی تشکر می‌نماییم. همچنین از خانواده گرامی خود که در طول مدت تألیف این کتاب با صبر و شکیبایی فراوان و با فراهم آوردن محیطی آرام و مناسب، ادامه کار را برایمان امکان‌پذیر ساختند، صمیمانه سپاسگزاری و قدردانی می‌نماییم.

احمد کیانوش - ابوذر ملکیان - مجتبی شایسته

سخنی با خوانندگان

«سپس، به کاتبان و نویسندگان بنگر و بهترین آن‌ها را بر کارهای خود بگمار...»

کاتبان و نویسندگانی برگزین که قدر خود را بشناسند، چون کسی که به قدر خود شناخت ندارد، دیگران را هم نمی‌شناسد.»
برگرفته از نامه‌ی ۵۳ نهج‌البلاغه به مالک‌اشتر

اگرچه نوشتن و پرداختن زکات علم از توصیه‌های اکید بزرگان و گواه بر کرامت اهل دانش است، اما امروزه پرداختن به انگیزه‌ها و اهداف نوشتن بیشتر جلوه می‌کند. بی‌شک این‌که چه کسی می‌نویسد مهم نیست، اما این‌که چرا و به چه پشتوانه‌ای می‌نویسد، درخور تأمل است. ما معتقدیم که چاپ روزافزون کتاب‌های به اصطلاح «زرد» که خالی از هرگونه نوآوری و بی‌توجه به استانداردهای چاپ کتاب و نیازهای مخاطبان است، حاصل تفکر بازاری مستولی بر جامعه‌ی نشر است. بی‌پرده آن‌که عنوان پر زرق و برق، دستاویز قرار دادن مضمون‌های نو با هدف فروش بالا و طولیل کردن سیاهه‌ی سابقه‌ی علمی، نمی‌تواند دلیل محکمی برای چاپ و نشر کتابی باشد که خواننده‌ی مشتاق با صرف هزینه‌های نه چندان کم آن را تهیه می‌کند؛ به امید آن که چیزی از آن بیاموزد.

باید پذیرفت که انگیزه‌ی نوشتن کم از محتوای نوشته نیست و بین این دو رابطه‌ای مستقیم برقرار است. اگر انگیزه از نوشتن، تولید دانش باشد، بی‌شک نویسنده از قلم بی‌محتوا و کم‌عمق پرهیز می‌کند و اگر دغدغه‌ی دانش و فرهنگ زخم‌خورده در میان باشد، ناشر تنها به عنوان پرطمطراق بسنده نمی‌کند.

و چقدر امروزه، فرهنگ و دانش این مرز بوم که گرفتار آفت بی‌انگیزگی و زخم هوس است، نیازمند ناشران و نویسندگانی است که نیت‌شان کمک به رشد دانش و ارتقای فرهنگ جامعه است و به راستی که التیامی بر این درد نیست مگر نویسندگانی که قدر خود و دیگران را می‌دانند و خوب می‌فهمند که کتاب، ابزار سودجویی‌های مغرضانه نیست و می‌کوشند تا خود را از هرگونه شهوت نام و رسم و ثروت تهی کنند.

انتشارات دانشگاهی کیان خود را بری از عیب و خطا نمی‌داند، اما همواره بیش از پیش می‌کوشیم تا در راستای تولید علم و نشر کتاب‌های پرمحتوا، دست نویسندگانی که انگیزه‌ی پاک دارند را فشرده و در کنارشان باشیم و از خداوند متعال می‌خواهیم که در این مسیر صعب و پرخطر در سایه‌ی لطف و عنایت خود از آن‌چه به عهده‌ی ما نهاده شده، سربلند و پیروز برآییم.

انتشارات دانشگاهی کیان

فصل ۱

مقدمه‌ای بر طراحی در مهندسی مکانیک



مسائل ۱-۱ تا ۱-۶- پاسخ استاندارد نداشته و به تحقیقات دانشجوی برمی گردد.

✓ حل:

۱-۷- یک قطعه فولادی با تلرانس ± 0.0005 in را در نظر بگیرید. هزینه نسبی سنگ زنی این قطعه را با قطعه‌ای مشابه با تلرانس ± 0.0003 in مقایسه کنید.

✓ حل: از شکل ۱-۲، هزینه سنگ زنی قطعه‌ای با تلرانس ± 0.0005 in برابر 27% می‌باشد و هزینه تغییر آن به 0.0003 in برابر 60% می‌باشد. رابطه بین هزینه سنگ زنی و افزایش دقت آن برابر است با: $\frac{27}{60} = \frac{1}{2}$

۱-۸- هزینه ساخت دو قطعه A و B بصورت $C_A = 10000P$ و $C_B = 60000P - 0.0005P^2$ داده شده است. با در نظر گرفتن این که C هزینه برحسب دلار و P تعداد قطعه باشد، نقطه سربسر را محاسبه کنید.

✓ حل:

$$C_A = C_B$$

$$10000P = 60000P - 0.0005P^2$$

$$P^2 = \frac{50000}{0.0005} \Rightarrow P = 100 \text{ قطعه (پاسخ)}$$

۱-۹- قطعه‌ای استوانه‌ای با قطر d تحت بار محوری P قرار دارد. این نیرو منجر به وارد آمدن تنش $\frac{P}{A}$ در قطعه می‌شود $\left(A = \frac{\pi d^2}{4}\right)$. اگر عدم قطعیت بار $\pm 1\%$ ، تلورانس قطر $\pm 5\%$ و تنش کششی شکست $\pm 15\%$ باشد، حداقل ضریب طراحی را برای جلوگیری از شکست تعیین کنید.

✓ حل:

$$P = 1.1 \cdot P$$

$$A = (0.95)^2 A$$

$$S = 0.85 \text{ حداقل استحکام}$$

$$n_d = \frac{1.1}{0.85(0.95)^2} = 1.43 \text{ (پاسخ) داریم: از معادله ۱-۱ داریم:}$$

۱-۱۰- هنگامیکه مقادیر صحیح x_1 و x_2 و مقادیر نسبی X_1 و X_2 را در اختیار داریم، می‌توانیم ببینیم که خطاها از کجا ناشی شده است. اگر e_i میزان خطا باشد، رابطه آن با مقادیر صحیح x_i و مقادیر دقیق x_i بصورت $x_i = X_i + e_i$ است.

(الف) نشان دهید که خطای مجموع $X_1 + X_2$ برابر است با: $(x_1 + x_2) - (X_1 + X_2) = e_1 + e_2$

(ب) نشان دهید که خطای تفاضل $X_1 - X_2$ برابر است با: $(x_1 - x_2) - (X_1 - X_2) = e_1 - e_2$

که خطای ضرب $X_1 X_2$ برابر است با: $x_1 x_2 - X_1 X_2 = X_1 X_2 \left(\frac{e_1}{X_1} + \frac{e_2}{X_2} \right)$ (ت) نشان دهید که خطای

$$\frac{x_1}{x_2} - \frac{X_1}{X_2} = \frac{X_1}{X_2} \left(\frac{e_1}{X_1} - \frac{e_2}{X_2} \right) \text{ خارج قسمت } \frac{X_1}{X_2} \text{ برابر است با:}$$

$$X_1 + X_2: x_1 + x_2 = X_1 + e_1 + X_2 + e_2 \text{ (حل: الف)}$$

$$\text{خطا} = e = (x_1 + x_2) - (X_1 + X_2) = e_1 + e_2$$

$$X_1 - X_2: x_1 - x_2 = X_1 + e_1 - (X_2 + e_2) \text{ (پاسخ) (ب)}$$

$$e = (x_1 - x_2) - (X_1 - X_2) = e_1 - e_2$$

$$X_1 X_2: x_1 x_2 = (X_1 + e_1)(X_2 + e_2) \text{ (پ)}$$

$$e = x_1 x_2 - X_1 X_2 = X_1 e_2 + X_2 e_1 + e_1 e_2 = X_1 X_2 \left(\frac{e_1}{X_1} + \frac{e_2}{X_2} \right) \text{ (پاسخ)}$$

$$X_1/X_2: \frac{x_1}{x_2} = \frac{X_1 + e_1}{X_2 + e_2} = \frac{X_1}{X_2} \left(\frac{1 + e_1/X_1}{1 + e_2/X_2} \right) \quad (ت)$$

$$\left(1 + \frac{e_2}{X_2} \right)^{-1} \doteq 1 - \frac{e_2}{X_2} \quad \left(\frac{1 + e_1/X_1}{1 + e_2/X_2} \right) \doteq \left(1 + \frac{e_1}{X_1} \right) \left(1 - \frac{e_2}{X_2} \right) \doteq 1 + \frac{e_1}{X_1} - \frac{e_2}{X_2}$$

$$e = \frac{x_1}{x_2} - \frac{X_1}{X_2} \doteq \frac{X_1}{X_2} \left(\frac{e_1}{X_1} - \frac{e_2}{X_2} \right) \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{بنابراین:}$$

۱۱-۱- با استفاده از مقادیر $x_1 = \sqrt{V}$ و $x_2 = \sqrt{\lambda}$ (الف) درستی معادله خطای مسئله ۱۰ را در حالت جمع نشان دهید. ۳ رقم صحیح برای x_1 و x_2 در نظر بگیرید. (ب) درستی معادله خطای مسئله ۱۰ را با در نظر گرفتن ۳ رقم صحیح برای X_1 و X_2 نشان دهید.

$$x_1 = \sqrt{V} = 2,6457513111 \quad (\text{حل: الف})$$

$$X_1 = 2,64 \quad (\text{سه رقم صحیح})$$

$$x_2 = \sqrt{\lambda} = 2,8284271247$$

$$X_2 = 2,82 \quad (\text{سه رقم صحیح})$$

$$x_1 + x_2 = 5,4741784358$$

$$e_1 = x_1 - X_1 = 0,0057513111$$

$$e_2 = x_2 - X_2 = 0,0084271247$$

$$e = e_1 + e_2 = 0,0141784358$$

$$\text{جمع} = x_1 + x_2 = X_1 + X_2 + e = 2,64 + 2,82 + 0,0141784358 = 5,4741784358 \quad \text{بررسی شد.}$$

$$e_1 = x_1 - X_1 = -0,004248889 \quad (\text{ب (سه رقم معنی‌دار)})$$

$$e_2 = x_2 - X_2 = -0,0015728753$$

$$e = e_1 + e_2 = -0,0058215642$$

$$\text{جمع} = x_1 + x_2 = X_1 + X_2 + e = 2,65 + 2,83 - 0,0058215642 = 5,4741784358 \quad \text{بررسی شد.}$$

۱۲-۱- میله توپر d تحت گشتاور خمشی $M = 1000 \text{ ibf.n}$ و تنش عمودی $\sigma = 16 \text{ M}/(\pi d^3)$ قرار دارد. با در نظر گرفتن ماده‌ای با استحکام ۲۵ kpsi و ضریب طراحی ۲/۵، حداقل قطر موردنیاز میله را بدست آورید. به کمک جدول الف-۱۷ یک اندازه ترجیحی برای میله در نظر گرفته و ضریب اطمینان حاصله را بدست آورید.

