



فصل اول

ایستایی

نیرو و مولفه‌های آن



تجزیه نیروها



برآیند نیروها



گشتاور



تکیه‌گاه‌ها



دیاگرام آزاد اجسام و عکس‌العمل تکیه‌گاه‌ها



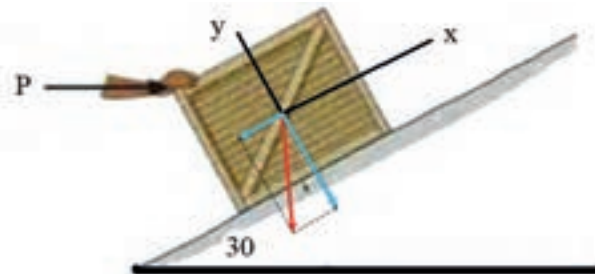
نیرو و مولفه‌های نیرو



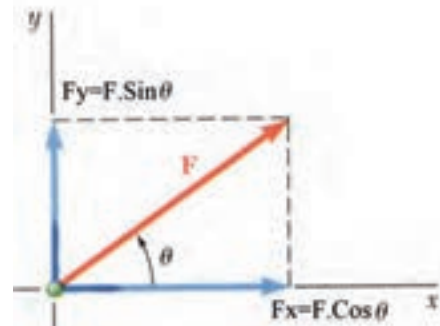
شکل ۱-۱

هرگونه عملی که در یک جسم تمایل به حرکت یا تغییر شکل و اندازه ایجاد کند را نیرو می‌گویند. نیرو یک مفهوم برداری می‌باشد که دارای مقدار، جهت، راستا و نقطه اثر می‌باشد. مهمترین واحدهای اندازه‌گیری نیرو، نیوتن (N)، کیلوگرم نیرو (Kgf) است در شکل (۱-۱) یک وزنه یک کیلوگرمی نیروی معادل $9/8 \text{ N}$ تقریباً 10 N به سطح زمین وارد می‌کند. یک نیرو را می‌توان به چندین نیرو تجزیه کرد و به طور

معمول در حل مسائل نیرو را به دو مولفه عمود بر هم تجزیه می‌کنند که در اکثر موارد و مسائل مولفه‌ها در امتداد محور افقی و عمود نیز می‌باشد. شکل‌های (۱-۲) و (۱-۳) تجزیه نیروی F را نشان می‌دهد همان گونه که در شکل (۱-۳) مشاهده می‌کنید مولفه‌های نیروی F منطبق بر راستای افق نمی‌باشد.



شکل ۱-۳



شکل ۱-۲

مثال ۱-۱

مولفه‌های عمودی نیروی $F = 100 \text{ KN}$ که با محور افق در ربع اول محورهای مختصات زاویه 20° دارد را محاسبه کنید.

داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 100 \text{ KN}$ $\theta = 20^\circ$	F_x F_y
$F_x = F \cos \theta$ $F_y = F \sin \theta$	

$$F_x = 100 \cos 20^\circ = 93/96 \text{ KN}$$

$$F_y = 100 \sin 20^\circ = 34/20 \text{ KN}$$





تمرین ۱-۱

مولفه‌های عمودی نیروی $F=150\text{ KN}$ که با محور افق در ربع اول محورهای مختصات زاویه 30° دارد را محاسبه کنید.



مثال ۱-۲

مولفه‌های عمودی نیروی $F=300\text{ KN}$ را که با محور عمود در ربع اول محورهای مختصات زاویه 30° می‌سازد را محاسبه کنید.

داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 300\text{ KN}$ $\theta = 30^\circ$	F_x F_y
روابط	
$F_x = F \sin \theta$ $F_y = F \cos \theta$	

$$F_x = 300 \sin 30^\circ = 150\text{ KN}$$

$$F_y = 300 \cos 30^\circ = 259.8\text{ KN}$$



تمرین ۱-۲

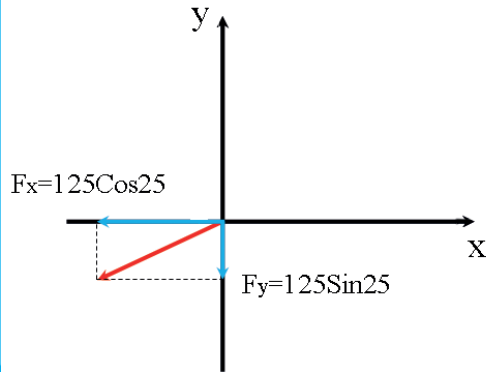
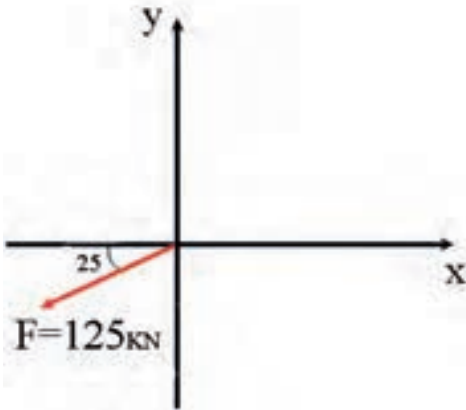
مولفه‌های عمودی نیروی $F=500\text{ N}$ را که با محور عمود در ربع سوم محورهای مختصات زاویه 45° می‌سازد را محاسبه کنید.





مثال ۱-۳

در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.



داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 125\text{KN}$ $\theta = 25^\circ$	F_x F_y
روابط	
$F_x = F \cos \theta$ $F_y = F \sin \theta$	

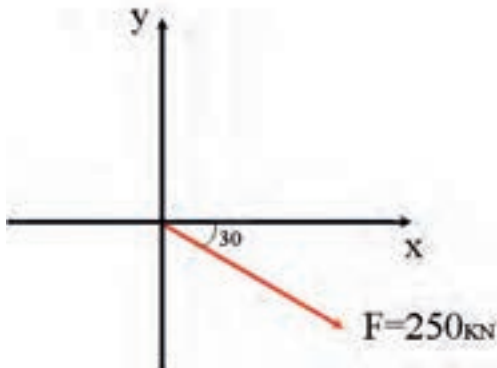
$$F_x = 125 \cos 25 = 113.28 \text{KN}$$

$$F_y = 125 \sin 25 = 52.82 \text{KN}$$



تمرین ۱-۳

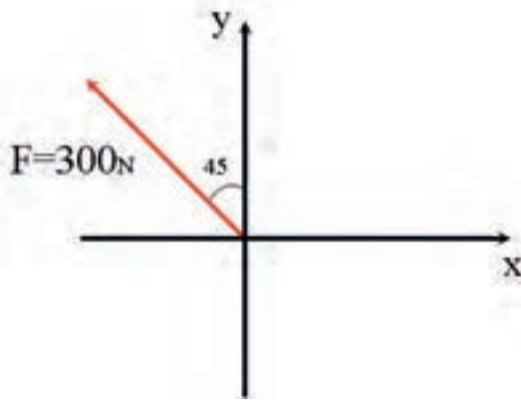
در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.





مثال ۱-۴

در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.



داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 300$ $\theta = 45^\circ$	F_x F_y
روابط	
$F_x = F \sin \theta$ $F_y = F \cos \theta$	

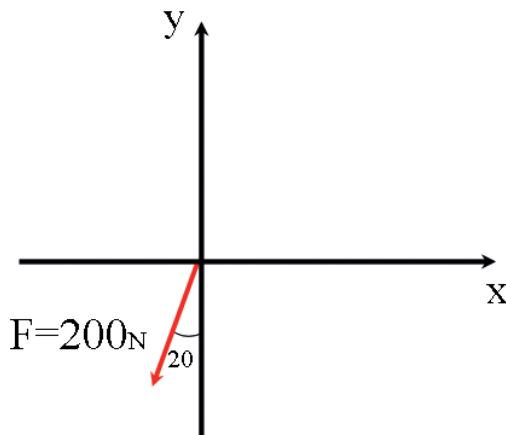
$$F_x = 300 \sin 45 = 212/13 N$$

$$F_y = 300 \cos 45 = 212/13 N$$



تمرین ۱-۴

در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.





مثال ۱-۵

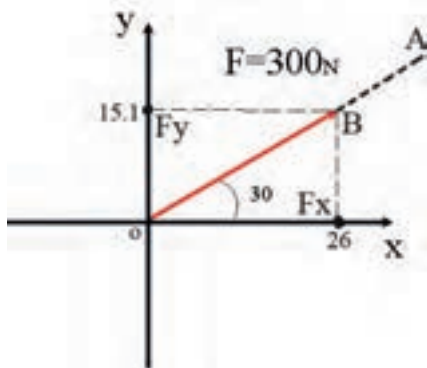
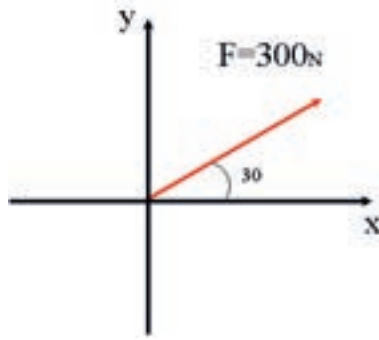
در شکل زیر مولفه‌های عمودی نیروی F را با روش ترسیم تعیین کنید.

۱ - ابتدا با نقاله زاویه 30° درجه را معین می‌کنیم.

۲ - با مقیاس مناسب (مثلاً برای هر 100 نیوتن یک سانتی‌متر) پاره خط OB را به اندازه سه سانتی‌متر مشخص می‌کنیم.

۳ - از نقطه B دو خط موازی محورهای x, y رسم می‌کنیم.

۴ - با استفاده از خط‌کش اندازه‌ها F_x, F_y را بر اساس مقیاس تعیین شده بدست می‌آوریم.



$$F_y = 15/1\text{mm} \rightarrow F_x = 151\text{N}$$

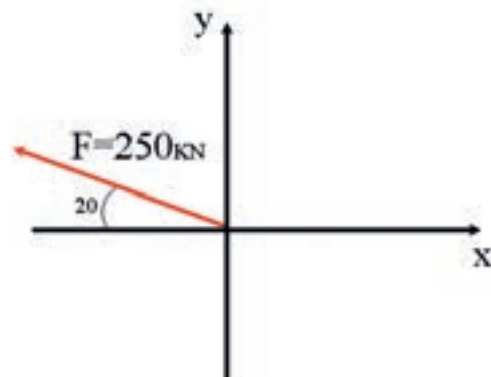
$$F_x = 26\text{mm} \rightarrow F_x = 260\text{N}$$

داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 300$ $\theta = 30^\circ$	F_x F_y
با خط‌کش و مقیاس مناسب رسم و محاسبه می‌گردد	



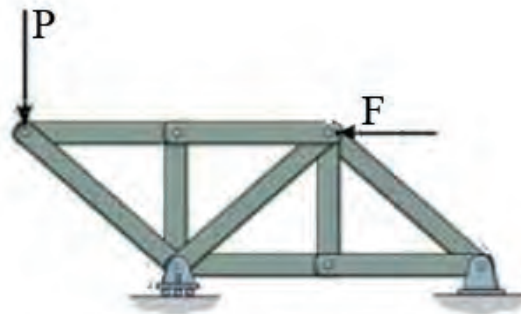
تمرین ۱-۵

در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.



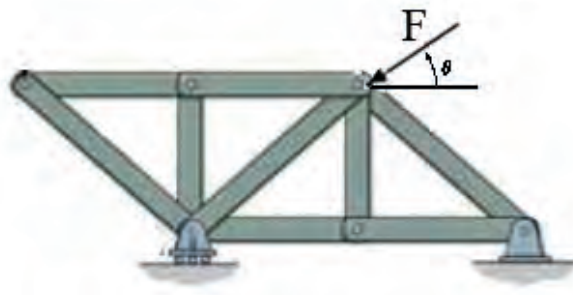


در اکثر مسائل نیروها با قطعات و اجسام زاویه می‌سازند و با توجه به اینکه نیرو به عنوان یک مفهوم برداری در امتداد خط اثر خود تاثیرگذار می‌باشد، برای بررسی اثر یک نیرو در امتداد محوری خاص باید مولفه نیرو را بر روی آن داشته باشیم. به همین منظور در حل مسائلی که نیرو با محورهای عمود بر هم زاویه دارد بهتر است در ابتدای حل مسئله نیرو را به مولفه‌های عمود بر هم آن تجزیه کرد. برای تجزیه یک نیرو از زاویه نیرو با محورها کمک می‌گیرند.



شکل ۱-۴

برای محاسبه عکس‌العمل‌ها نیازی به تجزیه نیروها نیست. زیرا نیروی F با محور X زاویه 0° درجه می‌سازد و نیروی P با محور X زاویه 90° درجه می‌سازد.



شکل ۱-۵

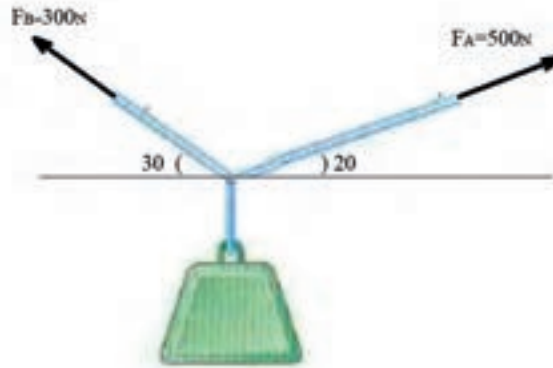
برای محاسبه عکس‌العمل‌ها بهتر است نیروی F را تجزیه کنیم. نیروی F با محور X زاویه θ ساخته است.



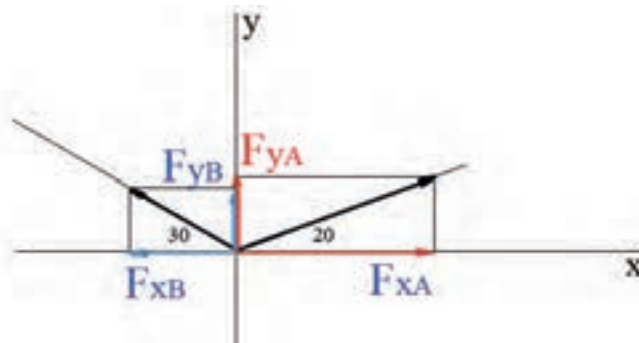


مثال ۱-۶

در شکل زیر مولفه نیروهای F_A و F_B را به روش ترسیم محاسبه کنید.



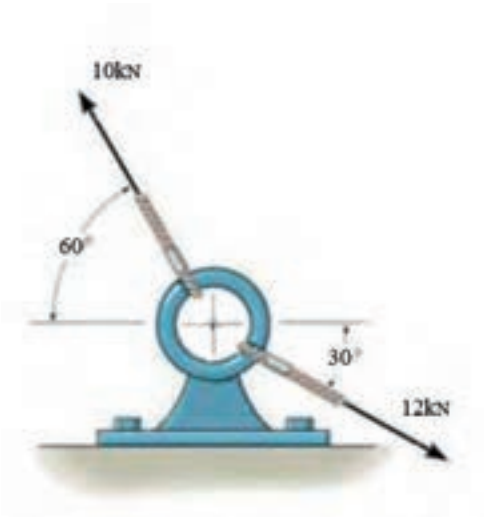
- ۱ - ابتدا با مقیاس مناسب نیروهای F_A و F_B را در زاویه‌های مشخص شده رسم می‌کنیم.
- ۲ - از انتهای بردار F_A و انتهای بردار F_B خطوی موازی محورهای X و Y رسم می‌کنیم.
- ۳ - با توجه به مقیاس، F_{xA} و F_{yA} و همچنین F_{xB} و F_{yB} را بدست می‌آوریم.



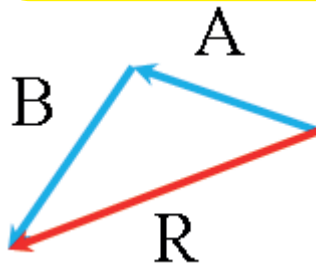


تمرین ۱-۶

مولفه نیروها روی کابل‌های A,B را به روش ترسیم محاسبه کنید.



برآیند نیرو



به جمع برداری دو یا چند نیرو برآیند نیرو گفته می‌شود.

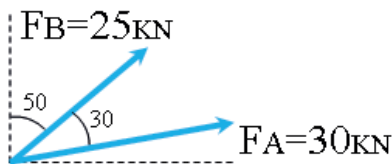
بردار R در شکل مقابل برآیند دو نیرو A و B را نشان می‌دهد و به عبارتی:

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$

روشهای گوناگونی برای محاسبه برآیند دو یا چند نیرو وجود دارد، در تمرین‌های صفحات بعد روش‌های متوازی‌الاضلاع، تجزیه و محاسباتی آمده است.

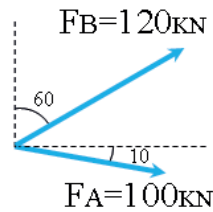
تمرین ۱-۷

برآیند دو نیروی F_A و F_B را به روش محاسباتی بدست آورید.



مثال ۱-۷

برآیند دو نیروی F_A و F_B را به روش محاسباتی بدست آورید.



داده‌ها	خواسته‌ها
$F_A = 100$	$\vec{R} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$
$F_B = 120$ $\theta = 10 + 30$	β زاویه R با F_A
روابط	
$R = \sqrt{F_A^2 + F_B^2 + 2F_A F_B \cos \theta}$	
$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{F_B \sin \theta}{R} \right)$	

$$R = \sqrt{120^2 + 100^2 + 2 \times 120 \times 100 \times \cos 40}$$

$$R = 206 / 84 \text{ kN}$$

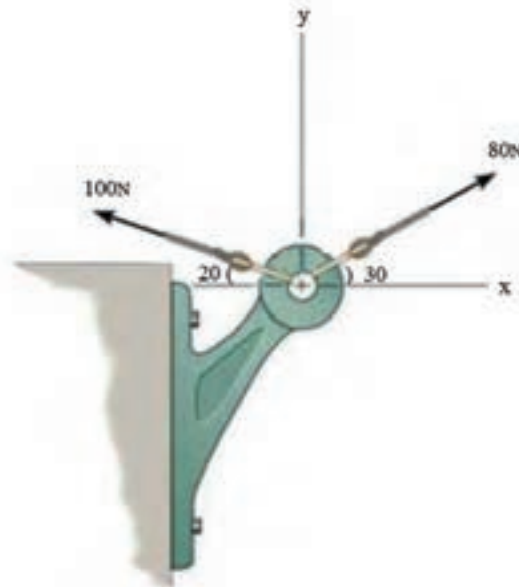
$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{120 \sin 40}{206 / 84} \right) = 21 / 89$$





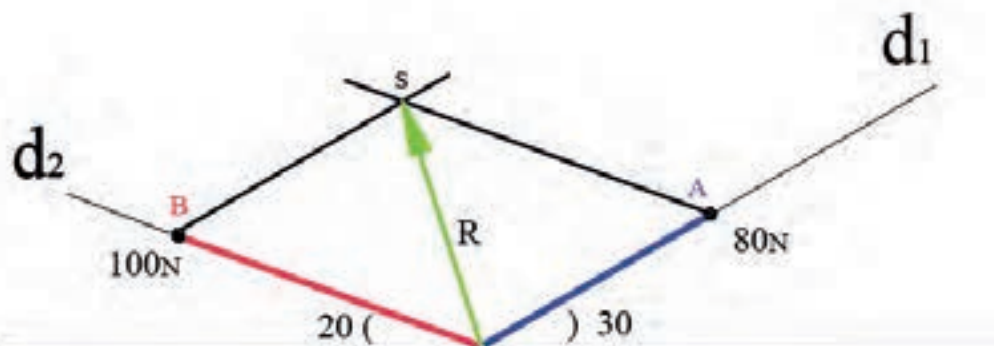
مثال ۸-۱

برآیند دو نیروی وارد بر قلاب شکل زیر را به روش متوازی‌الاضلاع محاسبه کنید.



- ۱- خطوط d_1 و d_2 را مطابق شکل تحت زاویه‌های 20° و 30° درجه رسم می‌کنیم.
 - ۲- پاره‌خطها OA و OB را به ترتیب به اندازه ۸ و ۱۰ سانتیمتر (هر ۱۰ نیوتن را معادل یک سانتی‌متر در نظر گرفته‌ایم) روی d_1 و d_2 مشخص می‌کنیم.
 - ۳- از نقطه A خطی به موازات OB رسم می‌کنیم.
 - ۴- از نقطه B خطی به موازات OA رسم می‌کنیم.
 - ۵- با ترسیم پاره‌خط OS بردار R بدست می‌آید.
- اندازه بردار R را با خط کش بدست آورده و در مقیاس نیرو (۱۰) ضرب می‌کنیم حاصل معادل برآیند دو بردار ۸۰ و ۱۰۰ نیوتنی می‌باشد.

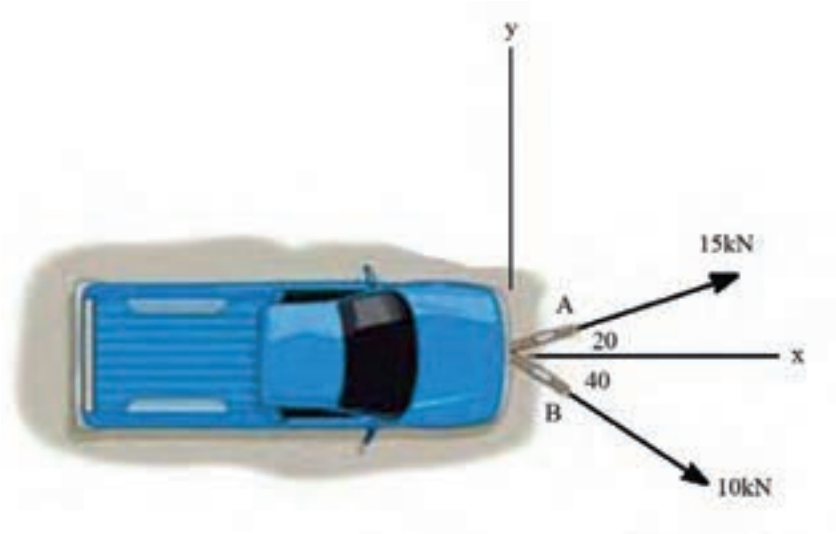
$$R = 78.7 \text{ N}$$





تمرین ۸-۱

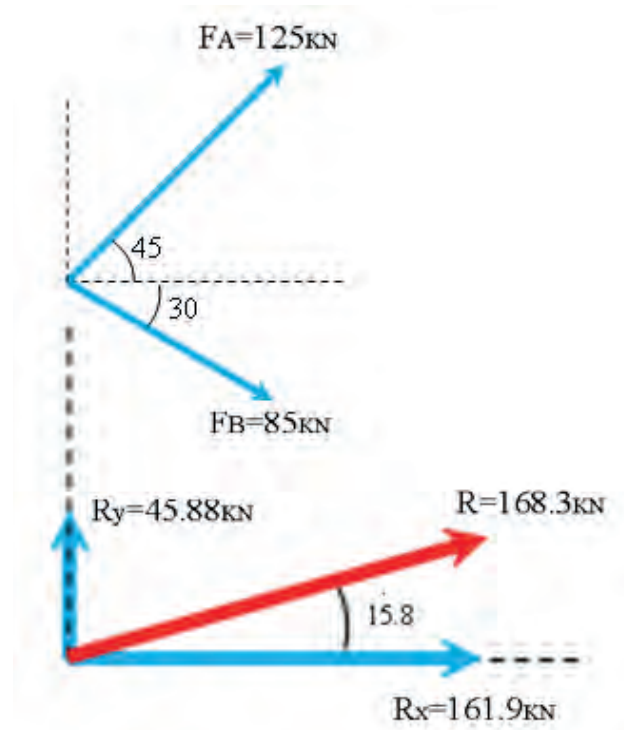
برآیند دو نیروی وارد بر خودروی شکل زیر را به روش متوازی الاضلاع محاسبه کنید.





مثال ۹-۱

برآیند دو نیروی F_A و F_B را در شکل زیر به روش تجزیه بدست آورید.



$$F_{xA} = 125 \times \cos 45 = 88 / 38 \text{ kN}$$

$$F_{yA} = 125 \sin 45 = 88 / 38 \text{ kN}$$

$$F_{xB} = 85 \cos 30 = 73 / 61 \text{ kN}$$

$$F_{yB} = 85 \sin 30 = 42 / 5 \text{ kN}$$

$$R_x = 88 / 38 + 73 / 61 = 161 / 99 \text{ kN}$$

$$R_y = 88 / 38 - 42 / 5 = 45 / 88 \text{ kN}$$

$$R = \sqrt{(161/99)^2 + (45/88)^2} = 168 / 36 \text{ kN}$$

$$\theta_R = \text{Arc tan} \left(\frac{R_y}{R_x} \right)$$

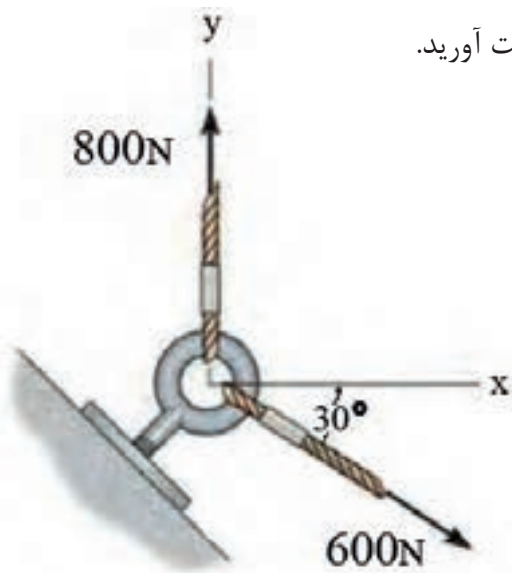
$$\theta_R = \text{Arc tan} \left(\frac{45/88}{161/99} \right) = 15 / 81^\circ$$

داده‌ها	خواسته‌ها
$F_A = 125$ $F_B = 85$ $\theta_A = 45$ $\theta_B = 30$	$\vec{R} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$ θ_R
روابط	
	$F_x = F \cos \theta$ $F_y = F \sin \theta$
	$\vec{R}_x = \vec{F}_{xA} + \vec{F}_{xB}$ $\vec{R}_y = \vec{F}_{yA} + \vec{F}_{yB}$ $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$



تمرین ۹-۱

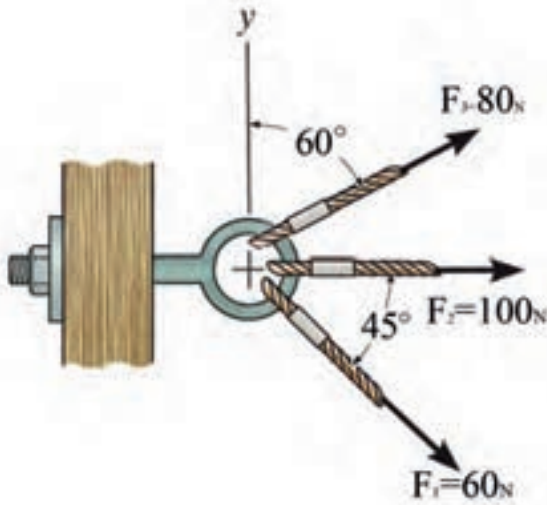
برآیند دو نیرو را در شکل زیر به روش تجزیه بدست آورید.





مثال ۱-۱۰

برآیند سه نیروی شکل زیر را به روش تجزیه محاسبه کنید.



$$F_{1x} = 80 \cos 60 = 40$$

$$F_{1y} = 80 \sin 60 = 69.28$$

$$F_{2x} = 100$$

$$F_{2y} = 0$$

$$F_{3x} = 60 \cos 45 = 42.43$$

$$F_{3y} = 60 \sin 45 = 42.43$$

$$R_x = 40 + 100 + 42.43 = 182.43$$

$$R_y = 69.28 + 42.43 = 111.71$$

$$R = \sqrt{(182.43)^2 + (111.71)^2} = 217.17$$

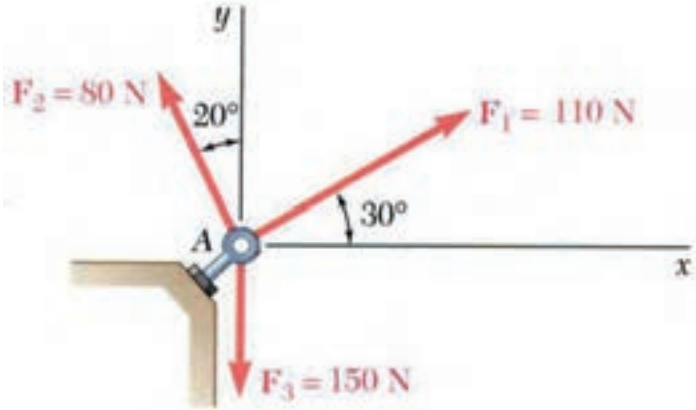
$$\theta_R = \text{Arc tan} \left(\frac{111.71}{182.43} \right) = 31.37^\circ$$

داده‌ها	خواسته‌ها
$F_1 = 80$ $F_2 = 100$ $F_3 = 60$ $\theta_1 = 60$ $\theta_2 = 0$ $\theta_3 = 45$	$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ θ_R
روابط	
$F_x = F \cos \theta$ $F_y = F \sin \theta$ $\vec{R}_x = \vec{F}_{1x} + \vec{F}_{2x} + \vec{F}_{3x}$ $\vec{R}_y = \vec{F}_{1y} + \vec{F}_{2y} + \vec{F}_{3y}$	
$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ $\theta_R = \text{Arc tan} \left(\frac{R_y}{R_x} \right)$	



تمرین ۱-۱۰

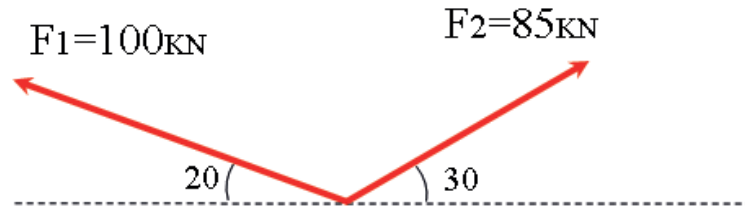
برآیند سه نیروی شکل زیر را به روش تجزیه محاسبه کنید.





