ایستایی

نیرو و مولفه‌های آن

تجزیه نیروها

برآیند نیروها

گشتاور

تکیه‌گاه‌ها

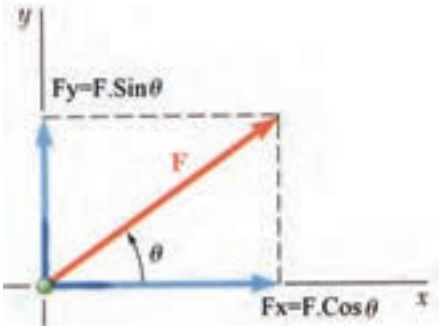
دیاگرام آزاد اجسام و عکس‌العمل تکیه‌گاه‌ها

نیرو و مولفه‌های نیرو

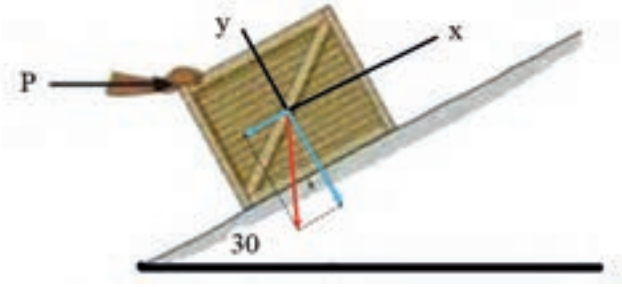
شکل ۱-۱

هرگونه عملی که در یک جسم تمایل به حرکت یا تغییر حرکت ویا تغییر شـکل و انـدازه ایجاد کند را نیـرو می‌گویند. نیرو یک مفهوم برداری می‌باشـد 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 ۹/۸ N تقریباً ۱۰N به سطح زمین وارد می‌کند.

یـک نیرو را می‌تـوان به چندین نیرو تجزیـه 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 افق و عمود نیز می‌باشد. شکلهای (۲-۱) و (۳-۱) تجزیه نیروی F را نشان می‌دهد همان گونه که در شکل (۳-۱) مشاهده می‌کنید مولفه‌های نیروی F منطبق بر راستای افق نمی‌باشد.



شکل ۲-۱



شکل ۳-۱

مثال ۱-۱

مولفه‌های عمودی نیروی $F=۱۰۰KN$ که با محور افق در ربع اول محورهای مختصات زاویه ۲۰° دارد را محاسبه کنید.

خواسته‌ها	داده‌ها
F_x F_y	$F=۱۰۰KN$ $\theta=۲۰^{\circ}$
$F_x = F\cos\theta$ $F_y = F\sin\theta$	

$F_x = ۱۰۰\cos ۲۰ = ۹۳/۹۶ KN$

$F_y = ۱۰۰\sin ۲۰ = ۳۴/۲۰ KN$

تمرین ۱-۱

مولفه‌هـــای عمـــودی نیروی $F=۱۵۰_{KN}$ که با محور افق در ربـــع اول محورهای مختصات زاویه ۳۰° دارد را محاسبه کنید.

مثال ۲-۱

مولفه‌های عمودی نیروی $F=۳۰۰_{KN}$ را که با محور عمود در ربع اول محورهای مختصات زاویه ۳۰° می‌سازد را محاسبه کنید.

داده‌ها	خواسته‌ها
$F=۳۰۰KN$ $\theta=۳۰^{\circ}$	F_x F_y
روابط	
$F_x=F\sin\theta$ $F_y=F\cos\theta$	

$F_x=۳۰۰\sin ۳۰=۱۵۰_{KN}$

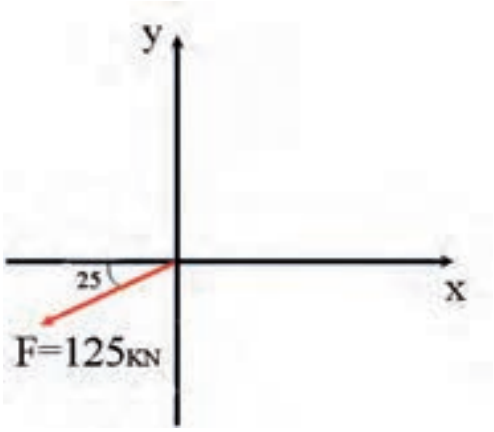
$F_y=۳۰۰\cos ۳۰=۲۵۹/۸_{KN}$

تمرین ۲-۱

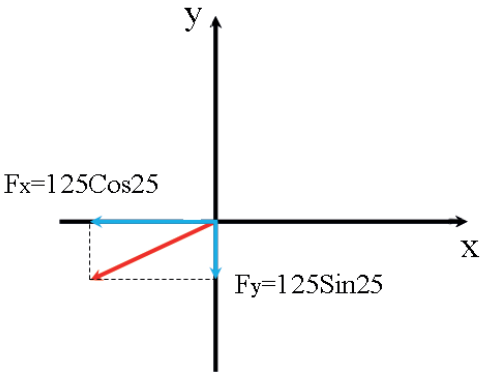
مولفه‌های عمودی نیروی $F=۵۰۰N$ را که با محور عمود در ربع ســـوم محورهای مختصات زاویه ۴۵° می‌سازد را محاسبه کنید.

مثال ۳-۱

در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.



داده‌ها	خواسته‌ها
$F=۱۲۵KN$ $\theta=۲۵^\circ$	F_x F_y
روابط	
$F_x=F\cos\theta$ $F_y=F\sin\theta$	

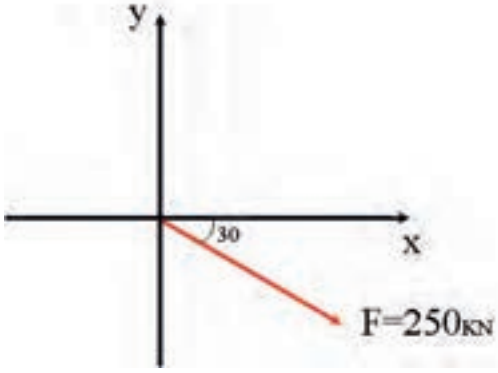


$$F_x=۱۲۵\cos ۲۵=۱۱۳/۲۸KN$$

$$F_y=۱۲۵\sin ۲۵=۵۲/۸۲KN$$

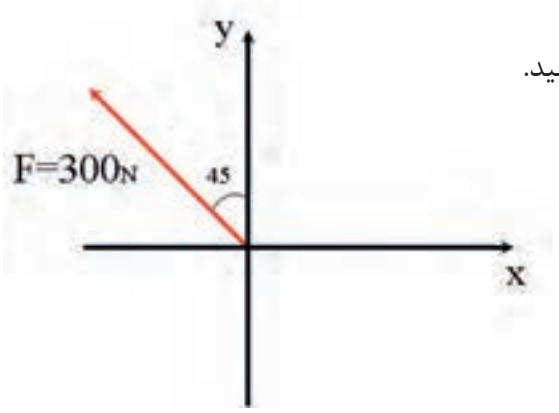
تمرین ۳-۱

در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.



مثال ٤-١

در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.



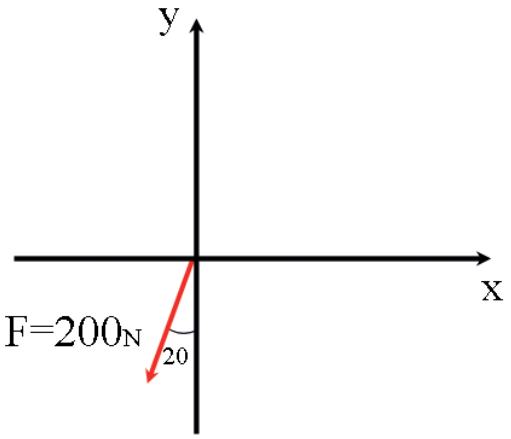
خواسته‌ها	داده‌ها
F_x F_y	$F = ۳۰۰$ $\theta = ۴۵^\circ$
روابط	
$F_x = F\sin\theta$ $F_y = F\cos\theta$	

$F_x = ۳۰۰\sin ۴۵ = ۲۱۲/۱۳N$

$F_y = ۳۰۰\cos ۴۵ = ۲۱۲/۱۳N$

تمرین٤-١

در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.



مثال ۵-۱

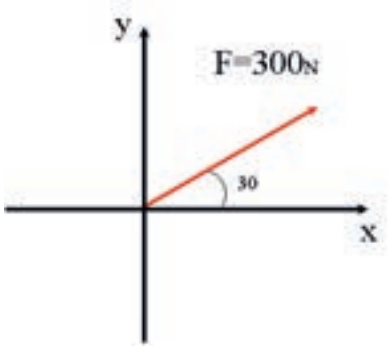
در شکل زیر مولفه‌های عمودی نیروی F را با روش ترسیم تعیین کنید.

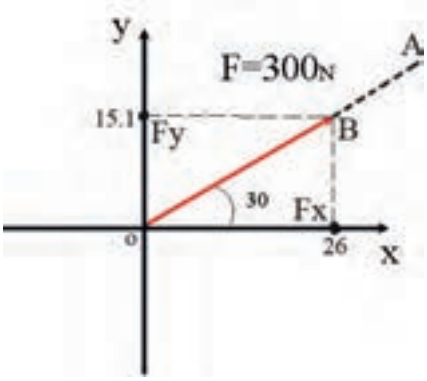
۱ - ابتدا با نقاله زاویه ۳۰ درجه را معین می‌کنیم.

۲ - با مقیاس مناسب (مثلاً برای هر ۱۰۰ نیوتن یک سانتی‌متر) پاره خط OB را به اندازه سه سانتی‌متر مشخص می‌کنیم.

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

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





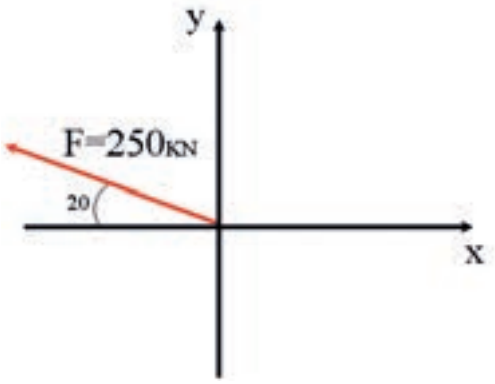
خواسته‌ها	داده‌ها
F_x F_y	$F = ۳۰۰$ $\theta = ۳۰^\circ$
با خط کش و مقیاس مناسب رسم و محاسبه می‌گردد	

$F_y = ۱۵/۱mm \rightarrow F_x = ۱۵۱N$

$F_x = ۲۶mm \rightarrow F_x = ۲۶۰N$

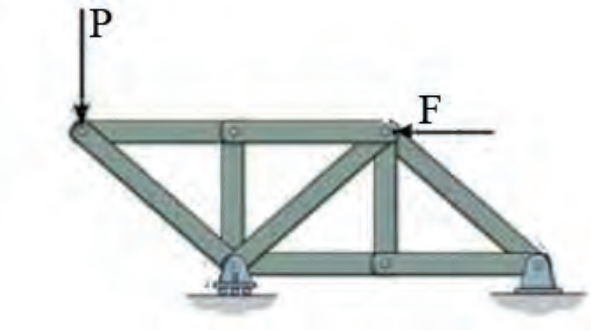
تمرین ۵-۱

در شکل زیر مولفه‌های نیروی F را محاسبه کنید.



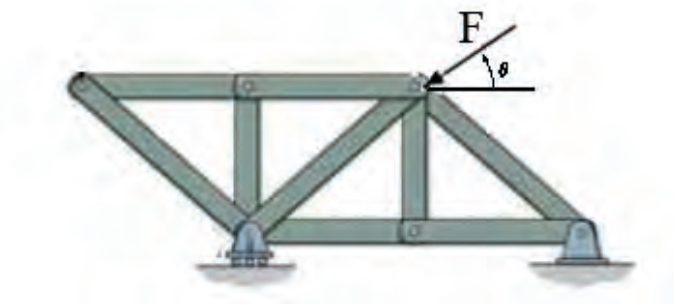
تجزیه نیرو

در اکثر مسائل نیروها با قطعات و اجسام زاویه می‌سازند و باتوجه 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 اســت در ابتدای حل مســئله نیرو را به مولفه‌های عمود بر هم آن تجزیه کرد. برای تجزیه یک نیرو از زاویه نیرو با محورها کمک می‌گیرند.



شکل ۴-۱

برای محاسبه عکس‌العمل‌ها نیازی به تجزیه نیروها نیست. زیرا نیروی F با محور x زاویه ۰ درجه می‌سازد و نیروی P با محور x زاویه ۹۰ درجه می‌سازد.

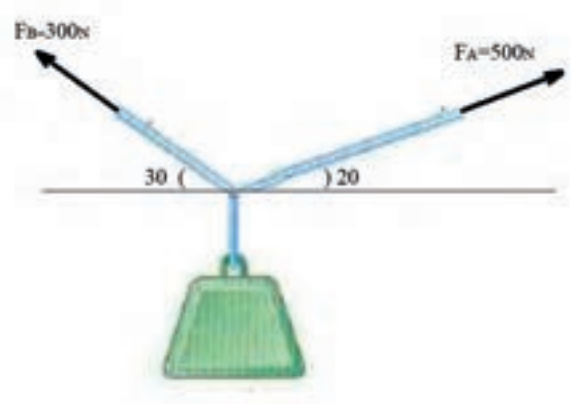


شکل ۵-۱

برای محاســبه عکس‌العمل‌ها بهتر اســت نیروی F را تجزیه کنیم. نیروی F با محور x زاویه θ ســاخته است.

مثال ۶-۱

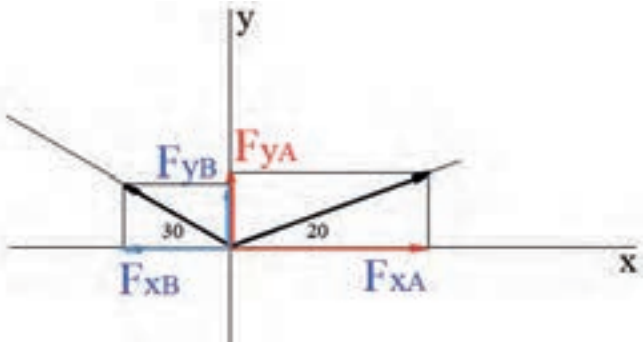
در شکل زیر مولفه نیروهای F_A و F_B را به روش ترسیم محاسبه کنید.



۱ - ابتدا با مقیاس مناسب نیروهای F_A و F_B را در زاویه‌های مشخص شده رسم می‌کنیم.

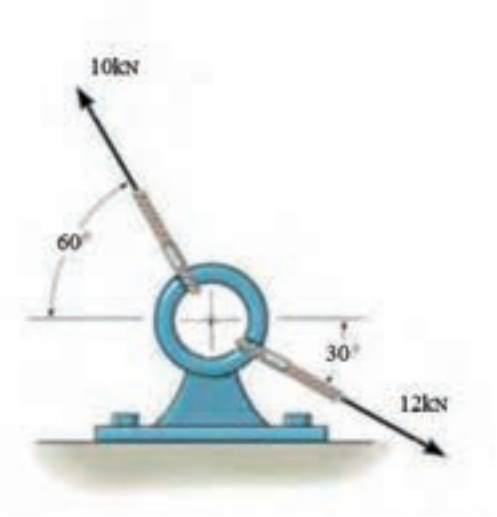
۲ - از انتهای بردار F_A و انتهای بردار F_B خطوی موازی محورهای x و y رسم می‌کنیم.

۳ - با توجه به مقیاس، F_{xA} و F_{yA} و همچنین F_{xB} و F_{yB} را بدست می‌آوریم.

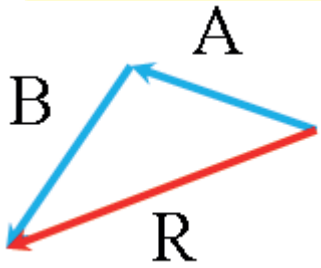


تمرین ۶-۱

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



برآیند نیرو



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

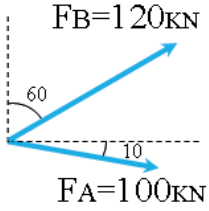
بردار R در شکل مقابل برآیند دو نیرو A و B را نشان می‌دهد و به عبارتی:

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

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

مثال ۷-۱

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



داده‌ها	خواسته‌ها
$F_A = ۱۰۰$ $F_B = ۱۲۰$ $\theta = ۱۰ + ۳۰$	$\vec{R} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$ زاویه β با R F_A
روابط	
$R = \sqrt{F_۱^۲ + F_۲^۲ + ۲F\cos\theta}$	
$\beta = \sin^{-۱}\left(\frac{F_B \sin\theta}{R}\right)$	

$$R = \sqrt{۱۲۰^۲ + ۱۰۰^۲ + ۲ \times ۱۲۰ \times ۱۰۰ \times \cos ۴۰}$$
$$R = ۲۰۶/۸۴ KN$$

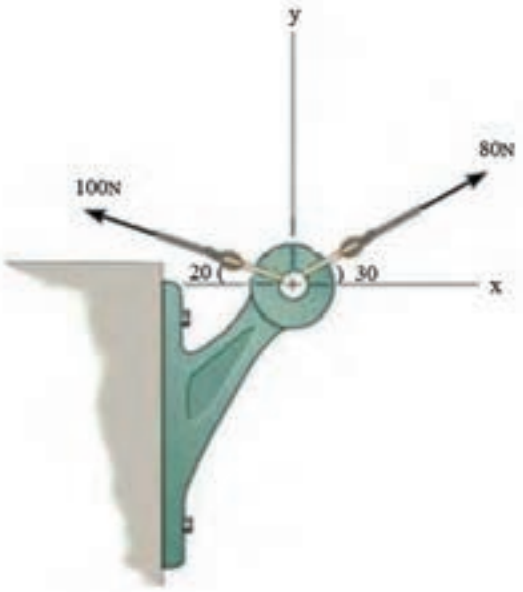
$$\text{زاویه } \beta \text{ با } F_A = \sin^{-۱}\left(\frac{۱۲۰ \sin ۴۰}{۲۰۶/۸۴}\right) = ۲۱^\circ ۸۹$$

تمرین ۷-۱

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

مثال ۸-۱

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



۱ - خطوط d۱ و d۲ را مطابق شکل تحت زاویه‌های ۲۰ و ۳۰ 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 d۱ و d۲ مشخص می‌کنیم.

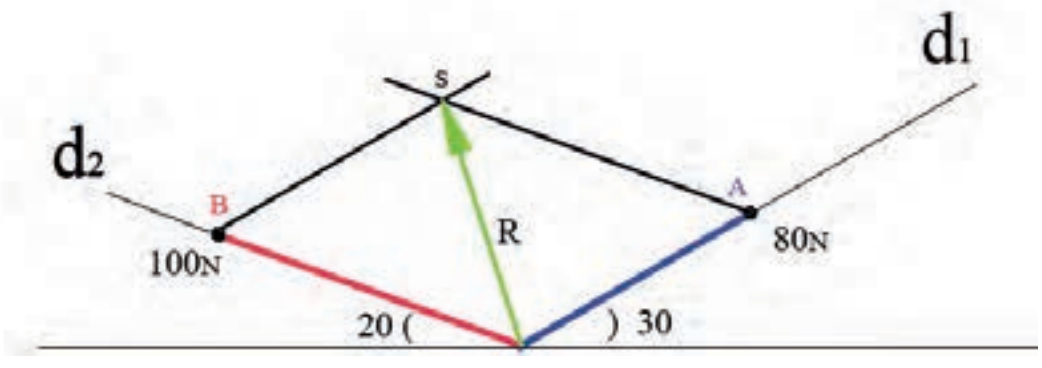
۳- از نقطه A خطی به موازات OB رسم می‌کنیم.

۴- از نقطه B خطی به موازات OA رسم می‌کنیم.

۵ - با ترسیم پاره‌خط OS، بردار R بدست می‌آید.