$$\sigma = \frac{S}{n_d} \Rightarrow \frac{16(1000)}{\pi d^3} = \frac{25(10^3)}{2,5} \Rightarrow d = 0,799 \text{ in} \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{حل: } \checkmark$$

$$d = \frac{V}{\lambda} \text{ in} \quad \text{طبق جدول الف-۱۷:}$$

$$n = \frac{S}{\sigma} = \frac{25(10^3)}{16(1000)} = 3,125 \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{ضریب اطمینان برابر است با:}$$

۱۳-۱- یک سیستم مکانیکی از ۳ زیر سیستم که بصورت سری در کنار هم قرار دارند تشکیل شده است. در صورتیکه قابلیت اعتماد این سیستم‌ها ۹۸، ۹۶ و ۹۴ درصد باشد، قابلیت اعتماد کل سیستم را بدست آورید.

$$R = \sum_{i=1}^n R_i = 0,98(0,96)0,94 = 0,88 \quad \text{حل: } \checkmark \quad \text{از معادله ۱-۵:}$$

(پاسخ) 88% = قابلیت اعتماد کل

۱-۱۴- بلوک‌های A، B و C و بلوک شیاردار D با اندازه‌های a، b، c و d را در نظر بگیرید. با در نظر گرفتن اندازه‌های زیر (الف) میانگین فاصله \bar{W} و تلرانس آن را بدست آورید. (ب) میانگین اندازه d که رابطه $W \geq 0.10$ in را تضمین کند، بدست آورید.

$$a = 1.500 \pm 0.001 \text{ in}$$

$$b = 2.000 \pm 0.003 \text{ in}$$

$$c = 3.000 \pm 0.004 \text{ in}$$

$$d = 6.520 \pm 0.010 \text{ in}$$

$$\bar{w} = \bar{d} - \bar{a} - \bar{b} - \bar{c} = 6.520 - 1.5 - 2 - 3 = 0.020 \text{ in}$$

(الف)

$$t_w = \sum t_{\text{all}} = 0.001 + 0.003 + 0.004 + 0.010 = 0.018$$

$$W = 0.020 \pm 0.018 \text{ IN}$$

$$w_{\text{min}} = 0.002 \text{ in}$$

(ب) از قسمت الف

بنابراین باید مقدار 0.008 in را به \bar{d} اضافه گردد و خواهیم داشت: (پاسخ) $\bar{d} = 6.520 + 0.008 = 6.528$ in

۱-۱۵- حجم یک منشور متوازی السطوح توسط رابطه $V = xyz$ بدست می‌آید. در صورتیکه در این

رابطه $x = a \pm \Delta a$ ، $y = b \pm \Delta b$ و $z = c \pm \Delta c$ باشد، نشان دهید که: $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}$ از این

نتیجه استفاده کرده و تلورانس دو طرفه منشوری با ابعاد زیر را تعیین کنید.

$$a = 1.500 \pm 0.002 \text{ in}$$

$$b = 1.875 \pm 0.003 \text{ in}$$

$$c = 3.000 \pm 0.004 \text{ in}$$

$$V = xyz, \quad x = a \pm \Delta a, \quad b \pm \Delta b, \quad c \pm \Delta c$$

حل:

$$\bar{V} = abc$$

$$V = (a \pm \Delta a)(b \pm \Delta b)(c \pm \Delta c) = abc \pm bc\Delta a \pm ac\Delta b \pm ab\Delta c \pm a\Delta b\Delta c \pm b\Delta c\Delta a \pm c\Delta a\Delta b \pm \Delta a\Delta b\Delta c$$

از پارامتر Δ با توان‌های بالا صرف‌نظر کنید بنابراین:

$$\Delta V \doteq bc\Delta a + ac\Delta b + ab\Delta c$$

$$\frac{\Delta V}{\bar{V}} \doteq \frac{bc\Delta a + ac\Delta b + ab\Delta c}{abc} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}$$

$$\bar{V} = 1.500(1.875)3.000 = 8.4375$$

برای مقادیر عددی داده شده داریم:

$$\frac{\Delta V}{\bar{V}} = \frac{0.002}{1.500} + \frac{0.003}{1.875} + \frac{0.004}{3.000} = 0.00427 \Rightarrow \Delta V = 0.00427(8.4375) = 0.036 \text{ in}^3$$

$$V = 8.438 \pm 0.036 \text{ in}^3 \quad (\text{پاسخ})$$

۱-۱۶- در اتصال پین و پنجه مفصلی شکل زیر می‌خواهیم اندازه پین $(a \pm \Delta a)$ را تعیین کنیم.

ضخامت قسمت مفصلی 1.500 ± 0.005 in می‌باشد. طراح به این نتیجه رسیده است که عملکرد

مطلوب در محدوده تلرانسی 0.004 in تا 0.005 in بدست می‌آید. با در نظر گرفتن این شرایط اندازه a

و تلرانس آن را تعیین کنید.

$$w_{\text{max}} = 0.005 \text{ in}, \quad w_{\text{min}} = 0.004 \text{ in}$$

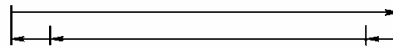
$$\bar{w} = \frac{0.005 + 0.004}{2} = 0.0045 \text{ in}$$

$$\Delta w = 0.005 - 0.004 = 0.001$$

$$w = 0.0045 \pm 0.001$$

$$\bar{w} = \bar{a} - \bar{b} - \bar{c}$$

$$0.0045 = \bar{a} - 0.0042 - 1.5 \Rightarrow \bar{a} = 1.569 \text{ in}$$

حل:

بنابراین:

در نتیجه:

$$t_w = \sum t_{all} \Rightarrow 0.23 = t_a + 0.02 + 0.005 \Rightarrow t_a = 0.16 \text{ in}$$

$$a = 1.569 \pm 0.16 \text{ in} \quad (\text{پاسخ})$$

بنابراین:

۱-۱۷- در شکل زیر یک اورینگ حلقوی را مشاهده می‌کنید. بطور مثال طبق استاندارد AS586A شماره ۲۴۰ اورینگی با مشخصات می‌باشد:

مربوطه را محاسبه کنید. $D_i = 3.734 \pm 0.28 \text{ in}$ ، $d = 0.139 \pm 0.04 \text{ in}$ ، میانگین قطر خارجی اورینگ D_o و تolerانس دو طرفه

$$\bar{D}_o = \bar{D}_i + 2\bar{d} = 3.734 + 2(0.139) = 4.012$$

✓ حل:

$$t_{D_o} = \sum t_{all} = 0.28 + 2(0.04) = 0.36$$

$$D_o = 4.012 \pm 0.36 \text{ in} \quad (\text{پاسخ})$$

۱-۱۸- مسئله ۱۷ را با در نظر گرفتن اورینگ شماره ۱۱۰ استاندارد AS568A تکرار کنید. مسئله را در سیستم SI حل کنید. توجه: حل مسئله نیاز به تحقیق دارد.

✓ حل: از اورینگ‌های اخذ شده از یک شرکت (oringsusa.com)

$$D_i = 91.9 \pm 0.13 \text{ mm}, \quad d = 2.62 \pm 0.08 \text{ mm}$$

$$\bar{D}_o = \bar{D}_i + 2\bar{d} = 91.9 + 2(2.62) = 97.14 \text{ mm}$$

$$t_{D_o} = \sum t_{all} = 0.13 + 2(0.08) = 0.29 \text{ mm}$$

$$D_o = 97.14 \pm 0.29 \text{ mm} \quad (\text{پاسخ})$$

۱-۱۹- مسئله ۱۷ را با در نظر گرفتن اورینگ شماره ۲۲۰ استاندارد AS568A تکرار کنید. مسئله را در سیستم SI حل کنید. توجه: حل مسئله نیاز به تحقیق دارد.

✓ حل: از اورینگ‌های اخذ شده از یک شرکت (oringsusa.com)

$$D_i = 34.52 \pm 0.30 \text{ mm}, \quad d = 3.53 \pm 0.10 \text{ mm}$$

$$\bar{D}_o = \bar{D}_i + 2\bar{d} = 34.52 + 2(3.53) = 41.58 \text{ mm}$$

$$t_{D_o} = \sum t_{all} = 0.30 + 2(0.10) = 0.50 \text{ mm}$$

$$D_o = 41.58 \pm 0.50 \text{ mm} \quad (\text{پاسخ})$$

۱-۲۰- مسئله ۱۷ را با در نظر گرفتن اورینگ شماره ۱۶۰ استاندارد AS568A تکرار کنید. مسئله را در سیستم ips حل کنید. توجه: حل مسئله نیاز به تحقیق دارد.

✓ حل: از اورینگ‌های اخذ شده از یک شرکت (oringsusa.com)

$$D_i = 5.237 \pm 0.35 \text{ mm}, \quad d = 0.13 \pm 0.03 \text{ mm}$$

$$\bar{D}_o = \bar{D}_i + 2\bar{d} = 5.237 + 2(0.13) = 5.497 \text{ mm}$$

$$t_{D_o} = \sum t_{all} = 0.35 + 2(0.03) = 0.41$$

$$D_o = 5.497 \pm 0.41 \text{ in} \quad (\text{پاسخ})$$

۱-۲۱- مسئله ۱۷ را با در نظر گرفتن اورینگ شماره ۳۲۰ استاندارد AS568A تکرار کنید. مسئله را در سیستم ips حل کنید. توجه: حل مسئله نیاز به تحقیق دارد.