مثال ۱-۱۱

برآیند دو نیروی شکل زیر را به روش محاسباتی بدست آورید.



$$R = \sqrt{(100)^2 + (85)^2 + 2 \times 100 \times 85 \times \cos 130^\circ}$$

$$R = 79.35 \text{ kN}$$

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{F_2 \sin \theta}{R} \right)$$

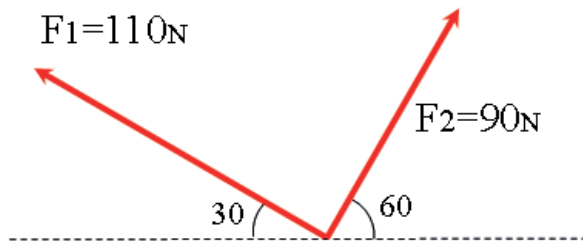
$$F_2 \text{ زاویه } \beta \text{ با } R = \sin^{-1} \left(\frac{85 \sin 30^\circ}{79.35} \right) = 34.88^\circ$$

داده‌ها	خواسته‌ها
$F_1 = 100$	R
$F_2 = 85$	زاویه β
$\theta = 130^\circ$	زاویه F_2 با R
$180 - 20 - 30$	
روابط	
$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$	



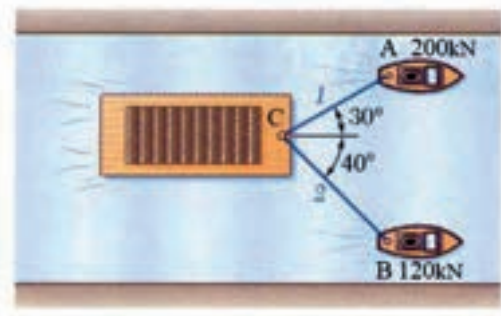
تمرین ۱-۱۱

برآیند دو نیروی شکل زیر را به روش محاسباتی بدست آورید.



مثال ۱-۱۲

برایند نیروهای قایق‌های A, B را به روش محاسباتی بدست آورید.



داده‌ها	خواسته‌ها
$F_A = 200$ $F_B = 120$ $\theta = 70$	$\vec{R} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$ زاویه β با F_A
روابط	
$R = \sqrt{F_A^2 + F_B^2 + 2F_A F_B \cos \theta}$	
$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{F_B \sin \theta}{R} \right)$	

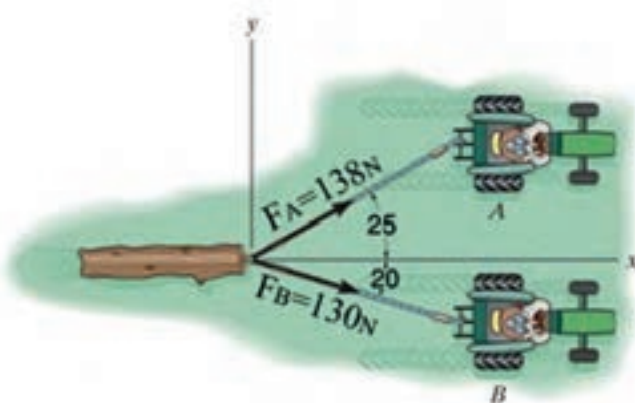
$$R = \sqrt{(120)^2 + (200)^2 + 2 \times 120 \times 200 \times \cos 70}$$

$$R = 266.71$$

$$F_A \text{ با } R \text{ زاویه } \beta = \sin^{-1} \left(\frac{120 \sin 70}{266.71} \right) = 25^\circ$$

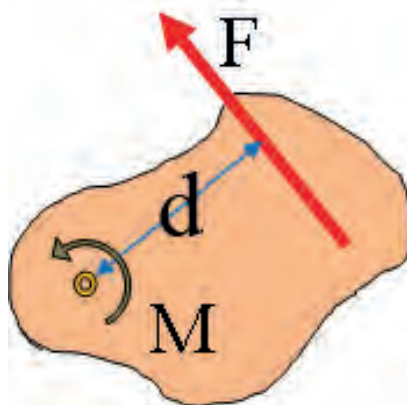
تمرین ۱-۱۲

برایند نیروهای اعمالی از سوی تراکتورها A و B بر روی تنه درخت را به روش محاسباتی بدست آورید.



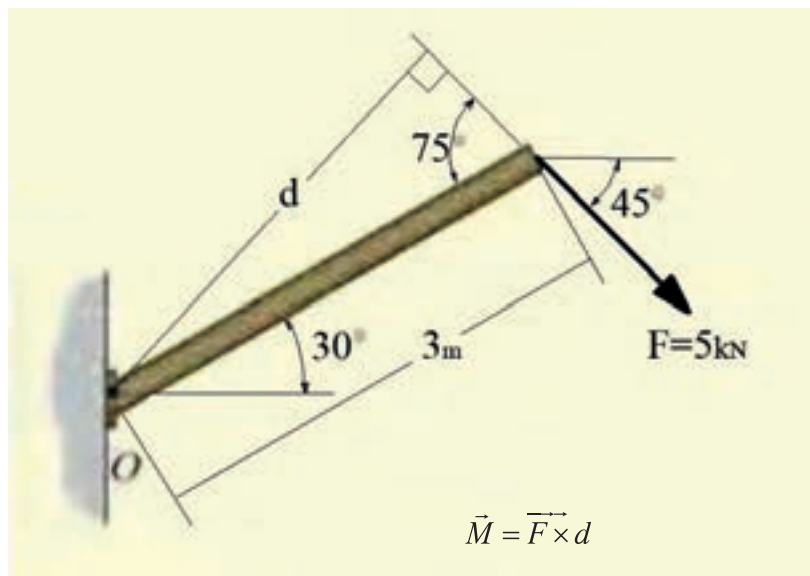


یکی از اثرات نیروی وارد بر اجسام صلب، گشتاور پیچی است. گشتاور را با حرف M نشان می‌دهند. مهم‌ترین واحد گشتاور $N.m$ می‌باشد اما از واحدهای $N.mm$ و $KN.m$ نیز در حل مسائل استفاده می‌گردد. گشتاور از حاصل ضرب نیرو در بازوی عمود بر آن برای هر نقطه از جسم قابل محاسبه می‌باشد و در شکل (۱-۶) میزان گشتاور حول نقطه (O) از رابطه $\vec{M} = \vec{F} \times d$ بدست می‌آید.



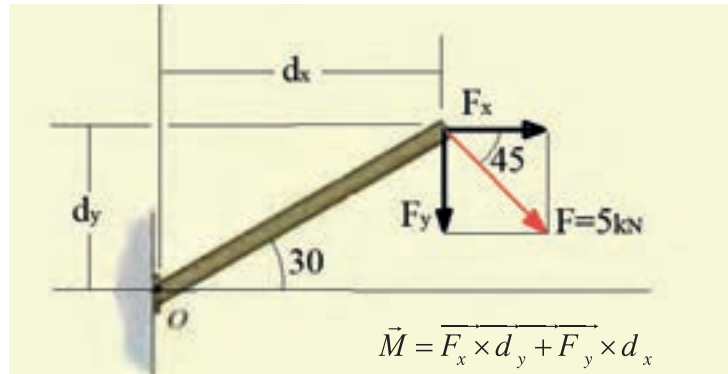
شکل ۱-۶

برای محاسبه گشتاور یک نیرو حول نقطه‌ای خاص می‌توان از دو روش استفاده کرد. در روش اول با استفاده از هندسه و شکل مسئله و روابط ریاضی، d فاصله عمودی بین نیرو و مرکز دوران را محاسبه می‌کنند. شکل (۱-۷) این روش را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۷

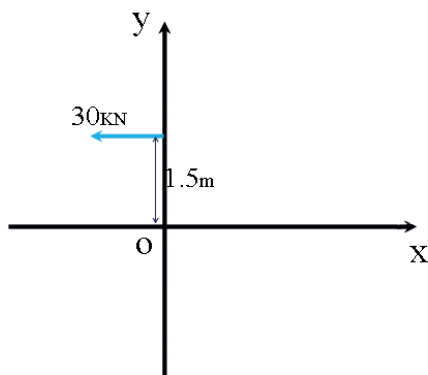
در روش دوم نیرو را به دو مولفه ی عمود بر هم و منطبق با محورهای مسئله تجزیه می کنند و گشتاور هر کدام از مولفه ها را جداگانه محاسبه می کنند و در انتها گشتاورها را به شکل جبری با یکدیگر جمع می کنند. مراحل انجام این روش در شکل (۸-۱) نشان داده شده است.



شکل ۸-۱

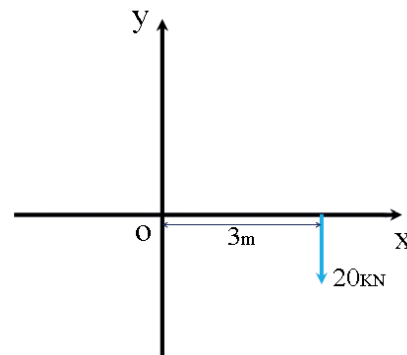
تمرین ۱-۱۳

گشتاور نیرو را حول نقطه O محاسبه کنید.



مثال ۱-۱۳

گشتاور نیرو حول نقطه O محاسبه کنید.



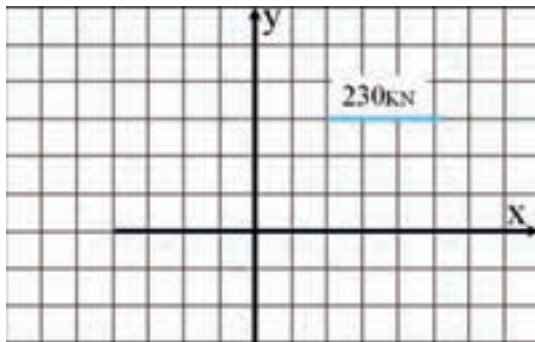
داده‌ها	خواسته‌ها
$d = 3$ $F = 20$	M
روابط	
$M = F \cdot d$	

$$M = 3 \times 20 = 60 \text{ kN.m} \rightarrow$$



مثال ۱-۱۴

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.



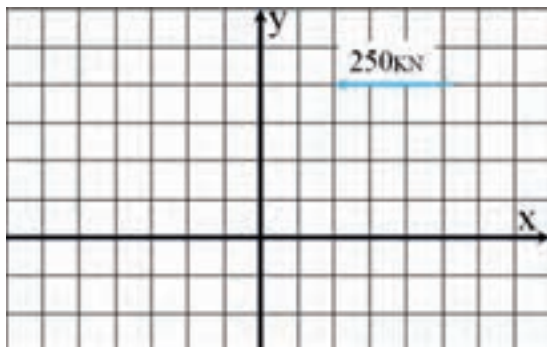
داده‌ها	خواسته‌ها
$d = 3$ $F = 230$	M
روابط	
$M = F \cdot d$	

$$M = 3 \times 230 = 690 \text{ kN.m}$$



تمرین ۱-۱۴

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.





مثال ۱-۱۵

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.

۱ - ابتدا باید نیرو را به مولفه‌های آن تجزیه کنیم

$$F_x = 38 \sin 60 = 32.9$$

$$F_y = 38 \cos 60 = 19$$

۲ - با توجه به نقطه O فاصله نیروهای F_x و F_y را به ترتیب

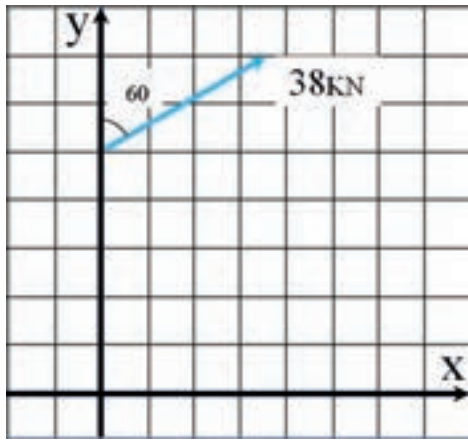
d_x و d_y نامگذاری کرده و از روی شکل مشخص می‌کنیم.

$$d_x = 5$$

نکته: در این مثال مولفه F_y نسبت به نقطه O بازویی ندارد.

$$d_y = 0$$

$$M = 32.9 \times 5 = 164.5 \text{ KN.m}$$

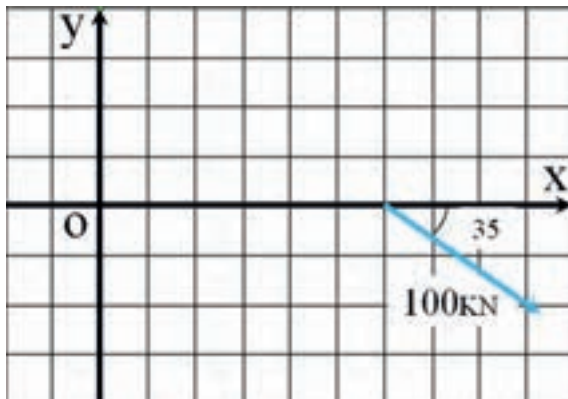


داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 38 \text{ KN}$ $\theta = 30^\circ$ $d = 5$	M
روابط	
$M = F \cdot d$	



تمرین ۱-۱۵

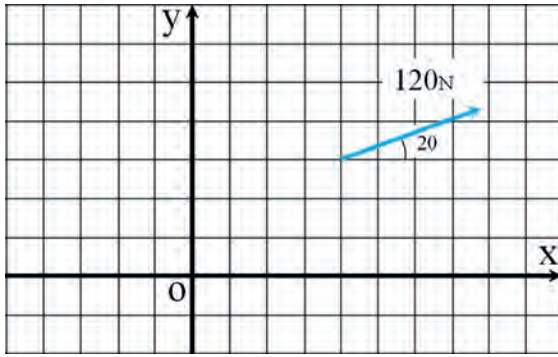
گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.





مثال ۱-۱۶

گشتاور نیرو حول نقطه O محاسبه کنید.



نکته: دو مقدار $\overline{F_x d_x}$ و $\overline{F_y d_y}$ بردار هستند و بر مبنای علامتشان جمع می‌شوند که در این مثال به دلیل اینکه $\overline{F_x d_x}$ ساعت گرد می‌باشد منفی بوده و از مقدار $\overline{F_y d_y}$ کم می‌شود. علامت منفی مقدار \vec{M} بخاطر جهت دوران است که در این مثال، گشتاور نیروی \vec{F} یک گشتاور ساعت گرد است.

داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 120$ $\theta = 20^\circ$	M
روابط	
$M = F \cdot d$ $\vec{M} = \overline{F_x d_x} + \overline{F_y d_y}$	

$$F_x = 120 \cos 20^\circ = 112/76$$

$$F_y = 120 \sin 20^\circ = 41/04$$

$$d_x = 3$$

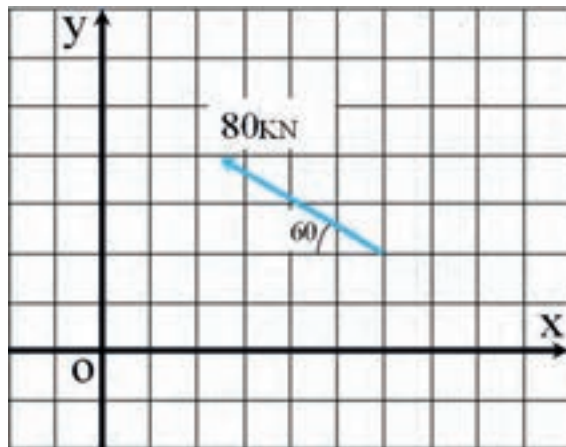
$$d_y = 4$$

$$M = 4 \times 41/04 - 112/76 \times 3 = -174/12 \text{ N}\cdot\text{mm}$$



تمرین ۱-۱۶

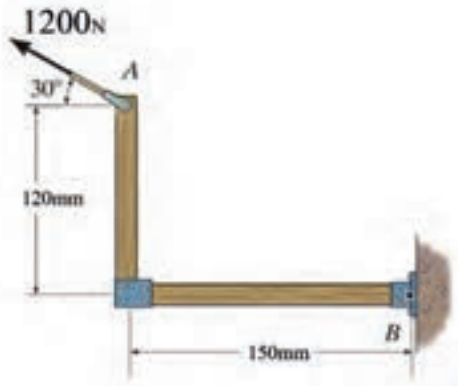
گشتاور نیرو حول نقطه O حساب کنید.





مثال ۱-۱۷

گشتاور نیروی ۱۲۰۰N وارد بر نقطه A را در نقطه B محاسبه کنید.



داده‌ها	خواسته‌ها
$F = 1200$	M_B
$\theta = 30^\circ$	
d_x d_y	
روابط	
$\bar{M}_B = \bar{F} \cdot d = F_x d_x + F_y d_y$	

$$F_x = 1200 \cos 30 = 1039/2$$

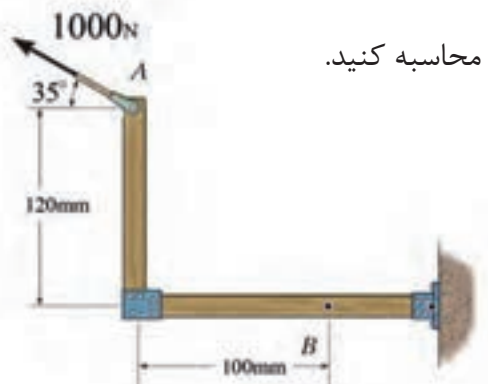
$$F_y = 1200 \sin 30 = 600$$

$$M = 1039/2 \times 120 - 600 \times 150 = 34704 \text{ N}\cdot\text{mm}$$



تمرین ۱-۱۷

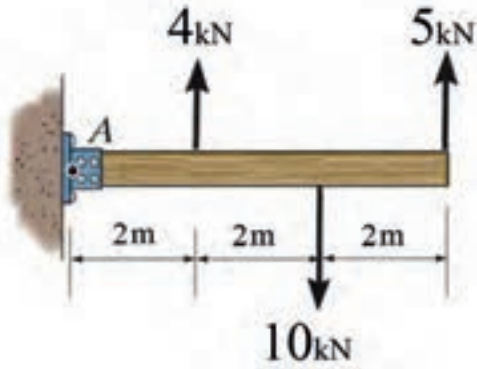
گشتاور نیروی ۱۰۰۰N وارد بر نقطه A را در نقطه B محاسبه کنید.





مثال ۱-۱۸

گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.



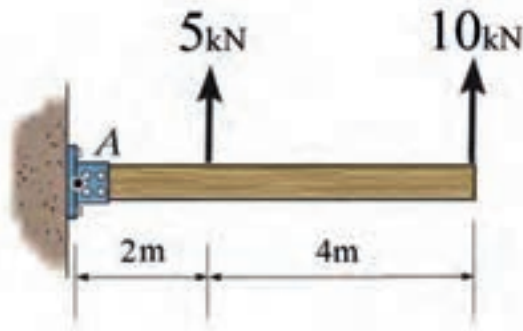
$$M_A = 5 \times 6 - 10 \times 4 + 4 \times 2 = -2 \text{ KN.m}$$

$$M_A = -2 \text{ KN.m}$$



تمرین ۱-۱۸

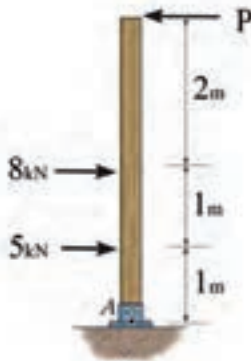
گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.





مثال ۱-۱۹

نیروی P را به شکلی محاسبه کنید که گشتاور وارد بر نقطه A صفر شود.



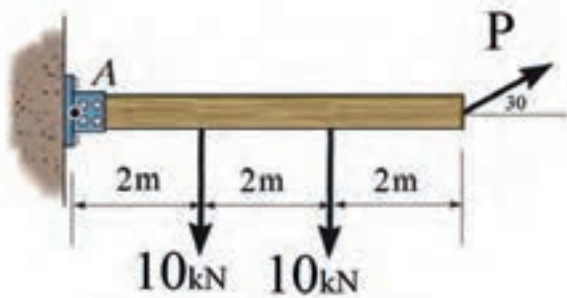
$$M_A = P \times 4 - 8 \times 2 - 5 \times 1 = 0$$

$$P = \frac{8 \times 2 + 5}{4} = 5.25 \text{ kN}$$



تمرین ۱-۱۹

نیروی P چه مقدار باشد تا گشتاور وارد بر نقطه A صفر شود.



تکیه گاه‌ها

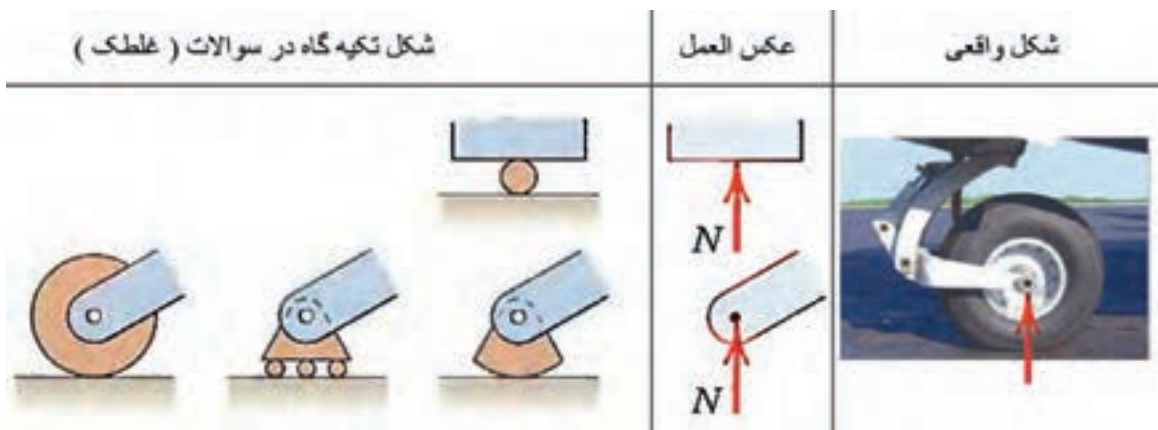


محل اتصال اجسام به یکدیگر و یا با زمین را تکیه گاه می خوانند. بسته به فرم و شکل اتصال، تکیه گاه‌ها به انواع گوناگونی تقسیم بندی می شوند اما در این کتاب فقط تکیه گاه های که در فضای دو بعدی عمل می کنند کار شده است.

تکیه گاه‌ها به واسطه تحمل نیروهایی که از اجسام به آن‌ها منتقل می گردد اجسام را در حالت تعادل نگاه می دارند. محاسبه مقدار نیرو و گشتاوری که به یک تکیه گاه وارد می شود در طراحی و ساخت صحیح آن تکیه گاه بسیار حائز اهمیت می باشد.


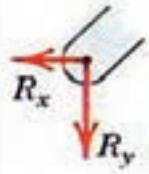

تکیه گاه‌های دوبعدی با توجه به درجه آزادی حرکت خود به سه گروه تقسیم بندی می شوند:

۱ - تکیه گاه‌هایی که فقط یک حرکت انتقالی در صفحه را محدود می کنند (مانند چرخ خودرو، غلطک‌ها). در شکل (۹-۱) مشخصات و جزئیات بیشتری از این گروه تکیه گاه‌ها آورده شده است.




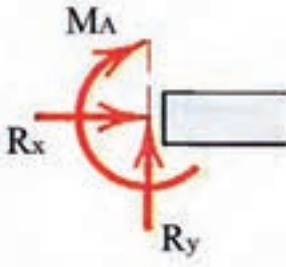

شکل (۹-۱)

۲ - تکیه گاه‌هایی که هر دو حرکت انتقالی جسم در صفحه را محدود می کنند (مانند مفصلها، لولاها، ...). در شکل (۱۰-۱) مشخصات و جزئیات بیشتری از این گروه از تکیه گاه‌ها آورده شده است.

شکل واقعی	عکس العمل	شکل تکیه گاه در سوالات (مفصل)
		

شکل ۱۰-۱

۳ - تکیه‌گاه‌های که نه تنها هر دو حرکت انتقالی در صفحه را محدود می‌کنند بلکه از دوران جسم نیز جلوگیری می‌کنند و اجازه‌ی هیچگونه حرکت و یا دورانی را به جسم نمی‌دهند (پای ستونهای جوشکاری شده- اتصال تیر به ستون که کاملاً جوشکاری شده باشد...). در شکل (۱۱-۱) مشخصات و جزئیات بیشتری از این گروه تکیه‌گاه‌ها آورده شده است.

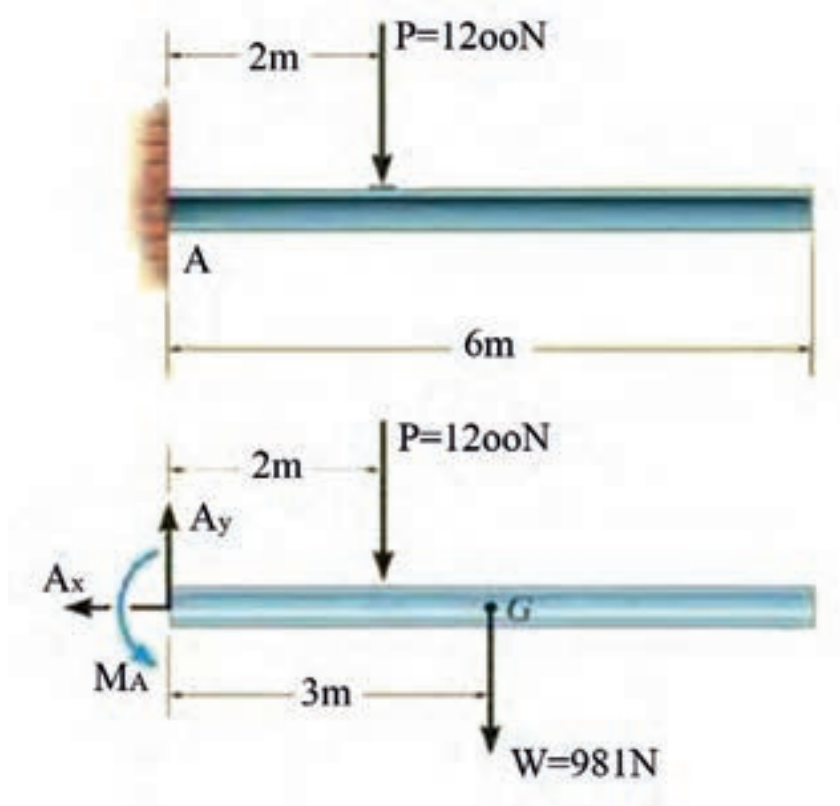
شکل واقعی	عکس العمل	شکل تکیه گاه در سوالات (ثابت)
		

شکل ۱۱-۱

دیاگرام آزاد اجسام



برای محاسبه و تعیین مقدار نیروهای وارد بر تکیه‌گاه‌ها مدل ساده شده‌ای از شکل مسئله را رسم می‌کند و جسم را از دیگر اجسام و زمین جدا می‌کنند و در محل جدایش با در نظر گرفتن نوع تکیه‌گاه، عکس العمل‌های مناسب را انتخاب کرده و قرار می‌دهند. در دیاگرام آزاد اجسام با توجه به مسئله ممکن است از وزن قطعات صرف‌نظر گردد و یا وزن را در مرکز جرم قطعات به عنوان یک نیرو اعمال کنند. شکل (۱-۱۲) یک نمونه از رسم دیاگرام آزاد می‌باشد.



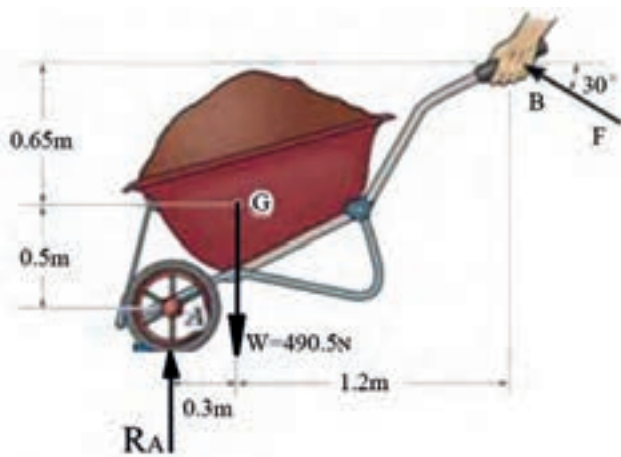
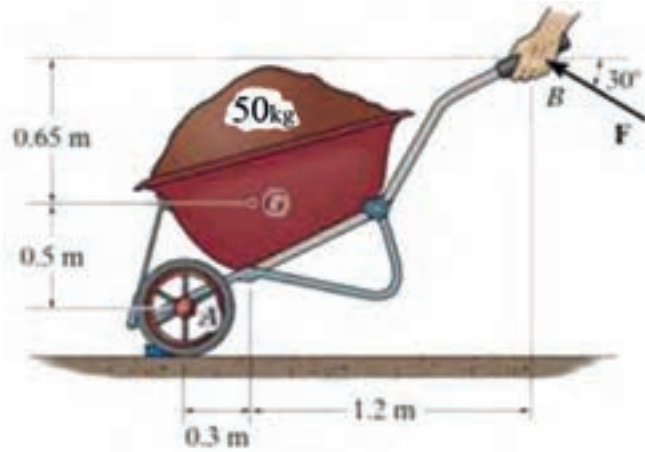
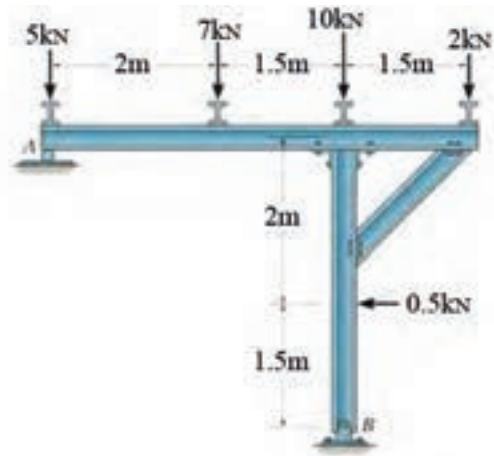
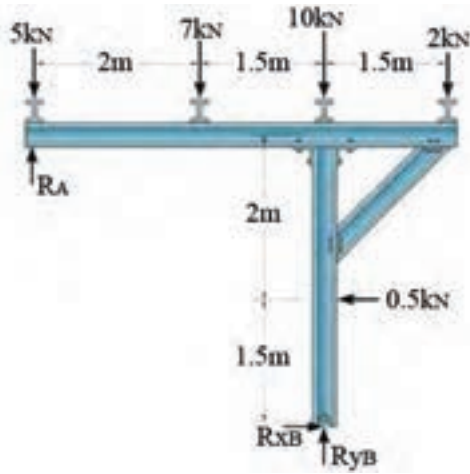
شکل ۱-۱۲

نکته

انتخاب جهت نیروها و گشتاورها در تکیه‌گاه‌ها کاملاً اختیاری می‌باشد و بعد از حل مسئله علامت نیرو و یا گشتاور نشان دهنده جهت درست نیرو و یا گشتاور می‌باشد (علامت + به معنی درست بودن جهت انتخابی و علامت - به معنی اشتباه بودن جهت پیشنهادی می‌باشد)

مثال ۲۰-۱

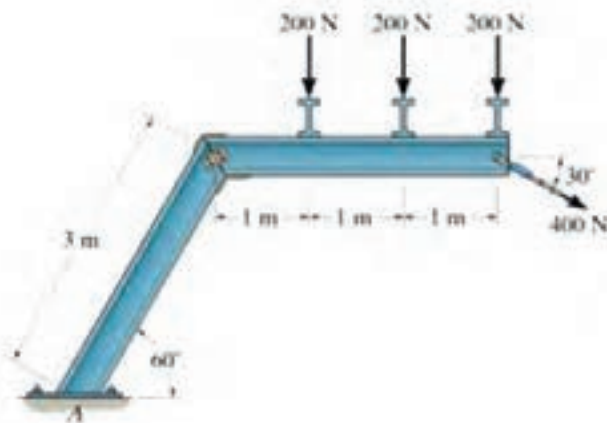
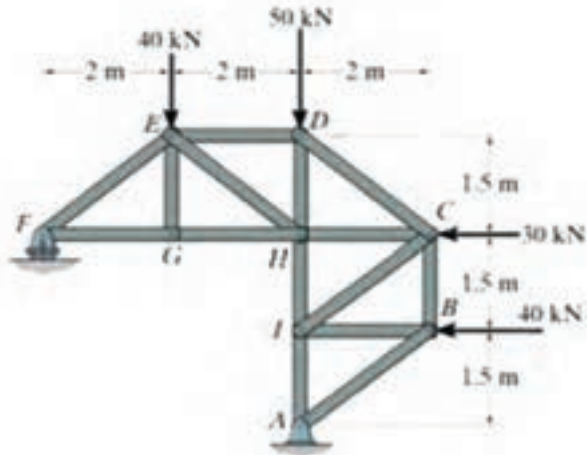
دیگرام آزاد مسائل زیر را رسم کنید.