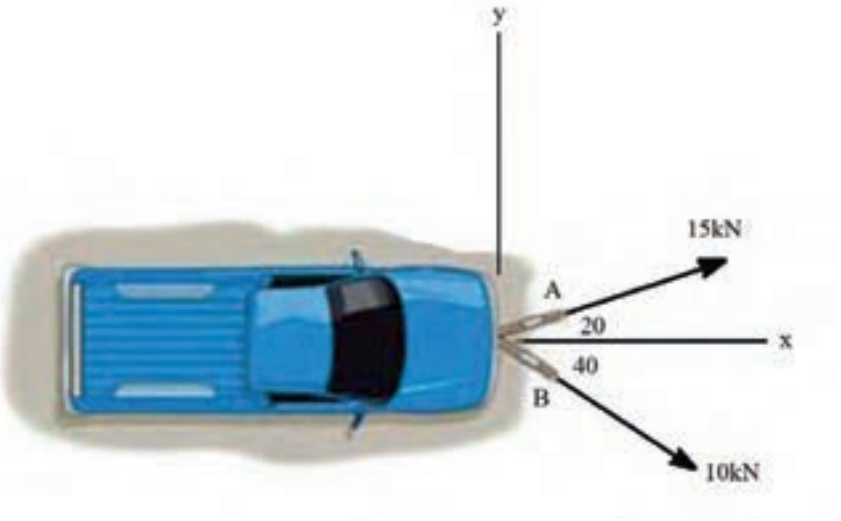
اندازه بردار R را با خط کش بدست آورده و در مقیاس نیرو (۱۰) ضرب می‌کنیم حاصل معادل برآیند دو بردار ۸۰ و ۱۰۰ نیوتنی می‌باشد.

$R = ۷۸۱ \ N$



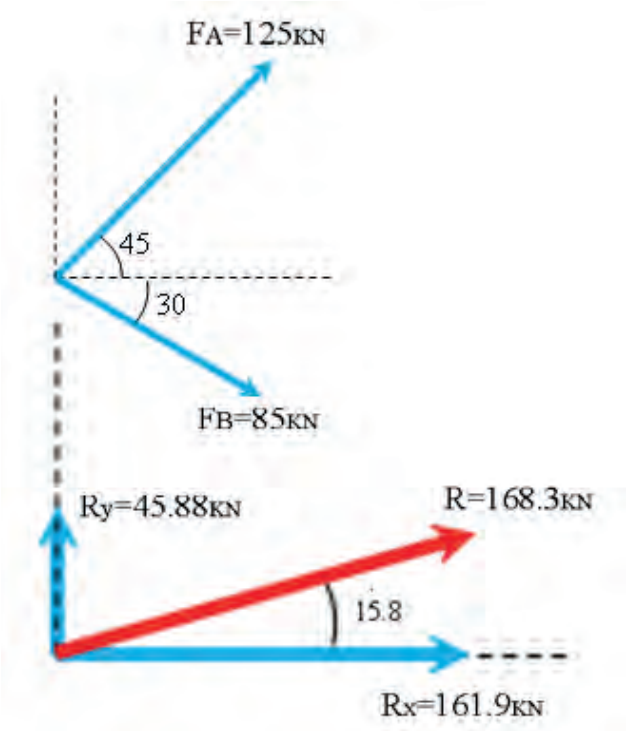
تمرین۸-۱

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.



خواسته‌ها	داده‌ها
$\vec{R} = \vec{F}_A + \vec{F}_B$ θ_R	$F_A = ۱۲۵$ $F_B = ۸۵$ $\theta_A = ۴۵$ $\theta_B = ۳۰$
روابط	
$F_x = F\cos\theta$ $F_y = F\sin\theta$	
$\vec{R}_x = \vec{F}_{xA} + \vec{F}_{xB}$ $\vec{R}_y = \vec{F}_{yA} + \vec{F}_{yB}$ $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$	

$$F_{xA} = ۱۲۵ \times \cos ۴۵ = ۸۸/۳۸ KN$$

$$F_{yA} = ۱۲۵ \sin ۴۵ = ۸۸/۳۸ KN$$

$$F_{xB} = ۸۵ \cos ۳۰ = ۷۳/۶۱ KN$$

$$F_{yB} = ۸۵ \sin ۳۰ = ۴۲/۵ KN$$

$$R_x = ۸۸/۳۸ + ۷۳/۶۱ = ۱۶۱/۹۹ KN$$

$$R_y = ۸۸/۳۸ - ۴۲/۵ = ۴۵/۸۸ KN$$

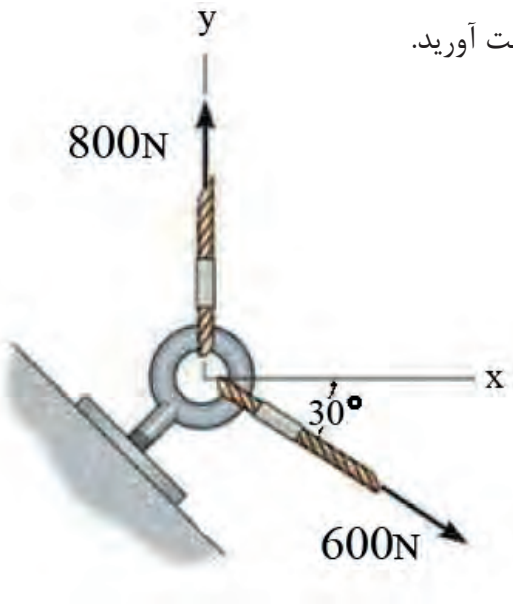
$$R = \sqrt{(۱۶۱/۹۹)^۲ + (۴۵/۸۸)^۲} = ۱۶۸/۳۶ KN$$

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

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

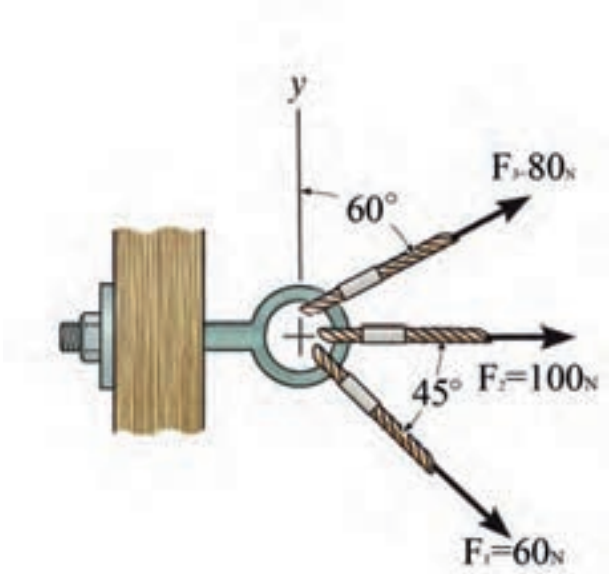
تمرین۹-۱

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



مثال ۱۰-۱

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



خواسته‌ها	داده‌ها
$\vec{R}=\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3$ θ_R	$F_۱=۶۰$ $F_۲=۱۰۰$ $F_۳=۸۰$ $\theta_۱=۴۵$ $\theta_۲=۰$ $\theta_۳=۳۰$
روابط	
$F_x=F\cos\theta$ $F_y=F\sin\theta$ $\vec{R}_x=\vec{F}_{1x}+\vec{F}_{2x}+\vec{F}_{3x}$ $\vec{R}_y=\vec{F}_{1y}+\vec{F}_{2y}+\vec{F}_{3y}$	
$R=\sqrt{R_x^2+R_y^2}$ $\theta_R=Arc\tan\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$	

$F_{۱x}=۶۰\cos۴۵=۴۲/۴۲$

$F_{۱y}=۶۰\sin۴۵=۴۲/۴۲$

$F_{۲x}=۱۰۰$

$F_{۲y}=۰$

$F_{۳x}=۸۰\cos۳۰=۶۹/۲۸$

$F_{۳y}=۸۰\sin۳۰=۴۰$

$R_x=۴۲/۴۲+۱۰۰+۶۹/۲۸=۲۱۱/۷$

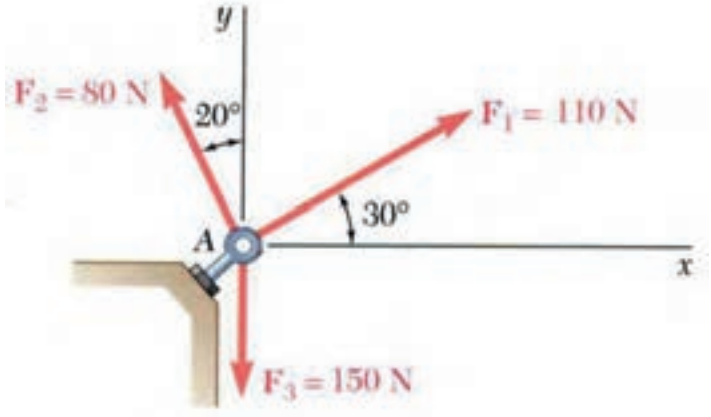
$R_y=۴۲/۴۲+۴۰=۸۲/۴۲$

$R=\sqrt{(۲۱۱/۷)^۲+(۸۲/۴۲)^۲}=۲۲۷/۱۷$

$\theta_R=Arc\tan\left(\frac{۸۲/۴۲}{۲۱۱/۷}\right)=۲۱/۲۷^\circ$

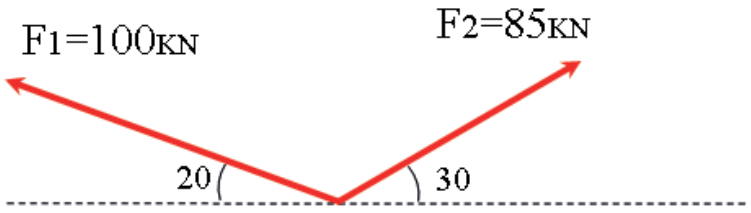
تمرین۱۰-۱

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



مثال ۱۱-۱

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



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

$$R=\sqrt{(100)^2+(85)^2+2\times85\times100\times\cos130}$$

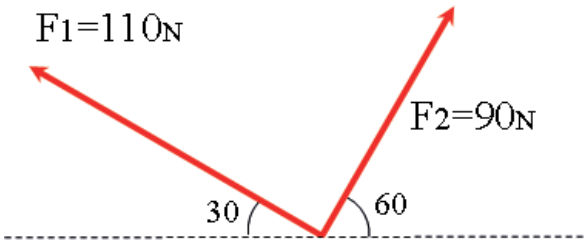
$$R=79/35KN$$

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

$$\text{زاویه}\ \beta=\sin^{-1}\left(\frac{100\sin130}{79/35}\right)=74/88\quad \text{با}\ R\ F_2$$

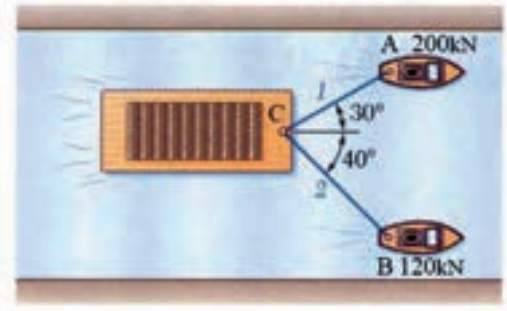
تمرین ۱۱-۱

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



مثال ۱۲-۱

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



خواسته‌ها	داده‌ها
$\vec{R}=\vec{F}_A+\vec{F}_B$ R زاویه β با F_A	$F_A=۲۰۰$ $F_B=۱۲۰$ $\theta=۷۰$
روابط	
$R=\sqrt{F_۲^۲+F_۲^۲+۲F\cos\theta}$ $\beta=\sin^{-1}\left(\frac{F_B\sin\theta}{R}\right)$	

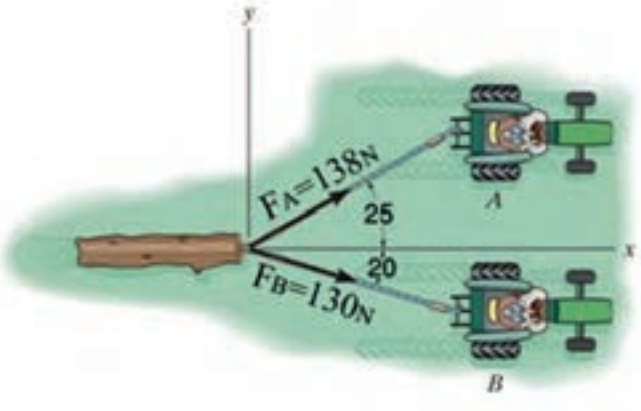
$$R=\sqrt{(۱۲۰)^۲+(۲۰۰)^۲+۲\times۱۲۰\times۲۰۰\cos۷۰}$$

$$R=۲۶۶/۱$$

$$\text{زاویه}\beta=\sin^{-۱}\left(\frac{۱۲۰\sin۷۰}{۲۶۶/۱}\right)=۲۵^\circ \quad \text{با } R \; F_A$$

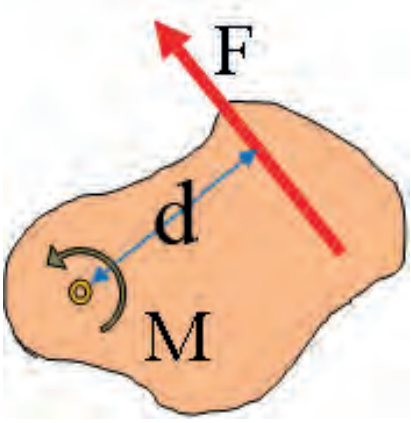
تمرین ۱۲-۱

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



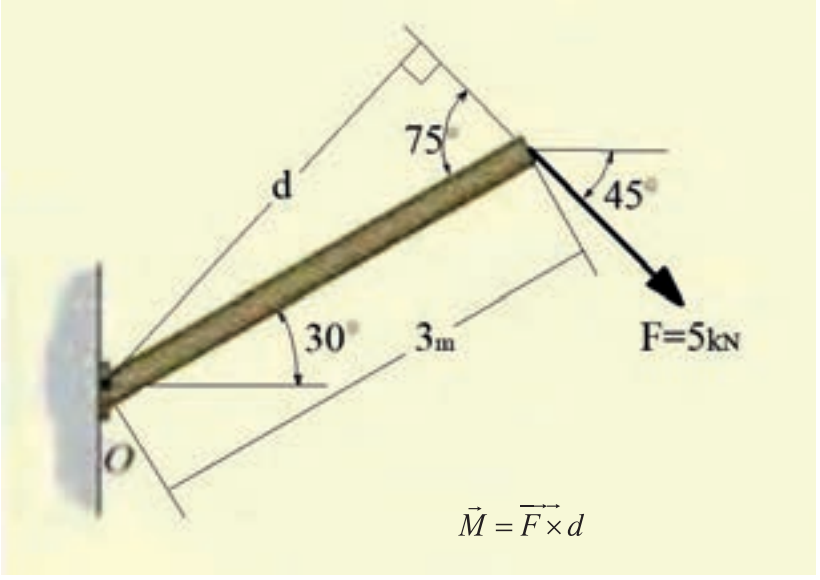
گشتاور

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 ودر شکل (۶-۱) میزان گشتاور حول نقطه (O) از رابطه $\vec{M} = \overrightarrow{F} \times d$ بدست می‌آید.



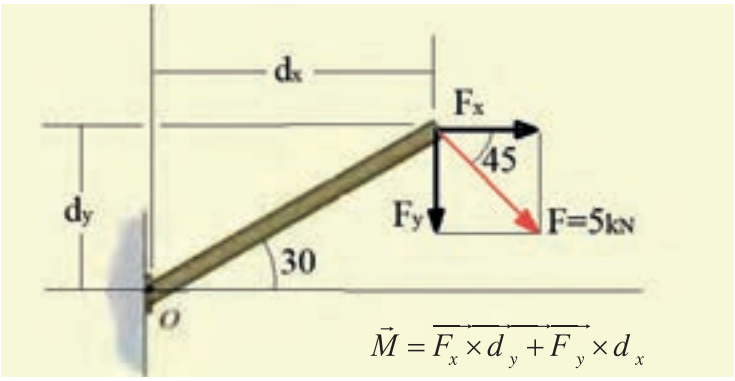
شکل ۶-۱

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 (۷-۱) این روش را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱

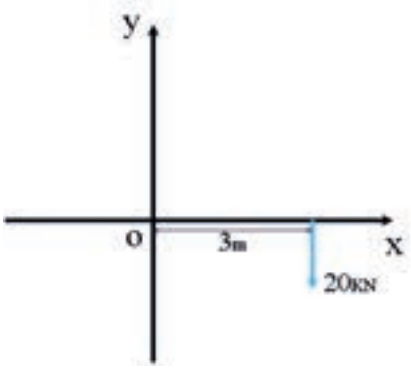
در روش دوم نیرو را به دو مولفه ی عمود بر هم و منطبق با محورهای مسـئله تجزیه می‌کنند و گشـتاور هرکدام از مولفه‌ها را جداگانه محاسـبه می‌کنند و در انتها گشـتاورها را به شـکل جبری با یکدیگر جمع می‌کنند. مراحل انجام این روش در شکل (۸-۱) نشان داده شده است.



شکل ۸-۱

مثال ۱۳-۱

گشتاور نیرو حول نقطه O محاسبه کنید.

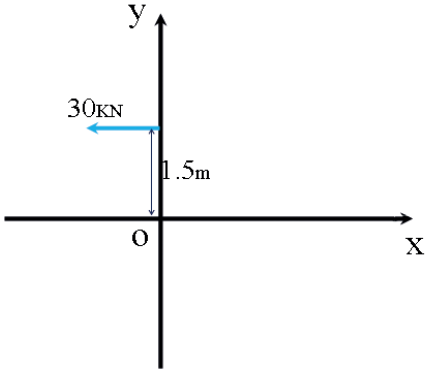


داده‌ها	خواسته‌ها
d = ۳ F = ۲۰	M
روابط	
M=F.d	

$M = ۳ \times ۲۰ = ۶۰ KN.m +$

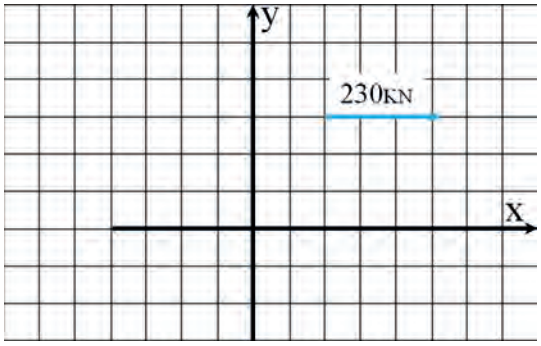
تمرین ۱۳-۱

گشتاور نیرو را حول نقطه O محاسبه کنید.



مثال ۱-۱۴

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.

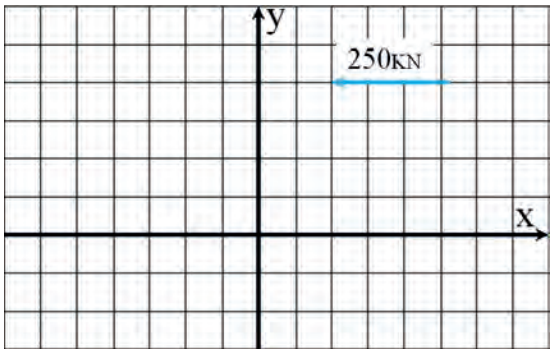


داده‌ها	خواسته‌ها
$d=۳$ $F=۲۳۰$	M
روابط	
M=Fd	

$$M = ۳ \times ۲۳۰ = ۶۹۰_{KN.m}$$

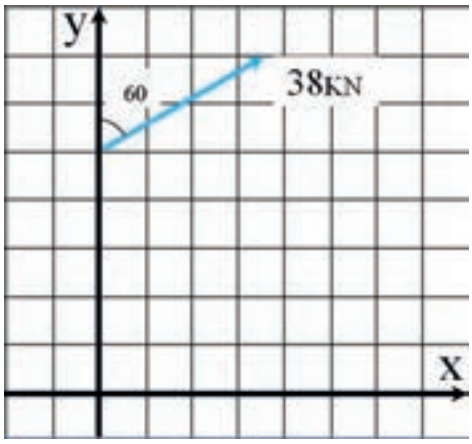
تمرین ۱-۱۴

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.



مثال ۱۵-۱

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.



۱ - ابتدا باید نیرو را به مولفه‌های آن تجزیه کنیم

$F_x = ۳۸\sin ۶۰ = ۳۲/۹$

$F_y = ۳۸\cos ۶۰ = ۱۹$

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.