✓ حل: از اورینگ‌های اخذ شده از یک شرکت (oringsusa.com)

$$D_i = 1.10 \pm 0.12 \text{ in}, \quad d = 0.21 \pm 0.05$$

$$\bar{D}_o = \bar{D}_i + 2\bar{d} = 1.10 + 2(0.21) = 1.52$$

$$t_{D_o} = \sum t_{all} = 0.12 + 2(0.05) = 0.22$$

$$D_o = 1.52 \pm 0.22 \text{ in} \quad (\text{پاسخ})$$

۱-۲۲- کمیت‌های داده شده را به واحدهای ips تبدیل کنید. (الف) تنش $\sigma = 150 \text{ Mpa}$ (ب) نیرو

ف) (پ) گشتاور $F = 2 \text{ kN}$ **(ت) سطح** $M = 150 \text{ N.m}$ **(ث) گشتاور دوم سطح** $A = 1500 \text{ mm}^2$
(ج) مدول الاتیسیته $E = 145 \text{ Gpa}$ **(چ) سرعت** $v = 75 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ **(ح) حجم** $V = 1 \text{ lit}$
 حل: از جدول الف-۲ داریم:

الف) $\sigma = \frac{150}{6,89} = 21,8 \text{ kpsi}$ (پاسخ)

ب) $F = \frac{2}{4,45} = 0,449 \text{ kip} = 449 \text{ lbf}$ (پاسخ)

پ) $M = \frac{150}{0,113} = 1330 \text{ lbf.in} = 1,33 \text{ kip.in}$ (پاسخ)

ت) $A = \frac{1500}{25,4^2} = 2,33 \text{ in}^2$ (پاسخ)

ث) $I = \frac{750}{2,54^4} = 18,0 \text{ in}^4$ (پاسخ)

ج) $E = \frac{145}{6,89} = 21,0 \text{ Mpsi}$ (پاسخ)

چ) $v = \frac{75}{1,61} = 56,6 \text{ mi/h}$ (پاسخ)

ح) $V = \frac{1000}{946} = 1,06 \text{ qt}$ (پاسخ)

۱-۲۳-۱ کمیت‌های داده شده را به واحدهای SI تبدیل کنید. **(الف) طول** $L = 5 \text{ ft}$ **(ب) تنش** $\sigma = 90 \text{ kpsi}$ **(پ) فشار** $P = 25 \text{ psi}$ **(ت) مدول سطح مقطع** $Z = 12 \text{ in}^3$ **(ث) وزن گسترده** $W = 0,208 \text{ lbf/in}$ **(ج) تغییر شکل** $\delta = 0,00189 \text{ in}$ **(چ) سرعت** $v = 0,0 \text{ ft/min}$ **(ح) کرنش** $\epsilon = 0,00215 \frac{\text{in}}{\text{in}}$ **(خ) حجم** $V = 1830 \text{ in}^3$
 حل: از جدول الف-۲ داریم:

الف) $l = 5(0,305) = 1,53 \text{ m}$ (پاسخ)

ب) $\sigma = 90(6,89) = 620 \text{ MPa}$ (پاسخ)

پ) $p = 25(6,89) = 172 \text{ kPa}$ (پاسخ)

ت) $Z = 12(16,4) = 197 \text{ cm}^3$ (پاسخ)

ث) $w = 0,208(175) = 36,4 \text{ N/m}$ (پاسخ)

ج) $\delta = 0,00189(25,4) = 0,0480 \text{ mm}$ (پاسخ)

چ) $v = 1200(0,0051) = 6,12 \text{ m/s}$ (پاسخ)

ح) $\epsilon = 0,00215(1) = 0,00215 \text{ mm/mm}$ (پاسخ)

خ) $V = 1830(25,4^3) = 30,0(10^6) \text{ mm}^3$ (پاسخ)

۱-۲۴-۱ معمولاً نتایج طراحی تا رقم اعشاری در نظر گرفته می‌شود، چرا که داده‌ها را نمی‌توان با دقتی بیش از این نمایش داد. ضمناً پیشوندها را بایستی به گونه‌ای انتخاب کرد که ارقام قبل از ممیز به ۴ رقم محدود گردد. با در نظر گرفتن این قواعد و قواعد انتخاب پیشوندها، روابط زیر را حل کنید:

(الف) $\sigma = \frac{M}{Z}$ که در آن $M = 1770 \text{ lbf.in}$ و $Z = 0,934 \text{ in}^3$ است. **(ب)** $\sigma = \frac{F}{A}$ که در آن $F = 9940 \text{ lbf}$ و $A = 23,8 \text{ in}^2$ است. **(پ)** $y = \frac{FL^3}{3EI}$ که در آن، $F = 270 \text{ lbf}$ ، $L = 31,5 \text{ in}$ و

و $G = 11.3 \text{ Mpsi}$ ، $L = 9.85 \text{ in}$ ، $T = 9740 \text{ lbf.in}$ که در آن $\theta = TL/GJ$ است. (ت) $I = 0.154 \text{ in}^4$ است. $d = 1.0 \text{ in}$ است.

$$\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{1770}{0.934} = 1895 \text{ psi} = 1.9 \text{ kpsi} \quad (\text{پاسخ}) \quad \checkmark \text{ حل: الف)}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{9440}{23.8} = 397 \text{ psi} \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{ب)}$$

$$y = \frac{Fl^3}{3EI} = \frac{270(31.5)^3}{3EI} = 0.609 \text{ in} \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{پ)}$$

$$\theta = \frac{TL}{GJ} = \frac{9740(9.85)}{11.3 \left(1.0^4\right) \left(\frac{\pi}{32}\right)} = 62.2 \text{ MPa} \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{ت)}$$

۱-۲۵- مسئله ۲۴ را برای روابط زیر تکرار کنید. (الف) $\sigma = F/Wt$ که در آن $F = 1 \text{ kN}$ ، $W = 25 \text{ mm}$ و $t = 5 \text{ mm}$ است. (ب) $I = bh^3/12$ که در آن $b = 10 \text{ mm}$ و $h = 25 \text{ mm}$ است. (پ) $I = \pi d^4/64$ که در آن $T = 25 \text{ N.m}$ و $d = 12.7 \text{ mm}$ است.

$$\sigma = \frac{F}{wt} = \frac{1000}{[25(5)]} = 8 \text{ MPa} \quad (\text{پاسخ}) \quad \checkmark \text{ حل: الف)}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{10(25)^3}{12} = 130(10^3) \text{ mm}^4 \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{ب)}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi(12.7)^4}{64} = 20.4(10^3) \text{ mm}^4 \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{پ)}$$

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(25)(10^3)}{\pi(12.7)^3} = 62.2 \text{ MPa} \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{ت)}$$

۱-۲۶- مسئله ۲۴ را برای روابط زیر تکرار کنید. (الف) $\tau = \frac{F}{A}$ که در آن $F = 2700 \text{ lbf}$ ، $A = \pi d^2/4$ که در آن $d = 0.75 \text{ in}$ و $a = 3.15 \text{ in}$ ، $F = 180 \text{ lbf}$ که در آن $\sigma = Fa/\pi d^2$ است. (ب) $Z = \pi(d_o^4 - d_i^4)/(32d_o)$ که در آن $d_o = 1.5 \text{ in}$ و $d_i = 1.0 \text{ in}$ است. (ت) $k = (d^4G)/(8D^3N)$ که در آن $G = 11.3 \text{ Mpsi}$ و $d = 0.625 \text{ in}$ و $D = 0.76 \text{ in}$ و $N = 32$ است (N عددی بدون بعدی می‌باشد)

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2700}{\left[\frac{\pi(0.75)^2}{4}\right]} = 6110 \text{ psi} = 6.11 \text{ kpsi} \quad (\text{پاسخ}) \quad \checkmark \text{ حل: الف)}$$

$$\sigma = \frac{Fa}{\pi d^2} = \frac{32(180)(3.15)}{\pi(1.25)^2} = 29570 \text{ psi} = 29.6 \text{ kpsi} \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{ب)}$$

$$Z = \frac{\pi(d_o^4 - d_i^4)}{32d_o} = \frac{\pi(1.5^4 - 1.0^4)}{32(1.5)} = 0.266 \text{ in}^3 \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{پ)}$$

$$k = \frac{(d^4G)}{(8D^3N)} = \frac{0.625^4(11.3)(10^6)}{[8(0.76)^3(32)]} = 1.53 \text{ lbf/in} \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{ت)}$$

فصل ۲

مواد



۱-۲- برای مواد زیر استحکام کششی و تسلیم را تعیین کنید. (الف) فولاد نورد گرم شده UNSG۱۰۲۰۰ (ب) فولاد سرد کشیده شده SAE۱۰۵۰ (پ) فولاد AISI۱۱۴۱ که آب‌دهی و در دمای ۵۴۰°C آبیگری شده است. (ت) آلیاژ آلومینیوم T_۶-۲۰۲۴ (ث) آلیاژ تیتانیوم باز پخت شده (آنیل) Ti-۶Al-۴V

✓ حل: از جداول الف-۲۰، الف-۲۱ و الف-۲۳ داریم:

(الف) UNSG۱۰۲۰۰ فولاد نورد گرم شده: $S_{yt} = 210(30) \text{ Mpa(kpsi)}$, $S_{ut} = 380(55) \text{ Mpa(kpsi)}$
 (ب) SAE۱۰۵۰ فولاد سرد کشیده شده: $S_{yt} = 580(84) \text{ Mpa(kpsi)}$, $S_{ut} = 690(100) \text{ Mpa(kpsi)}$
 (پ) AISI۱۱۴۱ فولاد آب‌دهی شده: $S_{yt} = 890(130) \text{ Mpa(kpsi)}$ که در دمای ۵۴۰°C آبیگری شده
 $S_{yt} = 765(111)$
 (ت) آلیاژ آلومینیوم T_۶-۲۰۲۴: $S_{yt} = 296(430) \text{ Mpa(kpsi)}$, $S_{ut} = 446(648) \text{ Mpa(kpsi)}$
 (ث) آلیاژ تیتانیوم باز پخت شده: $S_{yt} = 830(120) \text{ Mpa(kpsi)}$, $S_{ut} = 900(130) \text{ Mpa(kpsi)}$

۲-۲- فرض کنید که در یک کاربرد خاص می‌خواهیم از فولاد AISI۱۰۶۰ استفاده کنیم. با استفاده از جدول الف-۲۱، (الف) در صورتیکه نیاز به استحکام حداکثری داشته باشید چگونه این کار را انجام می‌دهید. (ب) در صورتیکه نیاز به شکل‌پذیری حداکثری داشته باشید چگونه این کار را انجام می‌دهید.

✓ حل: حداکثر استحکام تسلیم: آب‌دهی و آبیگری در دمای ۴۲۵°C (۸۰۰°F) (پاسخ)

حداکثر تغییر طول: آب‌دهی و آبیگری در دمای ۶۵۰°C (۱۲۰۰°F) (پاسخ)

۳-۲- نسبت استحکام به چگالی وزنی (استحکام ویژه) را در واحد kN.m/kg و برای فولاد سرد کشیده شده AISI۱۰۱۸ آلومینیوم T_۶-۲۰۱۱، آلیاژ تیتانیوم Ti-۶Al-۴V و چدن خاکستری ASTM No. ۴۰ بدست آورید.

✓ حل: با تبدیل kN/m^3 به kg/m^3 ضربدر $\frac{1(10^3)}{9.81} = 102$ برای فولاد سرد کشیده شده AISI۱۰۸۰ از جداول الف-۲۰ و الف-۵ داریم:

$$\frac{S_y}{\rho} = \frac{370(10^3)}{7675(10^2)} = 47.4 \text{ kN.m/kg} \quad (\text{پاسخ})$$

برای آلومینیوم T_۶-۲۰۱۱ از جداول الف-۲۲ و الف-۵ داریم:

$$\frac{S_y}{\rho} = \frac{196(10^3)}{2666(10^2)} = 62.3 \text{ kN.m/kg} \quad (\text{پاسخ})$$

برای تیتانیوم Ti-۶Al-۴V از جداول الف-۲۴ ج و الف-۵ داریم:

$$\frac{S_y}{\rho} = \frac{830(10^3)}{4374(10^2)} = 187 \text{ kN.m/kg} \quad (\text{پاسخ})$$

چدن ASTM شماره ۴۰: جداول الف-۲۴ الف و الف-۵ مقادیر استحکام تسلیم را ندارد لذا از مقادیر استحکام نهایی در کشش استفاده می‌کنیم.

$$\frac{S_y}{\rho} = \frac{425(689)(10^3)}{7066(10^2)} = 40.7 \text{ kN.m/kg} \quad (\text{پاسخ})$$

۴-۲- نسبت سفتی به چگالی وزنی (مدول ویژه) را در واحدهای اینچی و برای فولاد سرد کشیده AISI۱۰۱۸ آلومینیوم T_۶-۲۰۱۱، آلیاژ تیتانیوم Ti-۶Al-۴V و چدن خاکستری ASTM No. ۴۰ بدست آورید.