تمرین ۱-۲۰

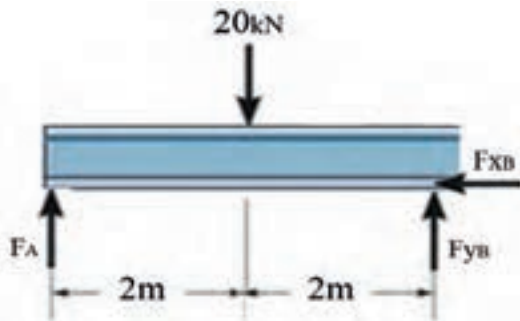
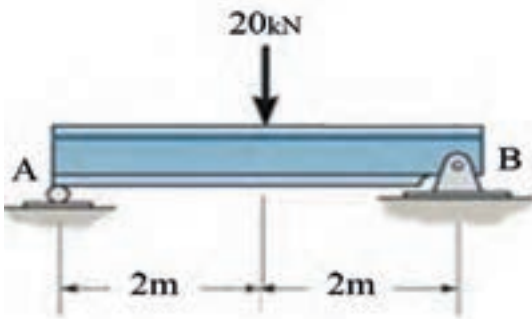
دیگرام آزاد شکل زیر را رسم کنید.





مثال ۱-۲۱

عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.



$$\sum M_B = 0 \Rightarrow -4F_A + 20 \times 2 = 0 \Rightarrow F_A = 10 \text{ kN}$$

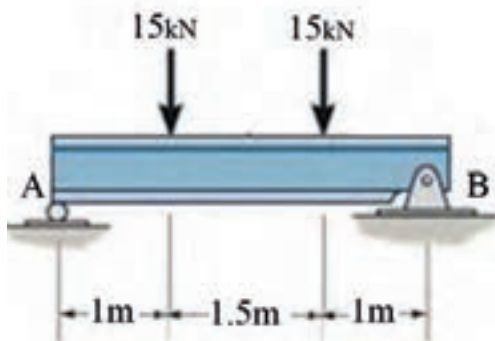
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow 10 + F_{yB} - 20 = 0 \Rightarrow F_{yB} = 10 \text{ kN}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{xB} = 0$$



تمرین ۱-۲۱

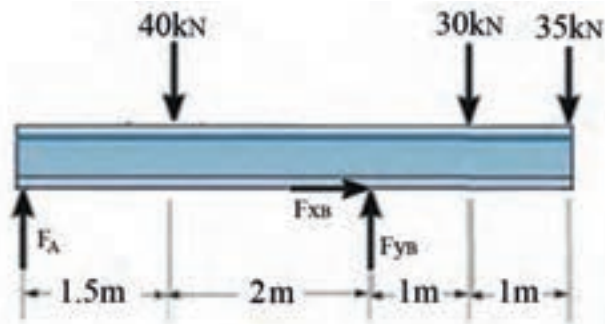
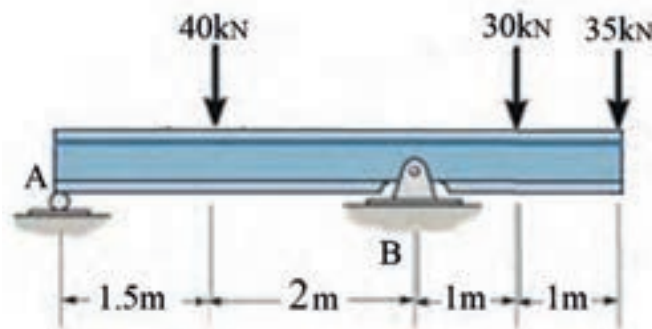
عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.





مثال ۲۱-۱

عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.



$$\sum M_A = 0$$

$$3/5 F_{yB} - 40 \times 1/5 - 30 \times 4/5 - 35 \times 5/5 = 0$$

$$F_{yB} = \frac{40 \times 1/5 + 30 \times 4/5 + 35 \times 5/5}{3/5} = 110/71 \text{ KN}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$110/71 + F_A - 40 - 30 - 35 = 0$$

$$F_A = 40 + 30 + 35 - 110/71 = -5/71 \text{ KN}$$

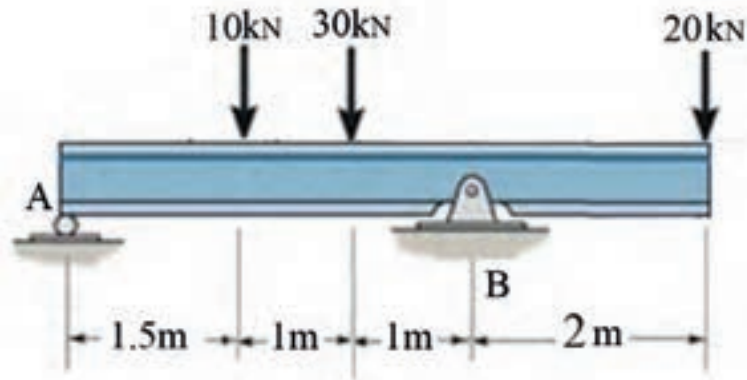
نکته: مقدار نیروی F_A عدد $-5/71$ بدست آمده است که منفی بودن آن نشان می دهد که جهت پیشنهادی نیروی F_A در دیاگرام آزاد جسم اشتباه بوده است.

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{xB} = 0$$



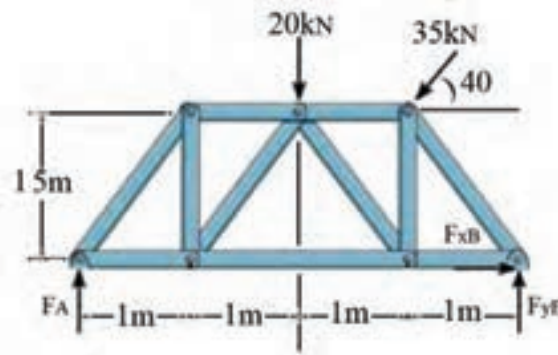
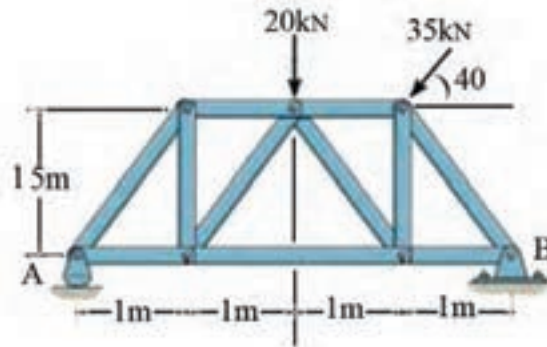
تمرین ۱-۲۲

عکس العمل تکیه گاهی A و E را محاسبه کنید.



مثال ۱-۲۳

عکس العمل تکیه‌گاه‌های A و B را محاسبه کنید.



۱ - نیروی ۳۵kN را باید با توجه به زاویه 40° به مولفه‌های عمود بر هم تجزیه کرد.

$$\sum M_B = 0$$

$$-4F_A + 20 \times 2 + 1 \times 35 \sin 40^\circ + 1/5 \times 35 \cos 40^\circ = 0$$

$$F_A = \frac{40 + 1 \times 35 \sin 40^\circ + 1/5 \times 35 \cos 40^\circ}{4} = 25/67 \text{ KN}$$

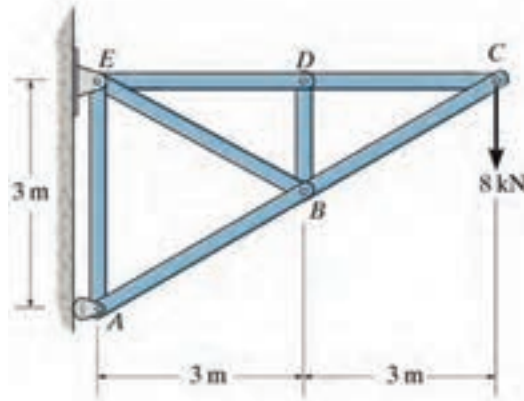
$$\sum F_y = 0 \quad F_{yB} + 25/67 - 20 - 35 \sin 40^\circ = 0 \Rightarrow F_{yB} = 16/82 \text{ KN}$$

$$\sum F_x = 0 \quad F_{xB} - 35 \cos 40^\circ = 0 \Rightarrow F_{xB} = 26/81 \text{ KN}$$



تمرین ۱-۲۳

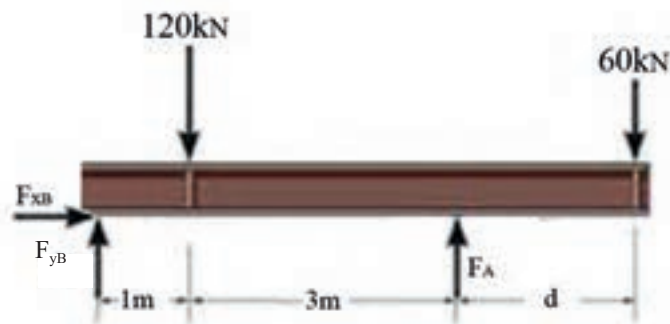
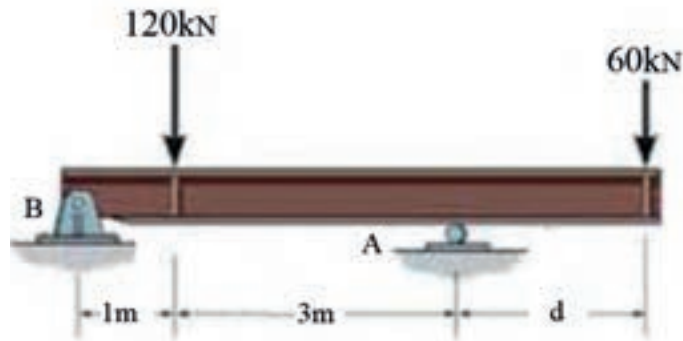
عکس العمل‌های تکیه‌گاه‌های A و B را محاسبه کنید.





مثال ۱-۲۴

فاصله d را به شکلی تعیین کنید که نیروی وارد بر تکیه‌گاه A از 120kN بیشتر نشود.



$$\sum M_B = 0 \Rightarrow 120 \times 4 - 120 \times 1 - 60 \times (4 + d) = 0$$

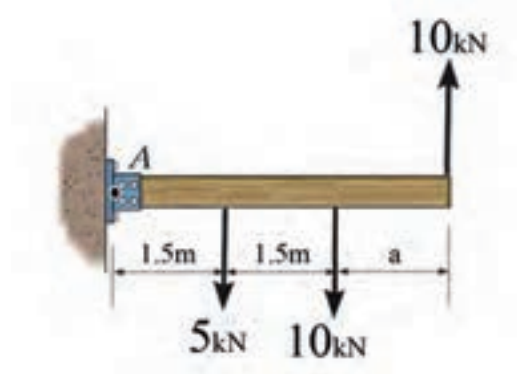
$$480 - 120 - 240 - 60d = 0$$

$$d = \frac{120}{60} = 2\text{m}$$



تمرین ۱-۲۴

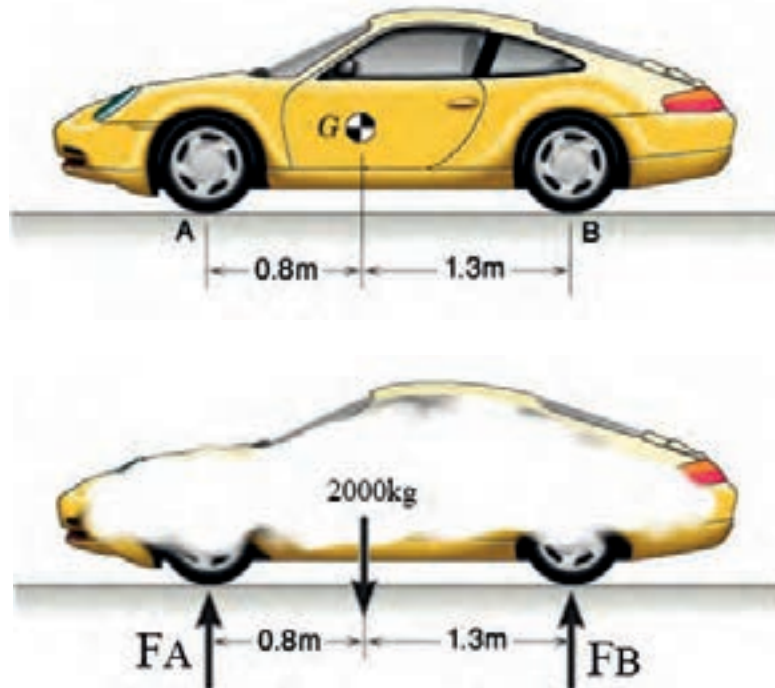
فاصله a را به شکلی تعیین کنید که گشتاور وارد بر نقطه A صفر باشد.





مثال ۱-۲۵

اگر جرم خودرو شکل زیر 2000kg باشد، نیروی وارد بر هر یک از چرخ‌های خودرو را محاسبه کنید.



$$\sum M_B = 0$$

$$2/1 \times F_A - 2000 \times 9/81 \times 1/3 = 0$$

$$F_A = \frac{2000 \times 9/81 \times 1/3}{2/1} = 12145/7 \text{ N}$$

نیروی روی هر کدام از چرخ‌های جلو خودرو

$$\frac{F_A}{2} = \frac{12145/7}{2} = 6072/8 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_B + 12145/9 - 2000 \times 9/81 = 0$$

$$F_B = 7474/1 \text{ N}$$

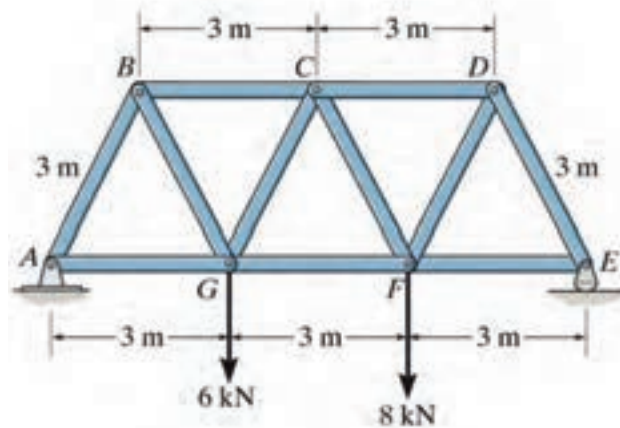
نیروی روی هر کدام از چرخ‌های عقب خودرو

$$\frac{F_B}{2} = \frac{7474/1}{2} = 3737 \text{ N}$$



تمرین ۲۵-۱

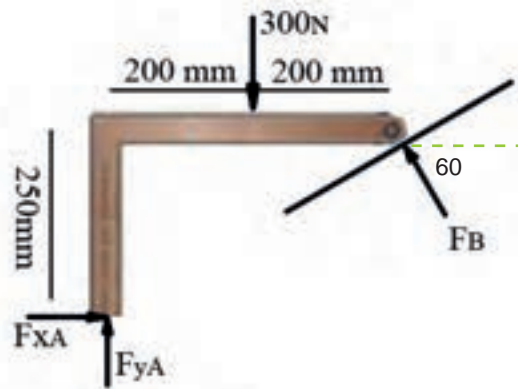
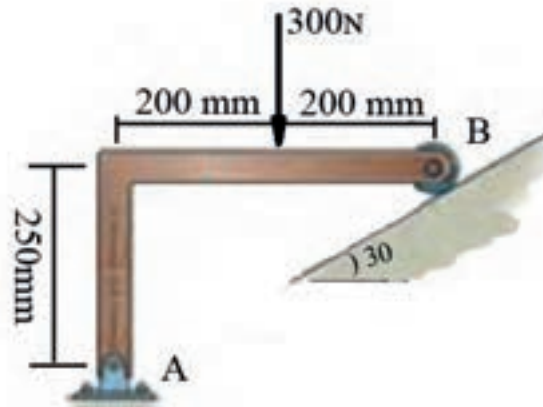
عکس‌العمل‌های تکیه‌گاه‌های A و E را محاسبه کنید.





مثال ۱-۲۶

عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.



نکته: نیروی F_B را به مولفه‌های عمود بر هم آن تجزیه می‌کنیم.

$$\sum M_A = 0$$

$$F_B \sin 60^\circ \times 400 + 250 F_B \cos 60^\circ - 300 \times 200 = 0$$

$$F_B (400 \sin 60^\circ + 250 \cos 60^\circ) - 60000 = 0$$

$$F_B = \frac{60000}{400 \sin 60^\circ + 250 \cos 60^\circ} = 127/2 \text{ N}$$

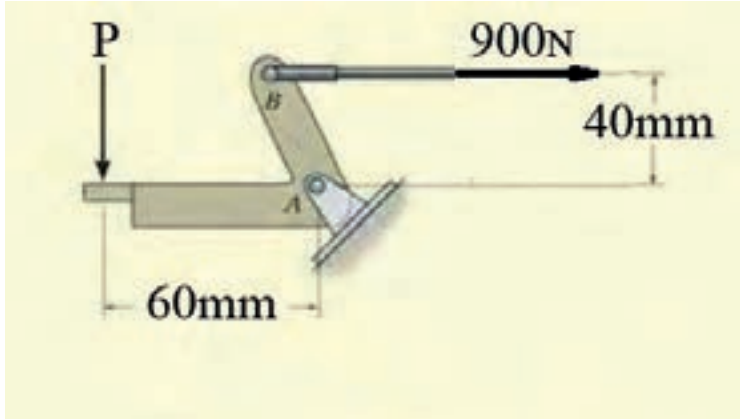
$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{yA} + 127/2 \sin 60^\circ - 300 = 0 \Rightarrow F_{yA} = 189/8 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{xA} - F_B \cos 60^\circ = 0 \Rightarrow F_{xA} = 127/2 \cos 60^\circ = 63/6 \text{ N}$$



تمرین ۱-۲۶

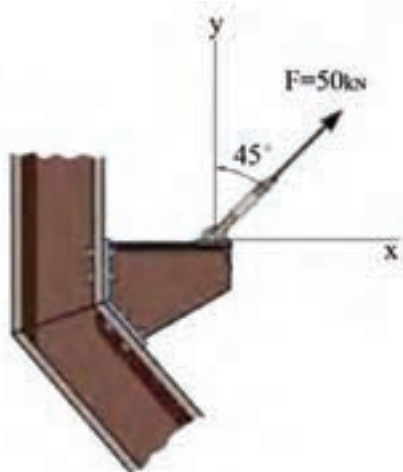
نیروی کشش کابل B معادل 900 N است، نیروی P که بر پدال وارد می شود را محاسبه کنید.



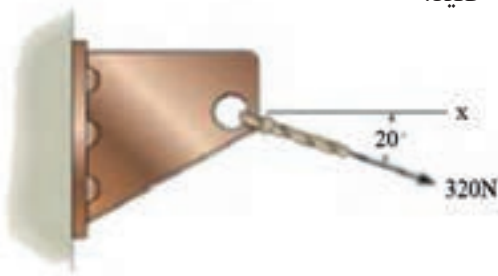


تمرین های دوره ای فصل اول

۱ - نیروی کشش کابل در شکل زیر را به مولفه های آن تجزیه کنید.



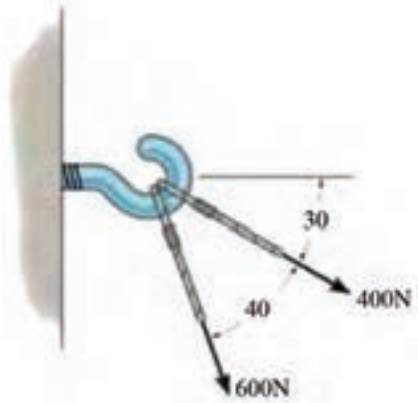
۲ - نیروی ۳۲۰N کابل را به مولفه های آن تجزیه کنید.



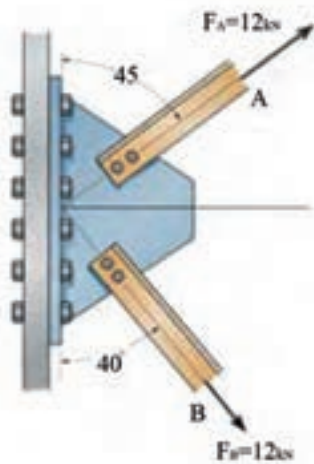


تمرین های دوره ای فصل اول

۳ - برآیند نیروهای وارد بر پیچ را با روش های ترسیمی ، محاسباتی و تجزیه بدست آورید.



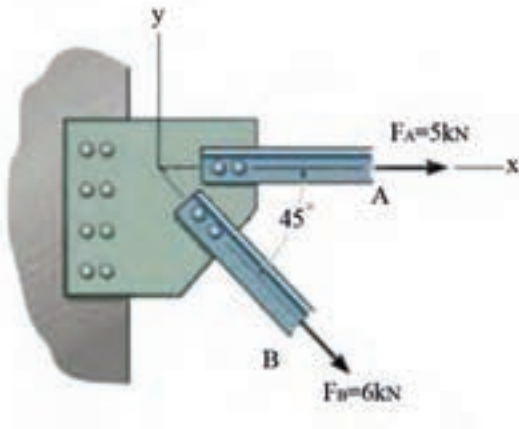
۴ - برآیند نیروهای وارد بر بادبند اتصال شکل زیر را محاسبه کنید.



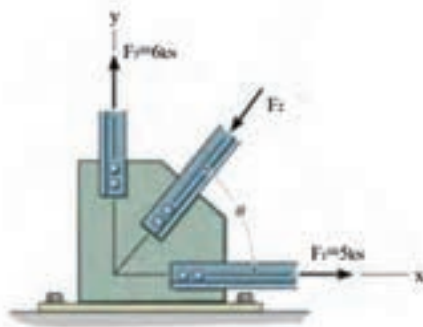


تمرین های دوره ای فصل اول

۵ - برآیند نیروها را در اتصال زیر محاسبه کنید.



۶ - نیروی F_2 و زاویه θ را در اتصال بابدندی پای ستون چنان محاسبه کنید که برآیند نیروها در اتصال صفر گردد.



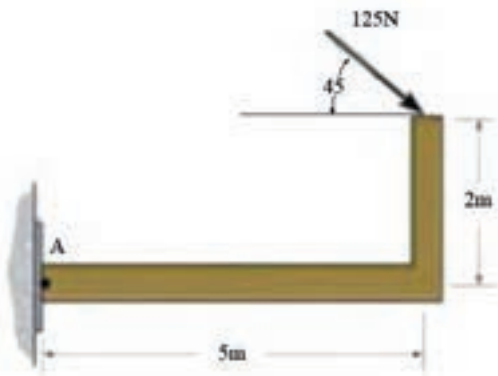


تمرین های دوره ای فصل اول

۷ - برآیند نیروهای وارد بر قلاب را از روش تجزیه محاسبه کنید.



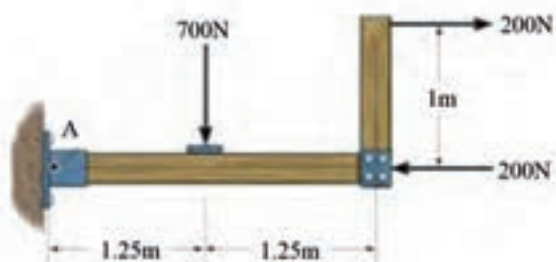
۸ - در شکل زیر گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.





تمرین های دوره ای فصل اول

۹ - در شکل زیر گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.

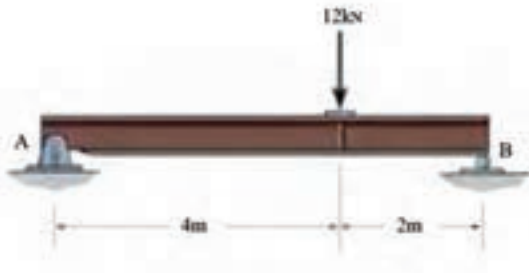


۱۰ - گشتاور نیروی ۵۰ N را حول نقاط A و B محاسبه کنید.

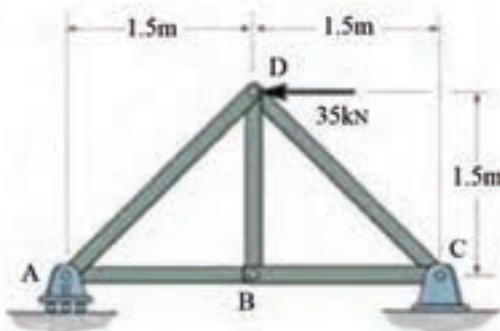




۱۱ - عکس العمل تکیه گاه های A ، B را تعیین کنید.



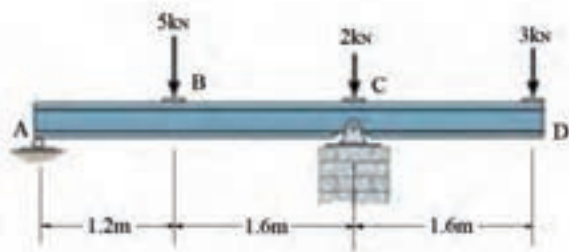
۱۲ - عکس العمل تکیه گاه های A ، C را تعیین کنید.



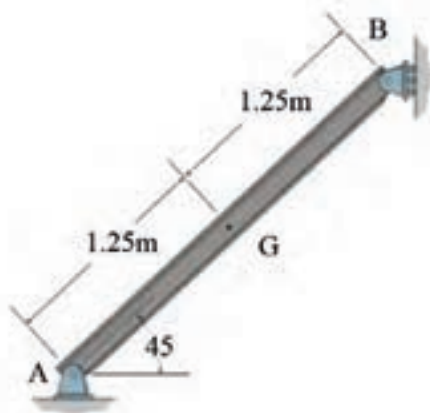


تمرین های دوره ای فصل اول

۱۳ - عکس العمل تکیه گاه های A ، C را تعیین کنید.

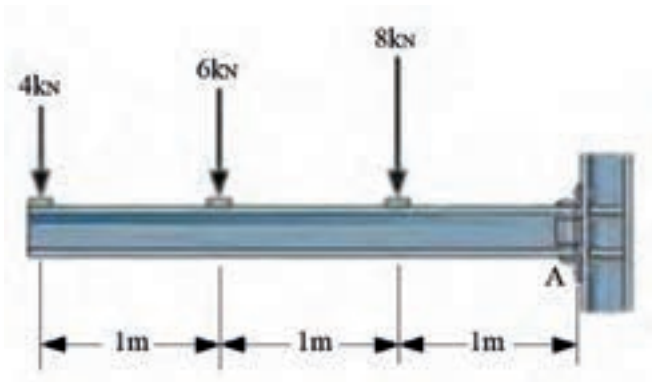


۱۴ - اگر جرم هر متر از تیر آهن استفاده شده در شکل زیر ۲۶ کیلوگرم باشد عکس العمل تکیه گاه های A و B را محاسبه کنید.



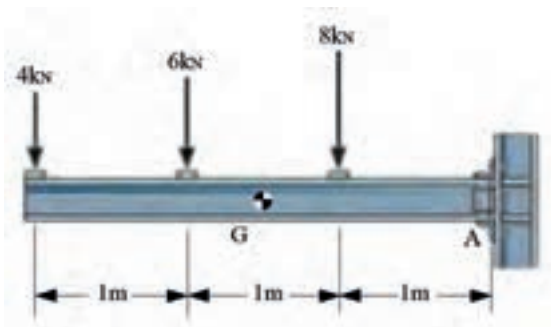


۱۵ - عکس العمل در تکیه گاه ثابت A را محاسبه کنید.



۱۶ - اگر جرم واحد طول تیر آهن شکل زیر 36 kg/m باشد عکس العمل تکیه گاه گیردار A را

بدست آورید.





مکانیک مواد

انواع تنش 

تنش و کرنش و ضریب کشسانی 

قانون هوک 

تنش‌های مجاز 

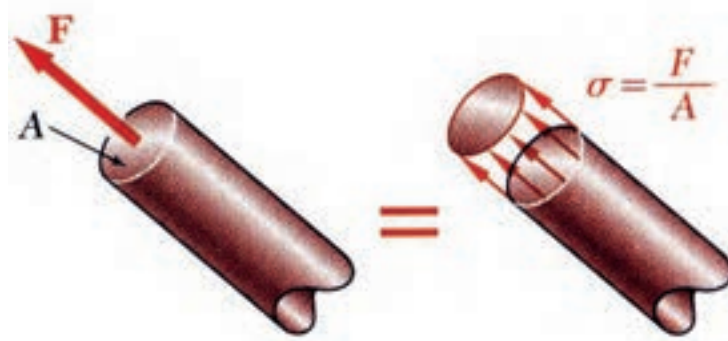
ضریب اطمینان 

انواع تنش



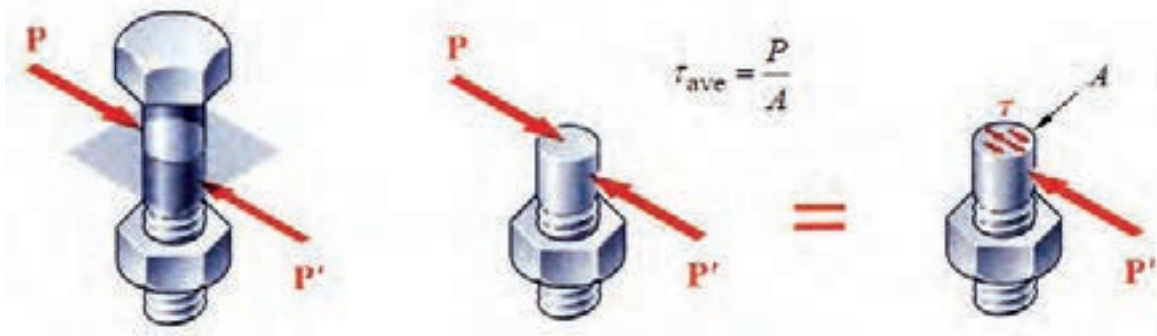
نسبت نیرو بر سطح مقطع را تنش می‌گویند. با افزایش نیرو میزان تنش در یک سطح نیز افزایش می‌یابد با توجه به تعریف تنش و یکاهای نیرو و سطح مقطع یکای تنش، $\frac{N}{m^2}$ بدست می‌آید که پاسکال نامیده می‌شود. از دیگر واحدهای مهم تنش MPa و GPa می‌باشد.