$d_x = ۵$

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

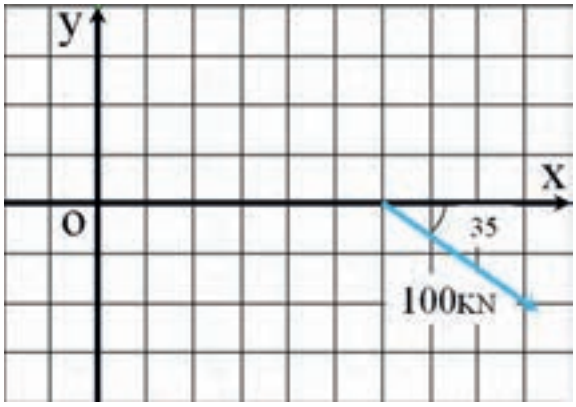
$d_y = ۰$

$M = ۳۲/۹ \times ۵ = ۱۶۴/۵_{KN.m}$

داده‌ها	خواسته‌ها
F = ۳۸KN θ= ۳۰° d = ۵	M
روابط	
M=F.d	

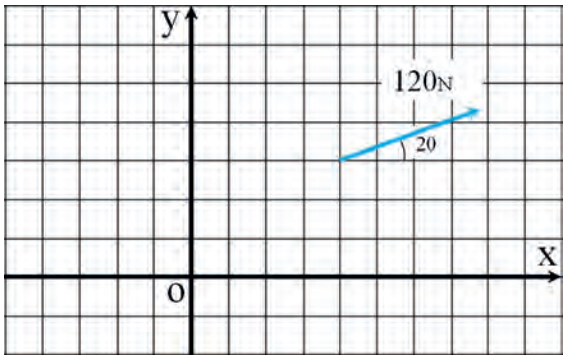
تمرین ۱۵-۱

گشتاور نیرو حول نقطه O بدست آورید.



مثال ۱-۱۶

گشتاور نیرو حول نقطه O محاسبه کنید.



خواسته‌ها	داده‌ها
M	$F=۱۲۰$ $\theta=۲۰^\circ$
روابط	
$M=F.d$ $\vec{M}=\vec{F_x}\vec{d_x}+\vec{F_y}\vec{d_y}$	

$F_x=۱۲۰\cos ۲۰=۱۱۲/۷۶$

$F_y=۱۲۰\sin ۲۰=۴۱/۰۴$

$d_x=۳$

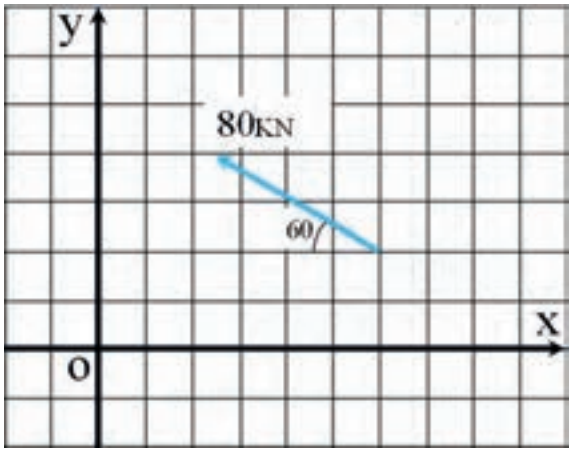
$d_y=۴$

$M=۴\times ۴۱/۰۴-۱۱۲/۷۶\times ۳=-۱۷۴/۱۲ N.mm$

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

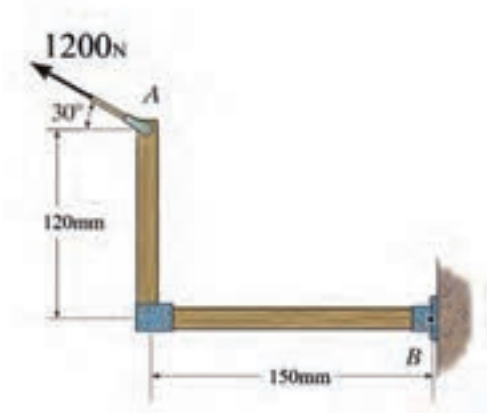
تمرین ۱-۱۶

گشتاور نیرو حول نقطه O حساب کنید.



مثال ۱-۱۷

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



خواسته‌ها	داده‌ها
M_B	$F = ۱۲۰۰$ $\theta = ۳۰^\circ$ d_x d_y
روابط	
$\vec{M}_B = \overrightarrow{F.d} = \overrightarrow{F_x d_x} + \overrightarrow{F_y d_y}$	

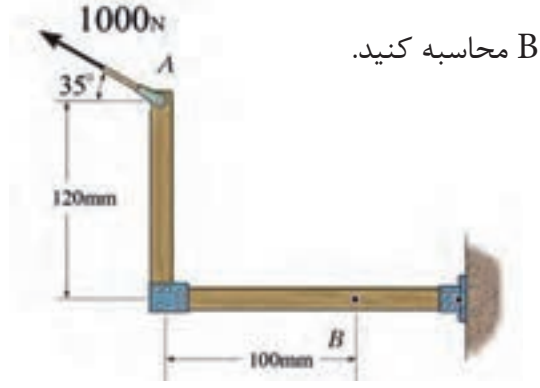
$F_x = ۱۲۰۰\cos ۳۰ = ۱۰۳۹/۲$

$F_y = ۱۲۰۰\sin ۳۰ = ۶۰۰$

$M = ۱۰۳۹/۲ \times ۱۲۰ - ۶۰۰ \times ۱۵۰ = ۳۴۷۰۴ \text{N.mm}$

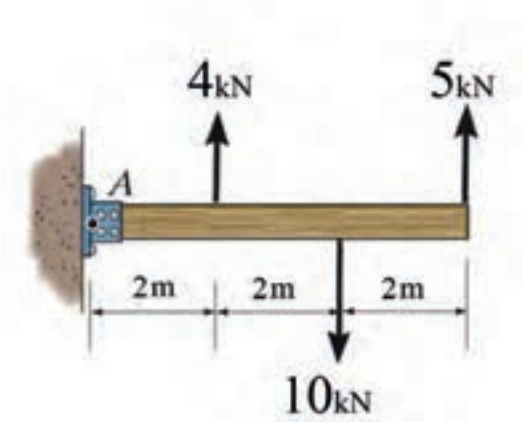
تمرین ۱-۱۷

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



مثال ۱۸-۱

گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.

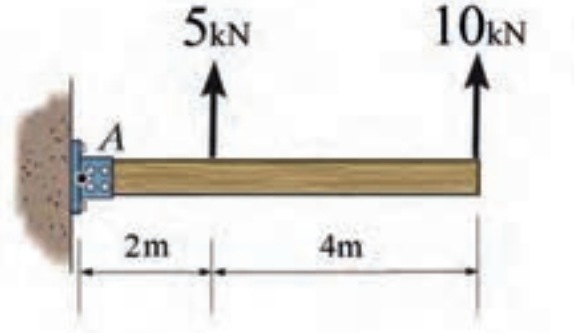


$$M_A = ۵\times۶ - ۱۰\times۴ + ۴\times۲ = -۲_{KN.m}$$

$$M_A = -۲_{KN.m}$$

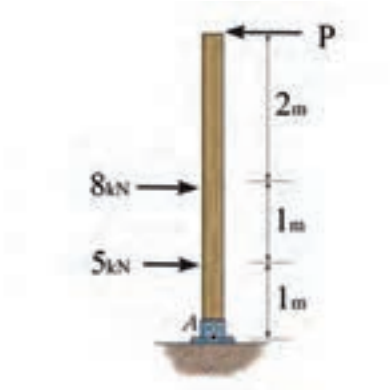
تمرین ۱۸-۱

گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.



مثال ۱۹-۱

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

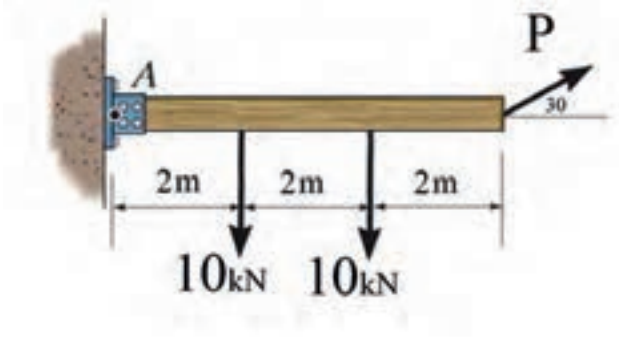


$$M_A = P\times ۴ - ۸\times ۲ - ۵\times ۱ = ۰$$

$$P = \frac{۸\times ۲ + ۵}{۴} = ۵/۲۵_{KN}$$

تمرین ۱۹-۱

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



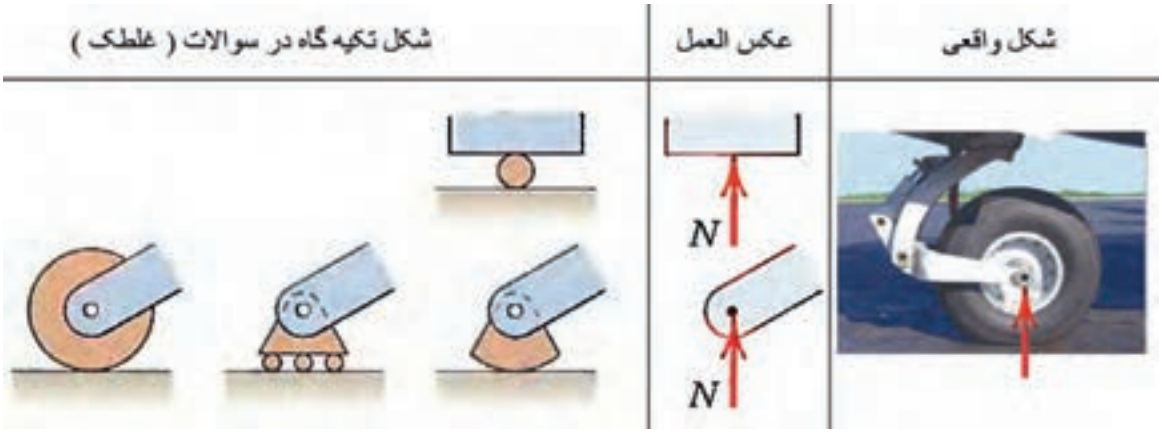
تکیه‌گاه‌ها

محل اتصال اجسام به یکدیگر و یا با زمین را تکیه‌گاه می‌خوانند. بسته به فرم وشکل اتصال، تکیه‌گاه‌ها به انواع گوناگونی تقسیم بندی می‌شوند اما در این کتاب فقط تکیه‌گاه های که در فضای دو بعدی عمل می‌کنند کار شده است.

تکیه‌گاه‌ها به واسطه تحمل نیروهایی که از اجسام به آن‌ها منتقل می‌گردد اجسام را در حالت تعادل نگاه می‌دارند. محاسبه مقدار نیرو و گشتاوری که به یک تکیه‌گاه وارد می‌شود در طراحی وساخت صحیح آن تکیه‌گاه بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

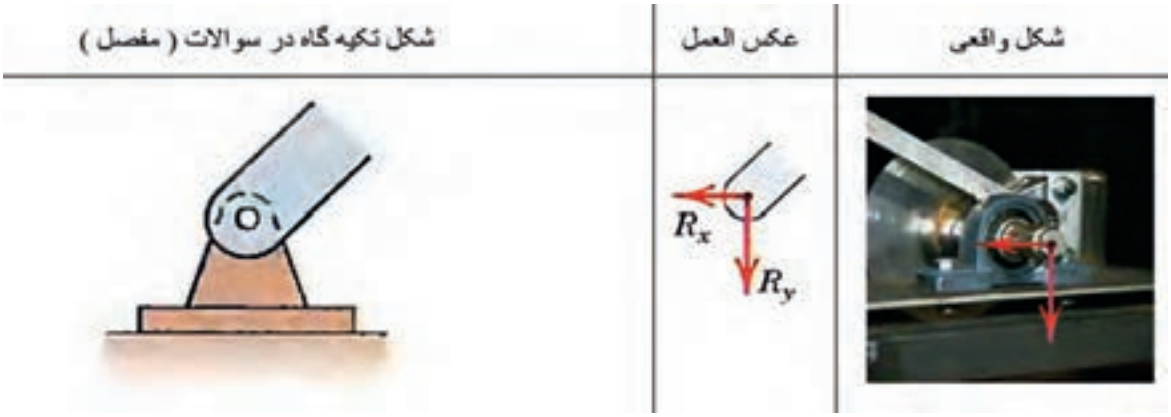
تکیه‌گاه‌های دوبعدی باتوجه به درجه آزادی حرکت خود به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱ - تکیه‌گاه‌هایی که فقط یک حرکت انتقالی در صفحه را محدود می‌کنند (مانند چرخ خودرو، غلطک‌ها). در شکل (۹-۱) مشخصات و جزئیات بیشتری از این گروه تکیه‌گاه‌ها آورده شده است.



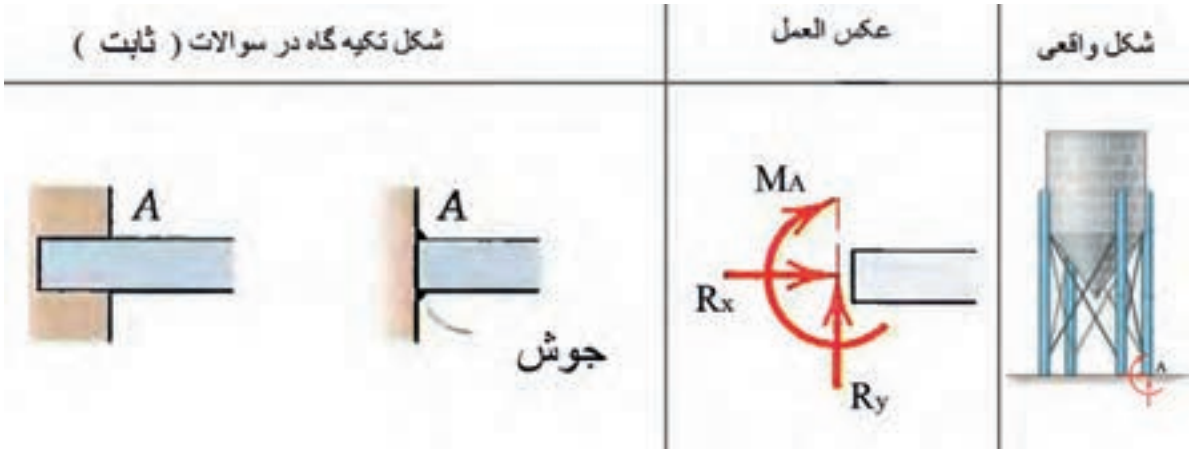
شکل (۹-۱)

۲ - تکیه‌گاه‌هایی که هردو حرکت انتقالی جسم در صفحه را محدود می‌کنند (مانند مفصلها، لولاها، ...). در شکل (۱۰-۱) مشخصات و جزئیات بیشتری از این گروه از تکیه‌گاه‌ها آورده شده است.



شکل ۱۰-۱

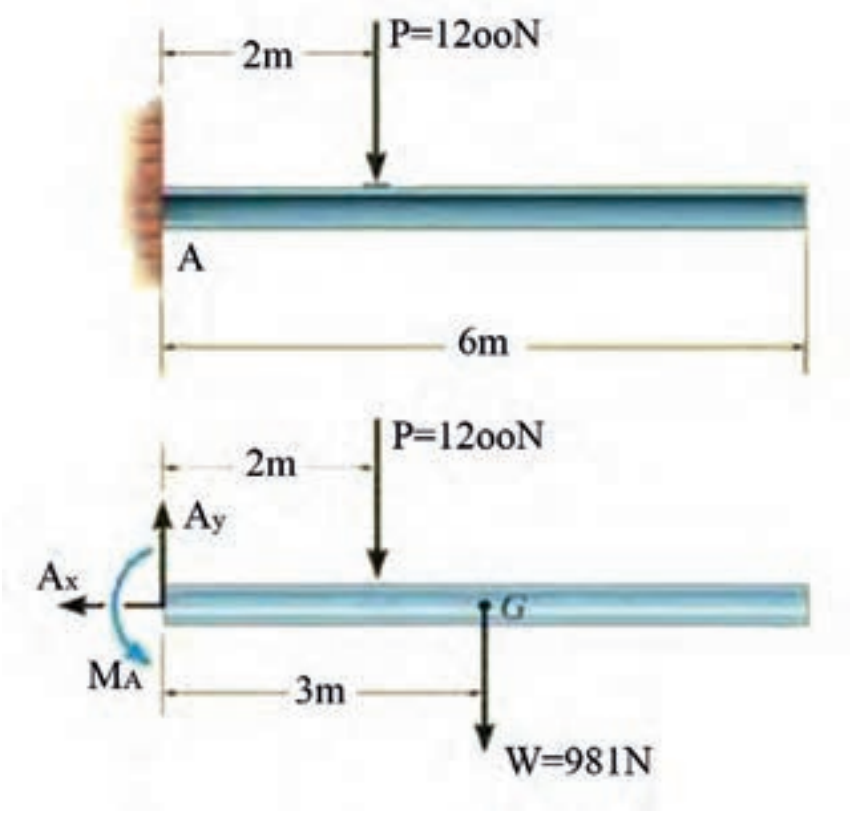
۳ - تکیه‌گاه‌های که نه تنها هر دو حرکت انتقالی در صفحه را محدود می‌کنند بلکه از دوران جسم نیز جلوگیری می‌کنند واجازه ی هیچگونه حرکت و یا دورانی را به جسم نمی‌دهند (پای ستونهای جوشکاری شده- اتصال تیر به ستون که کاملاً جوشکاری شده باشد...). در شکل (۱۱-۱) مشخصات و جزئیات بیشتری از این گروه تکیه‌گاه‌ها آورده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



شکل ۱۱-۱

دیاگرام آزاد اجسام

برای محاسبه و تعیین مقدار نیروهای وارد بر تکیه‌گاه‌ها مدل ساده شده ای 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 (۱۲-۱) یک نمونه از رسم دیاگرام آزاد می‌باشد.



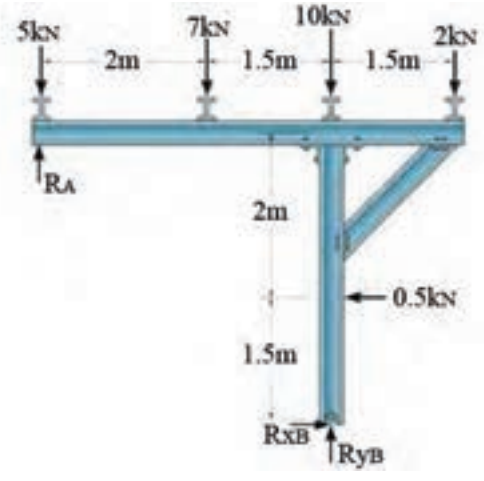
شکل ۱۲-۱

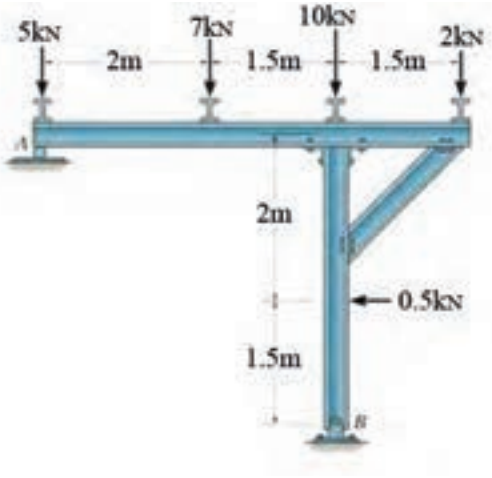
نکته

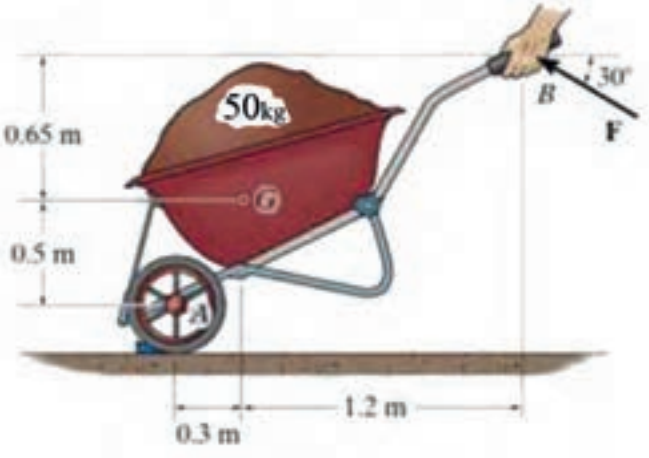
انتخاب جهت نیروها و گشتاورها در تکیه‌گاه‌ها کاملاً اختیاری می‌باشد وبعد از حل مسئله علامت نیرو و یا گشتاور نشان دهنده جهت درست نیرو و یا گشتاور می‌باشد (علامت+ به معنی درست بودن جهت انتخابی و علامت – به معنی اشتباه بودن جهت پیشنهادی می‌باشد)

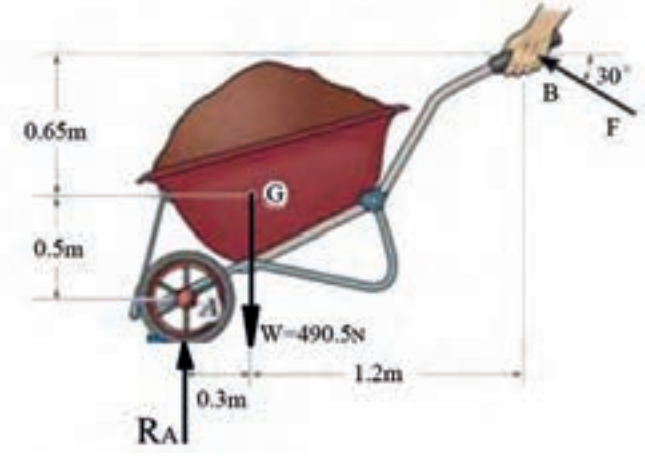
مثال ۲۰-۱

دیاگرام آزاد مسائل زیر را رسم کنید.