✓ حل: برای فولاد سرد کشیده شده AISI ۱۰۱۸ از جدول الف-۵ داریم:

$$\frac{E}{\gamma} = \frac{3070(10^6)}{0.282} = 106(10^6) \text{ in} \quad (\text{پاسخ})$$

$$\frac{E}{\gamma} = \frac{1074(10^6)}{0.098} = 106(10^6) \text{ in} \quad (\text{پاسخ})$$

برای آلومینیوم T6-۲۰۱۱ از جدول الف-۵ داریم:

$$\frac{E}{\gamma} = \frac{165(10^6)}{0.160} = 103(10^6) \quad (\text{پاسخ})$$

برای آلومینیوم ۶۷-۶AL-Ti از جدول الف-۵ داریم:

$$\frac{E}{\gamma} = \frac{145(10^6)}{0.260} = 55.8(10^6) \quad (\text{پاسخ})$$

برای چدن شماره ۴۰ از جدول الف-۵ داریم:

۵-۲- ضریب پواسون ν یکی از خصوصیات ماده است که بصورت نسبت کرنش عرضی به کرنش طولی در یک عضو تحت کشش تعریف می‌شود. در یک ماده همگن و ایزوتروپیک رابطه زیر بین مدول برشی G و مدول یانگ E برقرار است. $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ با استفاده از جدول الف-۵ و مقادیر G و E ، ضریب پواسون را برای فولاد، آلومینیوم، مس بریلیم دار و چدن خاکستری تعیین کنید. درصد اختلاف بین مقدار محاسبه شده و مقدار درج شده در جدول الف-۵ را حساب کنید.

$$2G(1+\nu) = E \Rightarrow \nu = \frac{E-2G}{2G} \quad \checkmark \text{ حل:}$$

$$\text{فولاد: } \nu = \frac{3070 - 2(11.5)}{2(11.5)} = 0.304 \quad (\text{پاسخ})$$

از جدول الف-۵ داریم:

$$\text{آلومینیوم: } \nu = \frac{1074 - 2(3.90)}{2(3.90)} = 0.333 \quad (\text{پاسخ})$$

$$\text{مس بریلیم: } \nu = \frac{180 - 2(7.0)}{2(7.0)} = 0.286 \quad (\text{پاسخ})$$

$$\text{چدن خاکستری: } \nu = \frac{145 - 2(6.0)}{2(6.0)} = 0.208 \quad (\text{پاسخ})$$

۶-۲- یک نمونه آزمایشگاهی از جنس فولاد با قطر 0.503 in و طول 2 in تحت کشش قرار گرفته است. نتایج آزمایش در حالت الاستیک و پلاستیک بصورت زیر می‌باشد. توجه کنید که داده‌ها کمی همپوشانی دارند. (الف) نمودار تنش - کرنش مهندسی یا اسمی را با در نظر گرفتن دو مقیاس کرنش؛ یکی از صفر تا 0.2 in و دیگر از صفر تا بیشترین کرنش را رسم کنید. (ب) با استفاده از نمودار مدول الاستیسیته، کرنش 0.2 درصد انحراف، استحکام نهایی و درصد کاهش سطح مقطع را بدست آورید. (پ) مشخص کنید که ماده شکل‌پذیر است یا شکننده، دلیل خود را شرح دهید. (ت) از جدول الف-۲۰ ماده‌ای را انتخاب کنید که انطباق منطقی با داده‌های بدست آمده داشته باشد.

Elastic State		Plastic State	
Load P lbf	Elongation in	Load P lbf	Area A_i in ²
1 000	0.0004	8 800	0.1984
2 000	0.0006	9 200	0.1978
3 000	0.0010	9 100	0.1963
4 000	0.0013	13 200	0.1924
7 000	0.0023	15 200	0.1875
8 400	0.0028	17 000	0.1563
8 800	0.0036	16 400	0.1307
9 200	0.0089	14 800	0.1077

$$A_o = \frac{\pi(0.503)^2}{4}, \quad \sigma = \frac{P_i}{A_o} \quad \text{✓ حل: الف)}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{\Delta l}{2} \quad \text{برای داده‌ها در بازه الاستیک:}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l - l_o}{l_o} = \frac{l}{l_o} - 1 = \frac{A_o}{A} - 1 \quad \text{برای داده‌ها در بازه پلاستیک:}$$

در دو صفحه بعد، اطلاعات و نمودارها توضیح داده شده است. شکل (الف) قطعه خطی یک منحنی از داده‌های نقاط ۱-۷ را نشان می‌دهد. در شکل (ب) داده‌های نقاط ۱-۱۲ نشان داده شده است و در شکل (ج) تمامی بازه‌ها نشان داده شده است. توجه: مقدار دقیق پارامتر A_o بدون گرد کردن استفاده شده است.

$$E = 30.5 \text{ Mpsi} \quad \text{(پاسخ)} \quad \text{ب) از شکل الف: شیب برگشت خطی برابر است با:}$$

$$\sigma = 30.5(10^6)\varepsilon - 61000 \quad (1) \quad \text{از شکل ب: معادله خط خمیده منقوط برابر است با:}$$

$$\sigma = 7.6(10^5)\varepsilon + 42900 \quad (2) \quad \text{معادله خط بین نقاط داده‌های ۸ و ۹ برابر است با:}$$

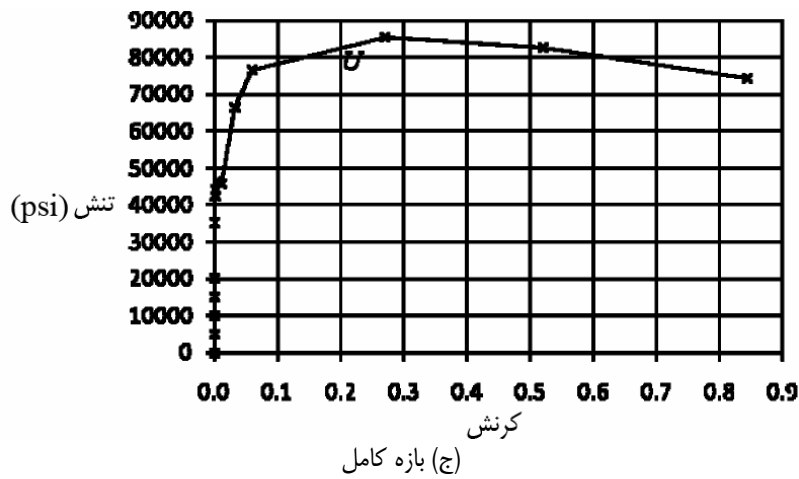
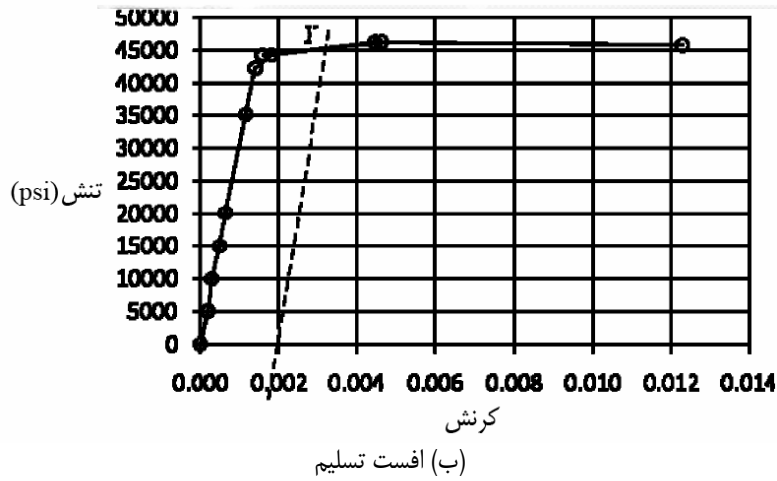
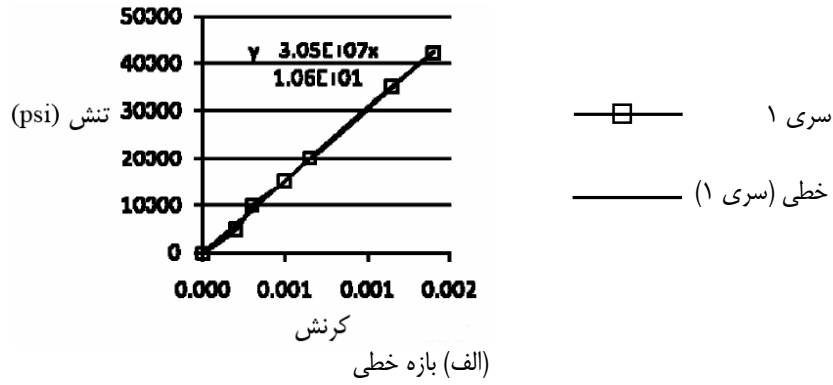
معادله ۱ و ۲ را بطور همزمان با استحکام تسلیم ۰.۲ درصد استحکام تسلیم $\sigma = 45.6 \text{ kpsi}$ و $S_y = 45.6$ حل کنید. مقدار استحکام نهایی از شکل ج برابر است با:

$$S_u = 85.6 \text{ kpsi} \quad \text{(پاسخ)}$$

و کاهش در سطح توسط رابطه ۲-۱۲ داده شده برابر است با:

$$R = \frac{A_o - A_f}{A_o}(100) = \frac{0.1987 - 0.1077}{0.1987}(100) = 45.8\% \quad \text{(پاسخ)}$$