در صورتی که نیرو بر سطح مقطع عمود باشد تنش ایجاد شده را تنش عمودی یا قائم می‌خوانند و با حرف σ (زیگما) نشان می‌دهند. شکل (۲-۱) تنش عمودی کششی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱

در صورتی که نیرو بر سطح مقطع موازی باشد تنش ایجاد شده را تنش برشی می‌خوانند و با حرف τ (تاو) بیان می‌کنند. شکل (۲-۲) تنش برشی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲



مثال ۲-۱

به میله‌ای به قطر 20 mm نیروی فشاری معادل 200 kN اعمال گشته است و مقدار تنش در میله را بررسی کنید.

200kN



200kN

خواسته‌ها	داده‌ها
نوع و مقدار تنش	$d = 20\text{ mm}$ $F = 200\text{ kN}$
روابط	
$\sigma = \frac{F}{A}$	

$$\sigma = \frac{200000}{\pi 10^2} = 6369\text{ MPa}$$

تنش از نوع فشاری



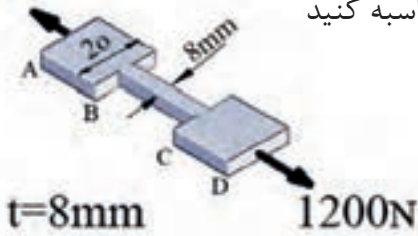
تمرین ۲-۱

میله‌ای به قطر 25 mm تحت نیروی کششی معادل 150 kN قرار دارد، میزان و نوع تنش اعمالی بر میله را معین کنید.



مثال ۲-۲

1200N



مقدار تنش کششی در سه قسمت AB، BC و CD محاسبه کنید

۱ - ابتدا باید مقدار نیرو را در هر مقطع بررسی کنیم.

در این مسئله نیرو در تمام مقاطع یکسان است و مقدار آن همان 1200 KN است اما مساحت مقاطع

با یکدیگر فرق می کند.

$$\sigma_{AB} = \frac{F_{AB}}{A_{AB}} = \frac{1200}{20 \times 8} = 7.5 \text{ MPa}$$

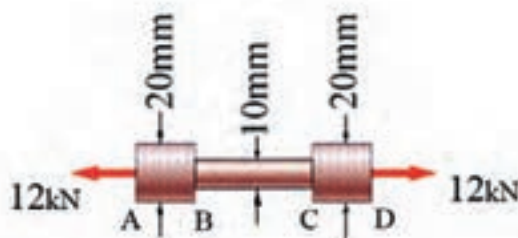
$$\sigma_{CD} = \frac{F_{CD}}{A_{CD}} = \frac{1200}{20 \times 8} = 7.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{F_{BC}}{A_{BC}} = \frac{1200}{8 \times 8} = 18.75 \text{ MPa}$$



تمرین ۲-۲

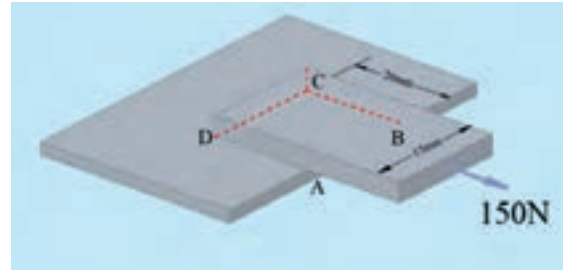
مقدار تنش کششی را در سه قسمت AB، BC و CD محاسبه کنید.





مثال ۲-۳

مقدار تنش برشی را در سطح چسب کاری شده ABCD معین کنید.



$$F = 150 \text{ N}$$

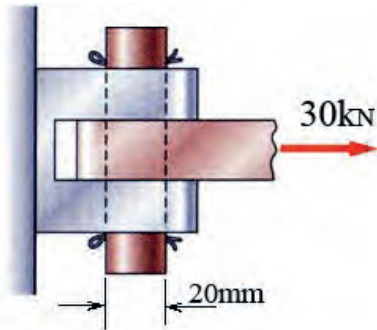
$$A = 15 \times 20 = 300 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{150}{300} = 0.5 \text{ MPa}$$



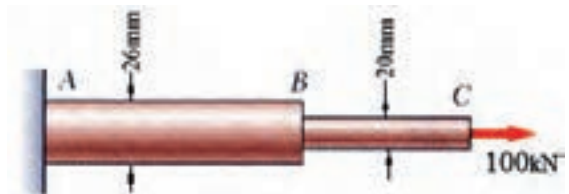
تمرین ۲-۳

مقدار تنش برشی وارد بر پین را محاسبه کنید.



مثال ۲-۴

میزان تنش را در قسمت‌های AB و BC میله‌ی شکل زیر محاسبه کنید.



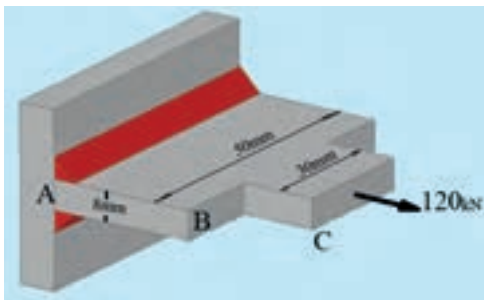
$$\sigma_{AB} = \frac{F_{AB}}{A_{AB}} = \frac{100000}{\pi 13^2} = 188 / 4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{F_{BC}}{A_{BC}} = \frac{100000}{\pi 10^2} = 318 / 4 \text{ MPa}$$



تمرین ۲-۴

میزان تنش را در قسمت‌های AB و BC محاسبه کنید.

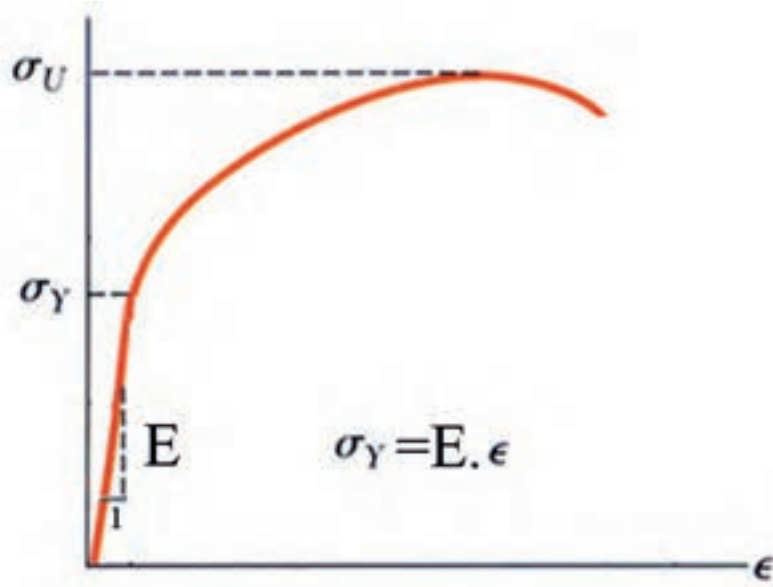




برای تعیین خواص و خصوصیات مواد در آزمایشگاه‌های مقاومت مصالح بر روی مواد آزمایش‌های گوناگونی از قبیل کشش، خمش، برش، پیچش، ضربه و ... انجام می‌گردد که با توجه به هر کدام از این آزمایش‌ها قسمتی از خصوصیات مهندسی مواد معین می‌گردد.

از مهم‌ترین مشخصات یک ماده مدول یانگ می‌باشد که در آزمایش کشش و با استفاده از منحنی تنش- کرنش تعیین می‌گردد. ضریب کشسانی از تقسیم تنش بر کرنش بدست می‌آید. به بیان دیگر شیب قسمت خطی منحنی تنش-کرنش را ضریب کشسانی می‌خوانند.

واحد مدول یانگ Pa است که برای فولاد مقدار آن 200 GPa می‌باشد. شکل (۲-۳) منحنی تنش کرنش را نشان می‌دهد. نسبت جابجایی به طول اولیه نمونه‌ی آزمایشی، را کرنش می‌گویند.



شکل ۲-۳

قانون هوک

رابطه بین تنش و کرنش را در محدوده الاستیک قانون هوک می‌نامند و از رابطه $\sigma = E\varepsilon$ محاسبه می‌گردد. با استفاده از قانون هوک و رابطه تنش می‌توان میزان جابجایی را در یک قطعه محاسبه کرد میزان جابجایی در اجسام را از رابطه $\Delta L = \frac{FL}{AE}$ محاسبه می‌کنند.



مثال ۲-۵

یک میله فولادی به قطر ۳۰ میلی متر تحت نیروی کششی ۱۵۰ KN قرار گرفته است. میزان کرنش در میله را محاسبه کنید. مدول یانگ برای فولاد ۲۰۰ Gpa فرض می شود.

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 30^2}{4} = 706.85 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{150000}{706.85} = 212.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma = E \times \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{212.2}{200000} = 1.06 \times 10^{-3}$$

نکته: مدول یانگ که معادل ۲۰۰ Gpa می باشد در معادله باید به شکل ۲۰۰۰۰۰ Mpa قرار گیرد.



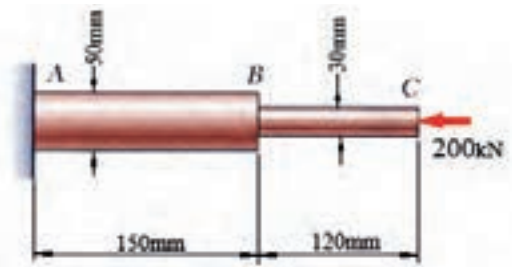
تمرین ۲-۵

یک میله فولادی به قطر ۱۵ میلی متر تحت نیروی کششی ۱۲۰ KN قرار گرفته است. میزان کرنش در میله را محاسبه کنید. مدول یانگ برای فولاد ۲۰۰ Gpa فرض می شود.



مثال ۲-۶

تغییر طول میله فولادی ABC را با توجه به اینکه مدول یانگ فولاد 200 GPa است محاسبه کنید.



$$\Delta L_{BC} = \frac{F_{BC} L_{BC}}{A_{BC} E_{BC}} = \frac{200000 \times 120}{\pi (15)^2 \times 200000} = 0.1698 \text{ mm}$$

$$\Delta L_{AB} = \frac{F_{AB} L_{AB}}{A_{AB} E_{AB}} = \frac{200000 \times 150}{\pi (25)^2 \times 200000} = 0.07 \text{ mm}$$

۱- در حل این مسائل باید نیرو را در هر قسمت از میله مورد بررسی قرار داد که در این سوال نیرو یکسان است.

$$\Delta L_{ABC} = \Delta L_{AB} + \Delta L_{BC} = 0.169 + 0.07$$

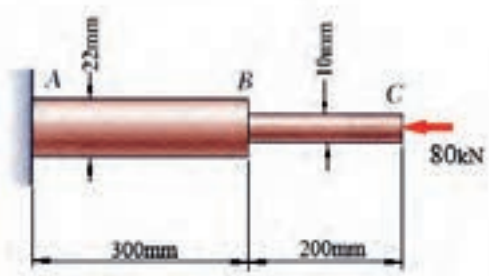
۲- برای هر قسمت از مساحت مقطع همان قسمت استفاده می‌کنیم.

$$\Delta_{ABC} = 0.239 \text{ mm}$$



تمرین ۲-۶

تغییر طول میله آلومینیومی ABC را با توجه به اینکه مدول یانگ آلومینیوم 70 GPa است، بررسی کنید.





مثال ۲-۷

میزان کرنش در میله‌ای فولادی با مدول یانگ ۲۰۰ GPa را بررسی کنید اگر تنش فشاری درون میله ۱۸۰ Mpa باشد.

$$\sigma = E\varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{۱۸۰}{۲۰۰۰۰۰} = ۹ \times ۱۰^{-۴}$$



تمرین ۲-۷

میزان کرنش در میله‌ای فولادی به مدول یانگ ۲۰۰ GPa را بررسی کنید اگر تنش کششی درون میله ۲۰۰ Mpa باشد.



مثال ۲-۸

طول میله‌ای آلومینیومی ($E = ۷۰ \text{ GPa}$) که بر اثر تنش ۱۲۰ Mpa به میزان $۰/۲$ میلی‌متر افزایش طول یافته است را بررسی کنید.

$$\sigma = ۱۲۰ \text{ MPa}$$

$$\Delta L = ۰.۲ \text{ mm}$$

$$E = ۷۰ \text{ GPa}$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{۱۲۰}{۷۰۰۰۰} = ۱/۷۰ \times ۱۰^{-۳}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \Rightarrow L = \frac{\Delta L}{\varepsilon} \Rightarrow L = \frac{۰/۲}{۱/۷۱ \times ۱۰^{-۳}} = ۱۱۶/۹۵ \text{ mm}$$

نکته: تنش ۱۲۰ Mpa درون میله بر اثر نیرویی ایجاد گشته که در حل نیازی به آن نیرو نبوده است.



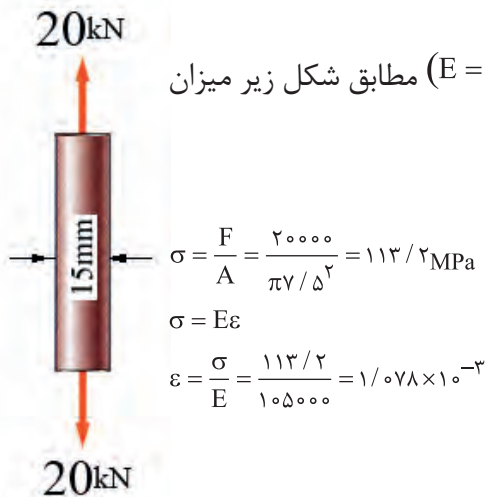
تمرین ۸-۲

طول میله‌ای آلومینیومی ($E = 70 \text{ GP}$) که بر اثر تنش 150 Mpa به میزان 0.3 میلی‌متر افزایش طول یافته است را بررسی کنید.



مثال ۹-۲

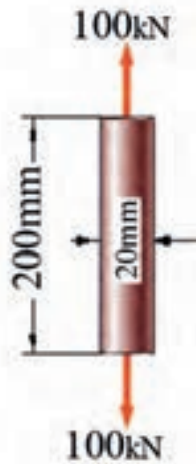
در آزمایش کشش بر روی یک میله برنجی ($E = 105 \text{ GP}$) مطابق شکل زیر میزان تنش و کرنش را بدست آورید.





تمرین ۹-۲

در آزمایش کشش یک نمونه مطابق شکل زیر در نیروی 100 kN تغییر طول معادل 0.31 میلی‌متر ثبت گردیده است. بررسی کنید جنس نمونه از کدام یک از مواد زیر است: فولاد، آلومینیوم، برنج.



تنش‌های مجاز



برای رسیدن به ایمنی در طراحی و کنترل هزینه‌های پروژه چه رابطه‌ای را میان تنش در قطعات و استحکام قطعات باید در نظر گرفت. در پاسخ به این پرسش چندین روش ارائه شده است که در الگوی تنش مجاز (ارائه شده از طرف موسسه AISC) تنش در قطعات فولادی از روابط زیر پیروی می‌کند.

$$\sigma_{\text{allow}} \leq 0.6 \sigma_y$$

$$\tau_{\text{allow}} = 0.4 \sigma_y$$

در اکثر مسائل از فولادها $St37$ ، $St44$ و $St52$ استفاده شده است. مقادیر تنش نهایی و تسلیم این فولادها در جداول پیوست کتاب آورده شده است.



مثال ۲-۱۰

استحکام تسلیم فولادی معادل 240 Mpa است. با توجه به پیشنهاد AISC میزان تنش مجاز کششی و برشی این فولاد را محاسبه کنید.

$$\sigma_{\text{allow}} \leq 0.6\sigma_y$$

$$\tau_{\text{allow}} = 0.4\sigma_y$$

$$\sigma = 0.6 \times 240 = 144 \text{ MPa}$$

$$\tau = 0.4 \times 240 = 96 \text{ MPa}$$



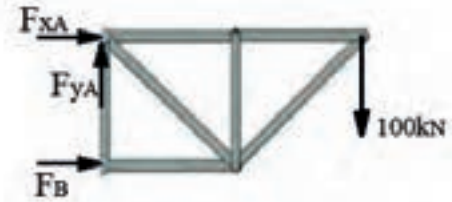
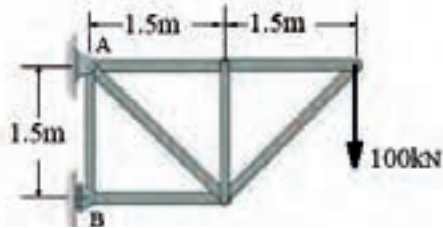
تمرین ۲-۱۰

اگر براساس AISC تنش برشی مجاز فولادی 140 Mpa باشد، تنش مجاز کششی آن را بدست آورید.



مثال ۲-۱۱

تنش برشی وارد بر پین A به قطر 60 mm را در اتصال شکل زیر محاسبه کنید.



۱ - ابتدا باید دیاگرام آزاد جسم را رسم کنیم و نیروی وارد بر پین را بدست آوریم.

$$\sum M_B = 0$$

$$1/5 F_{xA} + 3 \times 100 = 0$$

$$F_{xA} = \frac{-300}{1/5} = -200$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{yA} - 100 = 0 \Rightarrow F_{yA} = 100$$

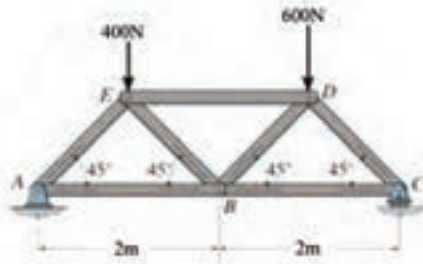
$$F_A = \sqrt{F_{xA}^2 + F_{yA}^2} = \sqrt{100^2 + 200^2} = 223.6 \text{ kN}$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{223600}{\pi \times 30^2} = 79.1 \text{ MPa}$$



تمرین ۲-۱۱

تنش برشی وارد بر پین A به قطر 40 mm را در اتصال



شکل زیر بدست آورید.



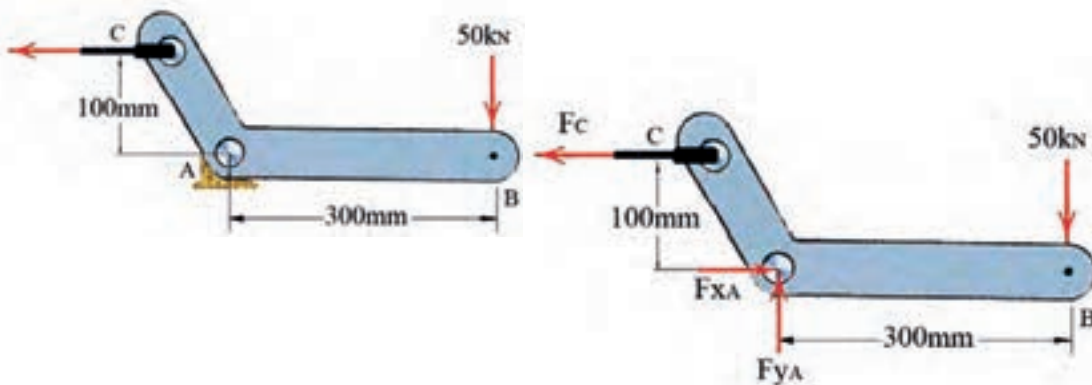
متداول ترین روش برای رسیدن به ایمنی و اطمینان در طراحی استفاده از ضریب اطمینان می باشد. در این روش تنش در قطعات از تقسیم تنش تسلیم بر ضریب اطمینان که عددی بزرگتر از یک است محاسبه می گردد.

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma} ; FS = \frac{\tau_y}{\tau}$$



مثال ۱۲-۲

ضریب اطمینان در پین A را بررسی کنید، اگر تنش برشی تسلیم آن 250MPa باشد.



$$\sum M_A = 0 \Rightarrow 100F_C - 50 \times 300 = 0$$

$$F_C = \frac{50 \times 300}{100} = 150_{kN}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{yA} - 50 = 0 \Rightarrow F_{yA} = 50$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{xA} - 150 = 0 \Rightarrow F_{xA} = 150$$

$$F_A = \sqrt{F_{xA}^2 + F_{yA}^2} = \sqrt{50^2 + 150^2} = 158.1_{kN}$$

$$\tau = \frac{158.1 \times 10^3}{2 \times \pi \times 15^2} = 111.88$$

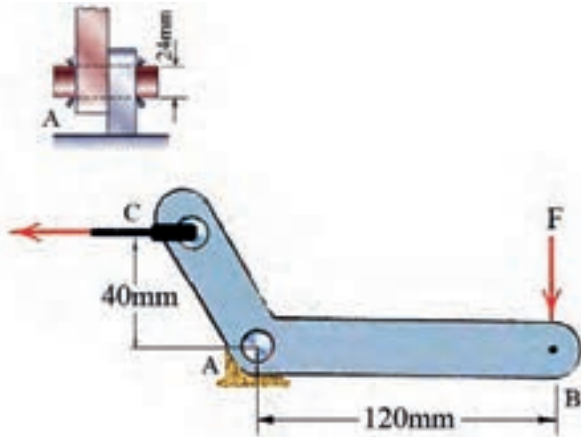
$$FS = \frac{250}{111.88} = 2.23$$

ضریب اطمینان پایینی در نظر گرفته شده است که مناسب نمی باشد.



تمرین ۱۲-۲

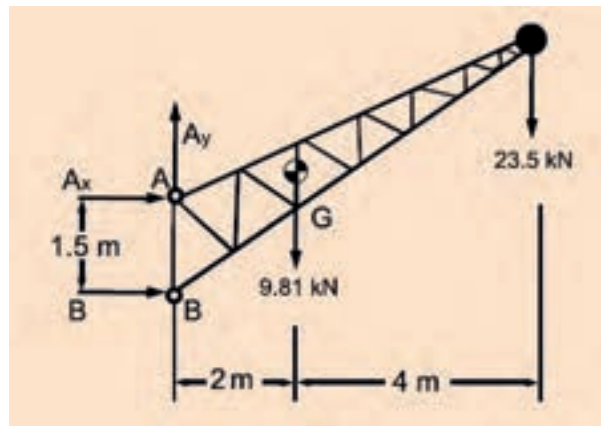
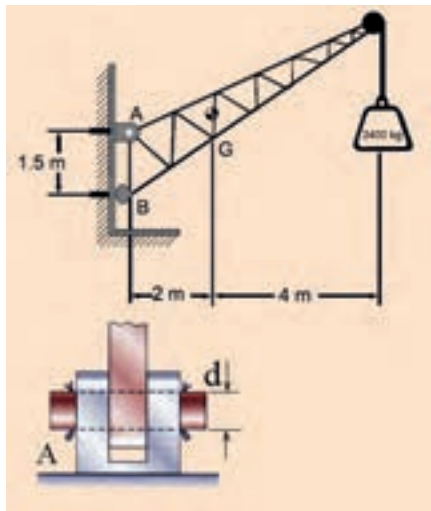
حداکثر نیروی F را محاسبه کنید اگر پین A از فولادی با تنش تسلیم 250 Mpa ساخته شده باشد و ضریب اطمینان ۳ در نظر گرفته شده باشد.





مثال ۱۳-۲

اگر اتصال پین در نقطه A از نوع دوپل باشد و جنس پین از فولاد St5۲، با توجه به پیشنهاد AISC قطر پین A را بدست آورید.



۱ - ابتدا نیروی وارد بر پین A را محاسبه می‌کنیم.

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{yA} - 1000 \times 9 / 81 - 2400 \times 9 / 81 = 0$$

$$F_{yA} = 9810 + 23544 = 33354 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$1/5 F_{xA} - 9810 \times 2 - 23544 \times 6 = 0$$

$$F_{xA} = \frac{9810 \times 2 + 23544 \times 6}{1/5} = 107256 \text{ N}$$

$$F_A = \sqrt{F_{xA}^2 + F_{yA}^2} = \sqrt{107256^2 + 33354^2} = 112322 / 4 \text{ N}$$

با توجه به پیوست کتاب تنش تسلیم فولاد St5۲ برابر با 355 MPa است.

$$\tau = 0 / 4 \times 355 = 142 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\tau} = \frac{112322 / 4}{142} = 791 \text{ mm}^2$$

با توجه به اینکه پین از دو طرف نیرو را کنترل می‌کند داریم:

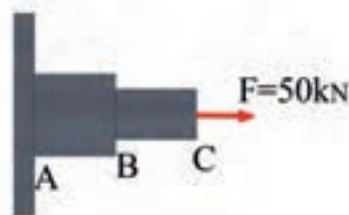
$$A = \frac{791}{2} = 395 / 5 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \times 395 / 5}{\pi}} = 22 / 44 \text{ mm} = 23 \text{ mm}$$



تمرین های دوره ای فصل دوم

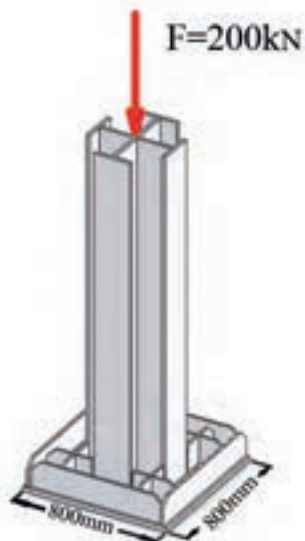
۱ - لوله ای فولادی به قطر بیرونی ۲۵ میلی متر و ضخامت جداره ۱ سانتی متر تحت نیروی فشاری ۳۰ kN قرار دارد. تنش فشاری در لوله چند Mpa می باشد.

۲ - میله AB, BC از فولاد St۳۷ به قطر ۳۰ و ۴۰ میلی متر میباشد. میزان تنش کششی در میله AB و BC را محاسبه کنید.

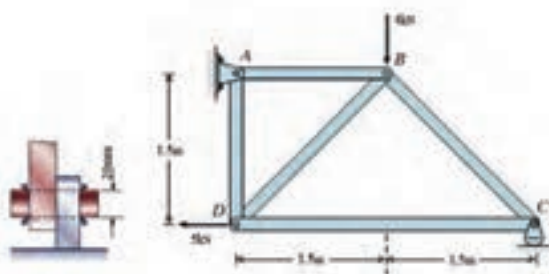




۳ - در شکل زیر تنش فشاری وارد بر بتن زیر صفحه ستون را محاسبه کنید.



۴ - مقدار تنش برشی در پین A را محاسبه کنید.

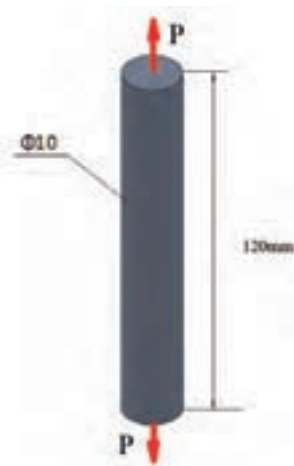




تمرین های دوره ای فصل دوم

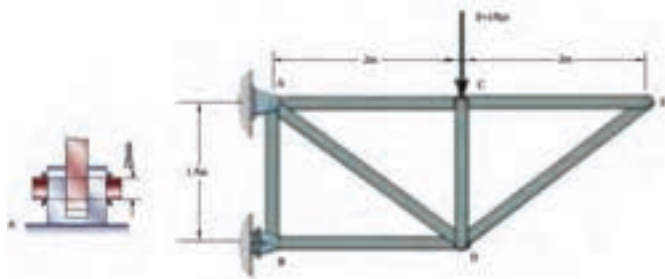
۵ - مقدار افزایش طول میله ای به قطر ۱ سانتی متر و طول 60 cm را که تحت نیروی کششی 25 kN قرار دارد محاسبه کنید.

۶ - حداکثر نیروی P را برای شکل زیر چنان تعیین کنید که تغییر طول میله بیشتر از 0.3 میلی متر نباشد. (میله فولادی با مدول یانگ 200 Gpa می باشد)





۷ - مقدار تنش برشی در پین A را محاسبه کنید.

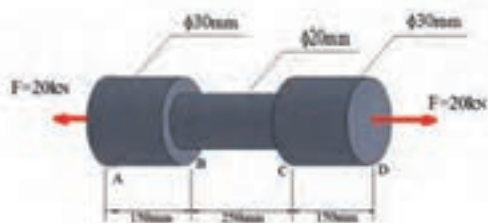


۸ - اگر جنس پین A در سوال هفت از فولادی با حداکثر تنش برشی 300 Mpa باشد ضریب اطمینان در پین را تعیین کنید.



تمرین های دوره ای فصل دوم

۹ - تنش در مقاطع مختلف شکل زیر را محاسبه کنید.



۱۰ - اگر شکل سوال ۹ میله ای فولادی با مدول یانگ 200 GPa باشد مقدار افزایش طول هر قسمت از میله را محاسبه کنید. ازدیاد طول کلی میله را بدست آورید.



۱۱ - میله‌ای آلومینیومی با مدول یانگ 70 Gpa تحت آزمایش کشش 0.02 کرنش کرده است. مقدار تنش در نمونه‌ای آزمایشی را تعیین کنید.



اتصال در سازه‌های فلزی (اتصال‌های جوشی)

اندازه جوش



اندازه موثر در جوش شیاری



اندازه موثر گلویی در جوش گوشه



سطح موثر جوش



محاسبه تنش در جوش شیاری



محاسبه تنش در جوش گوشه



تنش‌های مجاز جوش و الکتروود



تعیین ظرفیت اتصال



اندازه جوش

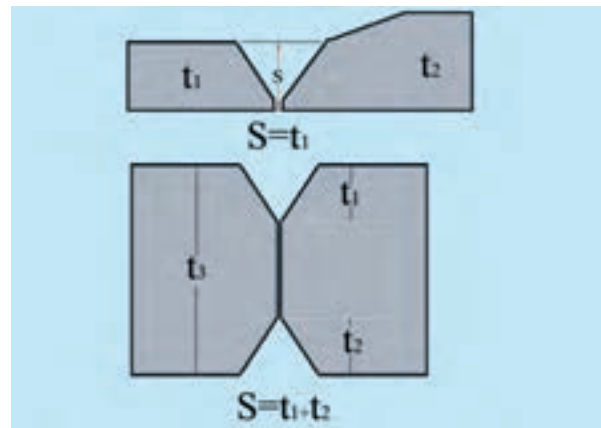


عوامل بسیاری بر استحکام یک اتصال جوشی اثر گذارند که شکل جوش و اندازه آن (طول جوش، ساق و بعد جوش) از مهمترین این عوامل می باشد.