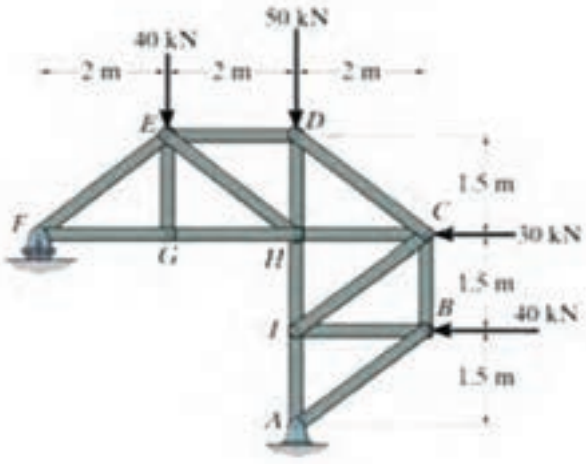


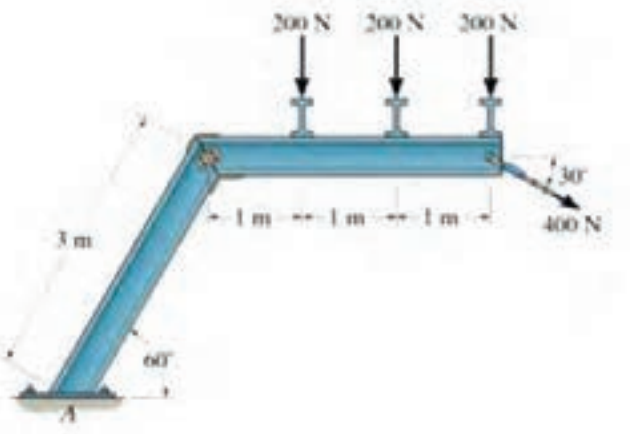




تمرین ۲۰-۱

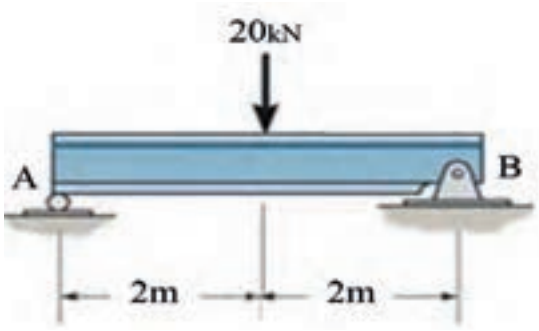
دیاگرام آزاد شکل زیر را رسم کنید.

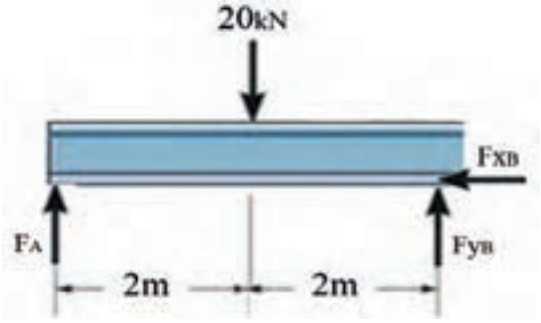




مثال ۲۱-۱

عکس‌العمل تکیه‌گاه‌های A و B را محاسبه کنید.





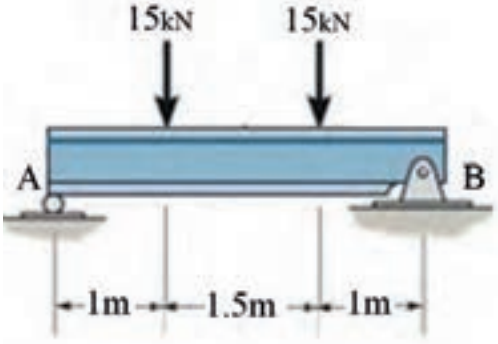
$$\sum M_B = ۰ \Rightarrow -۴F_A + ۲۰ \times ۲ = ۰ \Rightarrow F_A = ۱۰KN$$

$$\sum F_y = ۰ \Rightarrow ۱۰ + F_{yB} - ۲۰ = ۰ \Rightarrow F_{yB} = ۱۰KN$$

$$\sum F_x = ۰ \Rightarrow F_{xB} = ۰$$

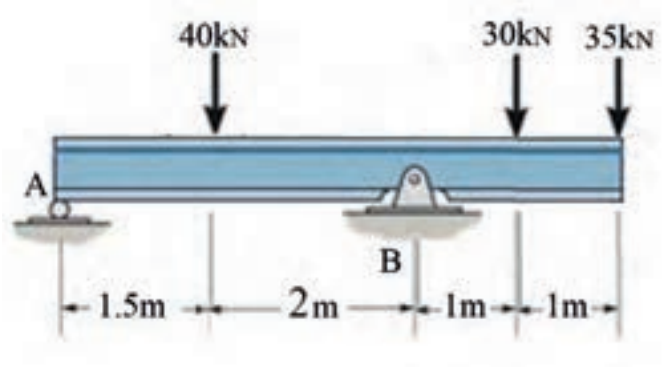
تمرین ۲۱-۱

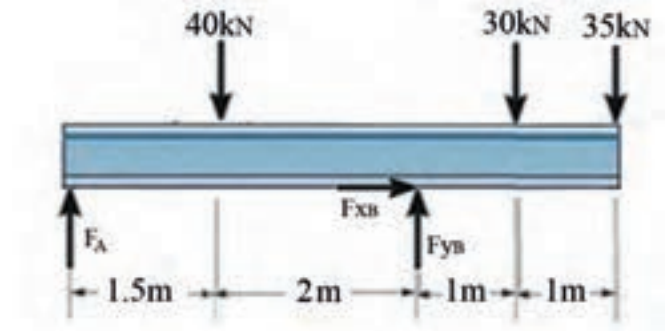
عکس‌العمل تکیه‌گاه‌های A و B را محاسبه کنید.



مثال ۲۱-۱

عکس‌العمل تکیه‌گاه‌های A و B را محاسبه کنید.





$$\sum M_A = ۰$$

$$۳/۵F_{yB} - ۴۰\times ۱/۵ - ۳۰\times ۴/۵ - ۳۵\times ۵/۵ = ۰$$

$$F_{yB} = \frac{۴۰\times ۱/۵ + ۳۰\times ۴/۵ + ۳۵\times ۵/۵}{۳/۵} = ۱۱۰/۷۱ \ KN$$

$$\sum F_y = ۰$$

$$۱۱۰/۷۱ + F_A - ۴۰ - ۳۰ - ۳۵ = ۰$$

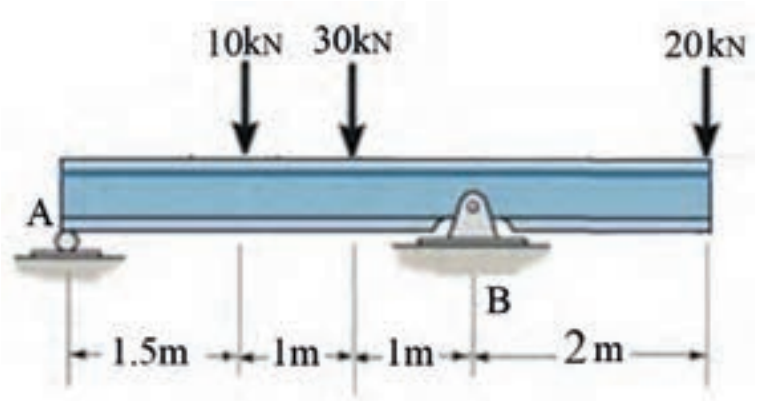
$$F_A = ۴۰ + ۳۰ + ۳۵ - ۱۱۰/۷۱ = -۵/۷۱KN$$

نکته: مقدار نیروی F_A عدد ۵/۷۱ - بدست آمده است که منفی بودن آن نشان می‌دهد که جهت پیشنهادی نیروی F_A در دیاگرام آزاد جسم اشتباه بوده است.

$$\sum F_x = ۰ \Rightarrow F_{xB} = ۰$$

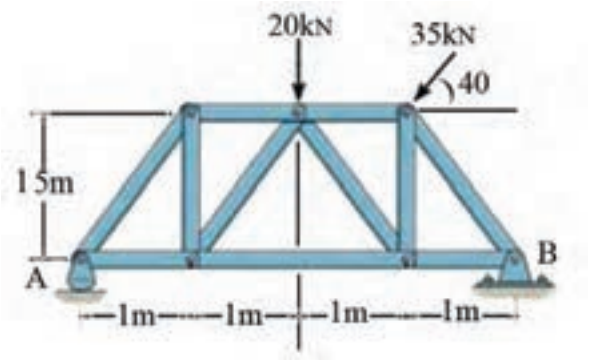
تمرین ۲۲-۱

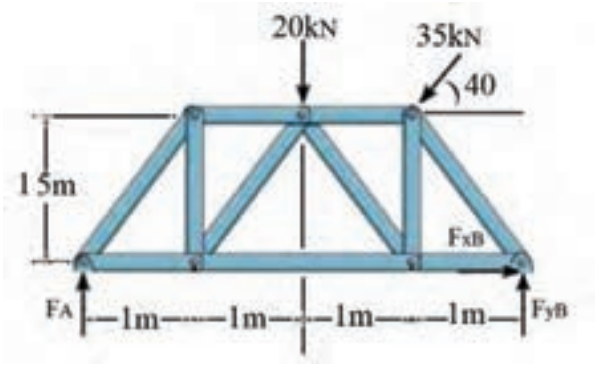
عکس‌العمل تکیه‌گاهی A و E را محاسبه کنید.



مثال ۲۳-۱

عکس‌العمل تکیه‌گاه‌های A و B را محاسبه کنید.





۱ - نیروی ^{۳۵KN} را باید با توجه به زاویه $^{۴۰^\circ}$ به مولفه‌های عمود بر هم تجزیه کرد.

$$\sum M_B = ۰$$

$$-۴F_A + ۲۰\times۲ + ۱\times۳۵\sin۴۰ + ۱/۵\times۳۵\cos۴۰ = ۰$$

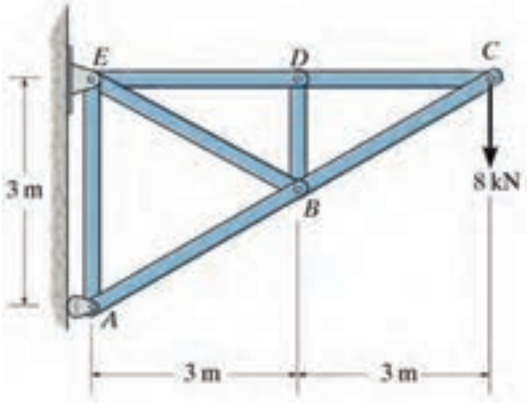
$$F_A = \frac{۴۰ + ۱\times۳۵\sin۴۰ + ۱/۵\times۳۵\cos۴۰}{۴} = ۲۵/۶۷\ _{KN}$$

$$\sum F_y = ۰ \qquad F_{yB} + ۲۵/۶۷ - ۲۰ - ۳۵\sin۴۰ = ۰ \Rightarrow F_{yB} = ۱۶/۸۲_{KN}$$

$$\sum F_x = ۰ \qquad F_{xB} - ۳۵\cos۴۰ = ۰ \Rightarrow F_{xB} = ۲۶/۸۱ KN$$

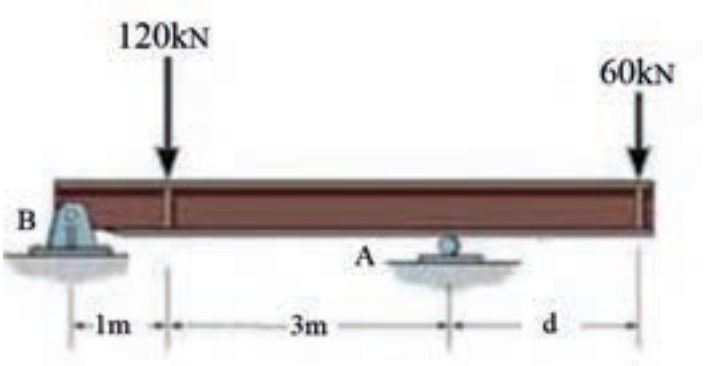
تمرین ۲۳-۱

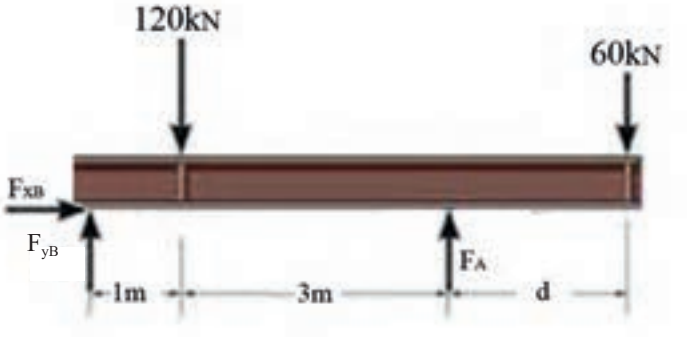
عکس‌العمل‌های تکیه‌گاه‌های A و B را محاسبه کنید.



مثال ۲۴-۱

فاصله d را به شکلی تعیین کنید که نیروی وارد بر تکیه‌گاه A از 120_{KN} بیشتر نشود.





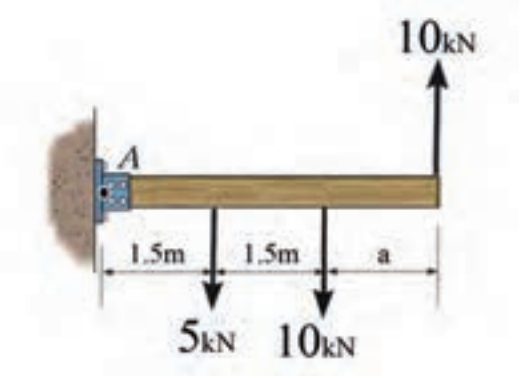
$$\sum M_B = 0 \quad \Rightarrow \quad 120\times 4 - 120\times 1 - 60\times(4+d) = 0$$

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

$$d = \frac{۱۲۰}{۶۰} = ۲m$$

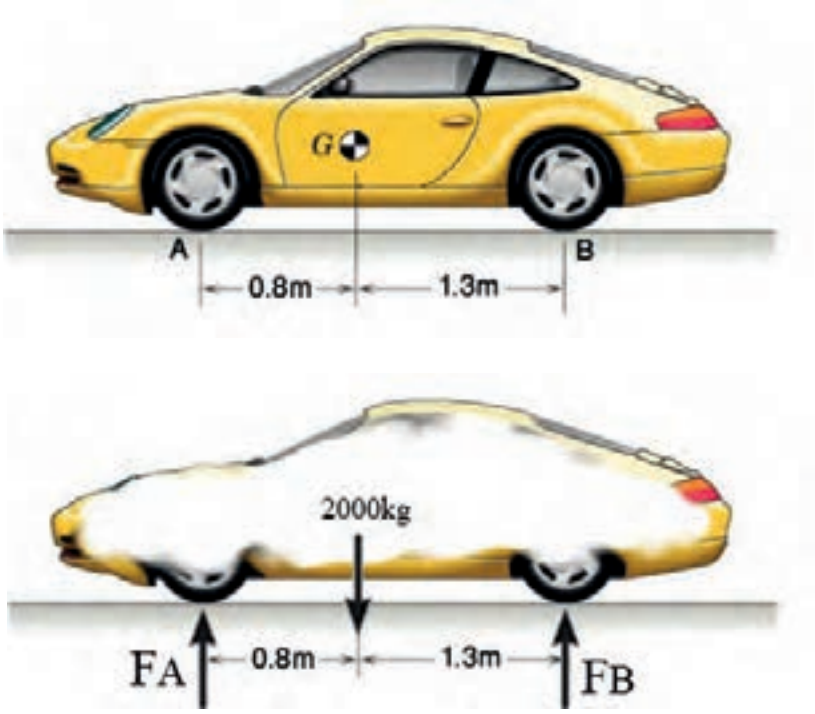
تمرین ۲۴-۱

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



مثال ۲۵-۱

اگر جرم خودرو شکل زیر ۲۰۰۰kg باشد، نیروی وارد بر هر یک از چرخ‌های خودرو را محاسبه کنید.



$$\sum M_B = ۰$$

$$۲/۱ \times F_A - ۲۰۰۰ \times ۹/۸۱ \times ۱/۳ = ۰$$

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

نیروی روی هر کدام از چرخ‌های جلو خودرو

$$\frac{F_A}{۲} = \frac{۱۲۱۴۵/۷}{۲} = ۶۰۷۲/۸ \ N$$

$$\sum F_y = ۰$$

$$F_B + ۱۲۱۴۵/۹ - ۲۰۰۰ \times ۹/۸۱ = ۰$$

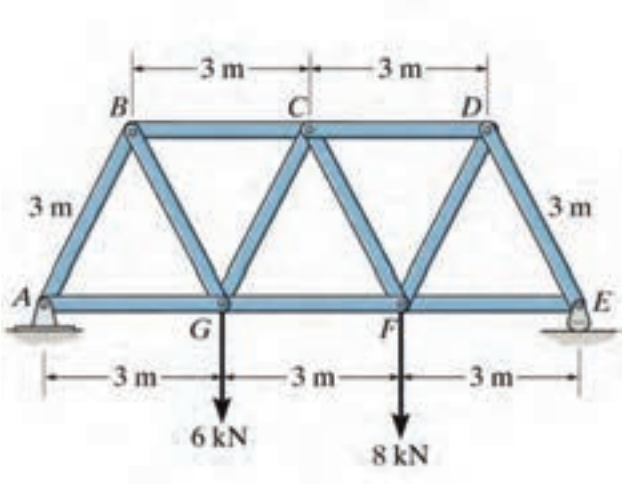
$$F_B = ۷۴۷۴/۱ \ N$$

نیروی روی هر کدام از چرخ‌های عقب خودرو

$$\frac{F_B}{۲} = \frac{۷۴۷۴/۱}{۲} = ۳۷۳۷ N$$

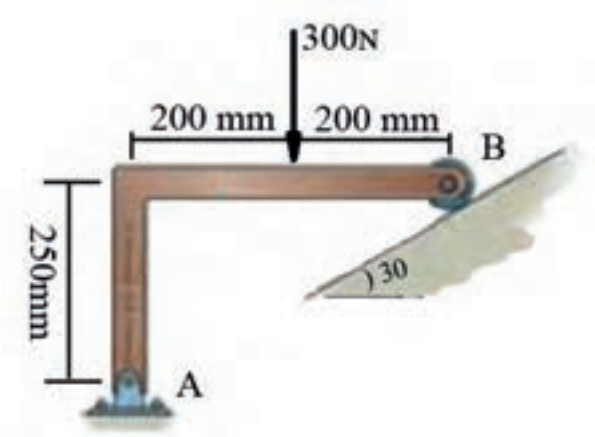
تمرین ۲۵-۱

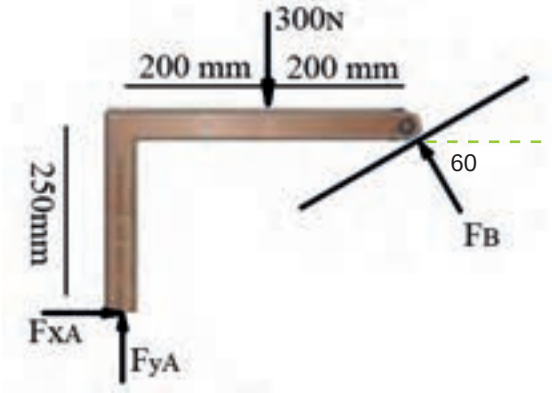
عکس‌العمل‌های تکیه‌گاه‌های A و E را محاسبه کنید.