ردیف داده‌ها	P_i	$\Delta l, A_i$	ε	σ
۱	۰	۰	۰	۰
۲	۱۰۰۰	۰.۰۰۰۴	۰.۰۰۰۲۰	۵۰۳۲
۳	۲۰۰۰	۰.۰۰۰۶	۰.۰۰۰۳۰	۱۰۰۶۵
۴	۳۰۰۰	۰.۰۰۱	۰.۰۰۰۵۰	۱۵۰۹۷
۵	۴۰۰۰	۰.۰۰۱۳	۰.۰۰۰۶۵	۲۰۱۳۰
۶	۷۰۰۰	۰.۰۰۲۳	۰.۰۰۱۱۵	۳۵۲۲۷
۷	۸۴۰۰	۰.۰۰۲۸	۰.۰۰۱۴۰	۴۲۲۷۲
۸	۸۸۰۰	۰.۰۰۳۶	۰.۰۰۱۸۰	۴۴۲۸۵
۹	۹۲۰۰	۰.۰۰۸۹	۰.۰۰۴۴۵	۴۶۲۹۸
۱۰	۸۸۰۰	۰.۱۹۸۴	۰.۰۰۱۵۸	۴۴۲۸۵
۱۱	۹۲۰۰	۰.۱۹۷۸	۰.۰۰۴۶۱	۴۶۲۹۸
۱۲	۹۱۰۰	۰.۱۹۶۳	۰.۰۱۲۲۹	۴۵۷۹۵
۱۳	۱۳۲۰۰	۰.۱۹۲۴	۰.۰۳۲۸۱	۶۶۴۲۸
۱۴	۱۵۲۰۰	۰.۱۸۷۵	۰.۰۵۹۸۰	۷۶۴۹۲
۱۵	۱۷۰۰۰	۰.۱۵۶۳	۰.۲۷۱۳۶	۸۵۵۵۱
۱۶	۱۶۴۰۰	۰.۱۳۰۷	۰.۵۲۰۳۷	۸۲۵۳۱
۱۷	۱۴۸۰۰	۰.۱۰۷۷	۰.۸۴۵۰۶	۷۴۴۷۹



ج) ماده از جنس شکل پذیر می باشد لذا بعد از تسلیم دارای بازه بزرگ تغییر شکل می باشد.
 د) باتوجه به اطلاعات بدست آمده برای S_y ، S_{ut} و R جنس ماده فولاد نورد گرم شده SAE ۱۰۴۵ می باشند که دارای $S_y = 45 \text{ kpsi}$ ، $S_{ut} = 82 \text{ kpsi}$ و $R = 40\%$ می باشد. (پاسخ)

۷-۲- تنش واقعی و کرنش لگاریتمی را با استفاده از داده‌های مسئله ۲-۶ بدست آورید. نتایج را در یک کاغذ لگاریتمی رسم کنید. حال ضریب استحکام پلاستیک σ_0 و نمای استحکام بخشی کرنش m را بدست آورده و در نهایت استحکام تسلیم و استحکام نهایی را پس از آنکه نمونه تحت ۲۰ درصد کارسرد واقع شد تعیین کنید.

✓ حل: برای رسم $\log \varepsilon$ vs σ واقعی، معادلات زیر برای این اطلاعات بکار می‌روند.

$$\sigma_{\text{واقعی}} = \frac{P}{A} \quad \text{معادله ۲-۲۴:}$$

$$\varepsilon = \ln \frac{l}{l_0} \quad \text{برای } 0 \leq \Delta l \leq 0.028 \text{ in}$$

$$\varepsilon = \ln \frac{A_0}{A} \quad \text{برای } 0 \leq \Delta l \leq 0.028 \text{ in}$$

$$A_0 = \frac{\pi(0.503)^2}{4} = 0.1987 \text{ in}^2 \quad \text{که:}$$

نتایج در جدول و نمودار رسم شده در ادامه خلاصه شده‌اند. پنج نقطه آخر برای رسم نمودار واقعی σ برحسب $\log \varepsilon$ استفاده شده است.

با انطباق نمودار داریم:

$$m = 0.2306$$

$$\log \sigma_0 = 0.1852 \Rightarrow \sigma_0 = 153.2 \text{ kpsi} \quad \text{(پاسخ)}$$

برای ۲۰٪ کارسردی، از معادلات ۲-۱۴ و ۲-۱۷ داریم:

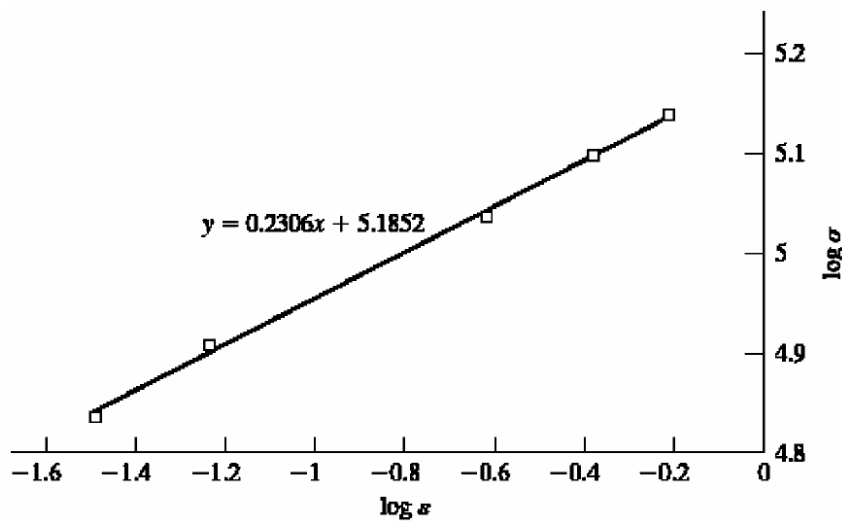
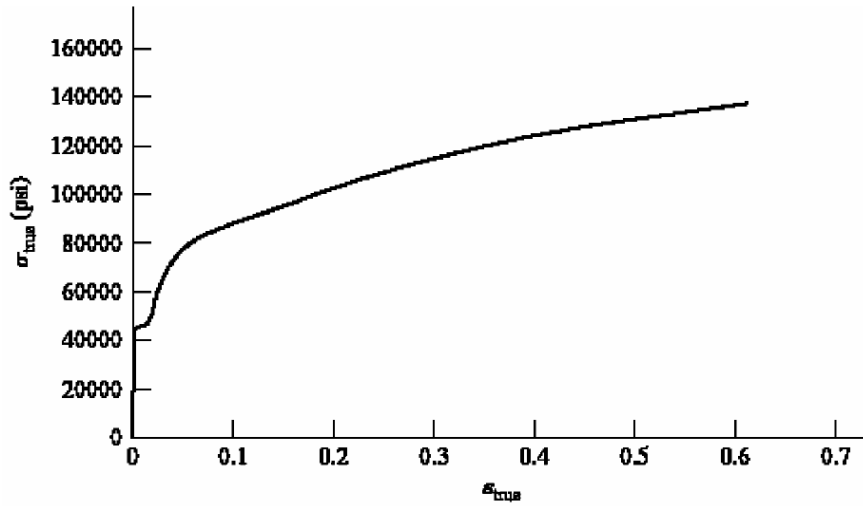
$$A = A_0(1 - W) = 0.1987(1 - 0.2) = 0.1590 \text{ in}^2$$

$$\varepsilon = \ln \frac{A_0}{A} = \ln \frac{0.1987}{0.1590} = 0.2231$$

$$S_y' = \sigma_0 \varepsilon^m = 153.2(0.2231)^{0.2306} = 108.4 \text{ kpsi} \quad \text{(پاسخ)} \quad \text{از معادله ۲-۱۸ داریم:}$$

$$S_u' = \frac{S_u}{1 - W} = \frac{85.6}{1 - 0.2} = 107 \text{ kpsi} \quad \text{(پاسخ)} \quad \text{از معادله ۲-۱۹ با } S_u = 85.6 \text{ از مسئله ۲-۶ داریم:}$$

P	ΔL	A	ε	σ واقعی	$\log \varepsilon$	$\log \sigma$ واقعی
0	0	0.198713	0	0	0	0
1000	0.0004	0.198713	0.0002	5032.388	-3.69901	3.701774
2000	0.0006	0.198713	0.0003	10064.78	-3.52294	4.02804
3000	0.001	0.198713	0.0005	15097.17	-3.30114	4.178895
4000	0.0013	0.198713	0.00065	20129.55	-3.18723	4.303834
7000	0.0023	0.198713	0.001149	35226.72	-2.93955	4.546872
8400	0.0028	0.198713	0.001399	42272.72	-2.85418	4.626053
8800	0.0036	0.198713	0.001575	42272.72	-2.80261	4.646941
9200	0.0049	0.198713	0.001751	44354.84	-2.33685	4.667562
9100	0.0089	0.198713	0.004604	46511.63	-1.91305	4.666121
13200	0.0192	0.198713	0.012216	46357.62	-1.49101	4.836369
15200	0.0224	0.198713	0.032284	68607.07	-1.23596	4.908842
17000	0.0275	0.198713	0.058082	81066.67	-0.61964	5.03649
17000	0.0275	0.198713	0.240083	108765.20	-0.37783	5.098568
16400	0.0307	0.198713	0.418956	125478.20	-0.21289	5.138046
14800	0.0377	0.198713	0.612511	137418.80		



۲-۸- نتایج آزمایش کشش یک نمونه چدنی بصورت زیر می باشد. نمودار تنش - کرنش را رسم کرده و استحکام تسلیم با انحراف ۱٪ درصد و مدول الاستیسته را در نقاط با تنش صفر و ۲۰ hpsi و به کمک خط مماس بر منحنی محاسبه کنید.

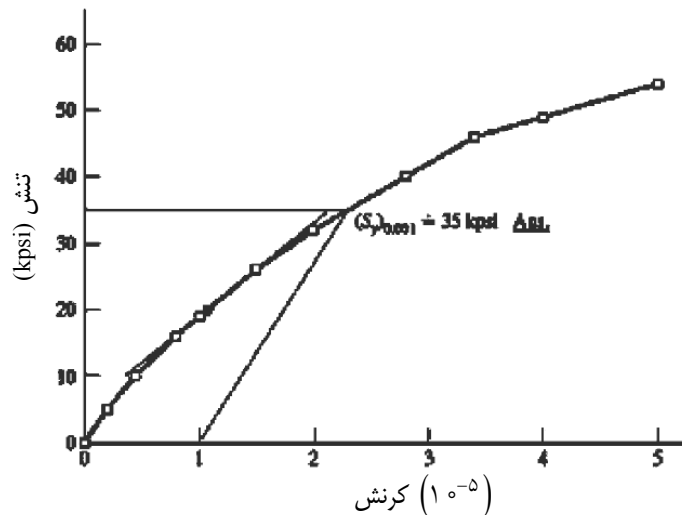
Engineering stress, kpsi	5	10	16	19	26	32	40	46	49	54
Engineering strain, $\epsilon \cdot 10^{-3}$ in/in	0.20	0.44	0.80	1.0	1.5	2.0	2.8	3.4	4.0	5.0

✓ حل: مدول های تماسی در $\sigma = 0$ برابراند با:

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} = \frac{50000}{0.2(10^{-3})} = 25(10^6) \text{ psi} \quad (\text{پاسخ})$$

$$E_{\gamma_0} = \frac{(26-19)(10^3)}{(1.5-1)(10^{-3})} = 1470(10^6) \text{ psi} \quad (\text{پاسخ}) \quad \text{در } \sigma = 20 \text{ kpsi}$$

$\varepsilon(10^{-3})$	$\sigma(\text{kpsi})$
0	0
0.20	5
0.44	10
0.80	16
1.0	19
1.5	26
2.0	32
2.8	40
3.4	46
4.0	49
5.0	54