اندازه موثر در جوش شیاری



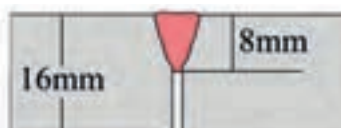
اندازه موثر جوش در یک اتصال شیاری مطابق ضخامت ورق نازک تر می باشد و در جوش شیاری با نفوذ جزئی میزان اندازه موثر از جمع نفوذهای اتصال بدست می آید. شکل (۳-۱) میزان S در اتصالات شیاری را نشان می دهد.



شکل ۳-۱

مثال ۳-۱

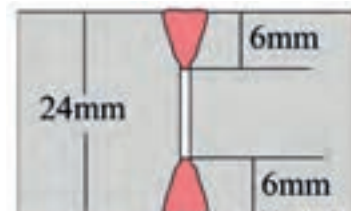
اندازه موثر در جوشهای شیاری زیر را محاسبه کنید.



۱



۲



۳

۱) $S = 8\text{mm}$

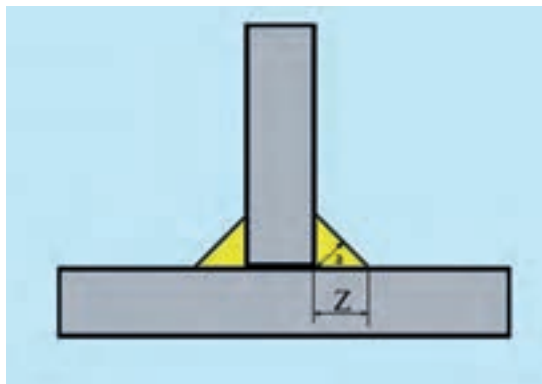
۲) $S = 10\text{mm}$

۳) $S = 6 + 6 = 12\text{mm}$

اندازه موثر گلویی در جوش گوشه



اندازه موثر گلویی در جوش گوشه معادل ارتفاع وارد بر وتر مثلث قائم‌الزاویه‌ای است که در جوش گوشه محاط می‌گردد که با حرف a نشان داده می‌شود. اندازه جوش گلویی با رابطه $a = 0.707Z$ به ساق جوش گوشه ارتباط پیدا می‌کند. شکل (۳-۲) میزان a و Z را در جوش گوشه نشان می‌دهد.

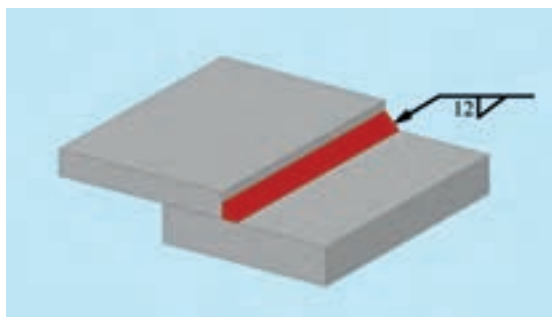


شکل ۳-۲



مثال ۳-۲

اندازه موثر جوش شکل زیر را محاسبه کنید.



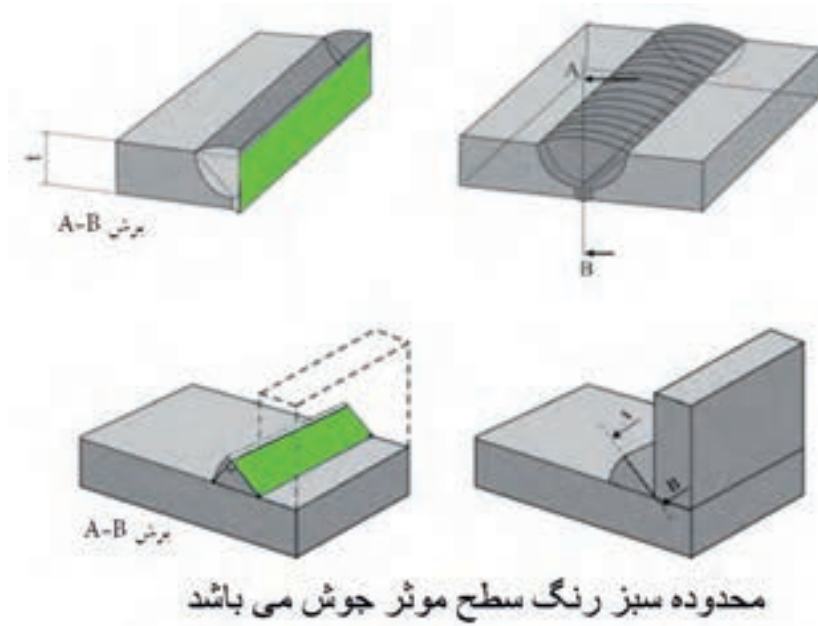
$$Z = 12$$

$$a = 0.707 \times 12 = 8.48 \text{ mm}$$

سطح موثر جوش



از حاصل ضرب طول جوش در بعد جوش سطح موثر جوش محاسبه می‌گردد. که از نقطه نظر تئوری این سطح در برابر نیروها و گشتاورها، استحکام اتصال را تامین می‌کند.
 شکل (۳-۳) سطح موثر جوش را نشان می‌دهد.

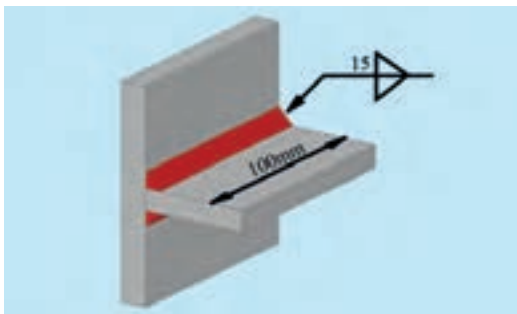


شکل ۳-۳



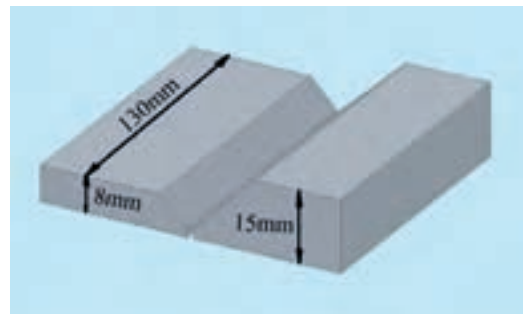
مثال ۳-۳

سطح موثر جوش در اتصالات زیر را معین کنید.



(ب)

$$\text{ب) } A_w = 0.707 \times 15 \times 2 \times 100 = 2121 \text{ mm}^2$$



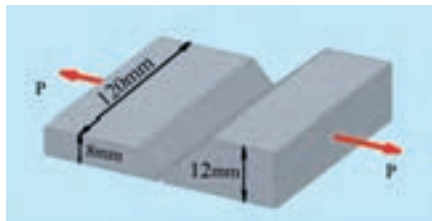
(الف)

$$\text{الف) } A_w = 8 \times 130 = 1040 \text{ mm}^2$$

محاسبه تنش در جوش شیاری



در جوش شیاری با نفوذ کامل اگر فرایند جوشکاری مطابق مقررات و استانداردهای جوشکاری اجرا شده باشد نیاز به محاسبه استحکام جوش شیاری نمی‌باشد. و استحکام جوش را مطابق استحکام ورق نازکتر در نظر می‌گیرند اما برای محاسبه تنش در هر جوش شیاری با نفوذ کامل و یا نفوذ جزئی باید نیروی وارد بر اتصال را بر سطح موثر جوش تقسیم کرد.

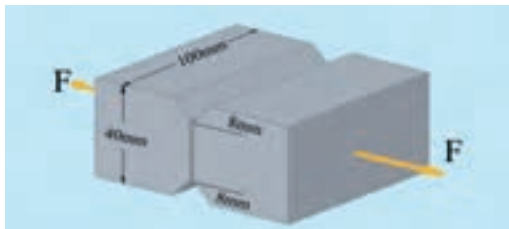


مثال ۳-۴

حداکثر نیروی P را برای اتصال زیر محاسبه کنید (قطعات از ورق St37 ساخته شده‌اند).

در این نوع اتصالات ضخامت موثر جوش را با ضخامت ورق نازکتر برابر فرض می‌کنند. با توجه به عدم مشخص کردن نوع الکترود می‌توان استحکام جوش را با ورق نازکتر برابر فرض کرد. با توجه به پیوست کتاب تنش تسلیم فولاد St37 برابر با 234 Mpa است که تنش مجاز آن 140 Mpa می‌شود.

$$\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \sigma A = 140 \times 120 \times 8 = 134400 \text{ N} = 134.4 \text{ kN}$$



مثال ۳-۵

حداکثر نیروی F وارد بر طرح اتصال زیر را محاسبه کنید (ورقها از جنس St44 و الکترود E6013 می‌باشد).

با توجه به شکل موضع جوش ضعیف ترین قسمت اتصال است.

$$A_w = 100 \times 8 \times 2 = 1600 \text{ mm}^2$$

با توجه به پیوست کتاب تنش تسلیم فولاد St44 برابر با 275 Mpa است

$$A_p = 100 \times 40 = 4000 \text{ mm}^2$$

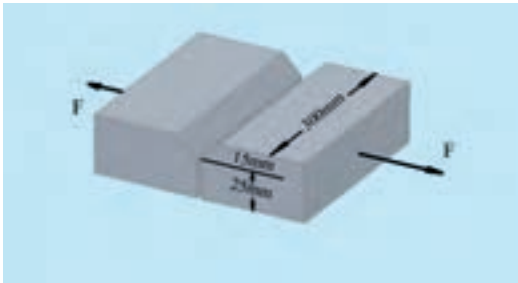
$$F_p = \sigma_p A_p = 275 \times 4000 = 1100000 \text{ N} = 1100 \text{ kN}$$

$$F_w = \sigma_w A_w = 95 \times 1600 = 152000 \text{ N} = 152 \text{ kN}$$

کمترین مقدار F که در این مسئله 152 kN می‌باشد حداکثر ظرفیت اتصال می‌باشد.

تمرین ۳-۱

حداکثر نیروی F وارد بر طرح اتصال زیر را محاسبه کنید (ورق ها از جنس St44 و الکتروود E6013 می باشد).



محاسبه تنش در جوش گوشه

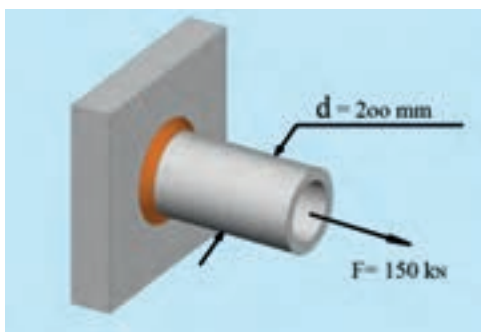


میزان تنش در یک جوش گوشه را از تقسیم نیروی وارد بر اتصال بر سطح موثر جوش محاسبه می کنند. تنش در جوش گوشه را تنش برشی در نظر می گیرند.



مثال ۳-۶

اندازه ساق جوش اتصال زیر را محاسبه کنید (الکتروود مصرفی E6013).



$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\tau} = \frac{150000}{95} = 1578.94 \text{ mm}^2$$

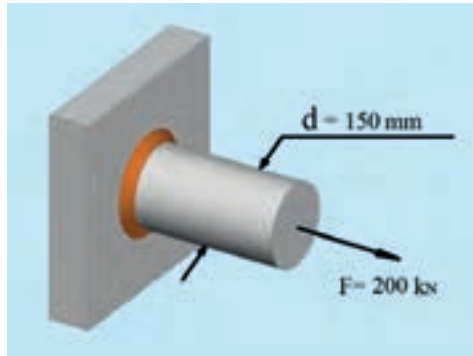
$$A_w = 0.707Z \times \pi D = 1578.94$$

$$Z = \frac{1578.94}{0.707 \times \pi \times 200} = 3.55 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm}$$



تمرین ۲-۳

اندازه ساق جوش اتصال زیر را محاسبه کنید (الکتروود مصرفی E۷۰۱۸).



تنش‌های مجاز جوش و الکتروود



از آنجا که ایمنی و سلامت طرح در یک اتصال جوشی به عوامل بسیار متفاوتی بستگی دارد همواره طراحان از تنش‌های مجاز که به مراتب کمتر از تنش تسلیم ورقها و الکتروودها می‌باشد استفاده می‌کنند. تعیین تنش مجاز بر مبنای مقررات و استانداردهای حاکم بر طرح انجام می‌گیرد.



مثال ۲-۳

اگر تنش برشی مجاز الکتروود E۹۰۱۸ مقدار 141 Mpa باشد حداکثر مقاومت جوش گوشه به طول یک میلی متر با یکای N/mm را محاسبه کنید.

$$\tau = \frac{F}{0.707 \times Z \times L} \Rightarrow F = 0.707 \times \tau \times Z \times L$$

$$F' = 0.707 \times 141 \times 1 \times Z$$

$$F' = 99.6Z$$



تمرین ۳-۳

اگر تنش برشی مجاز الکتروود $E11018$ مقدار 173 Mpa باشد حداکثر مقاومت جوش گوشه به طول یک میلی متر با یکای N/mm را محاسبه کنید.

تعیین ظرفیت اتصال

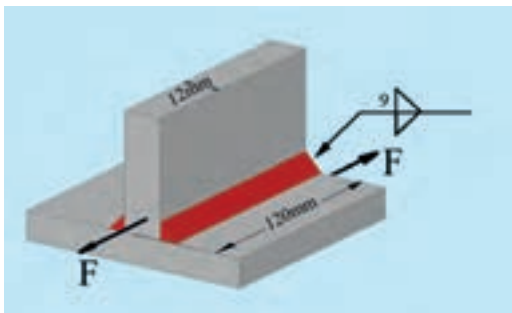


در یک اتصال جوشکاری ظرفیت نهایی اتصال را با توجه به ضعیف ترین عضو اتصال محاسبه می کنند. برای این منظور تمام قطعات یک اتصال را به شکل مجزا مورد بررسی و تحلیل قرار می دهند و در انتها کمترین ظرفیت را به عنوان ظرفیت نهایی اتصال مشخص می کنند.



مثال ۳-۸

حداکثر نیروی F را محاسبه کنید (جنس ورقها $St44$ می باشد و از الکترودهای $E7013$ جهت جوشکاری استفاده شده است)



$$\tau_p = \frac{F_p}{A_p}$$

$$F_p = \tau_p \times A_p = 0.4 \times 275 \times 12 \times 120 = 158400 \text{ N}$$

$$\tau_w = \frac{F_w}{A_w}$$

$$A_w = 2 \times 9 \times 120 \times 0.707 = 1527 / 12 \text{ mm}^2$$

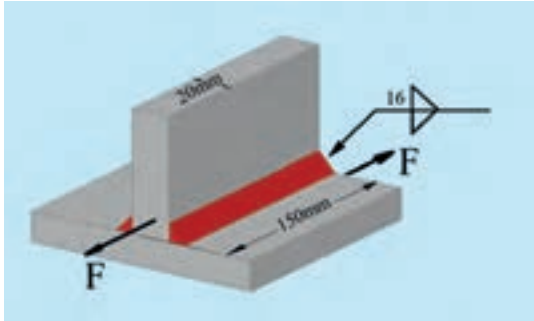
$$F_w = \tau_w \times A_w = 110 \times 1527 / 12 = 137983 / 2 \text{ N}$$

حداکثر نیروی F کمترین مقدار محاسباتی یعنی $158400 / 4 \text{ KN}$ در نظر گرفته می شود.



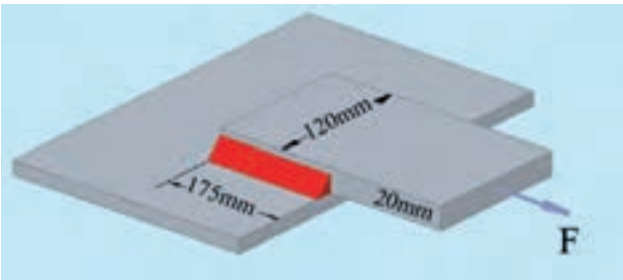
تمرین ۳-۵

حداکثر نیروی F را محاسبه کنید (جنس ورقها St52 می باشد واز الکتروود $E_{y0.18}$ جهت جوشکاری استفاده شده است).



مثال ۳-۹

اندازه ساق جوش را متناسب با حداکثر ظرفیت اتصال محاسبه کنید (ورقها از جنس St37 و الکتروودها $E_{60.13}$ می باشند).



$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_p} \Rightarrow F_p = \sigma_p \cdot A_p = 140 \times 120 \times 20 = 336000 \text{ N}$$

$$A_w = 0.707 \times 175 \times 2 \times Z = 247 / 45 Z$$

$$\tau_w = \frac{F}{A_w} \Rightarrow F = \tau_w \cdot A_w = 95 \times 247 / 45 \times Z = 336000$$

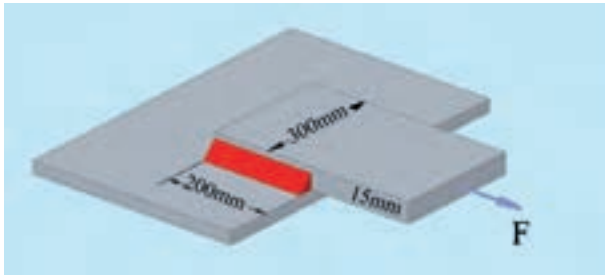
$$Z = \frac{336000}{95 \times 247 / 45} = 14 / 29 \text{ mm}$$

ساق را 15 mm در نظر می گیریم.



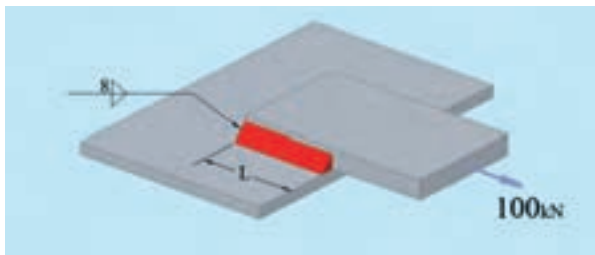
تمرین ۳-۵

اندازه ساق جوش را متناسب با حداکثر ظرفیت اتصال محاسبه کنید (ورقها از جنس St۴۴ و الکتروود E۶۰۱۳ انتخاب شده است).



مثال ۳-۱۰

طول جوش مناسب را با توجه به اینکه الکتروود مصرفی E۷۰۱۸ میباشد برای طرح اتصال زیر محاسبه کنید.



$$A_w = 2 \times 0.707 \times 8 \times L = 11.31L$$

$$E7018 \Rightarrow \tau = 110 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\tau} = \frac{100000}{110} = 909.09 = 11.31L$$

$$L = 80 / 37 \approx 81 \text{ mm}$$



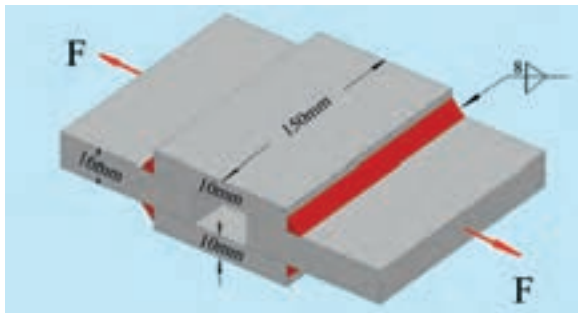
تمرین ۳-۶

حداکثر نیروی F را با توجه به جوش محاسبه کنید (الکتروود $E6013$).



مثال ۳-۱۱

ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید. (ورقها از جنس $St37$ می باشد و الکتروودها $E6013$ می باشد)



$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_p} \Rightarrow F_p = \sigma_p \cdot A_p = 140 \times 16 \times 150 = 336000 N$$

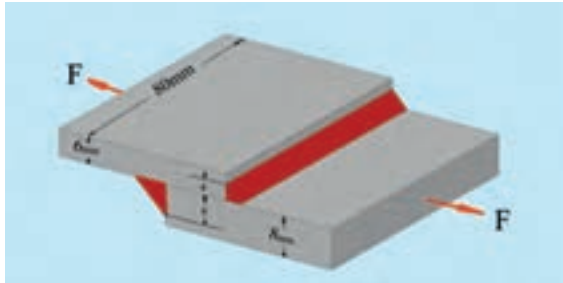
$$\tau_w = \frac{F_w}{A_w} \Rightarrow F_w = \tau_w \cdot A_w = 90 \times 2 \times 150 \times 16 \times 0.707 = 152712 N$$

ظرفیت اتصال براساس نیروی کمتر محاسبه می گردد که در این مثال مقدار $152.7 KN$ می باشد.



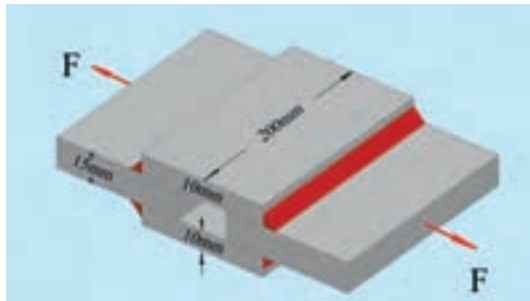
تمرین ۳-۷

ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید (ورق‌ها از جنس St۴۴ می‌باشد و الکتروده E۶۰۱۳ است)



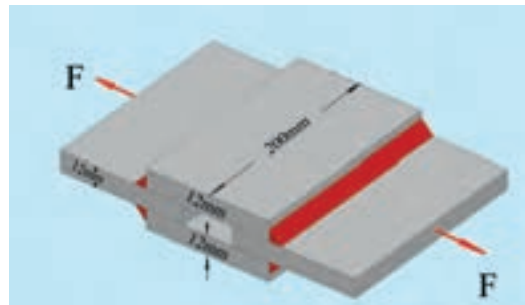
تمرین ۳-۹

حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید (ورق‌ها St۳۷ و الکتروده E۷۰۱۸ می‌باشد).



مثال ۳-۱۲

اندازه ساق جوشه‌ها را متناسب با حداکثر ظرفیت اتصال محاسبه کنید. (ورق‌ها St۳۷ و الکتروده E۷۰۱۸ می‌باشد)



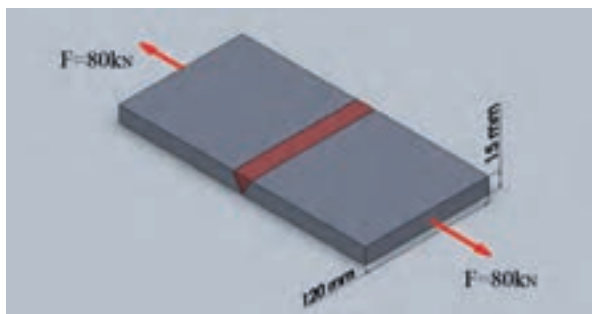
$$F_p = \sigma_p \cdot A_p = 140 \times 200 \times 12 = 336000 \text{ N}$$

$$\tau_w = \frac{F_w}{A_w} \Rightarrow w = \frac{336000}{110 \times 2 \times 200 \times 0.707} = 10.7 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}$$

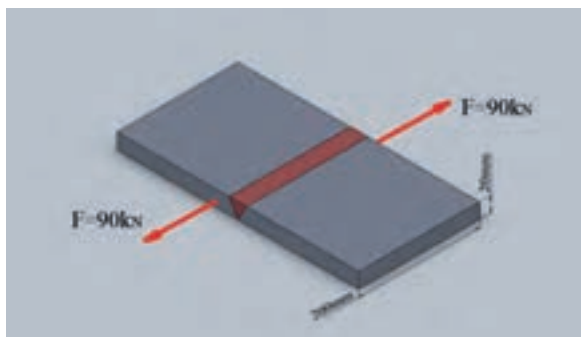


تمرین های دوره ای فصل سوم

۱ - نوع و مقدار تنش در خط جوش اتصال زیر را بیان کنید.

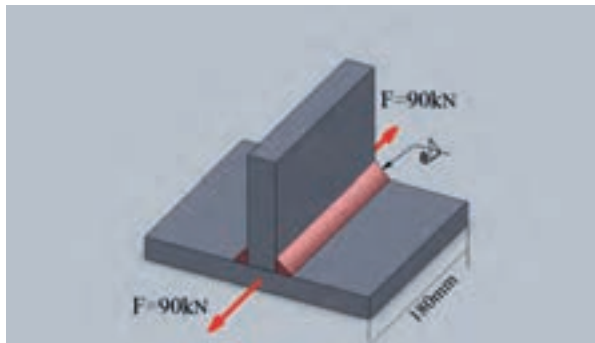


۲ - نوع و مقدار تنش در خط جوش اتصال زیر را بیان کنید.

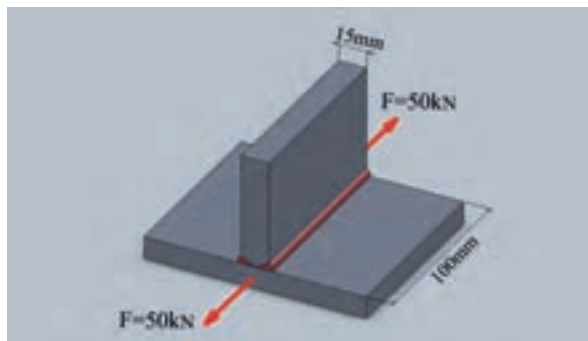




۳ - مقدار تنش برشی در اتصال زیر را محاسبه کنید



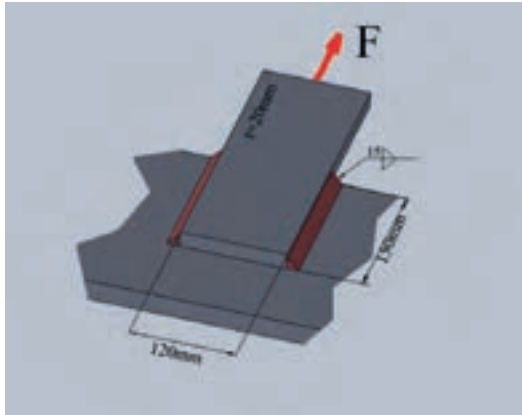
۴ - مقدار تنش برشی در اتصال زیر را محاسبه کنید



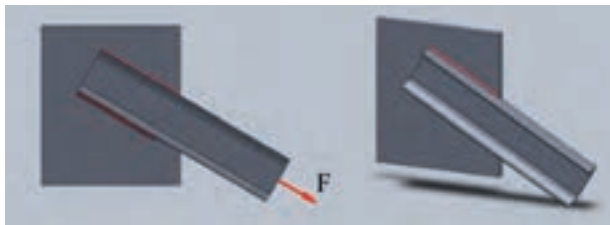


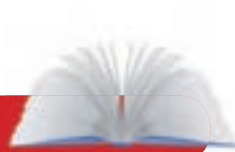
تمرین های دوره ای فصل سوم

۵- اگر برای ساخت اتصال زیر از ورق St۴۴ و الکتروود E۷۰۱۸ استفاده شده باشد حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید.

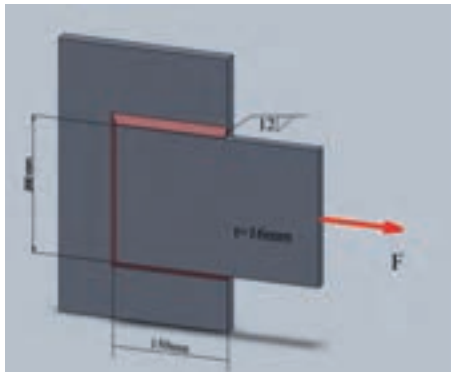


۶- در اتصال بادبند زیر از ناودانی ۱۲ (UNP۱۲۰) استفاده شده است که با الکتروود E۶۰۲۳ جوشکاری شده است اگر ساق جوش ها ۸_{mm} باشد طول جوش مناسب را بر مبنای ظرفیت اتصال محاسبه کنید. (برای مساحت مقطع ناودانی از پیوست کتاب استفاده کنید. جنس ناودانی St۳۷ می باشد)

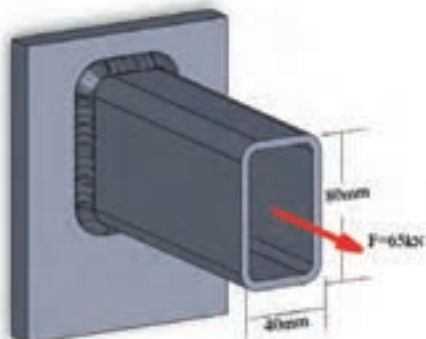




۷ - ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید (جنس ورق ها St44 می باشد و از الکتروود E۷۰۱۸ برای جوشکاری استفاده شده است)



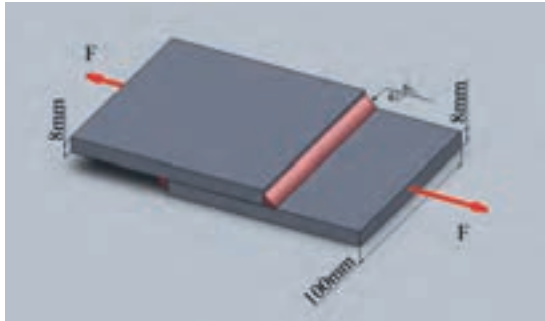
۸ - ساق جوش مناسب را برای اتصال زیر محاسبه کنید (الکتروود مصرفی E۶۰۱۳ می باشد)



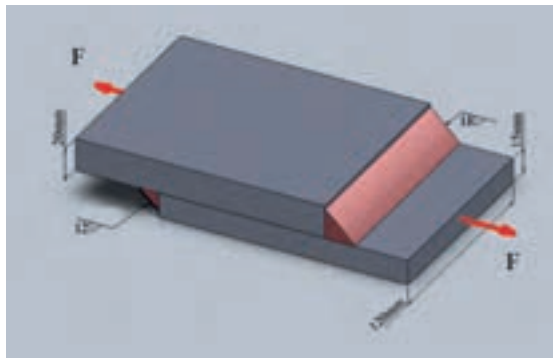


تمرین های دوره ای فصل سوم

۹- در ساخت اتصال زیر از ورق St۴۴ و الکتروود E۷۰۱۸ استفاده شده است حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید .



۱۰- در ساخت اتصال زیر از ورق St۳۷ و الکتروود E۷۰۱۸ استفاده شده است حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید .





۱۱- در سوال ۱۰ ساق جوش 18_{mm} را با توجه به ظرفیت اتصال بهینه کنید. (ساق جوش می تواند کمتر در نظر گرفته شود.)





اتصال در سازه‌های فلزی

(اتصال پیچی و اتصال پرچی)

انواع اتصالات پیچی 

اتصال اصطکاکی - 

اتصال اتکایی - 

درجه استحکام پیچ‌ها - 

تنش در اتصال پیچی و برشی - 

تنش برشی در ساق پیچ - 

تنش کششی در ورق اتصال - 

تنش لهیدگی در ورق اتصال - 

انواع اتصالات پیچی



اتصالات پیچی از نقطه نظر طراحی و بارگذاری به دو گروه اتصالات اتکایی و اصطکاکی تقسیم می‌شوند.

اتصالات اصطکاکی



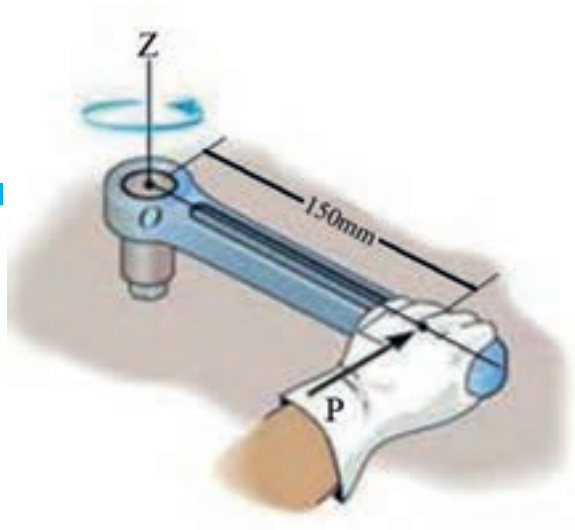
در این نوع اتصالات گشتاوری متناسب با پیچ و اصطکاک بین قطعات برای سفت کردن اتصال اعمال می‌گردد که طی آن پیچ تحت شرایط کشش قرار گرفته و همانند یک فنر عمل می‌کند برای محاسبه مقادیر فنی در این اتصالات از جدول (۴-۱) کتاب استفاده خواهیم کرد.

مشخصه رزوه	سطح مقطع تنش A_s mm ²	حداکثر گشتاور بستن پیچ با یکای N.m								
		درجه استحکام								
		8.8			10.9			12.9		
		ضریب اصطکاک μ								
		۰,۱۰	۰,۱۵	۰,۲۰	۰,۱۰	۰,۱۵	۰,۲۰	۰,۱۰	۰,۱۵	۰,۲۰
M8	۳۶,۶	۲۰	۲۵	۳۰	۳۰	۳۷	۴۴	۳۵	۴۳	۵۲
M10	۵۸,۰	۴۰	۵۰	۶۰	۵۹	۷۳	۸۷	۶۹	۸۴	۱۰۰
M12	۸۴,۳	۶۹	۸۷	۱۰۵	۱۰۰	۱۲۵	۱۵۱	۱۲۰	۱۴۸	۱۷۷
M16	۱۵۷	۱۷۰	۲۲۰	۲۶۰	۲۵۰	۳۱۵	۳۸۰	۲۹۰	۳۷۰	۴۴۵
M20	۲۴۰	۳۴۰	۴۳۰	۵۲۰	۴۹۰	۶۱۵	۷۴۰	۵۷۰	۷۰۰	۸۴۰
M24	۳۵۳	۵۹۰	۷۴۰	۸۹۰	۸۴۰	۱۰۵۰	۱۲۵۰	۹۸۰	۱۲۵۰	۱۵۰۰
M8×1	۳۹,۲	۲۲	۲۸	۳۳	۳۲	۴۰	۴۸	۳۷	۴۶	۵۶
M10×1.25	۶۱,۲	۴۲	۵۳	۶۴	۶۲	۷۷	۹۳	۷۲	۹۰	۱۱۰
M12×1.5	۸۸,۱	۷۲	۹۲	۱۱۰	۱۰۵	۱۳۲	۱۶۰	۱۲۵	۱۵۵	۱۸۵
M16×1.5	۱۶۷	۱۸۰	۲۳۰	۲۸۰	۲۶۵	۳۴۰	۴۱۰	۳۱۰	۳۹۰	۴۸۰
M20×1.5	۲۷۲	۳۷۵	۴۸۰	۵۹۰	۵۳۰	۶۸۰	۸۴۰	۶۲۰	۸۰۰	۹۸۰
M24×2	۳۸۴	۶۳۰	۸۱۰	۹۹۰	۹۰۰	۱۱۵۰	۱۴۰۰	۱۰۵۰	۱۳۵۰	۱۶۵۰

جدول ۴-۱: جدول اتصالات پیچی - اصطکاکی



در این نوع اتصالات پیچ‌ها نقش انتقال نیرو را ایفا می‌کنند در اتصالات اتکایی محاسبات تنش بر روی برش پیچ متمرکز می‌گردد.



مثال ۱-۴

در یک اتصال اصطکاکی با ضریب اصطکاک ۰/۲ از یک پیچ M۲۴ با درجه استحکام ۸-۸ استفاده شده است. الف) حداکثر گشتاور قابل اعمال را بررسی کنید. ب) نیروی P لازم برای بستن پیچ را محاسبه کنید.

الف) با استفاده از جدول (۱-۴) داریم:

حداکثر گشتاور بستن پیچ 890 MPa

$$890 = 150 \times P \Rightarrow P = \frac{890}{150} = 5.93 \text{ N} \quad \text{ب)}$$



تمرین ۱-۴

در یک اتصال اصطکاکی با ضریب اصطکاک ۰/۱۵ از پیچ M۲۰ استفاده شده است. در صورتی که درجه استحکام پیچ ۹-۱۲ باشد، گشتاور لازم جهت بستن پیچ را معین کنید.

درجه استحکام پیچ‌ها



روش‌ها و استانداردهای مختلفی برای تعیین استحکام پیچ‌ها وجود دارد. در یکی از این روش‌ها دو عدد بر روی سر پیچ حک شده است که با استفاده از آن می‌توان مقاومت نهایی و مقاومت تسلیم پیچ را محاسبه کرد. در این روش صد برابر عدد اول را به عنوان تنش نهایی پیچ معرفی می‌کنند و ده برابر حاصل ضرب دو عدد را تنش تسلیم پیچ می‌دانند.

$$\text{رقم اول} \times 100 = \sigma_u = \text{تنش نهایی}$$

$$\text{رقم دوم} \times \text{رقم اول} \times 10 = \sigma_y = \text{تنش تسلیم}$$



مثال ۲-۴

استحکام نهایی و استحکام نقطه تسلیم پیچ ۸-۸ را محاسبه کنید.

$$\sigma_u = 100 \times 8 \times 1 = 800 \text{ MPa} \text{ استحکام نهایی}$$

$$\sigma_y = 8 \times 8 \times 10 = 640 \text{ MPa} \text{ استحکام نقطه تسلیم}$$



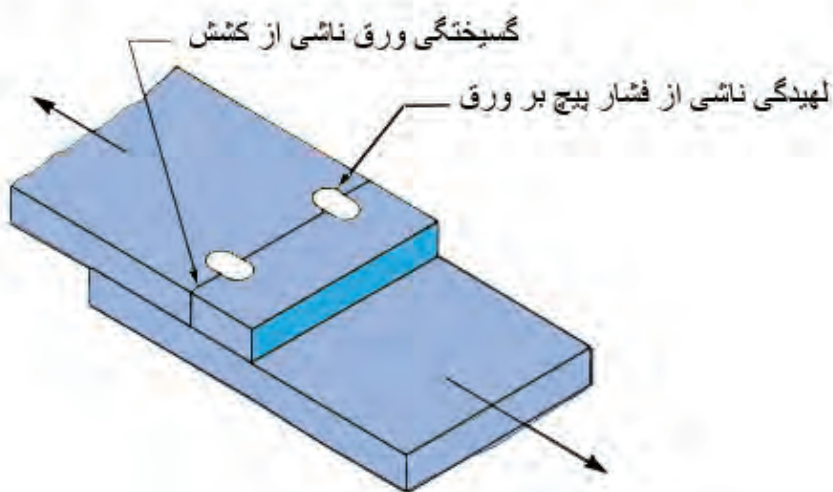
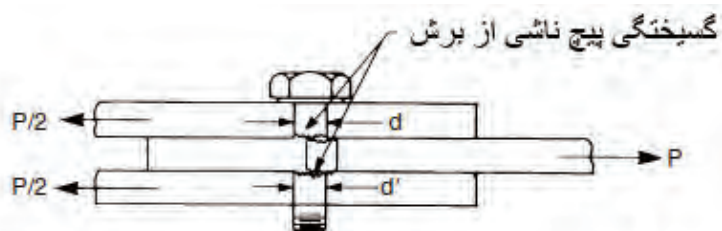
تمرین ۲-۴

استحکام نهایی و استحکام نقطه تسلیم پیچ ۵-۶ را محاسبه کنید.



تنش در اتصالات پیچی و پرچی

برای بررسی یک اتصال پیچی و تعیین ظرفیت اتصال باید تمام حالت‌های گسیختگی در اتصال را مورد بررسی و تحلیل قرار داد. شکل (۴-۱) انواع گسیختگی در یک اتصال را نشان می‌دهد.

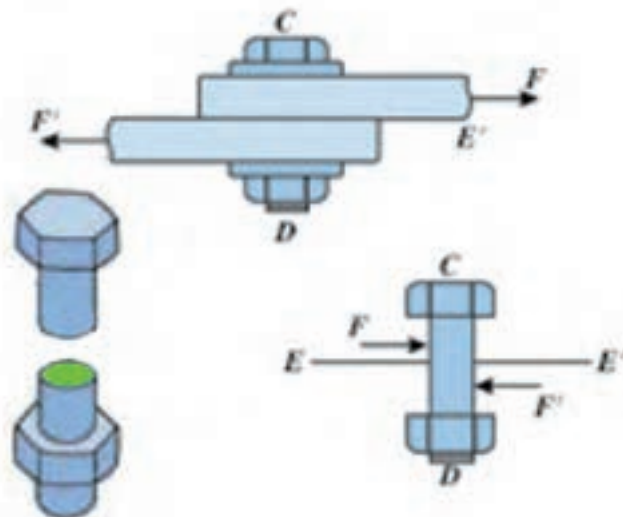


شکل ۴-۱

تنش برشی در ساق پیچ



در یک اتصال پیچی و یا پرچی یکی از موارد گسیختگی برش در مقطع پیچ و یا پرچ می‌باشد که برای محاسبه تنش برشی در ساق پیچ از رابطه $\tau = \frac{F}{n \cdot A_s}$ استفاده می‌گردد. n تعداد سطوحی است که در برابر برش مقاومت می‌کند. شکل (۲-۴) یک اتصال و مقطع برش پیچ را نشان می‌دهد.



محدوده سبز رنگ سطح مقاوم در برابر برش پیچ

مثال ۳-۴

مساحت موثر پیچ $M20$ را در دو حالت اتصال اصطکاکی و اتصال اتکایی محاسبه کنید.

مساحت موثر پیچ اصطکاکی را از جدول (۴-۱) استخراج می‌کنند.

$$A = 240 \text{ mm}^2$$

پیچ اصطکاکی

$$A_s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

پیچ اتکایی



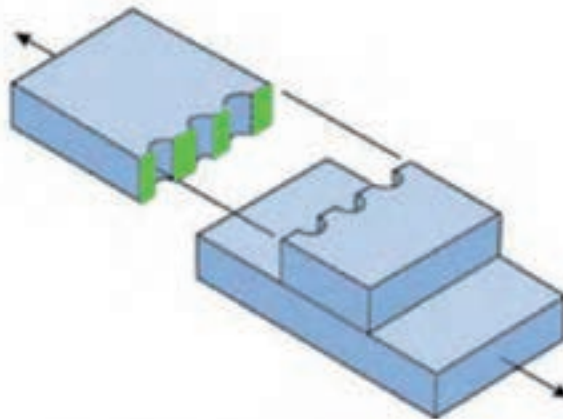
تمرین ۳-۴

مساحت موثر پیچ اصطکاکی M۱۶ و پیچ اتکایی M۱۶ را محاسبه کنید .



تنش کشش در ورق اتصال

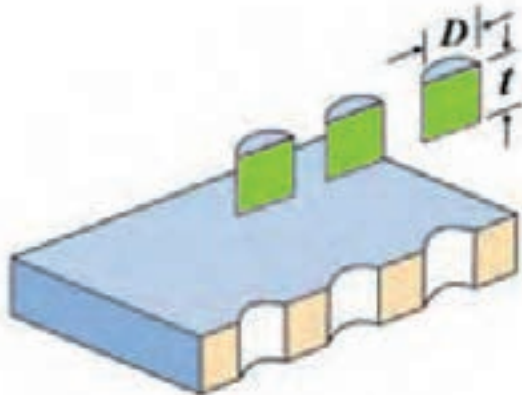
یکی دیگر از حالت‌های گسیختگی در طرح اتصال پیچی و یا پرچی پاره‌شدن ورق اتصال است. برای محاسبه تنش کششی در ورق اتصال براساس ضعیف‌ترین قسمت ورق (ردیفی از پیچ‌ها و یا پرچ‌ها که تعداد پیچ و یا پرچ بیشتری داشته باشد) و نیروی وارد بر آن عمل می‌کنند. شکل (۳-۴) ضعیف‌ترین مقطع را در ورق اتصال نشان می‌دهد.



محدوده سبز رنگ ضعیف‌ترین مقطع ورق می‌باشد

شکل ۳-۴

تنش لهیدگی در ورق اتصال



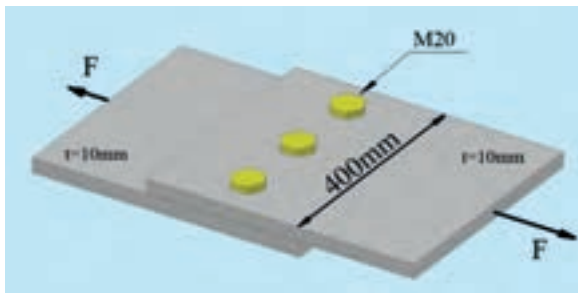
محدوده سبز رنگ سطح موثر در لهیدگی می باشد

شکل ۴-۴

بر اثر فشار پیچ به ورق اتصال تنش فشاری در سطح مشترک پیچ و ورق ایجاد می گردد که بر اثر آن ورق له می گردد و این تنش را با عنوان تنش لهیدگی می شناسند. حدود مجاز برای تنش لهیدگی از رابطه $\sigma_c = 1/23 \sigma_y$ محاسبه می گردد. برای محاسبه میزان تنش لهیدگی از رابطه $\sigma_c = \frac{F}{ntd}$ استفاده می شود.



مثال ۸-۸



در اتصال دو ورق St37 به ابعاد 400×10 از سه عدد پیچ $M20$ بادرجه استحکام ۸-۸ استفاده شده است. حداکثر نیروی P را محاسبه کنید.

الف) بررسی مقاومت برشی در ساق پیچها

$$\tau = 0/4 \times 8 \times 8 \times 10 = 259$$

$$A = \frac{3\pi d^2}{4} = \frac{3 \times \pi \times 20^2}{4} = 942 \text{ mm}^2$$

$$P = \tau \cdot A \Rightarrow P = 259 \times 942 = 244158 \text{ N} = 241/1 \text{ KN}$$

$$\sigma_{\text{مجاز}} = 141 \text{ Mpa}$$

$$D = 1/1d = 1/1 \times 20 = 22 \text{ mm}$$

$$A = (400 - 3 \times 22) \times 10 = 3340$$

$$P = \sigma \cdot A = 3340 \times 141 = 470940 \text{ N} = 470 \text{ KN}$$

$$\sigma_c = 1/23 \sigma_y = 235 \times 1/23 = 312 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = \frac{P}{ntd} \Rightarrow P = (312) \times (3) \times 10 \times 20 =$$

$$P = 187200 \text{ N} = 187 \text{ KN}$$

ب) بررسی تنش کششی در ورق

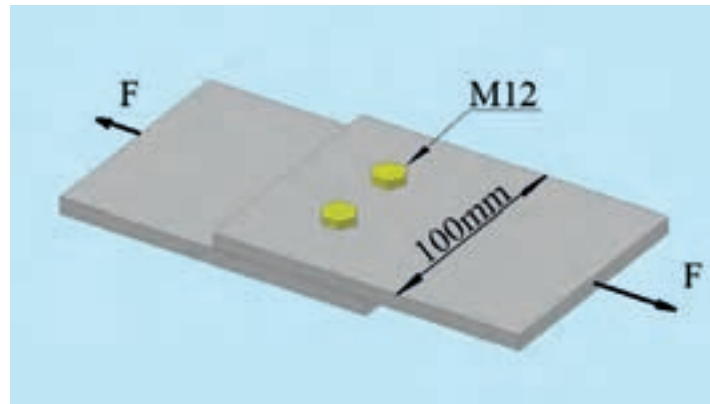
قطر سوراخ

ج) تنش لهیدگی در ورق



تمرین ۴-۴

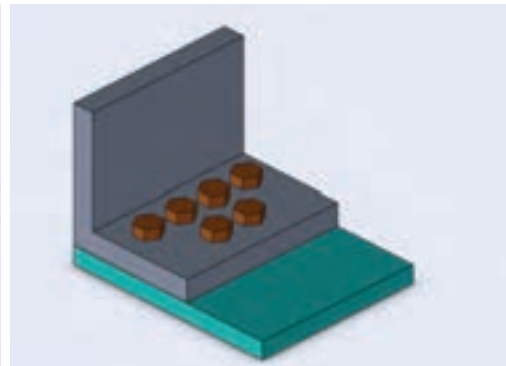
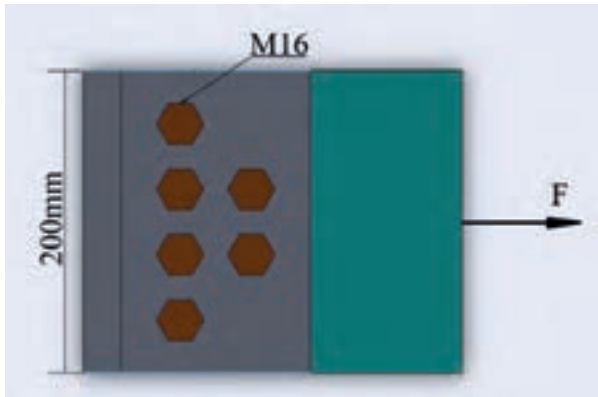
حداکثر نیروی F را برای اتصال دو ورق فولادی $St44$ به ضخامت 12 mm و پهنای 100 mm که به وسیله ۲ عدد پیچ $M12$ و با درجه استحکام ۸-۸ متصل شده‌اند، را محاسبه کنید.





مثال ۵-۴

حداکثر نیروی F را در اتصال شکل زیر با ورق $St37$ به ضخامت 20 میلی‌متر که توسط 6 عدد پیچ $M16$ با درجه استحکام $8-8$ ایجاد شده است محاسبه کنید.



الف) بررسی مقاومت برشی در ساق پیچ‌ها

$$\tau = \frac{P}{A}$$

$$\tau = 0.4 \times 8 \times 8 \times 10 = 256 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{6\pi d^2}{4} = \frac{6 \times \pi \times 16^2}{4} = 1205.76 \text{ mm}^2$$

$$P = \tau \cdot A \Rightarrow P = 256 \times 1205.76 = 308764.5 \text{ N} = 308 \text{ KN}$$

ب) بررسی تنش کششی در ورق

$$\sigma_{\text{مجاز}} = 140 \text{ Mpa}$$

$$D = 1/d = 1/16 = 17/6 \text{ mm} \quad \text{قطر سوراخ}$$

$$A = (200 - 4 \times 17/6) \times 20 = 2592 \text{ mm}^2 \quad \text{ورق}$$

$$P = \sigma \cdot A = 140 \times 2592 = 362880 \text{ N} = 362 \text{ KN}$$

ج) تنش لهیدگی در ورق

$$\sigma_c = 1/23 \sigma_y = 1/23 \times 235 = 312/5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = \frac{P}{ntd} \Rightarrow P = 312/5 \times 6 \times 20 \times 16 = 600000$$

$$P = 600000 \text{ N} = 600 \text{ KN}$$

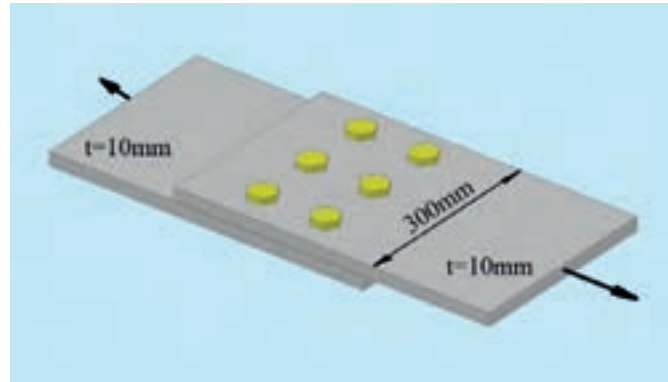
حداکثر نیروی F مقدار 308 KN می‌باشد.





تمرین ۵-۴

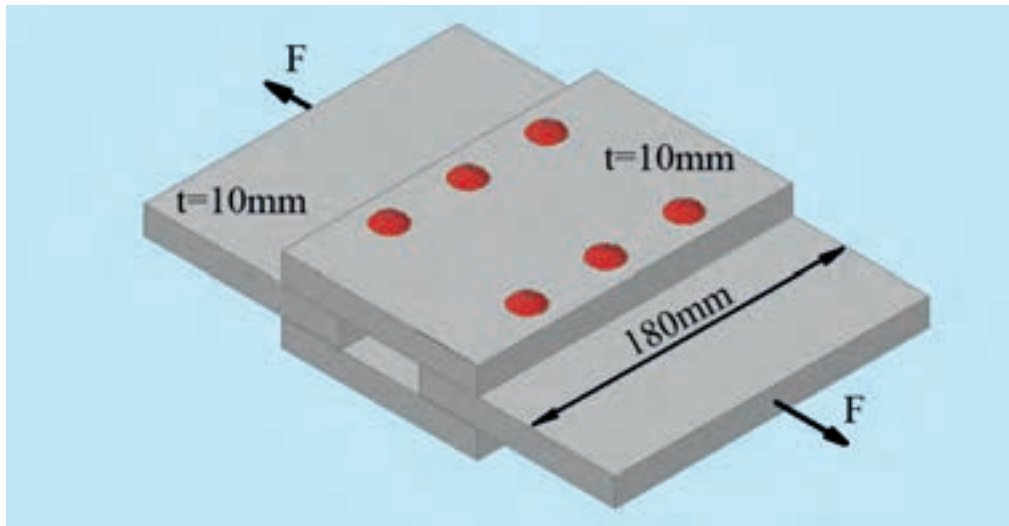
حداکثر نیروی F را در اتصال شکل زیر با ورق $St44$ که توسط ۶ عدد پیچ $M24$ با درجه استحکام ۹-۱۲ ایجاد شده است محاسبه کنید.





مثال ۶-۴

در اتصال پرچی نشان داده شده از ۶ پرچ با قطر ۲۰ mm استفاده شده است. جنس پرچها و صفحات از فولاد St۳۷ با ضخامت ۱۵ mm می باشد. حداکثر نیروی قابل اعمال بر اتصال را محاسبه کنید.



الف) برش در پرچها (اتصال دوبل)

$$A = \frac{n\pi d^2}{4} = \frac{3 \times \pi \times 20^2}{4} = 942 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{2A} \Rightarrow F = 2A\tau = 2 \times 942 \times 95 = 178980 \text{ N} = 178.9 \text{ KN}$$

ب) گسیختگی در ورق ضعیف اتصال

$$D = 1/1 \times 20 = 22 \text{ mm}$$

$$A = (180 - 3 \times 22) \times 10 = 1140 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \sigma \cdot A = 140 \times 1140 = 159600 \text{ N} = 159 \text{ KN}$$

ج) لهیدگی ورق

$$\sigma_c = 1/33 \sigma_y = 1/33 \times 235 = 312/5 \text{ MPa}$$

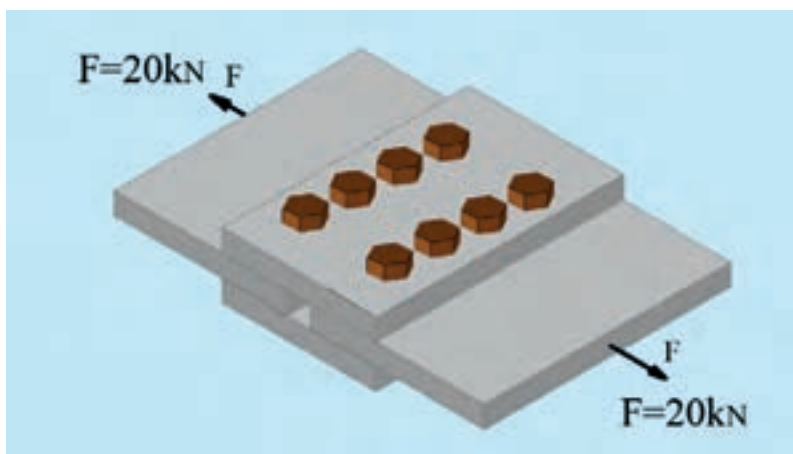
$$\sigma_c = \frac{F}{nA} \Rightarrow F = nA\sigma_c = 3 \times 10 \times 20 \times 312/5 = 187500 \text{ N} = 187.5 \text{ KN}$$

حداکثر نیروی قابل اعمال مقدار ۱۵۹ KN می باشد.



تمرین‌های دوره‌ای فصل چهارم

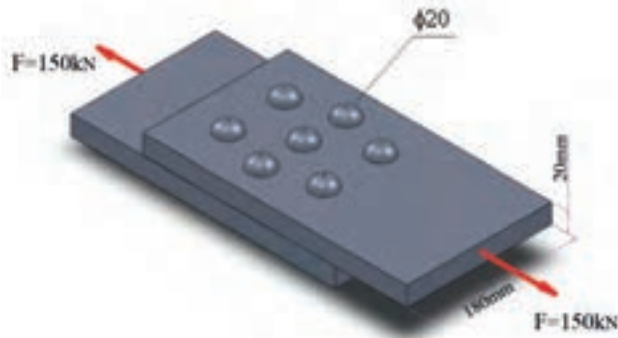
۱ - تنش برشی در پیچهای $M20$ شکل زیر را محاسبه کنید.



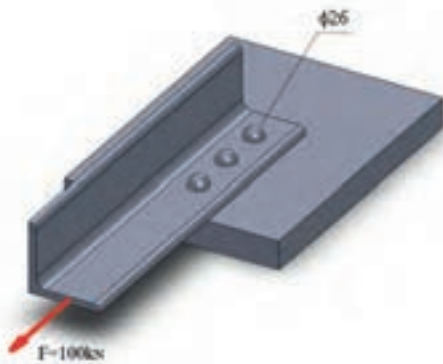


تمرین‌های دوره‌ای فصل چهارم

۲ - میزان تنش لهیدگی در اتصال زیر را محاسبه کنید.



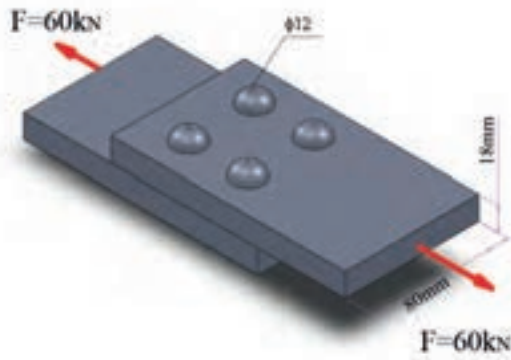
۳ - اگر قطر پرچها ۲۶ mm باشد مقدار تنش برشی وارد بر هر پرچ را در اتصال بابدند زیر را محاسبه کنید.



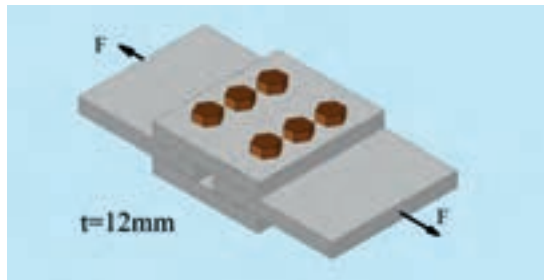


تمرین‌های دوره‌ای فصل چهارم

۴ - میزان تنش برشی در پرچ‌ها، تنش کششی در ورق و تنش لهیدگی را در اتصال زیر محاسبه کنید.

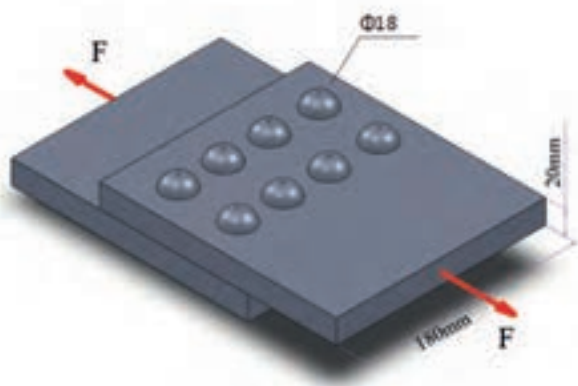


۵ - حداکثر ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید. (پیچ‌ها M18 با تنش برشی مجاز 120 Mpa و جنس ورق‌ها St37 می‌باشد)

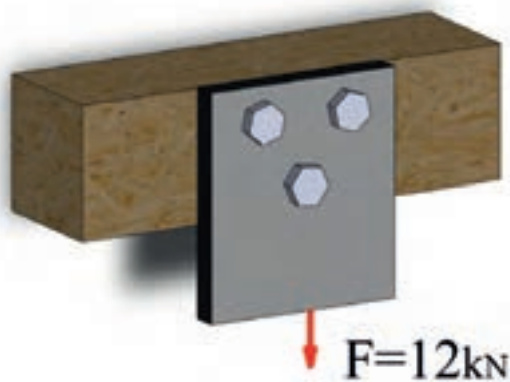




۶ - اگر تنش برشی مجاز پرچها 130 Mpa باشد و ورق ها از جنس $\text{St}37$ باشد حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید.



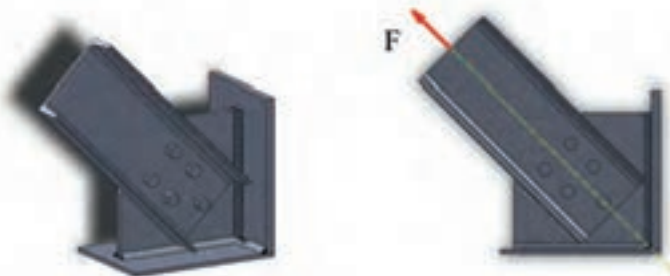
۷ - تنش برشی در پیچ $M16$ اتصال زیر را محاسبه کنید.