مثال ۲۶-۱

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





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

$$\sum M_A = ۰$$

$$F_B \sin ۶۰ \times ۴۰۰ + ۲۵۰ F_B \cos ۶۰ - ۳۰۰ \times ۲۰۰ = ۰$$

$$F_B \left(۴۰۰ \sin ۶۰ + ۲۵۰ \cos ۶۰ \right) - ۶۰۰۰ = ۰$$

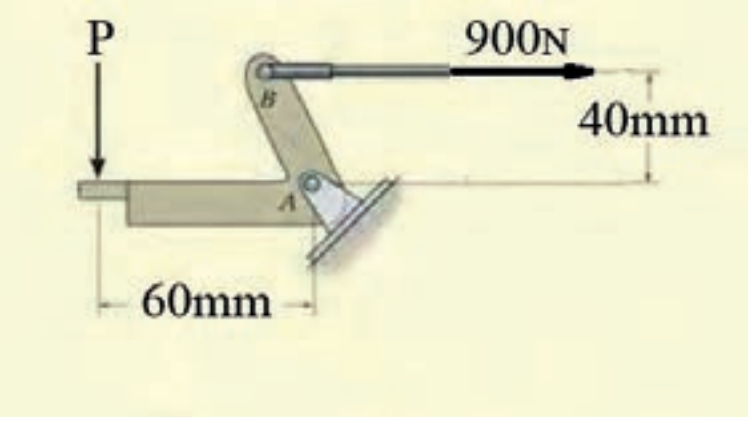
$$F_B = \frac{۶۰۰۰۰}{۴۰۰ \sin ۶۰ + ۲۵۰ \cos ۶۰} = ۱۲۷/۲ \ _N$$

$$\sum F_y = ۰ \ \Rightarrow \ F_{yA} + ۱۲۷/۲ \sin ۶۰ - ۳۰۰ = ۰ \Rightarrow F_{yA} = ۱۸۹/۸ _N$$

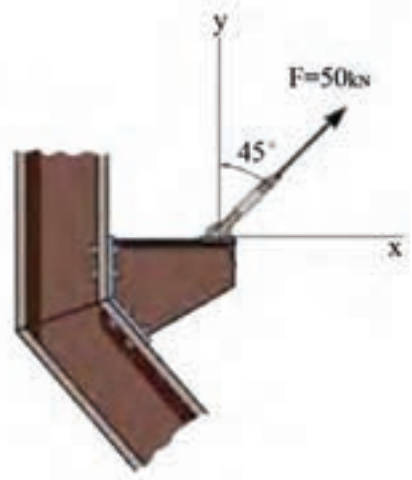
$$\sum F_x = ۰ \quad F_{xA} - F_B \cos ۶۰ = ۰ \Rightarrow F_{xA} = ۱۲۷/۲ \cos ۶۰ = ۶۳/۶ _N$$

تمرین ۲۶-۱

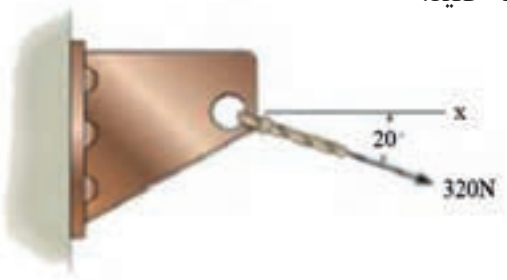
نیروی کشش کابل B معادل ۹۰۰N است، نیروی P که بر پدال وارد می‌شود را محاسبه کنید.



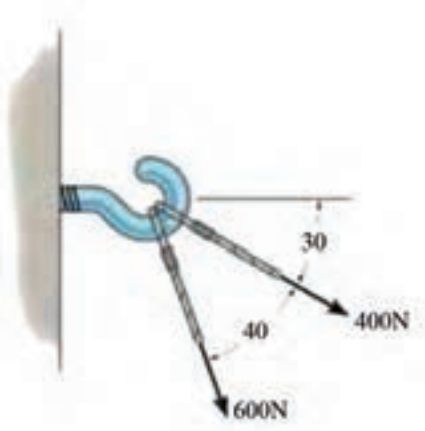
۱ - نیروی کشش کابل در شکل زیر را به مولفه های آن تجزیه کنید.



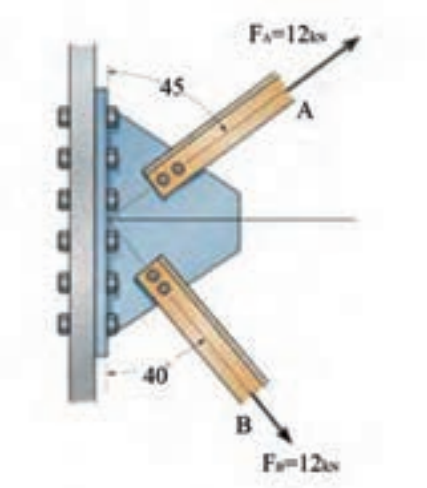
۲ - نیروی ۳۲۰N کابل را به مولفه های آن تجزیه کنید.



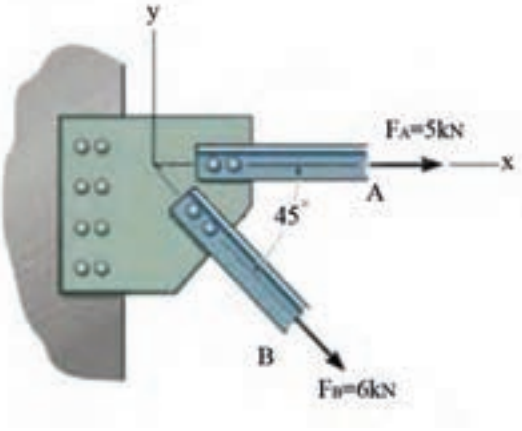
۳ - برآیند نیروهای وارد بر پیچ را با روش های ترسیمی ، محاسباتی و تجزیه بدست آورید.



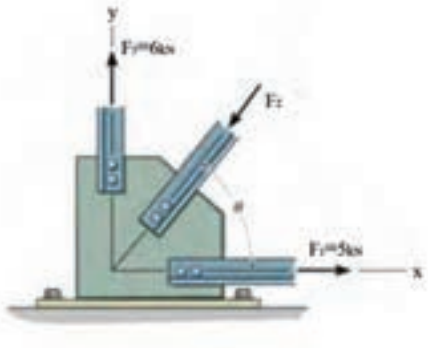
۴ - برآیند نیروهای وارد بر بادبند اتصال شکل زیر را محاسبه کنید.



۵ - برآیند نیروها را در اتصال زیر محاسبه کنید.

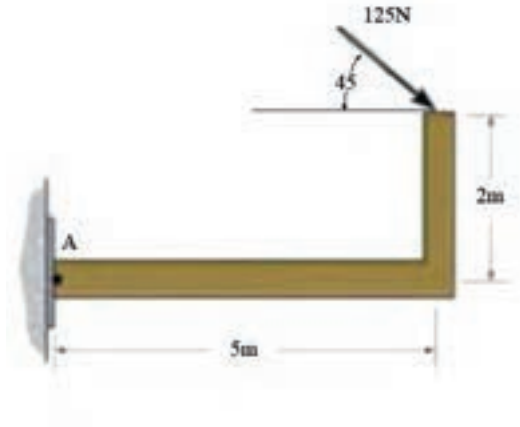


۶ - نیروی F۲ و زاویه θ را در اتصال بادبندی پای ستون چنان محاسبه کنید که برآیند نیروها در اتصال صفر گردد.

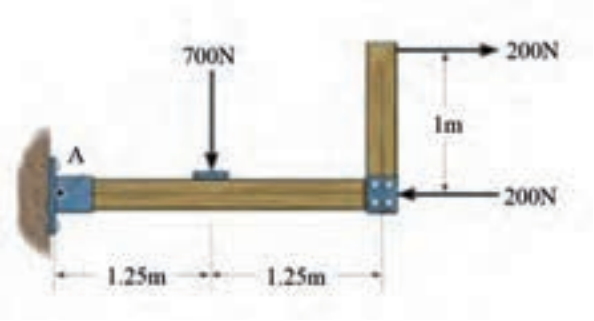


۷ - برآیند نیروهای وارد بر قلاب را از روش تجزیه محاسبه کنید.

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

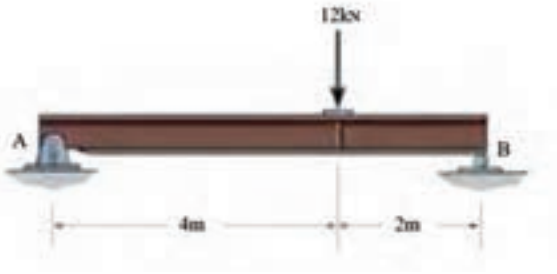


۹ - در شکل زیر گشتاور وارد بر نقطه A را محاسبه کنید.

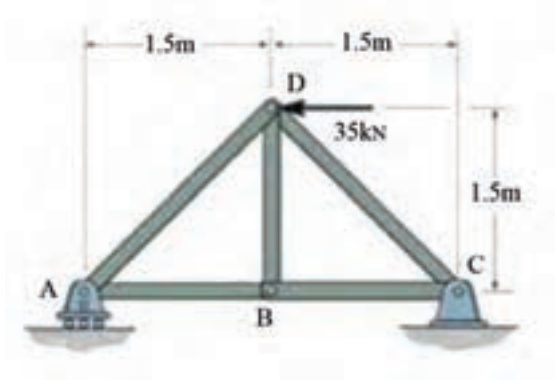


۱۰ - گشتاور نیروی ۵۰ N راحول نقاط A و B محاسبه کنید.

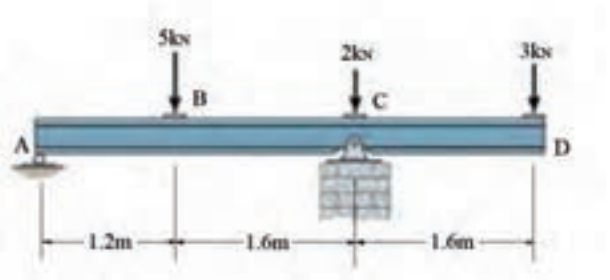
۱۱ - عکس العمل تکیه گاه های A ، B را تعیین کنید.



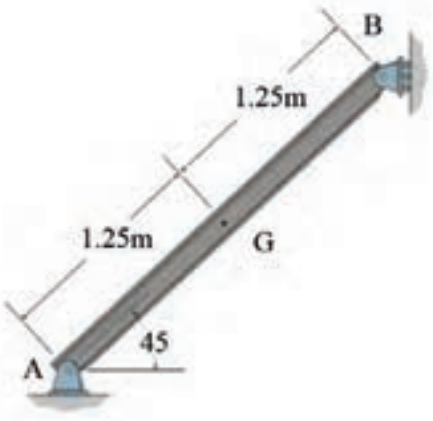
۱۲ - عکس العمل تکیه گاه های A ، C را تعیین کنید.



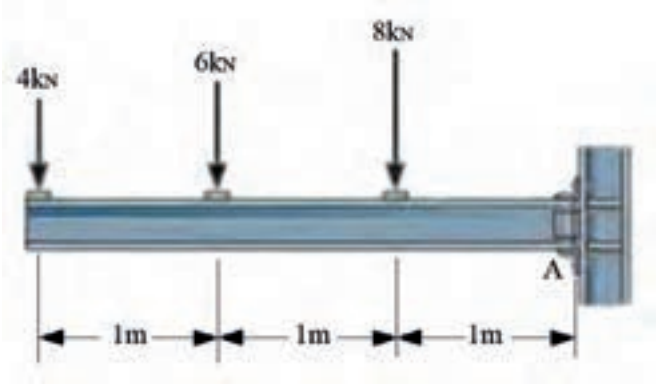
۱۳ - عکس العمل تکیه گاه های A ، C را تعیین کنید.



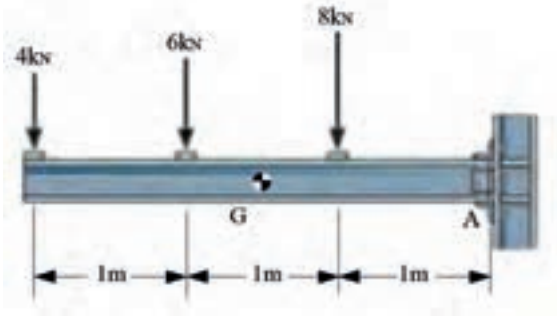
۱۴ - اگر جرم هر متر از تیر آهن استفاده شده در شکل زیر ۲۶ کیلوگرم باشد عکس العمل تکیه‌گاه‌های A و B را محاسبه کنید.



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



۱۶ - اگر جرم واحد طول تیر آهن شـــکل زیر ۳۶kg/m باشد عکس العمل تکیه گاه گیردار A را بدست آورید.



مکانیک مواد

انواع تنش

تنش و کرنش و ضریب کشسانی

قانون هوک

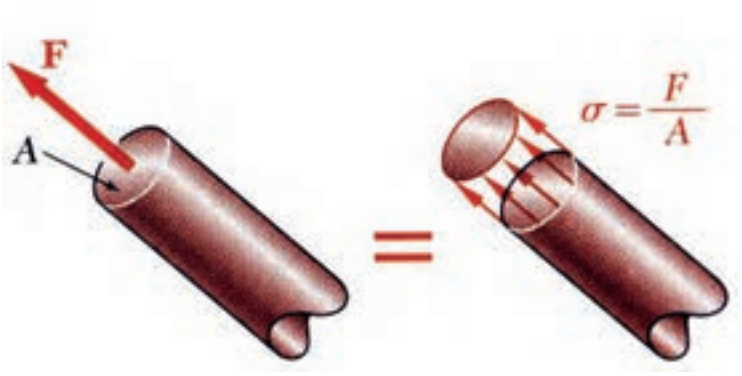
تنش‌های مجاز

ضریب اطمینان

انواع تنش

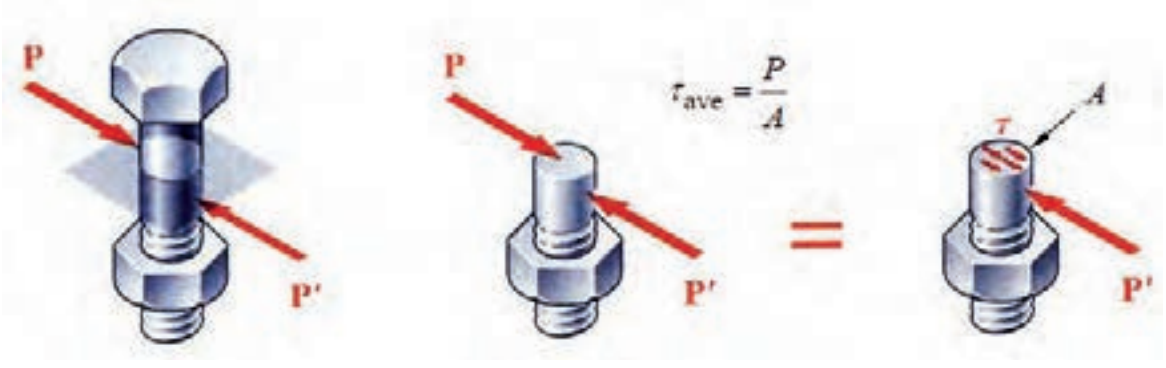
نسبت نیرو بر سطح مقطع را تنش می‌گویند. با افزایش نیرو میزان تنش در یک سطح نیز افزایش می‌یابد با توجه به تعریف تنش و یکاهای نیرو و سطح مقطع یکای تنش، $\frac{N}{m^2}$ بدست می‌آید که پاسکال نامیده می‌شود. از دیگر واحدهای مهم تنش MPa و GPa می‌باشد.

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



شکل ۱-۲

در صورتی که نیرو با 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 ۱-۲

به میله‌ای به قطر ۲۰_{mm} نیروی فشاری معادل ۲۰۰_{KN} اعمال گشته است نوع و مقدار تنش در میله را بررسی کنید.

خواسته‌ها	داده‌ها
نوع و مقدار تنش	$d = ۲۰_{mm}$ $F = ۲۰۰_{KN}$
روابط	
$\sigma = \frac{F}{A}$	

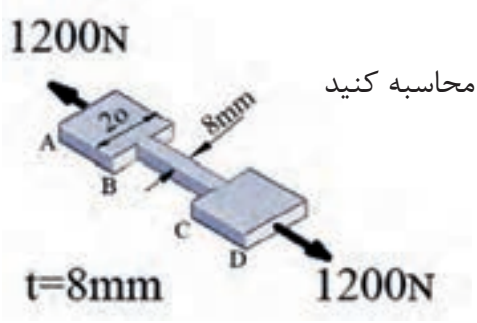
تنش از نوع فشاری $\sigma = \frac{۲۰۰۰۰۰}{\pi ۱۰^{۲}} = ۶۳۶/۹_{MPa}$

تمرین۱-۲

میله‌ای به قطر ۲۵_{mm} تحت نیروی کششی معادل ۱۵۰_{KN} قرار دارد، میزان و نوع تنش اعمالی بر میله را معین کنید.

مثال ۲-۲

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 ۱۲۰ KN است اما مساحت مقاطع با یکدیگر فرق می‌کند.

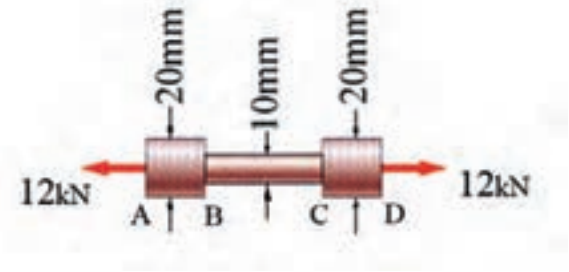
$$\sigma_{AB} = \frac{F_{AB}}{A_{AB}} = \frac{1200}{20\times 8} = 7/5 MPa$$

$$\sigma_{CD} = \frac{F_{CD}}{A_{CD}} = \frac{1200}{20\times 8} = 7/5 MPa$$

$$\sigma_{BC} = \frac{F_{BC}}{A_{BC}} = \frac{1200}{8\times 8} = 18/75 MPa$$

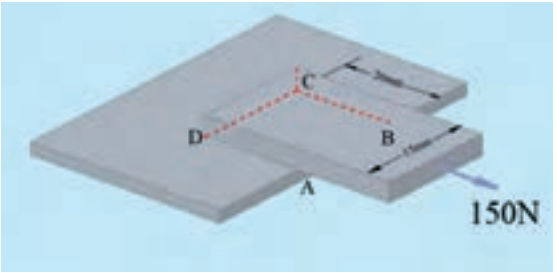
تمرین ۲-۲

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



مثال ۳-۲

مقدار تنش برشـــی را در سطح چسب‌کاری شده ABCD معین کنید.



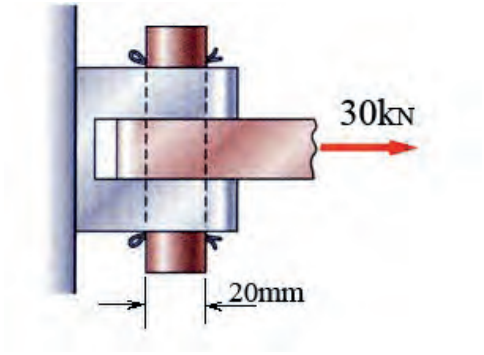
$F = ۱۵۰N$

$A = ۱۵ \times ۲۰ = ۳۰۰ mm^2$

$\tau = \frac{۱۵۰}{۳۰۰} = ۰/۵MPa$

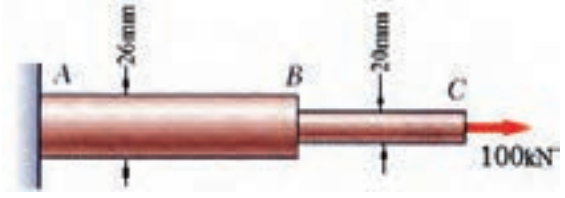
تمرین ۳-۲

مقدار تنش برشی وارد بر پین را محاسبه کنید.