۹-۲- قطعه‌ای از فولاد AISI ۱۰۱۸ باز پخت شده، تحت کار سرد قرار گرفته و ۲۰ درصد کار سرد می‌شود. (الف) استحکام تسلیم و استحکام نهایی را قبل و بعد از کار سرد بدست آورید. درصد افزایش استحکام را در هر مورد محاسبه کنید. (ب) نسبت استحکام نهایی به استحکام کششی را قبل و بعد از کار سرد بدست آورید. نتایج حاصل در خصوص شکل‌پذیری ماده چه چیزی را نشان می‌دهد.

$$W = 0.20$$

✓ حل:

الف) قبل از کار سرد شدن برای فولاد بازپخت شده AISI ۱۰۱۸ از جدول الف-۲۲ داریم:

$$S_y = 32 \text{ kpsi}, S_u = 49.5, \sigma_0 = 90.7 \text{ kpsi}, m = 0.25, \varepsilon_f = 1.05$$

$$\varepsilon_u = m = 0.25$$

بعد از کار سرد شدن از معادله ۲-۱۶ داریم:

$$\frac{A_0}{A_i} = \frac{1}{1-W} = \frac{1}{1-0.20} = 1.25 \quad \text{معادله ۲-۱۴}$$

$$\varepsilon_i = \ln \frac{A_0}{A_i} = \ln 1.25 = 0.223 < \varepsilon_u \quad \text{معادله ۲-۱۷}$$

$$S'_y = \sigma_0 \varepsilon_i^m = 90(0.223)^{0.25} = 61.8 \text{ kpsi} \quad \text{پاسخ} \quad 93\% \text{ افزایش} \quad \text{معادله ۲-۱۸}$$

$$S'_u = \frac{S_u}{1-W} = \frac{49.5}{1-0.2} = 61.9 \quad \text{پاسخ} \quad 25\% \text{ افزایش} \quad \text{معادله ۲-۱۹}$$

$$\frac{S_u}{S_y} = \frac{49.5}{32} = 1.55 \quad \text{قبل از کار سرد شدن} \quad \frac{S'_u}{S'_y} = \frac{61.9}{61.8} = 1.00 \quad \text{بعد از کار سرد شدن} \quad \text{پاسخ} \quad \text{ب)}$$

مقدار زیادی از شکل‌پذیری آن از دست رفته است.

۱۰-۲- مسئله ۹-۲ را برای نمونه‌ای از فولاد نورد گرم شده AISI ۲۱۲ تکرار کنید.

$$W = 0.20$$

✓ حل:

الف) قبل از کار سرد شدن برای فولاد نورد گرم شده AISI ۲۱۲ از جدول الف-۲۲ داریم:

$S_y = 28 \text{ kpsi}$, $S_u = 61.5 \text{ kpsi}$, $\sigma_o = 110 \text{ kpsi}$, $m = 0.24$, $\epsilon_f = 0.85$
 بعد از کار سرد شدن از معادله ۲-۱۶ داریم:
 $\epsilon_u = m = 0.24$
 $\frac{A_o}{A_i} = \frac{1}{1-W} = \frac{1}{1-0.20} = 1.25$ معادله ۲-۱۴
 $\epsilon_i = \ln \frac{A_o}{A_i} = \ln 1.25 = 0.223 < \epsilon_u$ معادله ۲-۱۷
 $S'_y = \sigma_o \epsilon_i^m = 110(0.223)^{0.24} = 76.7 \text{ kpsi}$ (پاسخ) ٪۱۷۴ افزایش معادله ۲-۱۸
 $S'_u = \frac{S_u}{1-W} = \frac{61.5}{1-0.20} = 76.9 \text{ kpsi}$ (پاسخ) ٪۲۵ افزایش معادله ۲-۱۹
 $\frac{S_u}{S_y} = \frac{61.5}{28} = 2.20$ قبل از کار سرد شدن $\frac{S'_u}{S'_y} = \frac{76.9}{76.7} = 1.00$ بعد از کار سرد شدن 1.00 مقدار زیادی از شکل پذیری آن از دست رفته است. (پاسخ)

۲-۱۱- مسئله ۲-۹ را برای نمونه‌ای از آلیاژ آلومینیوم $T_4 - 2024$ تکرار کنید.

$W = 0.20$

✓ حل:

الف) قبل از کار سرد شدن برای آلومینیوم آلیاژی $T_4 - 2024$ از جدول الف-۲۲ داریم:

$S_y = 43.0 \text{ kpsi}$, $S_u = 64.8 \text{ kpsi}$, $\sigma_o = 100 \text{ kpsi}$, $m = 0.15$, $\epsilon_f = 0.18$
 بعد از کار سرد شدن از معادله ۲-۱۶ داریم:
 $\epsilon_u = m = 0.15$
 $\frac{A_o}{A_i} = \frac{1}{1-W} = \frac{1}{1-0.20} = 1.25$ معادله ۲-۱۴
 $\epsilon_i = \ln \frac{A_o}{A_i} = \ln 1.25 = 0.223 > \epsilon_f$ (پاسخ) شکست ماده معادله ۲-۱۷

۲-۱۲- یک عضو فولادی دارای سختی برنیل $W_B = 275$ است. استحکام نهایی را برای این فولاد و برحسب Mpa بدست آورید.

✓ حل: برای $H_B = 275$ از معادله ۲-۲۱ داریم: $S_u = 3.4(275) = 935 \text{ MPa}$ (پاسخ)

۲-۱۳- قطعه‌ای از جنس چدن خاکستری دارای سختی برنیل $W_B = 200$ می‌باشد. استحکام نهایی این چدن را برحسب kpsi بدست آورید. با مقایسه سختی و استحکام این ماده با داده‌های موجود در جدول الف-۲۴ چدن احتمالی را مشخص کنید.

✓ حل: چدن خاکستری: $H_B = 200$

از معادله ۲-۲۲: $S_u = 0.23(200) - 12.5 = 33.5 \text{ kpsi}$ (پاسخ)
 از جدول الف-۲۴، احتمالاً چدن خاکستری ASTM۳۰ می‌باشد. (پاسخ)

۲-۱۴- قطعه‌ای از فولاد 1040 نورد گرم شده تحت عملیات حرارتی قرار می‌گیرد تا استحکام آن تا حدود 100 kpsi افزایش یابد. پس از انجام عملیات حرارتی باید انتظار چه میزان سختی را برای این فولاد داشت؟

✓ حل: از معادله ۲-۲۱ داریم: $0.5H_B = 100 \Rightarrow H_B = 200$

۲-۱۵- ۱۰ نمونه فولادی به طور تصادفی انتخاب و تست برنیل بر روی آنها انجام گرفته است. مقادیر بدست آمده عبارت است از ۲۳۰، ۲۳۲، ۲۳۴، ۲۳۵، ۲۳۶، ۲۳۹ و میانگین و انحراف معیار استحکام نهایی را برحسب kpsi بدست آورید.

✓ حل: برای اطلاعات ارائه شده، در تبدیل H_B به S_u از معادله ۲-۲۱ استفاده می‌شود.

	S_u (kpsi)	S_u^2 (kpsi)
H_B	۱۱۵	۱۳۲۲۵
۲۳۰	۱۱۶	۱۳۴۵۶
۲۳۲	۱۱۶	۱۳۴۵۶
۲۳۲	۱۱۷	۱۳۶۸۹
۲۳۴	۱۱۷,۵	۱۳۸۰۶,۲۵
۲۳۵	۱۱۷,۵	۱۳۸۰۶,۲۵
۲۳۵	۱۱۷,۵	۱۳۸۰۶,۲۵
۲۳۶	۱۱۸	۱۳۹۲۴
۲۳۶	۱۱۸	۱۳۹۲۴
۲۳۹	۱۱۹,۵	۱۴۲۸۰,۲۵
	$\sum S_u = 1172$	$\sum S_u^2 = 137373$

$$\bar{S}_u = \frac{\sum S_u}{N} = \frac{1172}{10} = 117,2 \approx 117 \text{ kpsi} \quad (\text{پاسخ})$$

از معادله ۸-۲۰ داریم:

$$S_{S_u} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} S_u^2 - N \bar{S}_u^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{137373 - 10(117,2)^2}{9}} = 1,27 \text{ kpsi} \quad (\text{پاسخ})$$

۱۶-۲- با فرض اینکه نمونه‌ها چدنی باشند مسئله ۲-۱۵ را تکرار کنید.

✓ حل: برای اطلاعات ارائه شده، در تبدیل H_B به S_u از معادله ۲-۲۲ استفاده می‌شود.

	S_u (kpsi)	S_u^2 (kpsi)
H_B	۴۰,۴	۱۶۳۲,۱۶
۲۳۰	۴۰,۸۶	۱۶۶۹,۵۴
۲۳۲	۴۰,۸۶	۱۶۶۹,۵۴
۲۳۲	۴۱,۳۲	۱۷۰۷,۳۴۲
۲۳۴	۴۱,۵۵	۱۷۲۶,۴۰۳
۲۳۵	۴۱,۵۵	۱۷۲۶,۴۰۳
۲۳۵	۴۱,۵۵	۱۷۲۶,۴۰۳
۲۳۶	۴۱,۷۸	۱۷۴۵,۵۶۸
۲۳۶	۴۱,۷۸	۱۷۴۵,۵۶۸
۲۳۹	۴۲,۴۷	۱۸۰۳,۷۰۱
	$\sum S_u = 414,12$	$\sum S_u^2 = 17152,63$

$$\bar{S}_u = \frac{\sum S_u}{N} = \frac{414,12}{10} = 41,4 \text{ kpsi} \quad (\text{پاسخ})$$

از معادله ۸-۲۰ داریم:

$$S_{S_u} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} S_u^2 - N \bar{S}_u^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{17152,63 - 10(41,4)^2}{9}} = 1,20 \text{ kpsi} \quad (\text{پاسخ})$$

۱۷-۲- برای ماده داده شده در مسئله ۲-۶ (الف) مدول برجهنگی را محاسبه کنید. (ب) با فرض

اینکه آخرین نقطه مربوط به شکست قطعه است مدول چقرمگی را برآورد کنید.

$$u_R = \frac{45,5^2}{2(3^{\circ})} = 34,5 \text{ in.lbf/in}^2 \quad (\text{پاسخ})$$

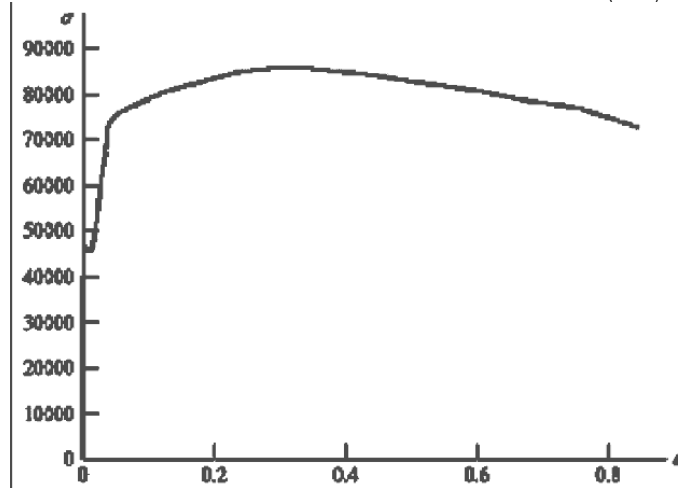
✓ حل: الف)