تمرین های دوره ای فصل چهارم

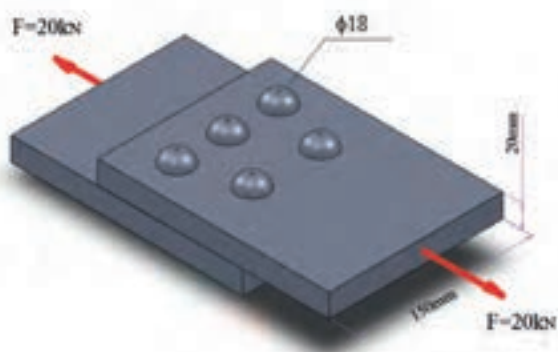
۸ - اگر حداکثر تنش برشی پیچ‌ها M20 در اتصال زیر 340 Mpa باشد با ضریب اطمینان ۳ حداکثر نیروی F را محاسبه کنید. (نیرو از مرکز سطح پیچ‌ها می‌گذرد)





تمرین‌های دوره‌ای فصل چهارم

۹ - بیشترین تنش کشش در ورق اتصال زیر را محاسبه کنید.





برش کاری

مساحت برش



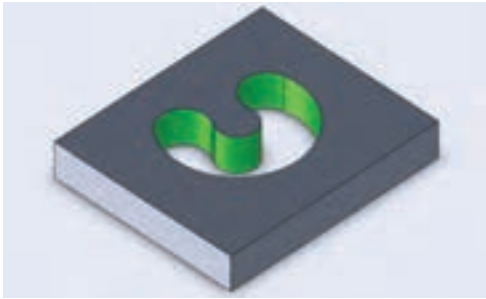
برش کاری با لبه‌های برش تخت



برش کاری به وسیله لبه برش شیب‌دار



مساحت برش



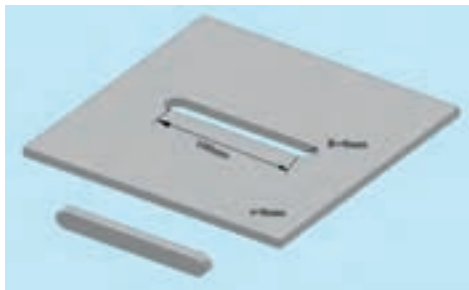
شکل ۵-۱

در یک فرآیند برش کاری سطحی از جسم که تحت برش قرار بگیرد را مساحت برش می‌نامند. شکل (۵-۱) سطح برش قطعه برشکاری شده را با رنگ سبز نشان می‌دهد.



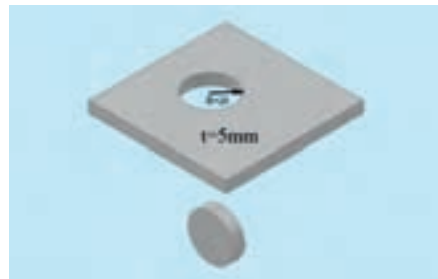
مثال ۵-۱

مساحت برش در شکل‌های زیر را محاسبه کنید.



ب

$$\begin{aligned} \text{ب) } A &= (\pi D + 2L)t = (\pi \times 16 + 2 \times 100) \times 8 \\ A &= 20016 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



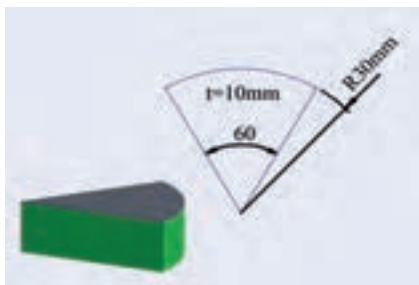
الف

$$\begin{aligned} \text{الف) } A &= \pi D t \\ A &= 40 \times 5 \times \pi = 628 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

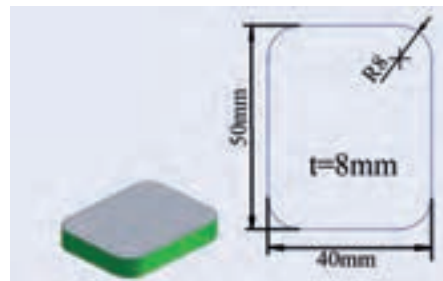


تمرین ۵-۱

مساحت برش در شکل‌های زیر را محاسبه کنید.



ب



الف

برشکاری با لبه‌های برش تخت



یکی از روش‌های برشکاری استفاده از لبه‌های برش تخت می‌باشد (پرسها، پانچ‌ها). در حل مسائل برش تخت تعیین تنش برشی نهایی و سطح مقطع برش بسیار حائز اهمیت است که از روابط زیر محاسبه می‌شود.

ضخامت قطعه \times محیط برش $= A =$ سطح مقطع برش

$$\tau = (0.7 \sim 0.8) \sigma_{\text{نهایی}}$$

$$F = \tau \times A \text{ نیروی برش}$$

برای محاسبه تناژ و ظرفیت یک پرس نیروی لازم برای برشکاری را به میزان ۳۰٪ افزایش می‌دهند. رابطه

$$F_p = 1/3 F \text{ میزان ظرفیت یک پرس را معین می‌کند.}$$



مثال ۲-۵

تنش برشی نهایی فولادی را که تنش کششی نهایی آن 370 MPa است محاسبه کنید.

$$\tau \cong (0.7 \sim 0.8) \times \sigma_{\text{نهایی}}$$

$$\tau = 0.7 \times 370 = 259 \text{ MPa}$$



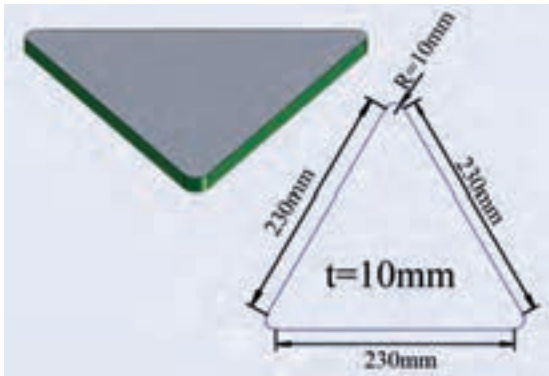
تمرین ۲-۵

تنش برشی نهایی فولادی که تنش کششی نهایی آن 490 MPa است را محاسبه کنید.

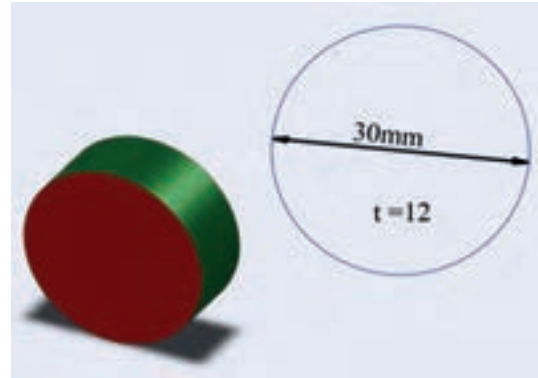


مثال ۳-۵

نیروی برش برای سطوح زیر را که از فولاد با تنش برشی نهایی 210 MPa ساخته شده‌اند را محاسبه کنید.



ب



الف

(ب)

(الف)

$$A = \left(3L + \frac{3}{4}\pi D \right) t$$

$$A = \left(3 \times 230 + \frac{3}{4}\pi \times 20 \right) \times 10 = 7371 \text{ mm}^2$$

$$F = \tau \cdot A = 210 \times 7371 = 1547910 \text{ N}$$

$$A = \pi D t = 30 \times 12 \times \pi = 1130.4 \text{ mm}^2$$

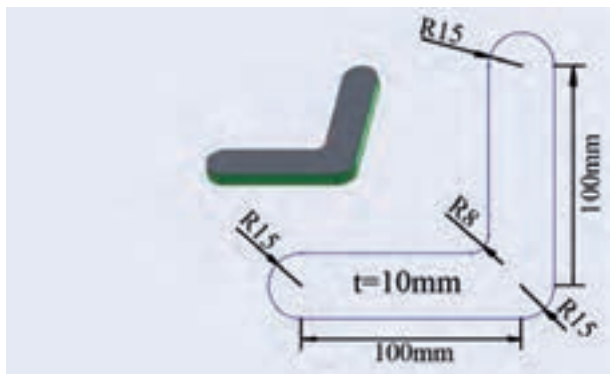
$$F = \tau \cdot A = 210 \times 1130.4 = 237384 \text{ N}$$



تمرین ۳-۵

نیروی برش برای شکل زیر را که از فولاد با تنش برشی نهایی 250 MPa ساخته شده است را محاسبه کنید.

کنید





مثال ۵-۴

ظرفیت دستگاه پرس برای سوراخ کاری به قطر 20 mm در ورق فولادی با تنش برشی نهایی 250 Mpa و ضخامت 10 mm را تعیین کنید.

$$A = D \pi t = 20 \times \pi \times 10 = 628 \text{ mm}^2$$

$$F = \tau \times A = 250 \times 628 = 157000 \text{ N}$$

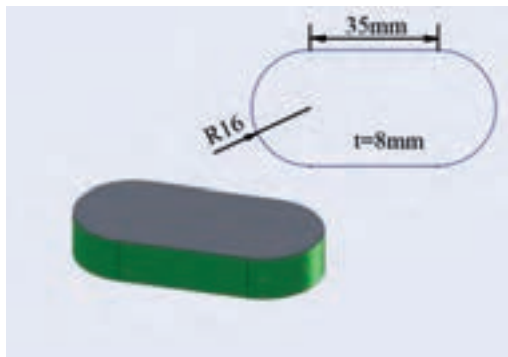
$$F_P = 1/3 F = 157000 \times 1/3 = 52333 \text{ N}$$

$$F_P = 52333 \text{ N} = 5233 \text{ Kg}f = 20/41 \text{ Ton}$$



تمرین ۵-۴

ظرفیت دستگاه پرس برای قطعه به ضخامت 8 mm از ورق فولادی با تنش برشی نهایی 350 Mpa و مطابق شکل زیر را محاسبه کنید.



برشکاری به وسیله لبه برش شیب دار



در برش ورقها به شکل طولی از قیچیها و گیوتینها استفاده می‌گردد. در این دستگاهها برای کنترل و کاهش نیروی لازم برای برش، تیغه برش به شکل زاویه‌دار فرود می‌آید و فرآیند برشکاری از یک سمت ورق آغاز شده و به سمت دیگر جریان پیدا می‌کند و در هر لحظه به نسبت سطح کل قطعه قسمت بسیار کمی تحت برش قرار می‌گیرد. برای محاسبه نیروی لازم جهت برشکاری از رابطه تقریبی زیر استفاده می‌شود:

$$F = 0.785 \times k \times \tau \times \frac{t^2}{\tan \phi}$$



مثال ۵-۵

نیروی برشی لازم برای ورق فولادی کربنی ساختمانی به ضخامت 15 mm با تنش برشی نهایی 300 Mpa را به وسیله تیغه برشی با شیب 13° تعیین کنید.

$$F = \sigma / \lambda \times k \times \tau \times \frac{t^2}{\tan \varphi}$$

$$F = \frac{300 / 1 \times 0 / 4 \times 300 \times 15^2}{\tan 13} = \frac{21600}{\tan 13} = 93913 \text{ N}$$



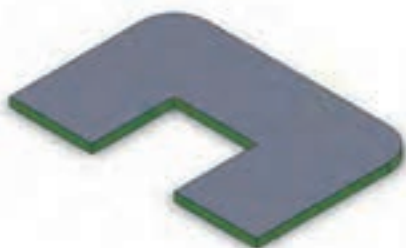
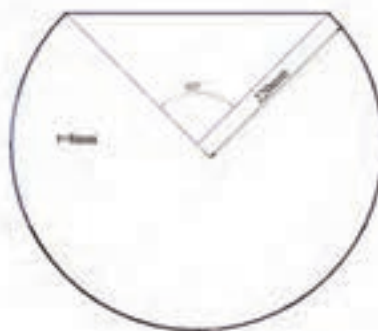
تمرین ۵-۵

نیروی برشی لازم برای برشکاری ورق فولادی با ضخامت 8 mm و تنش برشی نهایی 260 Mpa به وسیله تیغه برشی با شیب 10° درجه را تعیین کنید.



تمرین های دوره ای فصل پنجم

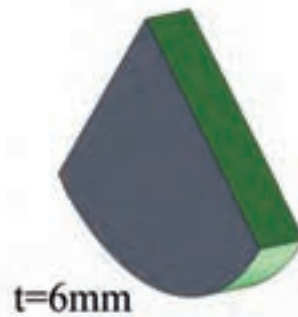
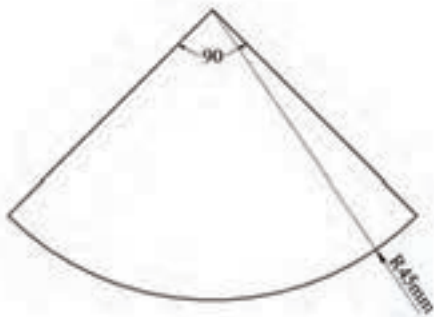
۱ - مساحت برش در شکل های زیر را محاسبه کنید





۲ - تنش برشی نهایی فولادی با تنش کششی نهایی 450 Mpa را محاسبه کنید.

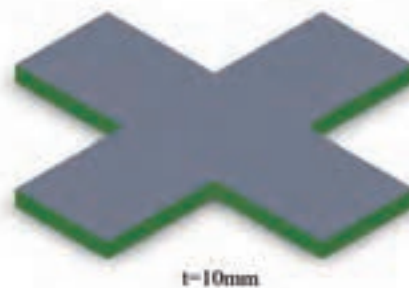
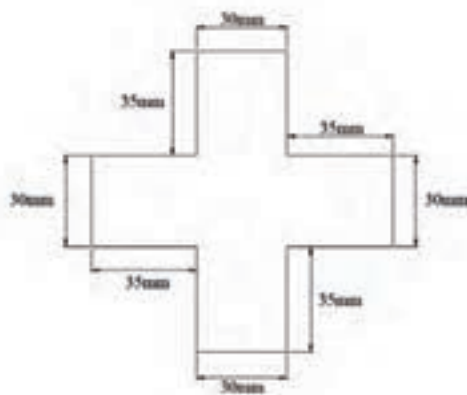
۳ - نیروی برش برای ساخت قطعه فولادی زیر را بدست آورید تنش کششی نهایی ورق 520 Mpa می باشد





تمرین های دوره ای فصل پنجم

۴ - آلیاژ آلومینیوم با تنش برشی نهایی 185 Mpa برای ساخت قطعه زیر انتخاب شده است. اگر در هر ضربه پرس چهار عدد از این قطعه تولید گردد نیروی ظرفیت پرس را محاسبه کنید.

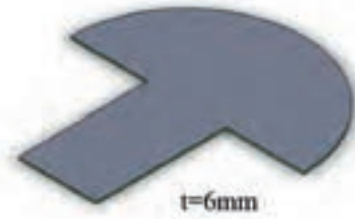
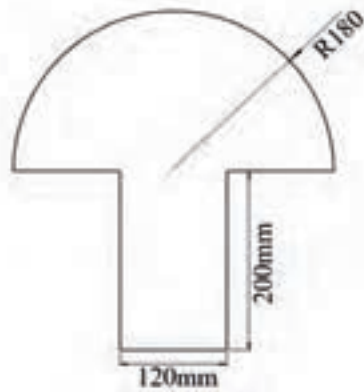


۵ - نیروی برش لازم، برای برش کاری ورق آلومینیوم با ضخامت ۸ میلی متر و تنش برش نهایی 330 Mpa به وسیله تیغه برشی با شیب ۱۴ درجه را محاسبه کنید.



تمرین های دوره ای فصل چهارم

۶ - ظرفیت پرس را برای ساخت قطعه زیر که از ورق فولادی با تنش کششی نهایی 600 Mpa ساخته شده است محاسبه کنید.





مخزن‌های جدار نازک

مخزن جدار نازک



تنش در مخازن کروی



تنش در مخازن استوانه ای



– محاسبه به کمک نمودار





مخازن برای ذخیره و انتقال سیالات مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به وزن سیال و یا فشار درون مخزن بر دیواره‌های مخازن تنش ایجاد می‌گردد. برای ایمنی و اطمینان از عملکرد صحیح مخازن لازم است میزان تنش بر روی پوسته مخزن محاسبه گردد و در این خصوص مخازن به دو گروه مخازن جدار نازک و مخازن جدار ضخیم تقسیم شده‌اند. اگر نسبت قطر به ضخامت در مخزنی از عدد بیست بزرگتر شود می‌توان با دقت مناسبی از روابط مخازن جدار نازک برای محاسبه تنش در آن مخزن استفاده کرد.



مثال ۶-۶

کدام یک از مقاطع زیر را به عنوان مخزن جدار نازک می‌توان بررسی کرد.



۱) $K = \frac{104}{4} = 26$ مخزن جدار نازک

۲) $K = \frac{30}{5} = 6$ مخزن جدار ضخیم

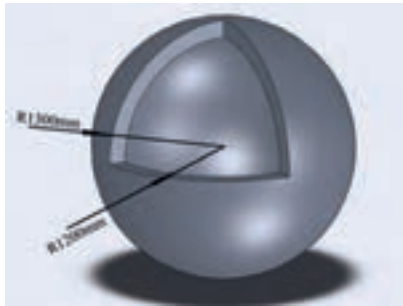
۳) $K = \frac{D}{t} = \frac{130}{(65-50)} = \frac{130}{15} = 8\frac{2}{3}$ مخزن جدار ضخیم

۴) $K = \frac{D}{t} = \frac{40}{(20-10)} = 4$ مخزن جدار ضخیم



تمرین ۱-۶

کدام یک از مخازن زیر جدار نازک می باشد؟



تنش در مخازن کروی



برای محاسبه تنش در یک مخزن کروی از رابطه $\sigma = \frac{PD}{4t}$ استفاده می گردد.



مثال ۲-۶

حداکثر فشارمخزن کروی به قطر ۲ متر و ضخامت ۱۵mm که از ورق St۳۷ ساخته شده است را محاسبه کنید.

برای فولاد St۳۷ تنش مجاز کششی ۱۴۰Mpa می باشد.

$$\sigma = \frac{PD}{4t}$$

$$\Rightarrow P = \frac{4\sigma \cdot t}{D} \Rightarrow P = \frac{4 \times 140 \times 15}{2000} = 4.2 \text{ MPa}$$



تمرین ۲-۶

حداکثر فشار مخزن کرووی به قطر ۱/۲ متر و ضخامت ۱۵_{mm} که از ورق St۳۷ ساخته شده است را محاسبه کنید.



مثال ۳-۶

ضخامت مخزن کرووی از جنس ورق St۴۴ به قطر ۰/۵ متر که برای فشار ۱۰_{Mpa} ساخته شده است را محاسبه کنید.

$$\sigma_{\text{مجاز}} = 0.6 \times 275 = 165 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{PD}{4t} \Rightarrow t = \frac{PD}{4\sigma} = \frac{10 \times 500}{4 \times 165} = 7.57 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

ورق به ضخامت ۸_{mm} را انتخاب می‌کنیم.



تمرین ۳-۶

ضخامت مخزن کرووی از جنس ورق St۵۲ به شعاع ۴۰_{cm} متر که برای فشار ۲۰_{Mpa} ساخته شده است را محاسبه کنید.



مثال ۴-۶

در ساخت یک مخزن کروی به قطر ۳ متر از ورق آلیاژی آلومینیوم ۲۰۲۴ استفاده شده است. ضخامت جداره مخزن ۲۲ میلی‌متر و فشار درون مخزن 5 Mpa است. استحکام مخزن را بررسی و ضریب اطمینان را بدست آورید.

تنش تسلیم آلومینیوم را از پیوست کتاب بدست آورید.

$$\sigma_y = 325 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{PD}{4t} \Rightarrow \sigma = \frac{5 \times 3000}{4 \times 22} = 170/45 \text{ Mpa}$$

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma} = \frac{325}{170/45} = 1/9$$



تمرین ۴-۶

در ساخت یک مخزن کروی به قطر ۲/۵ متر از ورق آلیاژی آلومینیوم ۲۰۲۴ استفاده شده است. ضخامت ورق ۲۵ میلی‌متر و ضریب اطمینان در طراحی ۳ بوده است. حداکثر فشار درون مخزن را بررسی کنید.



مثال ۵-۶

یک مخزن کروی به قطر ۰/۶ متر را به روش جوشکاری دو نیم کره ساخته‌اند اگر کیفیت جوشها ۰/۸ کیفیت ورق باشد و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان ۲/۵ و فشار 12 Mpa ضخامت ورق را محاسبه کنید (تنش تسلیم ورق 360 Mpa فرض شود)

n ضریب اطمینان در صورت معادله و K ضریب کیفیت که عددی کوچکتر از یک است در مخرج معادله ظاهر می‌شود.

$$\sigma = \frac{npD}{4Kt}$$

$$t = \frac{nPD}{4K\sigma} = \frac{2 \cdot 5 \times 12 \times 600}{4 \times 0.8 / 12 \times 360} = 15/62 \text{ mm}$$

ورق به ضخامت 16 mm انتخاب می‌گردد.



تمرین ۵-۶

حداکثر فشار در یک مخزن کروی جوشی را با توجه به اینکه قطر مخزن ۱ متر و تنش تسلیم ورق 320 Mpa می باشد بررسی کنید (ضخامت جدار 2 cm و ضریب کیفیت جوش به ورق 0.7 و با ضریب اطمینان ۳)

تنش در مخازن استوانه‌ای



برای محاسبه تنش در مخازن استوانه‌ای و لوله‌های انتقال سیال از رابطه $\sigma = \frac{PD}{2t}$ استفاده می‌گردد.



مثال ۶-۶

حداکثر فشار مخزن استوانه‌ای به قطر ۴۰ سانتیمتر و ضخامت 10 mm که از ورق St۴۴ ساخته شده است را محاسبه کنید.

تنش مجاز کششی برای فولاد St۴۴ از رابطه $\sigma_{allow} \leq 0.6 \sigma_y$ محاسبه می‌گردد و تنش تسلیم را از جداول پیوست کتاب استخراج می‌کنیم.

$$\sigma_{allow} = 0.6 \times 275 = 165 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{PD}{2t} \Rightarrow P = \frac{2\sigma.t}{D} \Rightarrow P = \frac{2 \times 165 \times 10}{400} = 8.25 \text{ MPa}$$



تمرین ۶-۶

حداکثر فشار مخزن استوانه‌ای به قطر 30 cm و ضخامت 20 mm که از ورق $St52$ ساخته شده است را محاسبه کنید.



مثال ۶-۷

ضخامت مخزن استوانه‌ای را که برای فشار $6/5\text{ Mpa}$ به قطر $0/5$ متر از فولاد $St52$ ساخته شده را با ضریب اطمینان $2/5$ محاسبه کنید.

$$\sigma = 0/6 \times 355 = 213$$

$$\sigma = \frac{PDn}{2t} \Rightarrow t = \frac{nPD}{2\sigma} = \frac{2/5 \times 6/5 \times 500}{2 \times 213} = 19/07\text{ mm} \approx 20\text{ mm}$$

ورق 20 mm را جهت ساخت مخزن می‌توان استفاده کرد.



تمرین ۶-۷

ضخامت مخزن استوانه ای را که برای فشار 100 Mpa به قطر $0/8$ متر از فولاد St52 ساخته شده را با ضریب اطمینان ۳ محاسبه کنید.



مثال ۶-۸

حداکثر فشار درون لوله‌ی فولادی با تنش کششی مجاز 240 Mpa به ضخامت 8 mm و قطر 200 mm را محاسبه کنید.

$$\sigma = \frac{PD}{rt} \Rightarrow P = \frac{r\sigma t}{D} = \frac{2 \times 240 \times 8}{200} = 19.2 \text{ MPa}$$

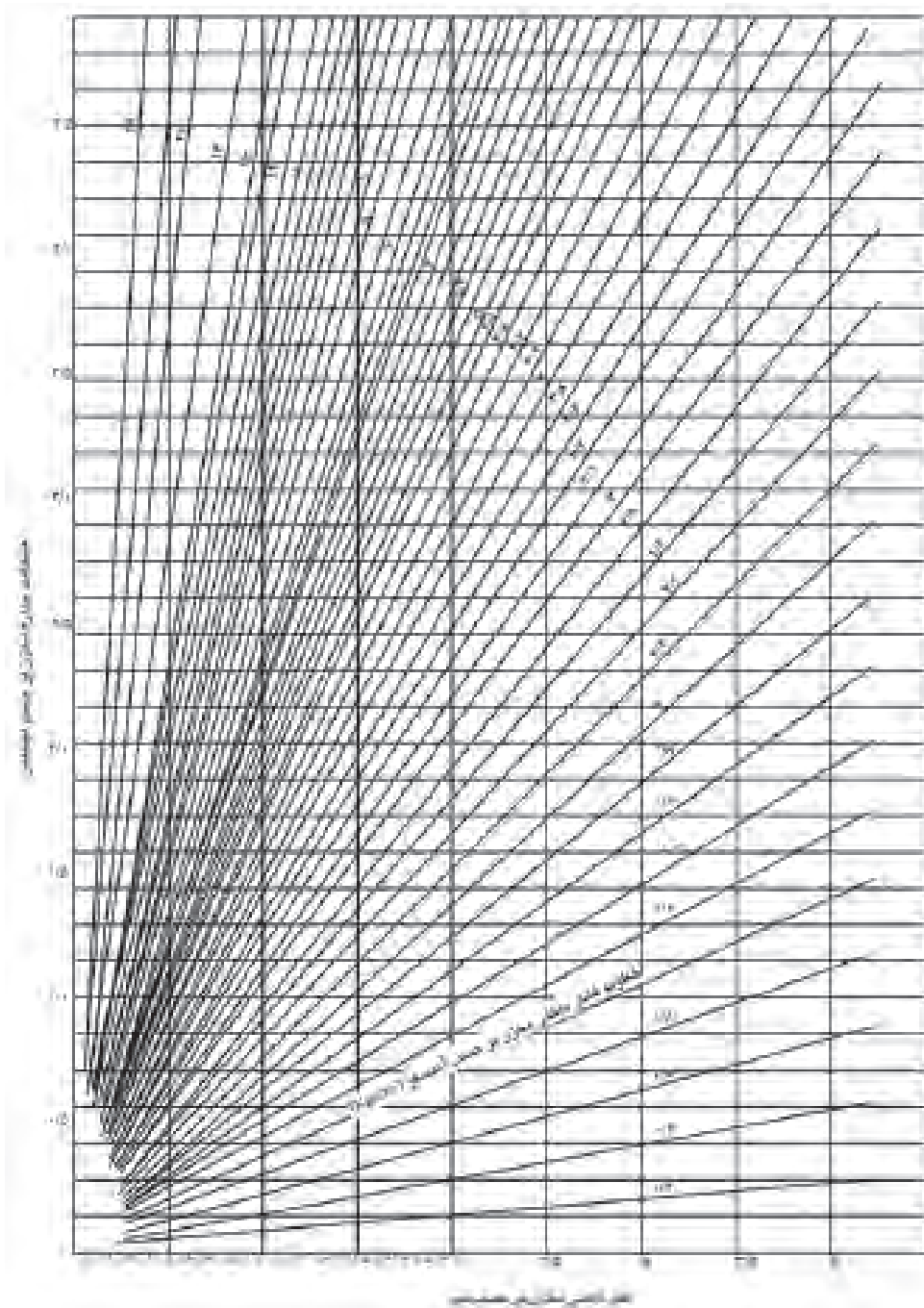


تمرین ۶-۸

حداکثر فشار درون لوله‌ی فولادی با تنش کششی مجاز 230 Mpa به ضخامت 10 mm و قطر 60 cm را محاسبه کنید.



استفاده از نمودارها و جداول در طراحی بسیار مناسبتر و سریعتر از روابط و معادلات می باشد به همین منظور برای طراحی مخازن نمودارهای تدوین شده است که در کتابهای طراحی مخزن آورده شده است. نمودار (۶-۱) برای طراحی مخزن استوانه‌ای با تنش مجاز 140 Mpa می باشد.



نمودار ۶-۱



مثال ۹-۶

- فشار مخزن استوانه‌ای به قطر ۲/۵ متر را در شرایطی که ضخامت ورق فولادی 4_{mm} است و تنش مجاز کششی ورق معادل 140_{Mpa} می‌باشد محاسبه کنید (با استفاده از نمودار).
- ۱- بر روی محور قطر مخزن نمودار ۱-۶ از نقطه ۲/۵ خطی به موازات محور ضخامت رسم می‌کنیم.
 - ۲- بر روی محور ضخامت از نقطه ۴ خطی به موازات محور قطر رسم می‌کنیم.
 - ۳- نقطه محل برخورد دو خط ترسیم شده بین نمودارها $4/6$ و $4/8$ اتمسفر واقع شده است.
 - ۴- فشار مخزن تقریباً $4/7$ اتمسفر می‌باشد.



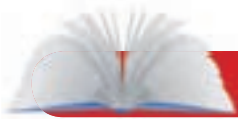
تمرین ۹-۶

- فشار مخزن استوانه‌ای به قطر ۳/۵ متر را در شرایطی که ضخامت ورق فولادی 4_{mm} است و تنش مجاز کششی ورق معادل 140_{Mpa} می‌باشد محاسبه کنید (با استفاده از نمودار).



تمرین‌های دوره ای فصل ششم

- ۱- مخزن کروی به قطر ۲ متر و ضخامت جداره 12_{mm} تحت فشار 5_{Mpa} قرار دارد مقدار تنش در مخزن را محاسبه کنید .



تمرین های دوره ای فصل ششم

۲ - ضخامت جداره مخزن کروی که از ورق St52 و به قطر 80 cm طراحی شده است را برای فشار 40 Mpa محاسبه کنید .

۳ - در ساخت یک مخزن کروی به قطر 2 m از ورق فولادی به ضخامت 2 cm با تنش کششی مجاز 150 Mpa استفاده شده است اگر الکتروود مصرفی $E7018$ باشد و ضریب کیفیت جوش 0.85 باشد حداکثر فشار مخزن را محاسبه کنید.

۴ - لوله فولادی به قطر 40 سانتیمتر و ضخامت 8 میلی متر است و تنش مجاز 125 Mpa می باشد حداکثر فشار درون لوله را محاسبه کنید .



۵ - ضخامت جداره مخزن استوانه ای به قطر 45 cm که از فولاد با تنش کششی مجاز 450 Mpa ساخته شده است را برای فشار 10 Mpa محاسبه کنید.