مثال ٤-۲

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

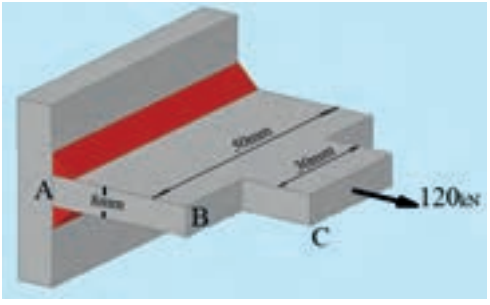


$\sigma_{AB} = \frac{F_{AB}}{A_{AB}} = \frac{۱۰۰۰۰۰}{\pi ۱۳^2} = ۱۸۸/۴MPa$

$\sigma_{BC} = \frac{F_{BC}}{A_{BC}} = \frac{۱۰۰۰۰۰}{\pi ۱۰^2} = ۳۱۸/۴MPa$

تمرین ٤-۲

میـــزان تنـــش را در قســـمت‌های AB وBC محاسبه کنید.

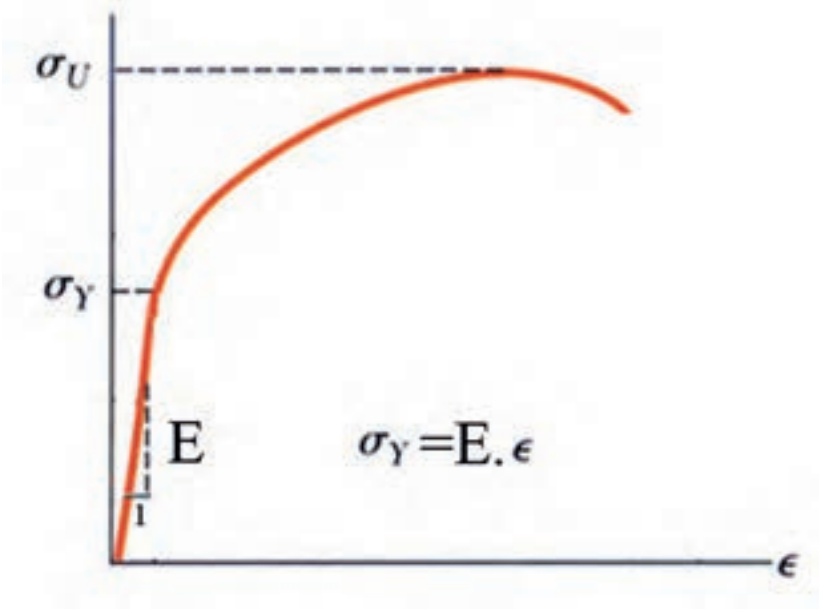


خواص مواد

برای تعیین خواص وخصوصیات مواد در آزمایشگاه‌های مقاومت مصالح بر روی مواد آزمایش‌های گوناگونی از قبیـــل کشـــش، خمش، برش، پیچش، ضربه و ... انجام می‌گردد که با توجـــه به هرکدام 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 $_{GPa}$۲۰۰می‌باشد. شکل (۳-۲) منحنی تنش کرنش را نشان می‌دهد. نسبت جابجایی به طول اولیه نمونه‌ی آزمایشی، را کرنش می‌گویند.



شکل ۳-۲

قانون هوک

رابطـــه بیـــن تنش و کرنش را در محدوده الاســـتیک قانون هوک می‌نامند و از رابطه $\sigma = E\varepsilon$محاســـبه 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 ۵-۲

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 می‌شود.

$$A = \frac{\pi d^{۲}}{۴} = \frac{\pi \times ۳۰^{۲}}{۴} = ۷۰۶/۸۵ mm^{۲}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{۱۵۰۰۰۰}{۷۰۶/۸۵} = ۲۱۲/۲ MPa$$

$$\sigma = E \times \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{۲۱۲/۲}{۲۰۰۰۰۰} = ۱/۰۶ \times ۱۰^{-۳}$$

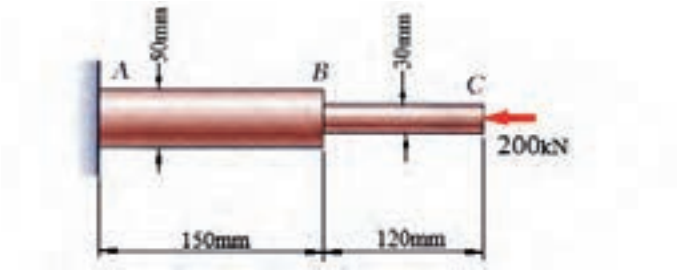
نکته: مدول یانگ که معادل ۲۰۰_{Gpa} می‌باشد در معادله باید به شکل ۲۰۰۰۰۰_{Mpa} قرار گیرد.

تمرین۵-۲

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 می‌شود.

مثال ۶-۲

تغییر طول میله فولادی ABC را با توجه به اینکه مدول یانگ فولاد ۲۰۰_{Gpa} است محاسبه کنید.



$$\Delta L_{BC} = \frac{F_{BC}L_{BC}}{A_{BC}E_{BC}} = \frac{۲۰۰۰۰۰\times۱۲۰}{\pi ۱۵^{۲}\times۲۰۰۰۰۰} = ۰/۱۶۹۸\ mm$$

$$\Delta L_{AB} = \frac{F_{AB}L_{AB}}{A_{AB}E_{AB}} = \frac{۲۰۰۰۰۰\times۱۵۰}{\pi ۲۵^{۲}\times۲۰۰۰۰۰} = ۰/۰۷\ mm$$

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

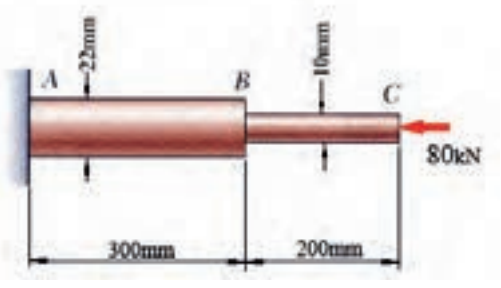
$$\Delta L_{ABC} = \Delta L_{AB} + \Delta L_{BC} = ۰/۶۱۹ + ۰/۰۷$$

$$\Delta_{ABC} = ۰/۶۸۹\ mm$$

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

تمرین ۶-۲

تغییر طول میله آلومینیومی ABC را با توجه به اینکه مدول یانگ آلومینیومی ۷۰_{GPa} است، بررسی کنید.



مثال ۷-۲

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

$$\sigma = E\varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{۱۸۰}{۲۰۰۰۰۰} = ۹\times۱۰^{-۴}$$

تمرین ۷-۲

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

مثال ۸-۲

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

$\sigma = ۱۲۰MPa$

$\Delta L = ۰/۲mm$

$E = ۷۰GPa$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{۱۲۰}{۷۰۰۰۰} = ۱/۷۰\times۱۰^{-۳}$$

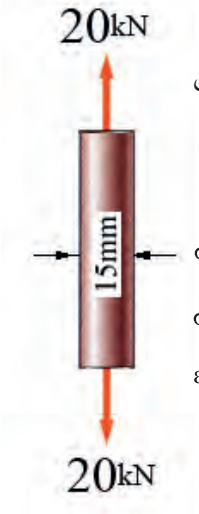
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \Rightarrow L = \frac{\Delta L}{\varepsilon} \Rightarrow L = \frac{۰/۲}{۱/۷۱\times۱۰^{-۳}} = ۱۱۶/۹۵ \ mm$$

نکته: تنش ۱۲۰_{Mpa} درون میله براثر نیرویی ایجاد گشته که در حل نیازی به آن نیرو نبوده است.

تمرین ۸-۲

طول میله‌ای آلومینیومی $(E = ۷۰GP)$ که بر اثر تنش ۱۵۰_{Mpa} به میزان ۰/۳ میلی‌متر افزایش طول یافته است را بررسی کنید.

مثال ۹-۲



درآزمایش کشش برروی یک میله برنجی $(E = ۱۰۵GP)$ مطابق شکل زیر میزان تنش و کرنش را بدست آورید.

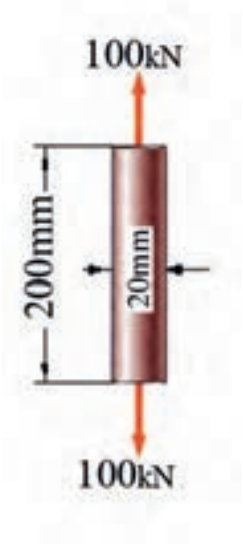
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{۲۰۰۰۰}{\pi ۷/۵^{۲}} = ۱۱۳/۲MPa$$

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{۱۱۳/۲}{۱۰۵۰۰۰} = ۱/۰۷۸\times ۱۰^{-۳}$$

تمرین۹-۲

در آزمایش کشش یک نمونه مطابق شکل زیر در نیروی ۱۰۰_{KN} تغییر طول معادل ۰/۳۱ 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 موسسهAISC) تنش در قطعات فولادی از روابط زیر پیروی می‌کند.

$$\sigma_{allow} \leq ۰/۶\sigma_y$$
$$\tau_{allow} = ۰/۴\sigma_y$$

در اکثر مسائل از فولادها St۳۷، St۴۴ و St۵۲ استفاده شده است. مقادیر تنش نهایی و تسلیم این فولادها در جداول پیوست کتاب آورده شده است.

مثال ۱۰-۲

استحکام تسلیم فولادی معادل ۲۴۰_{Mpa} است. با توجه به پیشنهاد AISC میزان تنش مجاز کششی و برشی این فولاد را محاسبه کنید.

$\sigma_{allow} \leq ۰/۶\sigma_y$

$\tau_{allow} = ۰/۴\sigma_y$

$\sigma = ۰/۶ \times ۲۴۰ = ۱۴۴_{MPa}$

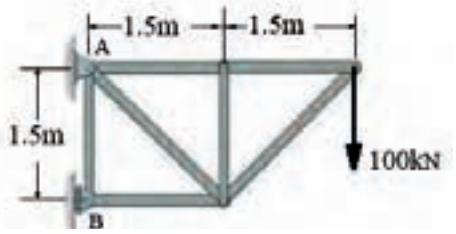
$\tau = ۰/۴ \times ۲۴۰ = ۹۶_{MPa}$

تمرین ۱۰-۲

اگر براساس AISC تنش برشی مجاز فولادی ۱۴۰_{Mpa} باشد، تنش مجاز کششی آن را بدست آورید.

مثال ۱۱-۲

تنش برشی وارد بر پین A به قطر ۶۰_{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.

$$\sum M_B = ۰$$

$$۱/۵F_{xA} + ۳\times ۱۰۰ = ۰$$

$$F_{xA} = \frac{-۳۰۰}{۱/۵} = -۲۰۰$$

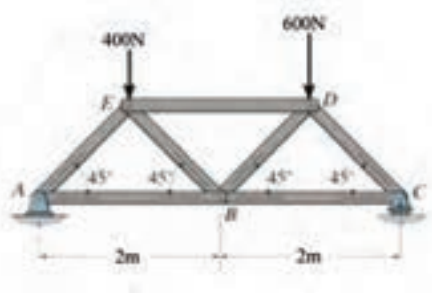
$$\sum F_y = ۰$$

$$F_{yA} - ۱۰۰ = ۰ \Rightarrow F_{yA} = ۱۰۰$$

$$F_A = \sqrt{F_{xA}^۲ + F_{yA}^۲} = \sqrt{۱۰۰^۲ + ۲۰۰^۲} = ۲۲۳/۶\text{kN}$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{2223600}{\pi \times 30^2} = 79/1\text{MPa}$$

تمرین۱۱-۲



تنش برشی وارد بر پین A به قطر ۴۰_{mm} را در اتصال شکل زیر بدست آورید.

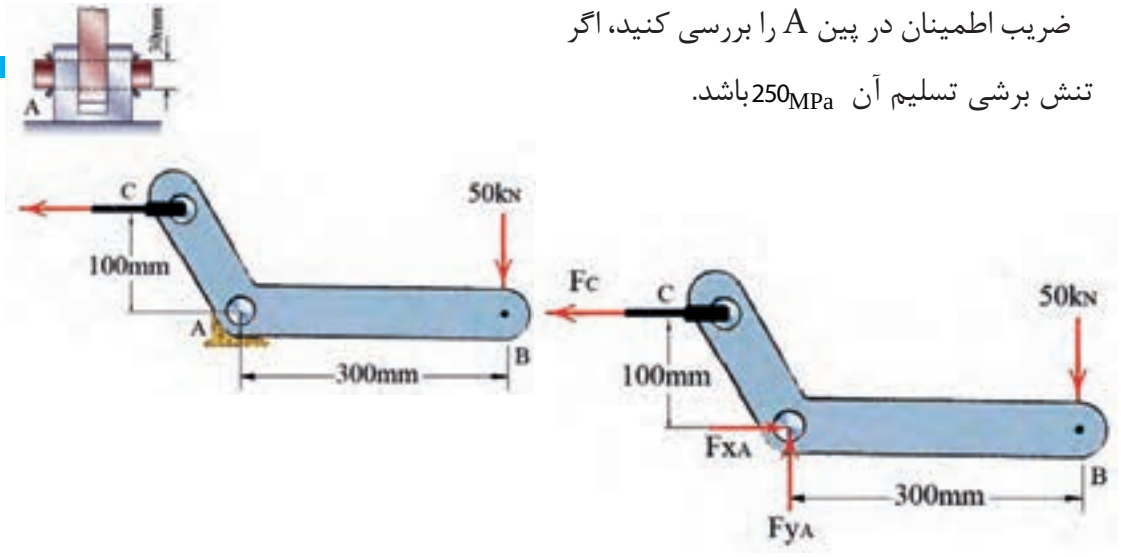
ضریب اطمینان

متداول‌ترین روش برای رسیدن به ایمنی و اطمینان در طراحی استفاده از ضریب اطمینان می‌باشد. در این روش تنش در قطعات از تقسیم تنش تسلیم بر ضریب اطمینان که عددی بزرگتر از یک است محاسبه می‌گردد.

$$F.S=\frac{\sigma_y}{\sigma} \quad ; \quad F.S=\frac{\tau_y}{\tau}$$

مثال ۱۲-۲

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



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

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

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

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

$$F_A=\sqrt{F_{xA}^2+F_{yA}^2}=\sqrt{50^2+150^2}=158/1_{KN}$$

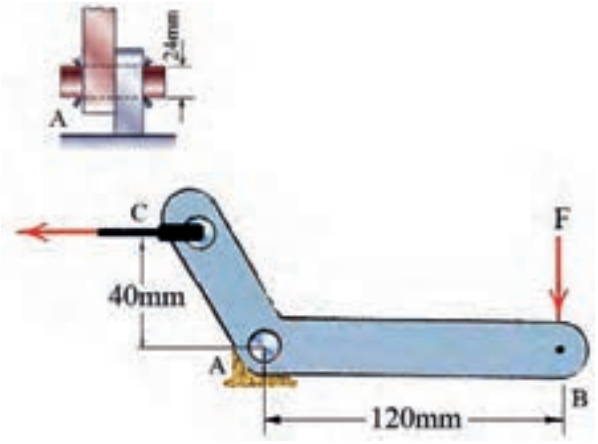
$$\tau=\frac{۱۵۸۱۰۰}{۲\times\pi ۱۵^۲}=۱۱۱/۸۸$$

$$F.S=\frac{۲۵۰}{۱۱۱/۸۸}=۲/۲۳$$

ضریب اطمینان پایینی در نظر گرفته شده است که مناسب نمی‌باشد.

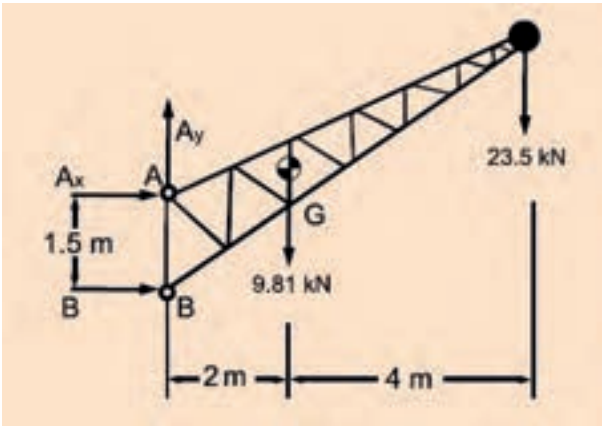
تمرین۱۲-۲

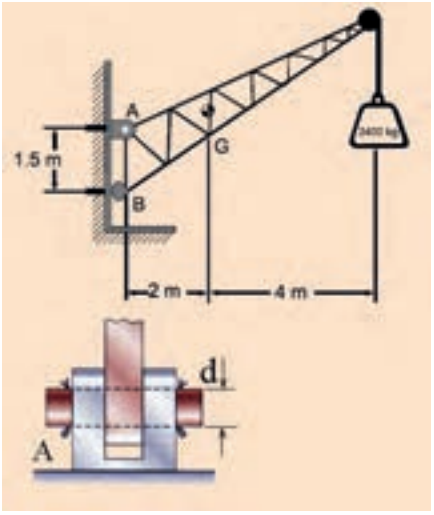
حداکثر نیروی F را محاسبه کنید اگر پین A از فولادی با تنش تسلیم ۲۵۰_{Mpa} ساخته شده باشدو ضریب اطمینان ۳ در نظر گرفته شده باشد.



مثال ۱۳-۲

اگر اتصال پین در نقطه A از نوع دوبل باشد و جنس پین از فولاد St۵۲ ، با توجه به پیشنهاد AISC قطر پین A را بدست آورید.





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

$$\sum F_y = 0$$

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

$$F_{yA} = 9810 + 23544 = 33354_N$$

$$\sum M_B = 0$$

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

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

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

با توجه به پیوست کتاب تنش تسلیم فولاد St۵۲ برابر با 355_{MPa} است.

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

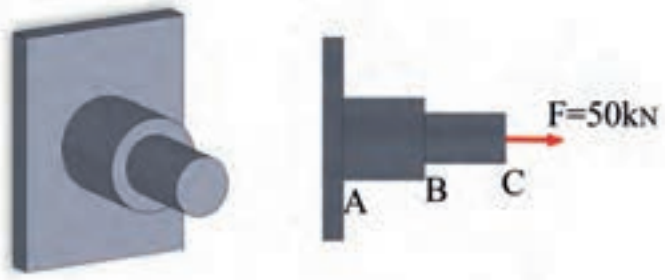
$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\tau} = \frac{112322/4}{142} = 791_{mm^2}$$

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

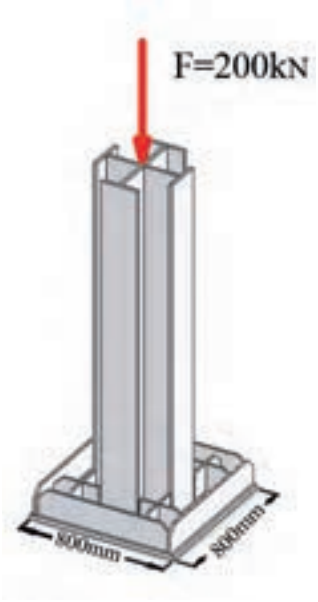
$$A = \frac{۷۹۱}{۲} = ۳۹۵/۵ \Rightarrow d = \sqrt{\frac{۴\times ۳۹۵/۵}{\pi}} = ۲۲/۴۴mm \quad ۲۳mm$$

۱ - لولــه‌ای فــولادی به قطر بیرونــی ۲۵ میلی متر و ضخامت جداره ۱ ســانتی متر تحت نیروی فشاری ۳۰kN قرار دارد . تنش فشاری در لوله چند Mpa می باشد.

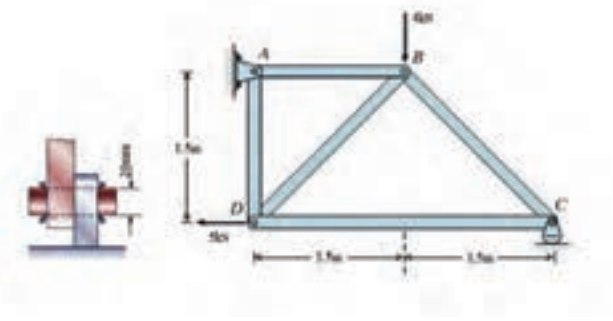
۲ - میله AB,BC از فولاد St۳۷ به قطر ۳۰و۴۰ میلی متر میباشد .میزان تنش کششی در میله AB و BC را محاسبه کنید.