ب)

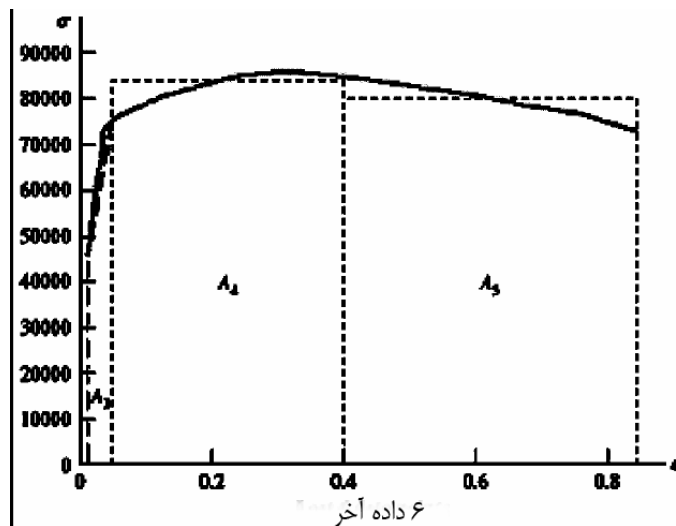
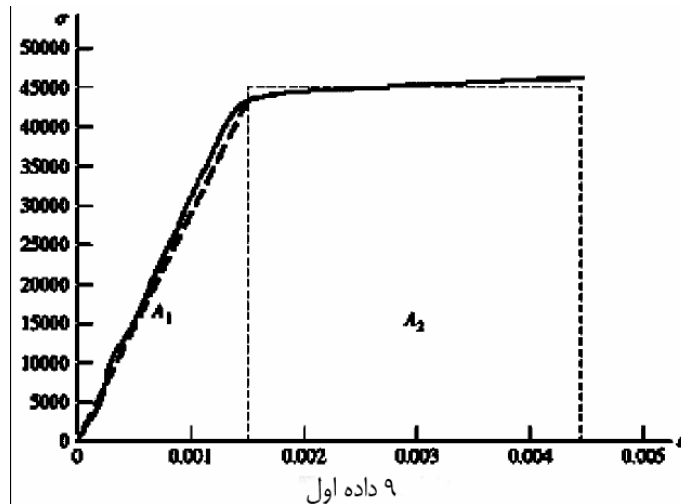
P	ΔL	A	$A_0/A-1$	ϵ	$\sigma = P/A_0$
0	0			0	0
1000	0,0004			0,0002	5032,39
2000	0,0006			0,0003	10064,78
3000	0,0010			0,0005	15097,17
4000	0,0013			0,00065	20129,55
5000	0,0023			0,00115	35226,72
8400	0,0028			0,0014	42272,06
8800	0,0036			0,0018	44285,02
9200	0,0089			0,00445	46297,97
9100		0,1963	0,12291	0,12291	45794,73
13200		0,1924	0,32811	0,32811	66427,53
15200		0,1875	0,59802	0,59802	76492,30
17000		0,1563	0,271355	0,271355	8555,60
16400		0,1307	0,520373	0,520373	82531,17
14800		0,1077	0,845059	0,845059	74479,35

از شکل های زیر داریم:

$$u_T = \sum_{i=1}^5 A_i = \frac{1}{2}(43000)(0,0015) + 45000(0,00445 - 0,0015) + \frac{1}{2}(45000 + 76500) \\ + (0,59802 - 0,00445) + 81000(0,4 - 0,59802) + 80000(0,845 - 0,4) \doteq 66,7(10^3) \text{ in.lbf/in}^2 \quad (\text{پاسخ})$$



تمام نقاط داده ها



۲-۱۸- برخی از فولادهای ساده کربنی که کاربرد بیشتری دارند عبارتند از ۱۰۴۰، ۱۰۱۸، ۱۰۱۰ AISI یک فهرست مقایسه‌ای تهیه کرده و با تاکید بر کاربردهای خاص آنها که هر یک را از دیگری متمایز می‌کند یک دسته‌بندی ایجاد کنید. راهنمای کاربردی محصولات که توسط تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان فولاد در اینترنت موجود است می‌تواند یکی از منابع اطلاعاتی باشد.

✓ حل: این مسائل برای تحقیق دانشجویان می‌باشد و راه‌حل استاندارد برای آن وجود ندارد.

۲-۱۹- مسئله ۲-۱۸ را با فولادهای آلیاژی ۴۳۴۰، ۴۱۳۰ AISI تکرار کنید.

✓ حل: این مسائل برای تحقیق دانشجویان می‌باشد و راه‌حل استاندارد برای آن وجود ندارد.

۲-۲۰- در یک کاربرد خاص می‌خواهیم که بار محوری ۱۰۰ kips توسط یک میلگرد تحمل شود. طراحی نباید به گونه‌ای باشد که تنش به استحکام تسلیم برسد. هزینه متعارف مواد در جدول ذیل آورده شده است. با مراجعه به جداول الف-۵، الف-۲۰، الف-۲۱ و الف-۲۴ ویژگی‌های ماده در دسترس خواهد بود. با در نظر گرفتن هر یک از اهداف ۴ گانه زیر ماده مناسب را انتخاب کنید. (الف)

کمینه کردن قطر. (ب) کمینه کردن وزن. (پ) کمینه کردن هزینه. (ت) کمینه کردن تغییر شکل محوری.

Material	Cost/lbf
1020 HR	\$0.27
1020 CD	\$0.30
1040 Q&T @800°F	\$0.35
4140 Q&T @800°F	\$0.80
Wrought Al 2024 T3	\$1.10
Titanium alloy (Ti-6Al-4V)	\$7.00

حل: جداول موردنیاز: جدول الف-۵ برای مدول یانگ و دانسیته، جدول الف-۲۰ برای فولاد

1020HR, CD

جدول الف-۲۱ برای ۴۱۴۰ و ۱۰۴۰، جدول الف-۲۴ برای آلومینیوم الف-۲۴ ج برای تیتانیوم

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{(\sigma/4)d^2} = S_y \Rightarrow d = \frac{\sqrt{4F}}{\pi S_y}$$

معادلات موردنیاز: برای قطر

$$\text{وزن/طول} = \rho A = \text{هزینه/طول} = \$/\text{in} = \text{طول/وزن} (\$/\text{lbf})$$

$$\rho A = \text{وزن/طول}$$

$$\delta/L = F/(AE) = \text{طول/تغییر شکل}$$

$$F = 100 \text{ kips} = 100 \times (10^3) \text{ lbf}$$

با فرض:

ماده واحد	مدول یانگ Mpsi	چگالی lbf/in ^۳	استحکام تسلیم kpsi	هزینه/lbf \$/lbf	قطر in	طول/وزن lbf/in	طول/هزینه \$/in	طول/تغییر شکل in/in
1020HR	۳۰	۰٫۲۸۲	۳۰	\$۰٫۲۷	۲٫۰۶۰	۰٫۹۴۰۰	\$۰٫۲۵	۱٫۰E-۰۳
1020CD	۳۰	۰٫۲۸۲	۵۷	\$۰٫۳۰	۱٫۴۹۵	۰٫۴۹۴۷	\$۰٫۱۵	۱٫۹۰۰E-۰۳
۱۰۴۰	۳۰	۰٫۲۸۲	۸۰	\$۰٫۳۵	۱٫۲۶۲	۰٫۳۵۲۵	\$۰٫۱۲	۲٫۶۶۷E-۰۳
۴۱۴۰	۳۰	۰٫۲۸۲	۱۶۵	\$۰٫۸۰	۰٫۸۷۸	۰٫۱۷۰۹	\$۰٫۱۴	۵٫۵۰۰E-۰۳
Al	۱۰٫۴	۰٫۰۹۸	۵۰	\$۱٫۱۰	۱٫۵۹۶	۰٫۱۹۶۰	\$۰٫۲۲	۴٫۸۰۸E-۰۳
Ti	۱۶٫۵	۰٫۱۶	۱۲۰	\$۷٫۰۰	۱٫۰۳۰	۰٫۱۳۳۳	\$۰٫۹۳	۷٫۲۷۳E-۰۳

مواد انتخاب شده براساس کمترین مقادیر در جدول بالا بصورت سایه‌خورده مشخص شده است.

۲-۲۱- در یک کارگاه تراشکاری میله‌ای با قطر ۱ in و طول ۳ ft پیدا شده است. برای تعیین جنس میله آزمایش‌های غیرمخربی به شرح زیر موجود است: (الف) بررسی ظاهری (ب) آزمایش خراش: خراش سطح به کمک سوهان؛ رنگ ماده زیر سطح و عمق خراش را مشاهده می‌کنیم (پ) بررسی اینکه آیا ماده جذب آهنربا می‌شود یا خیر (ت) وزن را با دقت $\pm 0.05 \text{ lbf}$ اندازه‌گیری می‌کنیم (ث) آزمایش ارزان قیمت تغییر شکل خمشی: یک سر میله را در گیره محکم کرده به گونه‌ای که تیر یکسر گیرداری به طول ۲۴ in در اختیار داشته باشیم. حال نیروی 100 lbf ($\pm 1 \text{ lbf}$) را به تیر وارد کرده و تغییر مکان سر آزاد را با دقت $\pm \frac{1}{33} \text{ in}$ اندازه می‌گیریم. (ج) آزمایش سختی برینل. آزمایش‌های موردنظر را به گونه‌ای انتخاب کنید که با حداقل زمان و هزینه، دقت قابل قبولی بدست آید جدول زیر نتایج حاصل از آزمایشات مختلف را در صورت انتخاب هر یک از آنها نشان می‌دهد. فرآیند انجام

آمایش و محاسبات مربوطه را توضیح دهید. می‌توانید از جدول الف-۵ و در صورتیکه ماده انتخابی شما فولاد کربنی باشد از جدول الف-۲۰ کمک بگیرید (برای مشاهده مشخصات)

Test	Results if test were made		
	Prob. 2-21	Prob. 2-22	Prob. 2-23
(a)	Dark gray, rough surface finish, moderate scale	Silvery gray, smooth surface finish, slightly tarnished	Reddish-brown, tarnished, smooth surface finish
(b)	Metallic gray, moderate scratch	Silvery gray, deep scratch	Shiny brassy color, deep scratch
(c)	Magnetic	Not magnetic	Not magnetic
(d)	$W = 7.95 \text{ lbf}$	$W = 2.90 \text{ lbf}$	$W = 9.00 \text{ lbf}$
(e)	$\delta = 5/16 \text{ in}$	$\delta = 7/8 \text{ in}$	$\delta = 17/32 \text{ in}$
(f)	$H_B = 200$	$H_B = 95$	$H_B = 70$