۶ - با استفاده از نمودار ضخامت جداره مخزن استوانه ای به قطر ۳ متر را برای فشار ۴ اتمسفر محاسبه کنید (تنش مجاز فولاد 140 Mpa می باشد)

۷ - سوال ۶ را با استفاده از روش محاسباتی حل کنید.



پیوست‌ها و فهرست منابع

جدول ۱- خواص مکانیکی مواد - فلزات



جدول ۱- خواص مکانیکی مواد - غیر فلزات



جدول ۲ - مشخصات نیم رخ‌ها (پروفیل‌ها)



جدول ۳- ضریب تبدیل یکاها



جدول ۴- نشان‌های استفاده شده در کتاب



فهرست منابع



جدول ۱- خواص مکانیکی مواد - فلزات

شکل پذیری درصد ازدیاد طول در mm 50	ضریب انبساط حرارتی ($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	مدول صلابت GPa	مدول کششی GPa	استحکام تسلیم		استحکام نهایی			چگالی kg/m ³	مواد
				برش MPa	کشش MPa	کشش MPa	نشار MPa	کشش MPa		
فولاد										
21	11/7	77/2	200	135	334			355	7860	ساخته‌شده Si37
21	11/7	77/2	200		275			475	7860	آلیاژ Si44
17	11/7	77/2	200		295			540	7860	آلیاژ Si50
21	11/7	77/2	200		355			560	7860	آلیاژ Si52
21	11/7	77/2	200		325			640	7860	آلیاژ Si60
18	11/7	77/2	200		365			750	7860	آلیاژ Si70
فولاد زنگ نزن:										
12	17/3	75	190		520			860	7920	نورد سرد
50	17/3	75	190		260			655	7920	نرم شده
فولاد تقویت شده										
	11/7	77	200		275			480	7860	استحکام متوسط
	11/7	77	200		415			620	7860	استحکام بالا
چدن										
0/5	12/1	28	69			240	655	170	7200	چدن خاکستری
10	12/1	65	165		230	230	620	325	7300	چدن چکش خوار
آلومینیوم										
										آلیاژ 1100-H14 (99% Al)
9	23/6	26	70	55	95	70	110	2710		
13	23/0	27	75	230	400	275	455	2800		آلیاژ 2014-T6
19	23/2		73		325	280	270	2800		آلیاژ 2024-T4
16	23/9		72	130	230	185	315	2630		آلیاژ 5456-H116
17	23/6	26	70	140	240	165	260	2710		آلیاژ 6061-T6
11	23/6	28	72		500	230	570	2800		آلیاژ 7075-T6
مس:										
مس (99.9% Cu)										
25	16/9	24	120		70	150	220	8910		نرم شده
4	16/9	24	120		265	200	390	8910		سخت کشیده
برنج زرد (Cu 90%, Zn 10%)										
8	20/9	39	105	250	410	300	510	8270		نورد سرد
65	20/9	39	105	60	100	220	320	8270		نرم شده
برنج قرمز (Cu 90%, Zn 10%)										
3	18/7	24	120		235	220	585	8740		نورد سرد
48	18/7	24	120		70	210	270	8740		نرم شده
10	9/5		115		830		900	2730		تیتانیوم

جدول ۱- خواص مکانیکی مواد (ادامه) - غیر فلزات

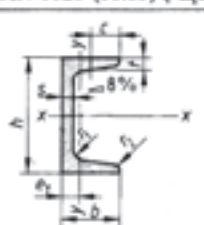
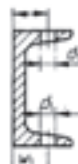
درصد ازدیاد طول در ۵۰mm	ضریب انبساط گرمایی ۱۰۰/°C	مدول صلابت GPa	مدول کشسانی GPa	استحکام تسلیم ^۳		استحکام نهایی			چگالی ^۲ kg/m ^۳	مواد
				کشش MPa	برش MPa	کشش MPa	فشار ^۲ MPa	برش MPa		
										الوار ^۳ چوبی، خشک شده
	۴/۵ تا ۳/۰	۰/۵	۱۰			۷/۶	۳۹	۶۰	۴۱۵	صنوبر
			۱۵			۱۶/۵	۶۳		۷۲۰	گردو
			۹			۷/۶	۳۶	۵۵	۴۱۵	کاج
										بتون
	۹/۹		۲۵				۲۸		۲۳۲۰	استحکام متوسط
										پلاستیک
۵۰	۱۴۴		۲/۸		۴۵		۹۵	۷۵	۱۱۴۰	نایلن، نوع ۶/۶
۱۵۰	۱۳۵		۲/۴		۵۵		۷۵	۵۵	۱۳۴۰	پلی استر PBT (پلاستیک نرم)
۴۰	۱۳۵		۳/۱		۴۵		۷۰	۴۰	۱۴۴۰	وینیل، PVC سخت
								۱۵	۹۱۰	لاستیک
	۷/۲	۴	۷۰			۳۵	۲۴۰	۲۰	۲۷۷۰	گرانیت (مقادیر متوسط)
	۸۰	۴/۱	۶۵				۵۰		۲۱۹۰	شیشه، ۹۸٪ سیلیکا

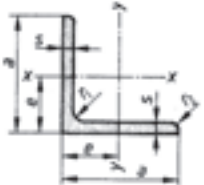

۱. خواص فلزها در نتیجه تغییرات فشار، عملیات گرمایی و مکانیکی بسیار تغییر می کند.

۲. در فلزهای شکل پذیر استحکام در فشار و کشش برابر فرض می شود.

۳. واصل الوارهای چوبی با توجه به بارگذاری به موازات رگه های چوب در نظر گرفته شده است

جدول ۲- مشخصات نیم رخها (پروفیلها)

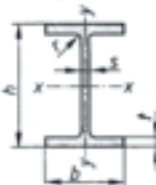
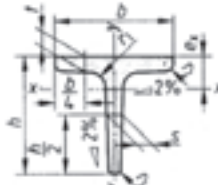
تیرها														
ناودانی - (U - شکل)										اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)				
مقیاسه با (DIN 1026 (10.63)										مشخصه تیر ناودانی به ارتفاع 100mm از St 37 - 2 طبق DIN 17 100				
 $r_1 = t$ $r_2 = \frac{1}{2}t$														
U - پروفیل DIN 1026 - St 37 - 2 - U 100										مشخصه تیر ناودانی به ارتفاع 100mm از St 37 - 2 طبق DIN 17 100				
علامت کوتاه	اندازه ها به mm					سطح - مقطع S cm ²	وزن - طولی m ³ kg/m	فاصله از محور y-y e _y cm	برای محورهای خم				اندازه ها mm	
	h	b	s	t	c				x-x		y-y		w _y	d ₁ max.
U								I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	w _y	d ₁ max.	
30*15	30	15	4	4,5	7,5	2,21	1,74	0,52	2,53	1,69	0,38	0,39	10	6,4
30	30	33	5	7	16,5	5,44	4,27	1,31	6,39	4,26	5,33	2,68	18	8,4
40*20	40	20	5	5,5	10	3,66	2,87	0,67	7,58	3,97	1,14	0,86	11	6,4
40	40	35	5	7	17,5	6,21	4,87	1,33	14,1	7,05	6,68	3,08	18	11
50*25	50	25	5	6	12,5	4,92	3,86	0,81	16,8	6,73	2,49	1,48	16	8,4
50	50	38	5	7	19	7,12	5,59	1,31	26,4	10,6	9,12	3,75	20	11
60	60	30	6	6	15	6,46	5,07	0,91	31,6	10,5	4,51	2,16	18	8,4
65	65	42	5,5	7,5	21	9,03	7,09	1,42	57,5	17,7	14,1	5,07	25	11
80	80	45	6	8	22,5	11,0	8,64	1,45	106	26,5	19,4	6,36	25	13
100	100	50	6	8,5	25	13,5	10,6	1,55	206	41,2	29,3	8,49	30	15
120	120	55	7	9	27,5	17,0	13,4	1,60	364	60,7	43,2	11,1	30	17
140	140	60	7	10	30	20,4	16,0	1,75	605	86,4	62,7	14,8	35	17
160	160	65	7,5	10,5	32,5	24,0	18,8	1,84	925	116	85,3	18,3	35	21
200	200	75	8,5	11,5	37,5	32,2	25,3	2,01	1910	191	148	27,0	40	23
240	240	85	9,5	13	42,5	42,3	33,2	2,23	3600	300	248	39,6	45	25
280	280	95	10	15	47,5	53,3	41,8	2,53	6280	448	399	57,2	50	25
300	300	100	10	16	50	58,8	46,2	2,70	8030	535	495	67,8	55	25

نیشی دو طرف مساوی																		
مقیاسه با (DIN 1028 (10.76)										اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)								
مشخصه نیشی با عرض بازوی 45 mm و ضخامت پای 5 mm طبق US137 - 2										مشخصه نیشی با عرض بازوی 45 mm و ضخامت پای 5 mm طبق US137 - 2								
 $r_1 = s$ $r_2 = \frac{s}{2}$																		
L - پروفیل DIN 1028 - US137 - 2 - L 45 * 5										مشخصه نیشی با عرض بازوی 45 mm و ضخامت پای 5 mm طبق US137 - 2								
علامت کوتاه	اندازه ها mm					سطح - مقطع S cm ²	وزن - طولی m ³ kg/m	فاصله محورها e cm	برای محورهای x-x y-y				اندازه ها mm					
	a	s							x-x		y-y		w _y	d ₁ max.				
L								I _x =I _y cm ⁴	W _x =W _y cm ³			w _y	d ₁ max.					
20*3	20	3	1,12	0,88	0,60	0,39	0,28	12,43	4,3	60	6	6,91	5,42	1,69	22,8	5,29		
25*3	25	3	1,42	1,12	0,73	0,79	0,45	15	6,4	60	8	9,03	7,09	1,77	29,1	6,88	35	17
25*4	25	4	1,85	1,45	0,76	1,01	0,58	15	6,4	65	7	8,7	6,83	1,85	33,4	7,18		21
30*3	30	3	1,74	1,36	0,84	1,41	0,65	17	8,4	70	7	9,4	7,38	1,97	42,4	8,43		21
30*4	30	4	2,27	1,78	0,89	1,81	0,86	17	8,4	70	9	11,9	9,34	2,05	52,6	10,6	40	21
35*4	35	4	2,67	2,10	1,00	2,96	1,18	17	8,4	75	7	10,1	7,94	2,09	52,4	9,67		23
35*5	35	5	3,28	2,57	1,04	3,56	1,45	18	11	75	8	11,5	9,03	2,13	58,9	11,0	40	23
40*4	40	4	3,08	2,42	1,12	4,38	1,56	22	11	80	6	9,35	7,34	2,17	55,8	9,57		23
40*5	40	5	3,79	2,97	1,16	5,43	1,91	22	11	80	8	12,3	9,60	2,26	72,3	12,6	45	23
45*4	45	4	3,49	2,74	1,23	6,43	1,97	25	13	80	10	15,1	11,9	2,34	87,5	15,5	45	23
45*5	45	5	4,3	3,38	1,28	7,83	2,43	30	13	90	7	12,2	9,61	2,45	92,6	14,1	50	25
50*5	50	5	4,8	3,77	1,40	11,0	3,05	30	13	90	9	15,5	12,2	2,54	116	18,0		25
50*6	50	6	5,69	4,47	1,45	12,8	3,61	30	13	100	8	15,5	12,2	2,74	145	19,9		25
50*7	50	7	6,56	5,15	1,49	14,6	4,15	35	17	100	10	19,2	15,1	2,82	177	24,7		25
60*5	60	5	5,82	4,57	1,64	19,4	4,45	35	17	100	12	22,7	17,8	2,90	207	29,2		25

جدول ۲- مشخصات نیم رخها (پروفیلها) - (ادامه)

تیرها													
DIN 1025 T1 (10.63) مطابق با						تیر 1 - شکل باریک							
<p>$r_1 = s$ $r_2 = 0,6 \cdot s$</p>						<p>S : اندازه سطح مقطع I : میان سطحی محوری درجه 2 W : منول سطحی محوری m' : وزن طولی</p>			<p>اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)</p>				
						<p>مشخصه تیر 1 - شکل باریک سری - 1 با ارتفاع 180 mm طبق U St44-2 : DIN 17 100 DIN 1025 - U St44 - 2 - I 180 پروفیل - 1</p>							
علامت کوتاه	اندازه ها به mm				سطح- مقطع S cm ²	وزن طولی m' kg/m	برای محورهای خم				اندازه ها mm به		
	l	h	b	s			t	x-x		y-y		w ₁	d ₁ max.
							I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³			
80	80	42	3,9	5,9	7,57	5,94	77,8	19,5	6,29	3,00	22	6,4	
100	100	50	4,5	6,8	10,6	8,34	171	34,2	12,2	4,88	28	6,4	
120	120	58	5,1	7,7	14,2	11,1	328	54,7	21,5	7,41	32	8,4	
140	140	66	5,7	8,6	18,2	14,3	573	81,9	35,2	10,7	34	11	
160	160	74	6,3	9,5	22,8	17,9	935	117	54,7	14,8	40	11	
180	180	82	6,9	10,4	27,9	21,9	1450	161	81,3	19,8	44	13	
200	200	90	7,5	11,3	33,4	26,2	2140	214	117	26,0	48	13	
220	220	98	8,1	12,2	39,5	31,1	3060	278	162	33,1	52	13	
240	240	106	8,7	13,1	46,1	36,2	4250	354	221	41,7	56	17	
260	260	113	9,4	14,1	53,3	41,9	5740	442	288	51,0	60	17	
280	280	119	10,1	15,2	61,0	47,9	7590	542	364	61,2	60	17	
300	300	125	10,8	16,2	69,0	54,2	9800	653	451	72,2	64	21	
320	320	131	11,5	17,3	77,7	61,0	12510	782	555	84,7	70	21	
360	360	143	13,0	19,5	97,0	76,1	19610	1090	818	114	76	23	
400	400	155	14,4	21,6	118	92,4	29210	1460	1160	149	88	23	
DIN 1025 T2 (10.63) مطابق با						تیر 1 - شکل پهن (تیر پال پهن)							
<p>$r_1 = 2 \cdot s$</p>						<p>S : اندازه سطح مقطع I : میان سطحی محوری درجه 2 W : منول سطحی محوری m' : وزن طولی</p>			<p>اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)</p>				
						<p>مشخصه تیر 1 - شکل پهن با سری - IPB با ارتفاع 240 mm از St 52 - 3 طبق DIN 17 100 : DIN 1025 - St 52 - 3 - IPB 240 پروفیل - 1</p>							
علامت کوتاه	اندازه ها به mm				سطح- مقطع S cm ²	وزن طولی m' kg/m	برای محورهای خم				اندازه ها به mm		
	IPB	h	b	s			t	x-x		y-y		یک ردیفه	دوررديفه
							I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	w ₁	w ₂	
100	100	100	6	10	26,0	20,4	450	89,9	167	33,5	56	-	13
120	120	120	6,5	11	34,0	26,7	860	144	318	52,9	66	-	17
140	140	140	7	12	43,0	33,7	1510	216	550	78,5	76	-	21
160	160	160	8	13	54,3	42,6	2490	311	889	111	86	-	23
180	180	180	8,5	14	65,3	51,2	3830	426	1360	151	100	-	25
200	200	200	9	15	78,1	61,3	5700	570	2000	200	110	-	25
220	220	220	9,5	16	91,0	71,5	8090	736	2840	258	120	-	25
240	240	240	10	17	106	83,2	11260	938	3920	327	-	96	35
260	260	260	10	17,5	118	93,0	14920	1150	5130	395	-	106	40
280	280	280	10,5	18	131	103	19270	1380	6590	471	110	-	25
300	300	300	11	19	149	117	25170	1680	8560	571	120	45	28
320	320	300	11,5	20,5	161	127	30820	1930	9240	616	120	45	28
360	360	300	12,5	22,5	181	142	43190	2400	10140	676	-	-	-
400	400	300	13,5	24	198	155	57680	1880	10820	721	-	120	45
450	450	300	14	26	218	171	78890	3550	11720	781	-	-	-
500	500	300	14,5	28	239	187	107200	4290	12620	842	-	120	45
550	550	300	15	29	254	199	136700	4970	13080	872	-	-	-

جدول ۲- مشخصات نیم رخها (پروفیل ها) - (ادامه)

تیرها													
تیر ۱ - شکل متوسط											انباره ها طبق DIN 997 (10.70)		
<p>مقایسه با DIN 1025 T5 (3.65)</p>  <p>S اندازه سطح مقطع I ممان سطحی محوری درجه 2 W مدول سطحی محوری m' وزن طولی</p> <p>مشخصه تیر ۱ - شکل عرض متوسط سری - IPE با ارتفاع 300 mm از St44-2 طبق DIN 17100 IPE 300 - 2 - St 44 - 2 - DIN 1025 پروفیل</p> <p>طول ساخت: 4:15 متر</p>													
علامت کوتاه	انباره ها به mm					سطح مقطع S cm ²	وزن طولی m' kg/m	برای محورهای خم				انباره ها به mm	
	h	b	s	t	r			x-x		y-y		w ₁	d ₁ max.
IPE								I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³		
80	80	46	3,8	5,2	5	7,64	6,0	80,1	20,0	8,49	3,69	26	6,4
100	100	55	4,1	5,7	7	10,3	8,1	171	34,2	15,9	5,79	30	8,4
120	120	64	4,4	6,3	7	13,2	10,4	318	53,0	27,7	8,65	36	8,4
160	160	82	5,0	7,4	9	20,1	15,8	869	109	68,3	16,7	44	13
200	200	100	5,6	8,5	12	28,5	22,4	1940	194	142	28,5	56	13
240	240	120	6,2	9,8	15	39,1	30,7	3890	324	284	47,3	68	17
300	300	150	7,1	10,7	15	53,8	42,2	8360	557	604	80,5	80	23
360	360	170	8,0	12,7	18	72,7	57,1	16270	904	1040	123	90	25
400	400	180	8,6	13,5	21	84,5	66,3	23130	1160	1320	146	96	28
تیر ۲ - لبه بلند و - کف پهن (T - شکل)													
<p>مقایسه با DIN 1024 (3.82)</p>  <p>S اندازه سطح مقطع I ممان سطحی محوری درجه 2 W مدول سطحی محوری m' وزن طولی</p> <p>مشخصه تیر ۲ - لبه بلند با ارتفاع 50 mm از جنس St37 - 2 طبق DIN 17 100 T - پروفیل DIN 1024 - St37 - 2 - T50</p> <p>$r_1 = s$ $r_2 = \frac{h}{2}$ $r_3 = \frac{h+t}{4}$</p>													
علامت کوتاه	انباره ها به mm			سطح مقطع S cm ²	وزن طولی m' kg/m	فاصله از محور x-x e _x cm	برای محورهای خم				انباره ها به mm		
	b=h	s=t					x-x		y-y		w ₁	w ₂	d ₁ max.
T							I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³			
20	20	3	1,12	0,88	0,58	0,38	0,27	0,20	0,20	-	-	3,2	
25	25	3,5	1,64	1,29	0,73	0,87	0,49	0,43	0,34	15	14	3,2	
30	30	4	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,58	17	17	4,3	
40	40	5	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	2,58	1,29	21	22	6,4	
50	50	6	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	6,06	2,42	30	30	6,4	
60	60	7	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	12,2	4,07	34	35	8,4	
80	80	9	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	37,0	9,25	45	45	11	
100	100	11	20,9	16,4	2,74	179	24,6	88,3	17,7	60	60	13	
120	120	13	29,6	23,2	3,28	366	42,0	178	29,7	70	70	17	
140	140	15	39,3	31,3	3,80	660	64,7	330	47,2	80	75	21	
تیر ۳ - لبه پهن													
علامت کوتاه	انباره ها به mm			سطح مقطع S cm ²	وزن طولی m' kg/m	فاصله از محور x-x e _x cm	برای محورهای خم				انباره ها به mm		
	h	b	s=t				x-x		y-y		w ₁	d ₁ max.	
TB							I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³			
30	30	60	5,5	4,64	3,64	0,67	2,58	1,11	8,62	2,87	34	8,4	
35	35	70	6	5,94	4,66	0,77	4,49	1,65	15,1	4,31	37	11	
40	40	80	7	7,91	6,21	0,88	7,81	2,50	28,5	7,13	45	11	
50	50	100	8,5	12,0	9,42	1,09	18,7	4,78	67,7	13,5	55	13	
60	60	120	10	17,0	13,4	1,30	38,0	8,09	137	22,8	65	17	
مشخصه تیر ۳ - لبه پهن با ارتفاع 60 mm از جنس St44 - 2 طبق DIN 17 100 : TB 60 - 2 - St44 - 2 - DIN 1024 پروفیل													

جدول ۲- مشخصات نیم رخها (پروفیلها) - (ادامه)

ورقها																
مقایسه با DIN 1541 (8,75), DIN 1543 (11,81)																
وزن فولادی						وزن آلومینیوم										
ضخامت ورق	وزن سطحی	ضخامت ورق	وزن سطحی	ضخامت ورق	وزن سطحی	ضخامت ورق	وزن سطحی	ضخامت ورق	وزن سطحی	ضخامت ورق	وزن سطحی					
mm	kg/m ²	mm	kg/m ²	mm	kg/m ²	mm	kg/m ²	mm	kg/m ²	mm	kg/m ²					
0,35	2,75	0,70	5,50	1,2	9,42	3,0	23,55	4,75	37,3	10,0	78,5					
0,40	3,14	0,80	6,28	1,5	11,80	3,5	27,4	5,0	38,25	12,0	94,2					
0,50	3,92	0,90	7,07	2,0	15,70	4,0	31,4	6,0	47,1	14,0	109,9					
0,60	4,71	1,0	7,85	2,5	19,60	4,5	35,4	8,0	62,8	15,0	117,75					
نوع معمولی: به صورت ورق یا تسمه طبق DIN 1541 ضخامت 0,35 تا 3 mm ، طبق DIN 1545 ضخامت از 3 تا 150 mm جنس: فولاد آلیاژی و غیر آلیاژی. مشخصه ورق نورد گرم از فولاد RSt 37 - 2 با ضخامت 4,5 mm: DIN 1540 - RSt 37 - 2 - 4,5																
تسمه های براق فولادی																
مقایسه با DIN 174(6,69)																
عرض	وزن طولی m ² به kg/m															
	ضخامت به mm															
mm	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40		
5	0,079	0,098	0,118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
6	0,094	0,118	0,141	0,188	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
8	0,126	0,157	0,188	0,251	0,314	0,377	-	-	-	-	-	-	-	-		
10	0,157	0,196	0,236	0,314	0,393	0,471	-	-	-	-	-	-	-	-		
12	0,188	0,236	0,283	0,377	0,471	0,565	0,754	-	-	-	-	-	-	-		
16	0,251	0,314	0,377	0,502	0,628	0,754	1,00	1,26	-	-	-	-	-	-		
20	0,314	0,393	0,471	0,628	0,785	0,942	1,26	1,57	1,88	2,51	-	-	-	-		
22	0,345	-	0,518	0,691	0,864	1,04	1,38	1,73	2,07	-	-	-	-	-		
25	0,393	0,491	0,589	0,785	0,981	1,18	1,57	1,96	2,36	3,14	3,93	-	-	-		
28	0,440	-	0,659	0,879	1,10	1,32	1,76	2,20	2,64	3,52	4,40	-	-	-		
32	0,502	0,628	0,754	1,00	1,26	1,51	2,01	2,51	(3,01)	4,02	5,02	6,28	-	-		
36	0,565	0,707	0,848	1,13	1,41	1,70	(2,26)	2,83	3,39	(4,52)	5,65	-	-	-		
40	0,628	-	0,942	1,26	1,57	1,88	2,51	3,14	3,77	5,02	6,28	7,85	10,0	-		
45	0,707	-	1,06	1,41	1,77	2,12	2,83	3,53	(4,24)	5,65	7,07	8,83	11,3	-		
50	0,785	-	1,18	1,57	1,96	2,36	3,14	3,93	4,71	6,28	7,85	9,81	12,6	-		
56	-	-	1,32	1,76	2,20	-	3,52	4,40	5,28	7,03	8,79	11,0	14,1	-		
63	-	-	1,48	1,98	2,47	2,97	3,96	4,95	5,93	7,91	9,89	12,4	15,8	19,8		
70	-	-	-	2,20	2,75	3,30	(4,40)	5,50	6,59	8,79	11,0	13,7	-	22,0		
80	-	-	-	-	3,14	3,77	(5,02)	6,28	7,54	10,0	12,6	15,7	-	(25,1)		
90	-	-	-	-	3,53	4,24	(5,65)	7,07	8,48	11,3	14,1	17,7	-	-		
محدوده نظرات: برای ضخامت تا 30mm و عرض تا 100 mm h11 و برای ضخامت بیش از 30 mm h12 است. برای عرض بیش از 100mm انحراف اندازه خاصی صادق است.																
لوله بدون درز دقیق																
مقایسه با DIN 2391 T 1, T 2 (7,81)																
-Ø3	وزن طولی m ² به kg/m															
	ضخامت دیواره به mm															
عرض	0,5	1	1,5	2,0	2,5	3	4	5	5,5	6	8	9	10	12,5	16	18
5	0,056	0,099	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0,068	0,123	0,166	0,197	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	0,092	0,173	0,240	0,296	0,339	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,117	0,222	0,314	0,395	0,462	0,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	0,142	0,271	0,396	0,493	0,586	0,66	0,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	0,191	0,370	0,536	0,691	0,832	0,96	1,18	1,36	1,42	1,48	-	-	-	-	-	-
20	0,240	0,469	0,684	0,888	1,08	1,26	1,58	1,85	1,97	2,07	-	-	-	-	-	-
25	0,302	0,592	0,869	1,13	1,39	1,63	2,07	2,47	2,64	2,81	3,35	-	-	-	-	-
32	0,388	0,765	1,13	1,48	1,82	2,15	2,76	3,33	3,59	3,85	4,74	5,10	5,43	-	-	-
38	0,462	0,912	1,35	1,78	2,19	2,59	3,35	4,07	4,41	4,74	5,92	6,44	6,91	-	-	-
40	0,487	0,962	1,42	1,87	2,31	2,74	3,55	4,32	4,68	5,03	6,31	6,88	7,40	-	-	-
50	-	1,21	1,79	2,37	2,93	3,48	4,54	5,55	6,04	6,51	8,29	9,10	9,86	-	-	-
60	-	1,46	2,16	2,86	3,55	4,22	5,52	6,78	7,39	7,99	10,3	11,3	12,3	14,6	-	-
70	-	1,70	2,53	3,35	4,16	4,96	6,51	8,01	8,75	9,47	12,2	13,5	14,8	17,7	21,3	-
80	-	1,95	2,90	3,85	4,78	5,70	7,50	9,25	10,1	10,9	14,2	15,8	17,3	20,8	25,3	-
100	-	-	-	4,83	6,01	7,18	9,47	11,7	12,8	13,9	18,2	20,2	22,2	27,0	33,1	36,4
120	-	-	-	5,82	7,24	8,66	11,4	14,2	15,5	16,9	22,1	24,6	27,1	33,1	41,0	45,3
160	-	-	-	-	-	11,6	15,4	19,1	21,0	22,8	30,0	33,5	37,0	45,5	56,8	63,0
200	-	-	-	-	-	19,3	24,0	26,4	28,7	37,9	42,4	46,9	57,8	72,6	80,8	-

جدول ۳- ضریب تبدیل یکاها

از یکای قدیمی	به یکای SI	تبدیل تقریبی	تبدیل دقیق تر
طول			
اینچ (in)	میلیمتر (mm)	$\times 25.4$	$\times 25.4$
فوت (°)	متر (m)	$\times 3$	$\times 0.30$
یارد (yd)	متر (m)	$\times 1$	$\times 1.3 \sim 1.2$
جرم			
پوند (lb)	کیلوگرم (kg)	$\times 2$	$\times 0.45$
پوند (lb)	گرم (g)	$\times 454$	$\times 454$
اونس (oz)	گرم (g)	$\times 30$	$\times 28.34$
نیرو			
پوند نیرو (lbf)	نیوتون (N)	$\times 4$	$\times 2 \sim 9$
کیلو پوند (kp)	نیوتون (N)	$\times 10$	$\times 9.8$
کیلوگرم نیرو (kgf)	نیوتون (N)	$\times 10$	$\times 9.8$
گشتاور			
پوند نیرو فوت (lbf.°)	نیوتون متر (N.m)	$\times 3 \sim 2$	$\times 1.36$
فشار - تنش			
psi (lbf/in ²)	N/m ²	$\times 7000$	$\times 6895$
psi (lbf/in ²)	کیلو پاسکال (kPa)	$\times 7$	$\times 6.9$
psi (lbf/in ²)	مگا پاسکال (MPa) یا (N/mm ²)	$\times 7 \sim 1000$	$\times 6.9 \sim 1000$
اتمسفیر (kgf/cm ²)	مگا پاسکال (MPa) یا (N/mm ²)	$\times 10$	$\times 0.98$
توان			
اسب بخار (hp)	کیلو وات (kW)	$\times 4 \sim 3$	$\times 0.746$
انرژی			
kgf.m	ژول (J)	$\times 10$	$\times 9.807$
° lbf	ژول (J)	$\times 7 \sim 9$	$\times 1.35$

جدول ۴- نشان های استفاده شده در کتاب

نشان	کمیت	نشان	کمیت
r	شعاع میله	A	مساحت
s	اندازه جوش شیاری	a	اندازه گلویی موثر جوش گوشه
t	ضخامت	b	عرض
T	گشتاور	d	قطر میله و بازوی گشتاور
V	حجم	D	قطر سوراخ
W	وزن	E	ضریب کشسانی (مدول الاستیسیته)
z	اندازه ساق جوش گوشه	F	بار متمرکز (مانند نیرو)
σ	تنش عمودی	F.S.	ضریب اطمینان
t یا T	تنش برشی	h	ارتفاع
ϵ	کرنش	l یا L	طول
δ یا ΔL	تغییر طول	m	جرم
σ_{ult} یا S_u	استحکام نهایی	P	فشار
σ_y یا S_y	استحکام در نقطه تسلیم	P	توان
σ_{all} یا $\sigma_{مجاز}$	حداکثر تنش مجاز	R	شعاع سوراخ

فهرست منابع

محاسبات فنی تخصصی ، کرمانشاه ، نشر شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران، ۱۳۸۹

جدول و استاندارد های طراحی و ماشین سازی ، فیشر ، ولی نژاد ، نشر طراح ، ۱۳۸۸

Vector Mechanics for Engineers , Statics, P. Beer, E.Johnson, 7 th Edition,2004

Engineering Mechanics Statics,R.C.Hibbelrer,12th Edition

Mechanics of Material , P.Beer,E.Johnson,4 th Edition, 2006

Engineering Mechanics, Statics ,J.Meriam, 4th Edition 1977

Structural Welding Code Steel, AWS D1.1 , 2002