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

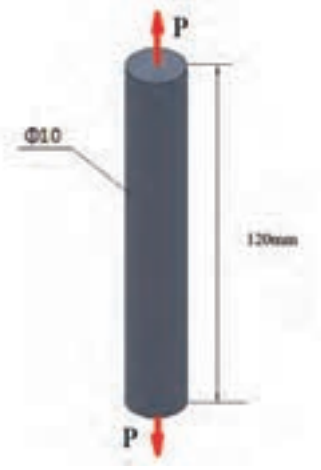


۴ - مقدار تنش برشی در پین A را محاسبه کنید.

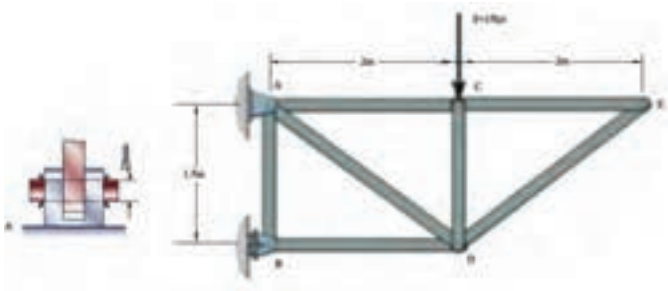


۵ - مقدار افزایش طول میله ای به قطر ۱ سانتی متر و طول ۶۰_{cm} را که تحت نیروی کششی ۲۵_{kN} قرار دارد محاسبه کنید.

۶ - حداکثر نیروی P را برای شکل زیر چنان تعیین کنید که تغییر طول میله بیشتر از ۰.۳ میلی متر نباشد.(میله فولادی با مدول یانگ ۲۰۰_{Gpa} می باشد)

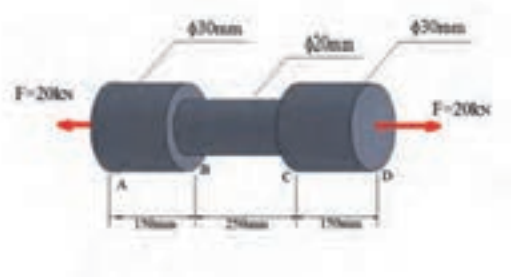


۷ - مقدار تنش برشی در پین A را محاسبه کنید.



۸ - اگر جنس پین A در سوال هفت از فولادی با حداکثر تنش برشی ۳۰۰_{Mpa} باشد ضریب اطمینان در پین را تعیین کنید.

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



۱۰ - اگر شکل سوال ۹ میله ای فولادی با مدول یانگ ۲۰۰_{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 ۷۰_{Gpa} تحت آزمایش کشـــش ۰.۰۲ کرنش کرده اســـت . 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 الکترود

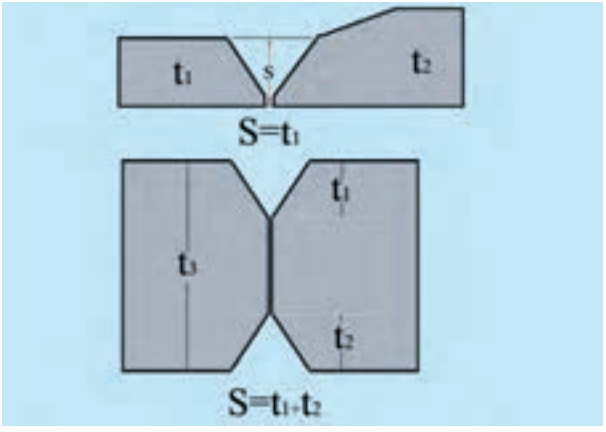
تعیین ظرفیت اتصال

اندازه جوش

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

اندازه موثر در جوش شیاری

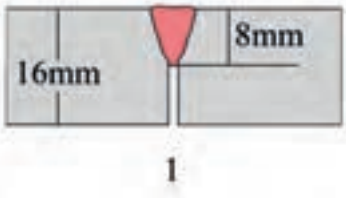
اندازه موثر جوش در یک اتصال شیاری مطابق ضخامت ورق نازک‌تر می‌باشد و در جوش شیاری با نفوذ جزئی میزان اندازه موثر از جمع نفوذهای اتصال بدســت می‌آید. شــکل (۱-۳) میزان S در اتصالات شیاری را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳

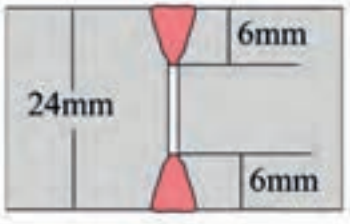
مثال ۱-۳

اندازه موثر درجوشهای شیاری زیر را محاسبه کنید.



1

2



3

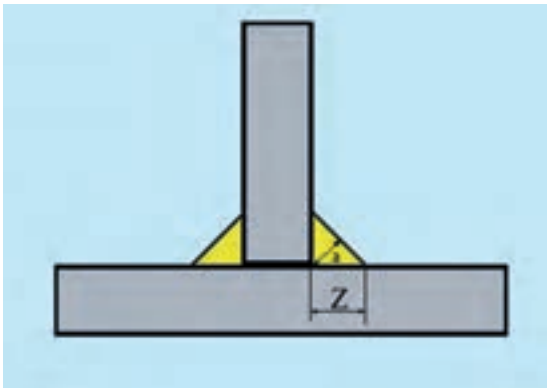
۱) $S = ۸_{mm}$

۲) $S = ۱۰_{mm}$

۳) $S = ۶ + ۶ = ۱۲_{mm}$

اندازه موثر گلویی در جوش گوشه

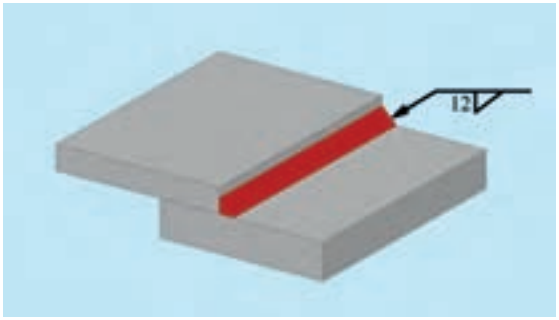
اندازه موثر گلویی در جوش گوشــه معادل ارتفاع وارد بر وتر مثلث قائم‌الزاویه‌ای است که در جوش گوشه محاط می‌گردد که با حرف a نشان داده می‌شود. اندازه جوش گلویی با رابطه $a = ۰/۷۰۷Z$ به ساق جوش گوشه ارتباط پیدا می‌کند. شکل (۲-۳) میزان a و Z را در جوش گوشه نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳

مثال ۲-۳

اندازه موثر جوش شکل زیر را محاسبه کنید.



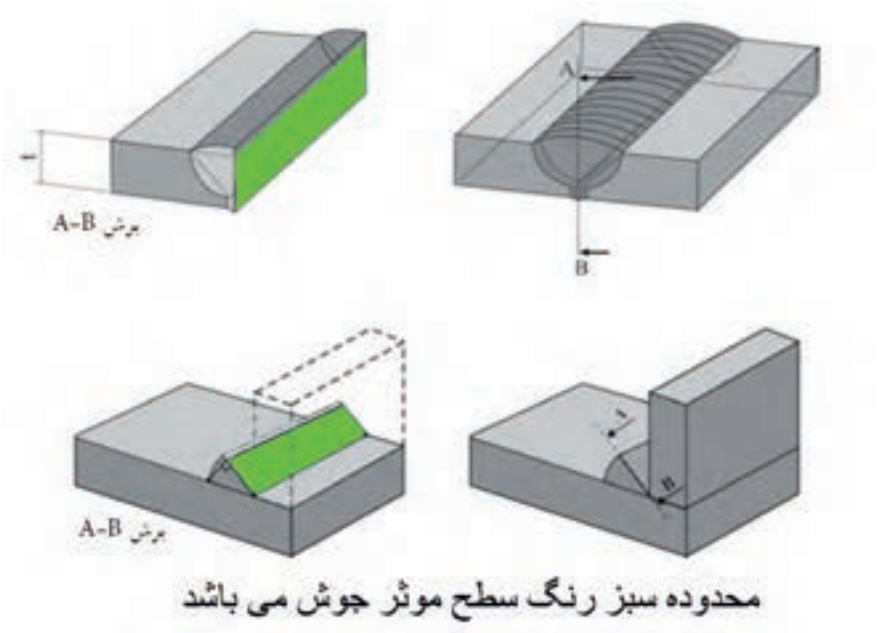
$Z = ۱۲$

$a = ۰/۷۰۷ \times ۱۲ = ۸/۴۸ mm$

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.

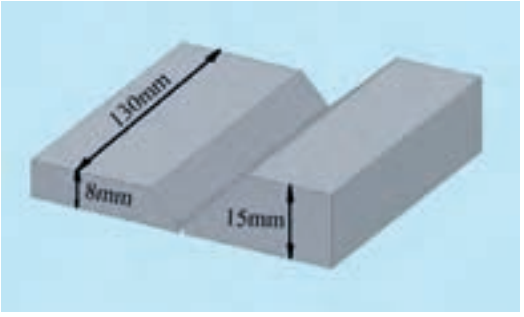
شکل (۳-۳) سطح موثر جوش را نشان می‌دهد.



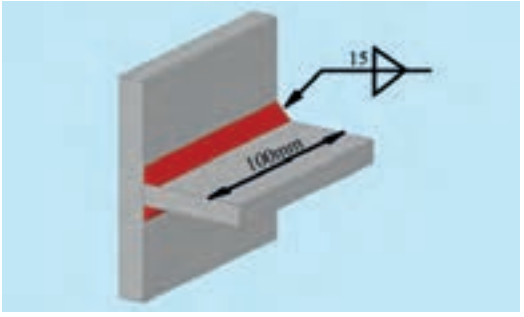
شکل ۳-۳

مثال ۳-۳

سطح موثر جوش در اتصالات زیر را معین کنید.



(الف)



(ب)

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

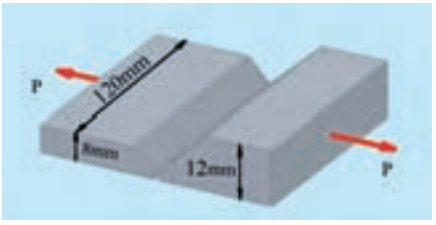
ب) $A_w = 0/707 \times 15 \times 2 \times 100 = 2121_{mm^2}$

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 اســتحکام جوش را مطابق اســتحکام 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 ٤-٣

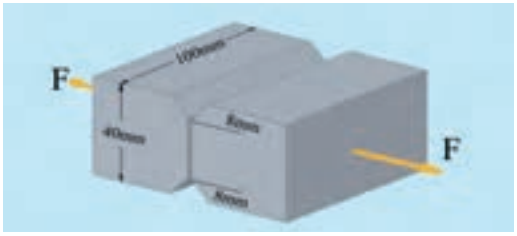


حداکثر نیروی P را برای اتصال زیر محاســبه کنید (قطعات از ورق St۳۷ ساخته شده‌اند).

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 St۳۷ برابر با ۲۳۴_{Mpa} است که تنش مجاز آن ۱۴۰_{Mpa} می‌شود.

$$\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow F = \sigma A = ۱۴۰ \times ۱۲۰ \times ۸ = ۱۳۴۴۰۰_N = ۱۳۴/۴_{KN}$$

مثال۵-۳



حداکثــر نیروی F وارد بر طرح اتصال زیر را محاســبه کنید (ورقها از جنس St۴۴ و الکترد E۶۰۱۳ می‌باشد).

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

$$A_w = ۱۰۰ \times ۸ \times ۲ = ۱۶۰۰ mm^۲$$

با توجه به پیوست کتاب تنش تسلیم فولاد St۴۴ برابر با ۲۷۵_{Mpa} است

$$A_p = ۱۰۰ \times ۴۰ = ۴۰۰۰ mm^۲$$

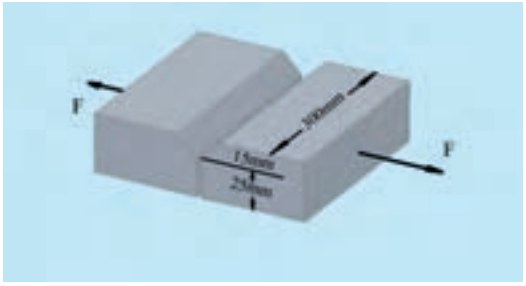
$$F_P = \sigma_P A_P = ۲۷۵ \times ۰/۶ \times ۴۰۰۰ = ۶۶۰۰۰۰_N = ۶۶۰_{KN}$$

$$F_W = \sigma_W . A_W = ۹۵ \times ۱۶۰۰ = ۱۵۲۰۰۰_N = ۱۵۲_{KN}$$

کمترین مقدار F که در این مسئله ۱۵۲_{KN} می‌باشد حداکثر ظرفیت اتصال می‌باشد.

تمرین۱-۳

حداکثر نیروی F وارد بر طرح اتصال زیر را محاسبه کنید (ورق ها از جنس St۴۴ و الکترود E۶۰۱۳ می‌باشد).

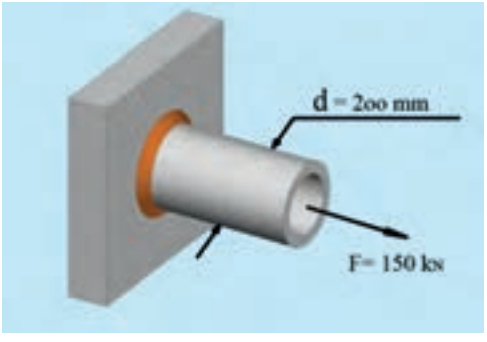


محاسبه تنش در جوش گوشه

میزان تنش در یک جوش گوشه را از تقسیم نیروی وارد بر اتصال بر سطح موثر جوش محاسبه می‌کنند. تنش در جوش گوشه را تنش برشی در نظر می‌گیرند.

مثال ۶-۳

اندازه ساق جوش اتصال زیر را محاسبه کنید (الکترود مصرفی E۶۰۱۳).



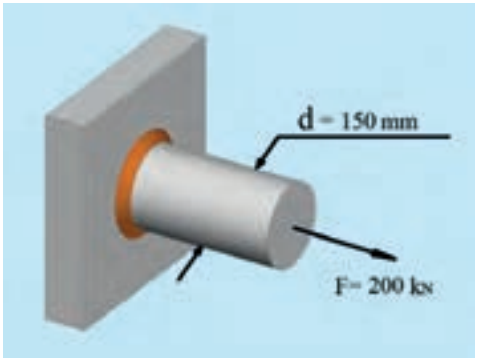
$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\tau} = \frac{۱۵۰۰۰۰}{۹۵} = ۱۵۷۸/۹۴ \text{ mm}^۲$$

$$A_w = ۰/۷۰۷ Z \times \pi D = ۱۵۷۸/۹۴$$

$$Z = \frac{۱۵۷۸/۹۴}{۰/۷۰۷ \times \pi \times ۲۰۰} = ۳/۵۵_{mm} \simeq ۴_{mm}$$

تمرین ۲-۳

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



تنش‌های مجاز جوش و الکترود

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 الکترودها می‌باشد استفاده می‌کنند. تعیین تنش مجاز بر مبنای مقررات و استانداردهای حاکم بر طرح انجام می‌گیرد.

مثال ۷-۳

اگر تنش برشی مجاز الکترود E۹۰۱۸ مقدار ۱۴۱_{Mpa} باشد حداکثر مقاومت جوش گوشه به طول یک میلی متر با یکای N/mm را محاسبه کنید.

$$\tau = \frac{F}{۰/۷۰۷ \times Z \times L} \Rightarrow F = ۰/۷۰۷ \times \tau \times Z \times L$$

$$F' = ۰/۷۰۷ \times ۱۴۱ \times ۱ \times Z$$

$$F' = ۹۹/۶Z$$

تمرین ۳-۳

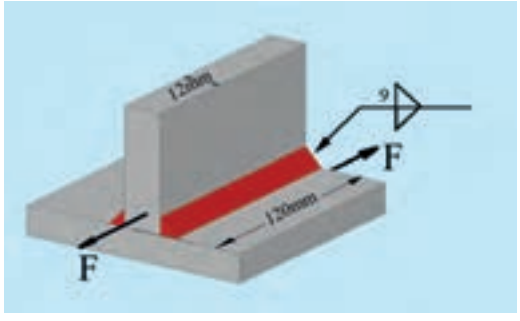
اگر تنش برشی مجاز الکترود E۱۱۰۱۸ مقدار $۱۷۳\ _{Mpa}$ باشد حداکثر مقاومت جوش گوشه به طول یک میلی متر با یکای N/mm را محاسبه کنید.

تعیین ظرفیت اتصال

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

مثال۸-۳

حداکثر نیروی F را محاسبه کنید (جنس ورقها St۴۴ می‌باشد و از الکترودهای E۷۰۱۳ جهت جوشکاری استفاده شده است)



$$\tau_P = \frac{F_P}{A_P}$$

$$F_p = \tau_P \times A_p = ۰/۴ \times ۲۷۵ \times ۱۲ \times ۱۲۰ = ۱۵۸۴۰۰N$$

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

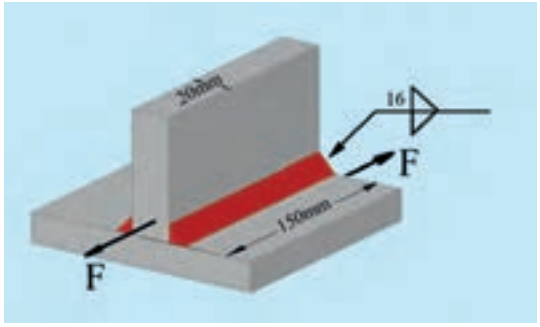
$$A_w = ۲ \times ۹ \times ۱۲۰ \times ۰/۷۰۷ = ۱۵۲۷/۱۲mm^۲$$

$$F_w = \tau_w \times A_w = ۱۱۰ \times ۱۵۲۷/۱۲ = ۱۶۷۹۸۳/۲N$$

حداکثر نیروی F کمترین مقدار محاسباتی یعنی $۱۵۸/۴KN$ در نظر گرفته می‌شود.

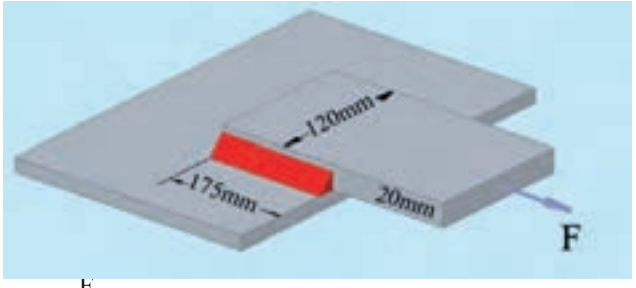
تمرین ۵-۳

حداکثر نیروی F را محاسبه کنید (جنس ورقها St۵۲ می‌باشد واز الکترود E۷۰۱۸ جهت جوشکاری استفاده شده است).



مثال ۹-۳

اندازه ساق جوش را متناسب با حداکثر ظرفیت اتصال محاسبه کنید (ورقها از جنس St۳۷ و الکترودها E۶۰۱۳ می‌باشند).



$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_p} \Rightarrow F_p = \sigma_p . A_p = ۱۴۰ \times ۱۲۰ \times ۲۰ = ۳۳۶۰۰۰ N$$

$$A_w = ۰/۷۰۷ \times ۱۷۵ \times ۲ \times Z = ۲۴۷/۴۵Z$$

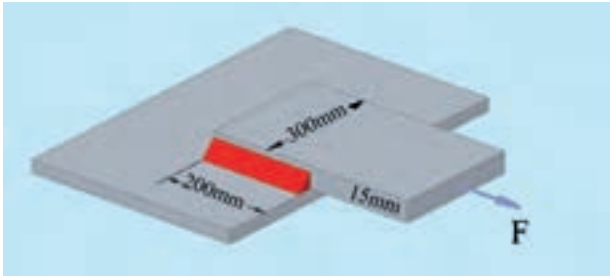
$$\tau_w = \frac{F}{A_w} \Rightarrow F = \tau_w . A_w = ۹۵ \times ۲۴۷/۴۵ \times Z = ۳۳۶۰۰۰$$

$$Z = \frac{۳۳۶۰۰۰}{۹۵ \times ۲۴۷/۴۵} = ۱۴/۲۹ \ mm$$

ساق را ^{۱۵}mm در نظر می‌گیریم.