حل: در ابتدا، سعی کنید بازه وسیعی از مشخصات مواد (مانند جدول الف-۵) پیدا کنید مانند مشخصات ظاهری مغناطیسی، استحکام‌های تست شده سریع و ارزان. نتایج را برای این سه ماده دلخواه فولاد، چدن و یا هر جنس فلزی کم کاربرد، بدست آورید. پیش‌بینی می‌شود که احتمالاً آن فولاد نورد گرم شده می‌باشد. اگر تأیید شد می‌توان روی هر کدام از آنها تست وزن یا خمش را برای بررسی چگالی یا مدول الاستیسیته انجام داد. تست وزن سریع‌تر است. وزن اندازه‌گیری شده 7.95 lbf می‌باشد. که وزن واحد طول بدست می‌آید.

$$w = \frac{W}{Al} = \frac{7.95 \text{ lbf}}{\left[\pi (1 \text{ in})^2 / 4 \right] (36 \text{ in})} = 0.281 \text{ lbf/in}^3 \approx 0.28 \text{ lbf/in}^3$$

جدول الف-۵:

مقادیر مطلوب با وزن واحد $0.282 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^3}$ در جدول الف-۵ برای فولاد کربنی آمده است، فولاد نیکلی و ضدزنگ دارای وزن واحد یکسانی می‌باشند اما صافی سطح و رنگ کدر آنها در آنها در انتخاب مورد توجه نمی‌باشد. برای انتخاب یک مشخصه مطلوب از جدول الف-۲۰، تست سختی برنیل آن را انجام دهید و سپس با استفاده از معادله ۲-۲۱، استحکام نهایی $100 \text{ rpsi} = 100 \text{ (} 200 \text{)} = 0.5 H_B = 0.5 H_B$ را بدست آورید. فرض کنید ماده دارای سطح زیر می‌باشد و از روش نورد گرم تهیه شده است. از جدول الف-۲۰ برای این کار، یک فولاد با درصد کربنی بالا مانند ۱۰۸۰ یا ۱۰۶۰ و ASSI ۱۰۵۰ انتخاب کنید.

۲-۲۲-۲- به صورت مسئله ۲-۲۱ با داده‌های قسمت دوم جدول صورت سؤال رجوع کنید.

حل: در ابتدا، سعی کنید بازه وسیعی از مشخصات مواد (مانند جدول الف-۵) پیدا کنید مانند مشخصات ظاهری مغناطیسی، استحکام‌های تست شده سریع و ارزان. نتایج را برای این سه ماده دلخواه نرم غیرآهنی مانند آلومینیوم بدست آورید برای تشخیص بیشتر ماده، روی هر کدام از آنها تست وزن یا خمش را برای بررسی چگالی یا مدول الاستیسیته انجام دهید. تست وزن سریع‌تر است. وزن اندازه‌گیری شده 2.9 lbf می‌باشد که وزن واحد طولی بدست می‌آید:

$$w = \frac{W}{Al} = \frac{2.9 \text{ lbf}}{\left[\pi (1 \text{ in})^2 / 4 \right] (36 \text{ in})} = 0.103 \text{ lbf/in}^3 \approx 0.1 \text{ lbf/in}^3$$

مقادیر مطلوب با وزن واحد $0.098 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^3}$ در جدول الف-۵ برای آلومینیوم آمده است، دیگر مواد به این وزن واحد نزدیک می‌شود. بنابراین این ماده همانند آلومینیوم است. (پاسخ)

۲-۲۳- به صورت مسئله ۲-۲۱ با داده‌های قسمت سوم جدول صورت سؤال رجوع کنید.

✓ حل: در ابتدا، سعی کنید که بازه وسیعی از مشخصات مواد (مانند جدول الف-۵) پیدا کنید مانند مشخصات ظاهری مغناطیسی، استحکام‌های تست شده سریع و ارزان. نتایج را برای این سه ماده دلخواه نرم‌تر، ماده پایه مس غیر آهنی مانند مس، برنج یا برنز بدست آورید. برای تشخیص بیشتر ماده، روی هر کدام از آنها می‌توان تست وزن یا خمش را برای بررسی چگالی یا مدول الاستیسیته انجام داد. تست وزن سریع‌تر است. وزن اندازه‌گیری شده ۹ lbf می‌باشد که وزن واحد طول بدست می‌آید.

$$w = \frac{W}{Al} = \frac{9 \text{ lbf}}{\left[\pi (1 \text{ in})^2 / 4 \right] (36 \text{ in})} = 0.318 \text{ lbf/in}^3 \approx 0.32 \text{ lbf/in}^3$$

مقادیر مطلوب با وزن واحد $0.322 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^3}$ در جدول الف-۵ برای مس آمده است. برای برنج بیشتر از $0.309 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^3}$ نیست بنابراین تست تغییر شکل برای بدست آمدن دید بهتر باید انجام شود. برای تغییر شکل محاسبه شده و معادله تغییر شکل مورد استفاده برای تیر یک سرگیردار از جدول الف-۹، مدول یانگ بصورت زیر محاسبه می‌شود.

$$E = \frac{Fl^3}{3Iy} = \frac{100(24)^3}{3(\pi(1)^4/64)(17/32)} = 17.7 \text{ Mpsi}$$

که این مقادیر با مدول مس (17.02 Mpsi) بهتر از مدول برنج (15.4 Mpsi) همخوانی دارد. نتیجه‌گیری می‌شود که این ماده همانند مس می‌باشد. (پاسخ)

۲-۲۴- با جستجو در پایگاه اینترنتی <http://composite.about.com/CS> که در بخش ۲-۲۰ (کتاب طراحی اجزاء ماشین) به آن اشاره شده است، یافته‌های خود را شرح دهید. استاد شما ممکن است توضیحات بیشتری مطالبه کند، در اینصورت و با توجه به اینکه پایگاه حاوی اطلاعات بسیار گسترده‌ای است، این فعالیت را بصورت کار گروهی در بین دانشجویان کلاس تقسیم کنید.

✓ حل: حل این مسائل نیاز به تحقیق دانشجو دارد و راه حل مشخصی برای آنها وجود ندارد.

۲-۲۵- در مورد ماده اینکونل که توضیحات مختصری از آن در جدول الف-۵ آمده تحقیق کنید. سفتی، استحکام، شکل‌پذیری و چقرمگی این ماده را با فولادهای کربنی و آلیاژی مختلف مقایسه کنید. ویژگی منحصر به فرد این ماده چیست؟

✓ حل: حل این مسائل نیاز به تحقیق دانشجو دارد و راه حل مشخصی برای آنها وجود ندارد.

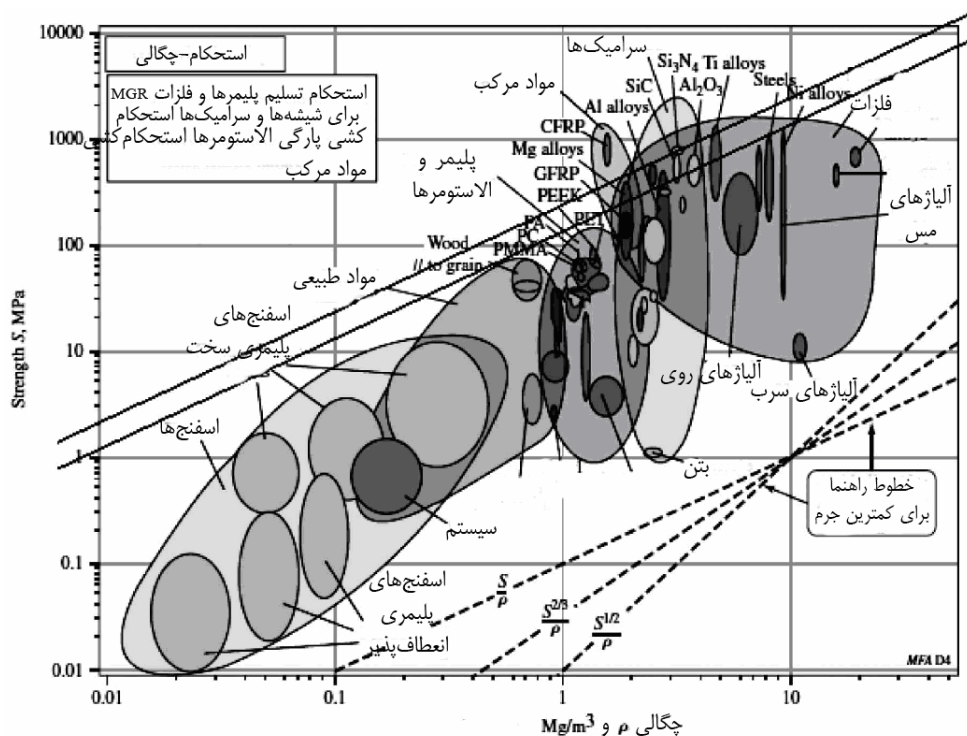
۲-۲۶- میله‌ای تحت یک نیروی کششی قرار دارد. با استفاده از نمودار آبشی و با فرض شرایط طراحی که در آن شکست با گذر تنش از استحکام ماده اتفاق می‌افتد، نیاز به حداقل وزن کردن وزن میله داریم. با در نظر گرفتن مواد کاربرد تنگستن، فولاد پرکربن عملیات حرارتی شده، پلیمر پلی کربنات و آلیاژ آلومینیوم، یک یا دو ماده را پیشنهاد دهید.

✓ حل: برای استحکام $\sigma = \frac{F}{A} = S \Rightarrow A = \frac{F}{S}$

$$m = A l \rho = \left(\frac{F}{S} \right) l \rho$$

بنابراین $f_3(M) = \frac{\rho}{S}$ و $\frac{S}{\rho} (\beta = 1)$ بیشترین مقدار است.

در شکل ۲-۱۹، خطوط موازی $\frac{S}{\rho}$ را رسم کنید.



از لیست مواد داده شده، هر دو آلیاژ آلومینیوم و فولاد عملیات حرارتی شده کربن بالا شرایط خوبی دارند، بیشترین پتانسیل مربوط به کاربید تنگستن یا پلی کربنات تنگستن می‌باشد. آلیاژهای استحکام بالای آلومینیوم کمی پتانسیل بیشتری دارند. فاکتورهای دیگر عبارتند از: هزینه، در دسترس بودن، که می‌توان هر دو انتخاب را تکمیل کرد. (پاسخ)

۲۷-۲- مسئله ۲-۲۶ را با این فرض که شکست در اثر گذشتن از حداکثر تغییر شکل مجاز رخ می‌دهد و با هدف کمینه کردن وزنه مبله تکرار کنید.

✓ حل:

$$k = \frac{AE}{l} \Rightarrow A = \frac{kl}{E}$$

$$m = A l \rho = \left(\frac{kl}{E} \right) l \rho = \frac{k l^2}{\rho} E$$

بنابراین $f_3(M) = \frac{\rho}{E}$ و $\beta = 1$ بیشترین مقدار است.

در شکل ۲-۱۶ خطوط موازی $\frac{E}{\rho}$ را رسم کنید.