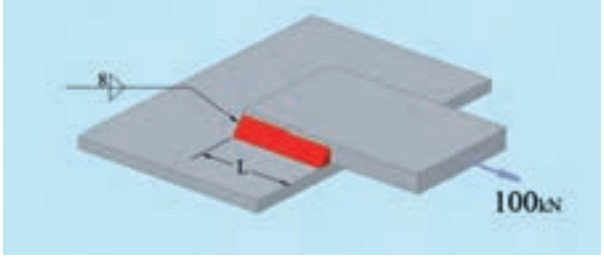
تمرین ۵-۳

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



مثال ۱۰-۳

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



$$A_w = ۲\times ۰/۷۰۷\times ۸\times L = ۱۱/۳۱L$$

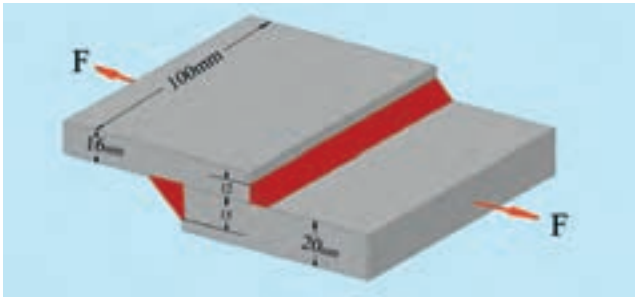
$$E۷۰۱۸ \Rightarrow \tau = ۱۱۰ MPa$$

$$\tau = \frac{F}{A} \Rightarrow A = \frac{F}{\tau} = \frac{۱۰۰۰۰۰}{۱۱۰} = ۹۰۹/۰۹ = ۱۱/۳۱L$$

$$L = ۸۰/۳۷ \simeq ۸۱_{mm}$$

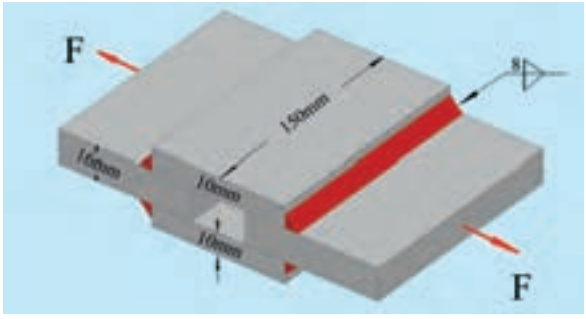
تمرین ۶-۳

حداکثر نیروی F را با توجه به جوش محاسبه کنید (الکترود E۶۰۱۳).



مثال ۱۱-۳

ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید .(ورق‌ها ا زجنس St۳۷ می‌باشد و الکترودها E۶۰۱۳ می‌باشد)



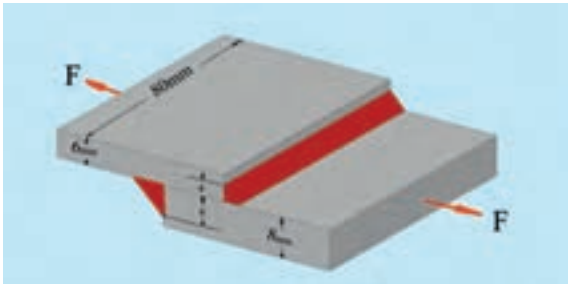
$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_p} \Rightarrow F_p = \sigma_p . A_p = ۱۴۰ \times ۱۶ \times ۱۵۰ = ۳۳۶۰۰۰ N$$

$$\tau_w = \frac{F_w}{A_w} \Rightarrow F_w = \tau_w . A_w = ۹۰ \times ۲ \times ۱۵۰ \times ۸ \times ۰/۷۰۷ = ۱۵۲۷۱۲ N$$

ظرفیت اتصال براساس نیروی کمتر محاسبه می‌گردد که در این مثال مقدار ۱۵۲/۷KN می‌باشد.

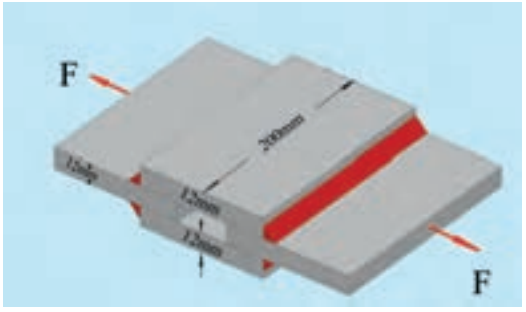
تمرین ۷-۳

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



مثال ۱۲-۳

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

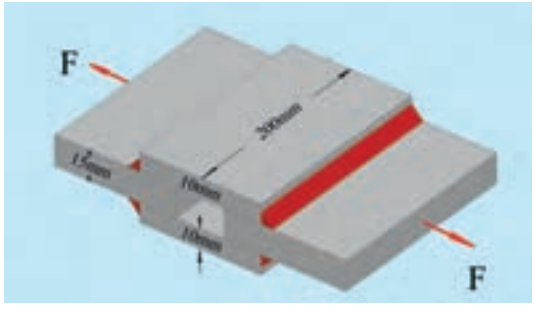


$$F_p = \sigma_p . A_p = ۱۴۰ \times ۲۰۰ \times ۱۲ = ۳۳۶۰۰۰ N$$

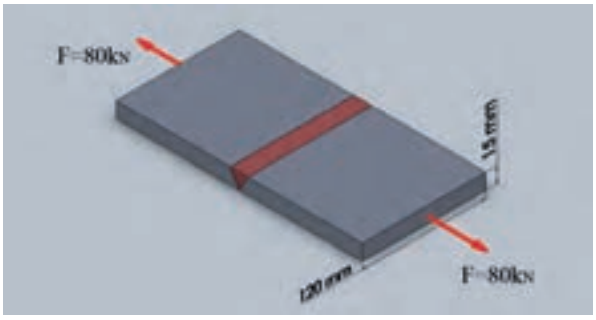
$$\tau_w = \frac{F_w}{A_w} \Rightarrow w = \frac{۳۳۶۰۰۰}{۱۱۰ \times ۲ \times ۲۰۰ \times ۰/۷۰۷} = ۱۰/۸_{mm} \simeq ۱۱_{mm}$$

تمرین۹-۳

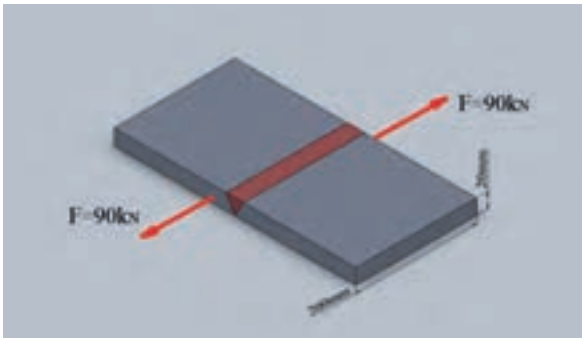
حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید (ورق‌ها St۳۷ و الکترودها E۷۰۱۸ می‌باشد).



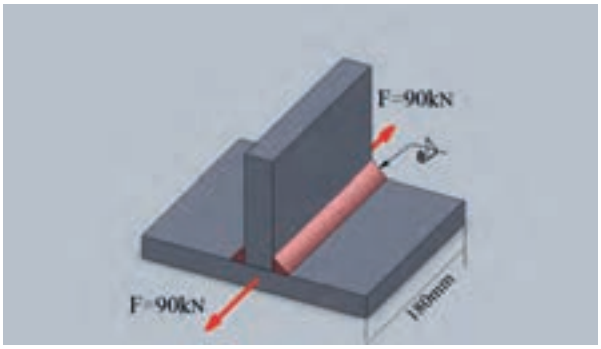
۱ - نوع و مقدار تنش در خط جوش اتصال زیر را بیان کنید.



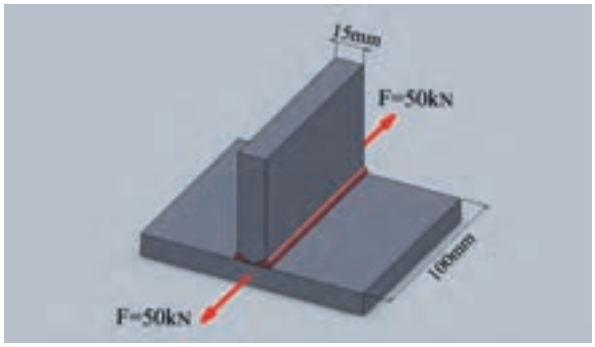
۲ - نوع و مقدار تنش در خط جوش اتصال زیر را بیان کنید.



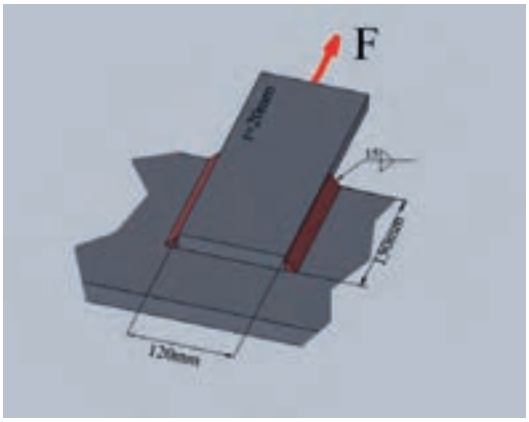
۳ - مقدار تنش برشی در اتصال زیر را محاسبه کنید



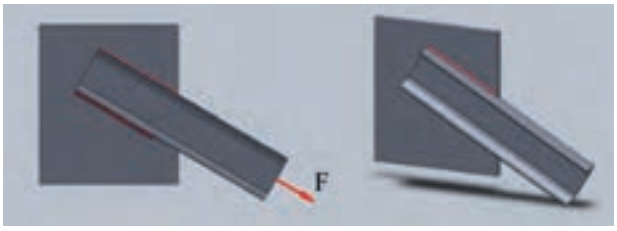
۴ - مقدار تنش برشی در اتصال زیر را محاسبه کنید



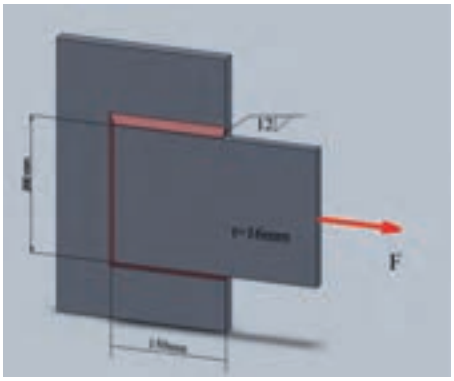
۵ - اگر برای ساخت اتصال زیر از ورق St۴۴ و الکترود E۷۰۱۸ استفاده شده باشد حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید .



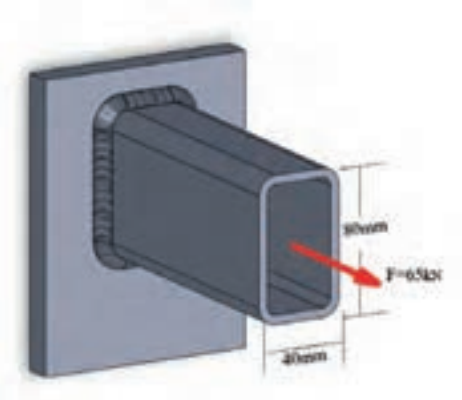
۶ - در اتصال بادبند زیر از ناودانی ۱۲ (UNP۱۲۰) استفاده شده است که با الکترود E۶۰۲۳ جوشکاری شده است اگر ساق جوش‌ها ۸_{mm} باشد طول جوش مناسب را بر مبنای ظرفیت اتصال محاسبه کنید. (برای مساحت مقطع ناودانی از پیوست کتاب استفاده کنید. جنس ناودانی St۳۷ می‌باشد)



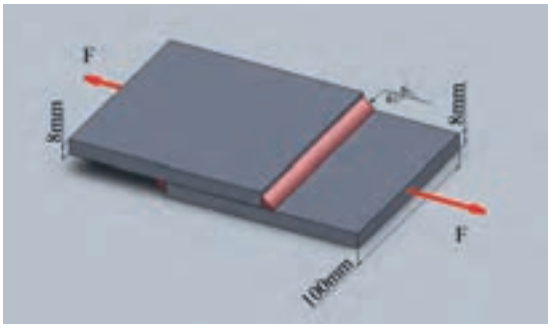
۷ - ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید (جنس ورق ها St۴۴ می باشد و از الکترود E۷۰۱۸ برای جوشکاری استفاده شده است)



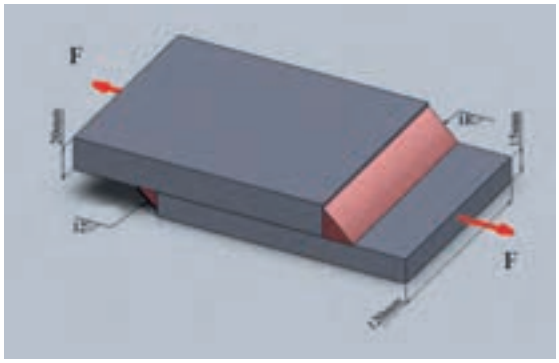
۸ - ساق جوش مناسب را برای اتصال زیر محاسبه کنید (الکترود مصرفی E۶۰۱۳ می باشد)



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



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



۱۱ - در سوال ۱۰ ساق جوش ۱۸_{mm} را با توجه به ظرفیت اتصال بهینه کنید . (ساق جوش می‌تواند کمتر در نظر گرفته شود .)

اتصال در سازه‌های فلزی

(اتصال پیچی و اتصال پرچی)

انواع اتصالات پیچشی

– 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 وبارگذاری به دو گروه اتصالات اتکایی و اصطکاکی تقسیم می‌شوند.

اتصالات اصطکاکی

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

مشخصه رزوه	سطح مقطع تنش A_s	حداکثر گشتاور بستن پیچ با یکای N.m								
		درجه استحکام								
		8.8			10.9			12.9		
		ضریب اصطکاک μ								
	mm^2	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

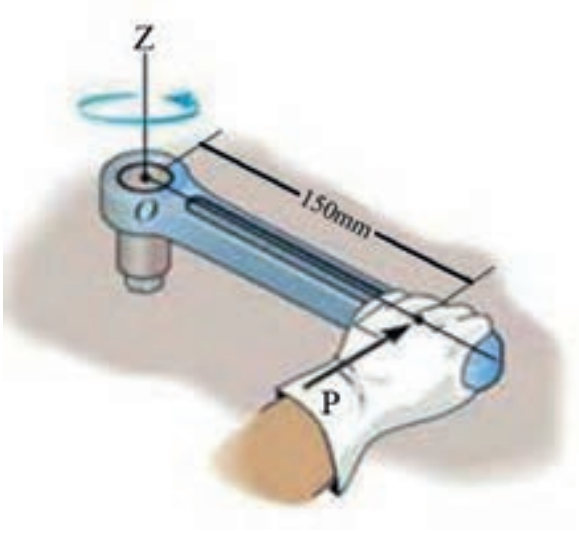
جدول ۱-۴ : جدول اتصالات پیچی - اصطکاکی

اتصالات اتکایی

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

مثال ۱-٤

در یــک اتصال اصطکاکی بــا ضریب اصطکاک ۰/۲ از یــک پیچ M۲۴ با درجه اســتحکام ۸-۸ اســتفاده شده اســت. الف) حداکثر گشتاور قابل اعمال را بررســی کنیــد. ب) نیروی P لازم برای بستن پیچ را محاسبه کنید.



الف) با استفاده از جدول (۱-۴) داریم:

حداکثر گشتاور بستن پیچ $۸۹۰MPa$

ب) $۸۹۰ = ۱۵۰ \times P \Rightarrow P = \frac{۸۹۰}{۱۵۰} = ۵/۹N$

تمرین ۱-٤

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 اســتانداردهای مختلفی برای تعیین اســتحکام 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.

رقم اول $\times ۱۰۰ = \sigma_u$ = تنش نهایی

رقم دوم ×رقم اول $\times ۱۰ = \sigma_y$ = تنش تسلیم

مثال ۲-٤

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

استحکام نهایی $\sigma_u = ۱۰۰ \times ۸ \times ۱ = ۸۰۰_{MPa}$

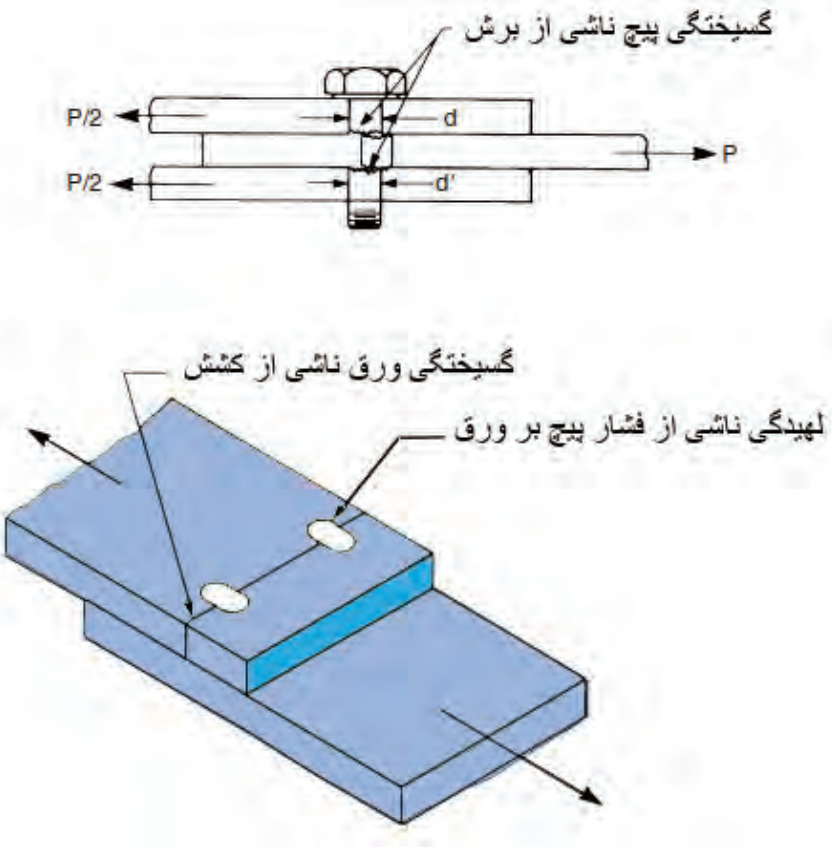
استحکام نقطه تسلیم $\sigma_y = ۸ \times ۸ \times ۱۰ = ۶۴۰_{MPa}$

تمرین ۲-٤

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

تنش در اتصالات پیچی و پرچی

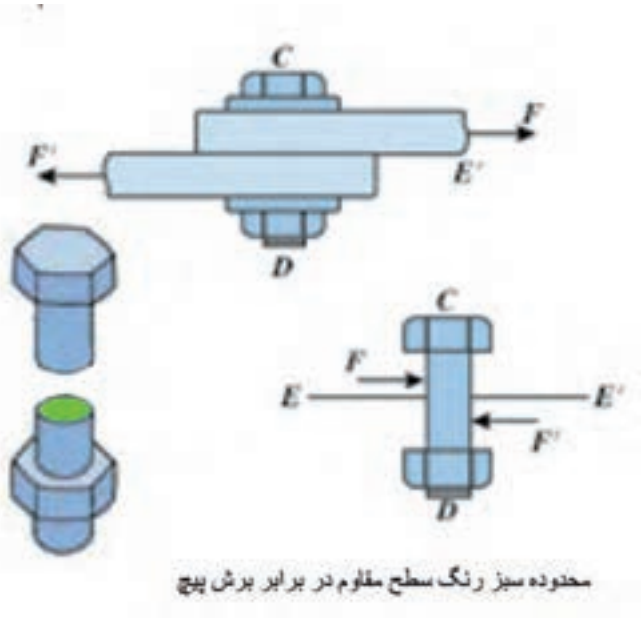
برای بررسی یک اتصال پیچی و تعیین ظرفیت اتصال باید تمام حالتهای گسیختگی در اتصال را مورد بررسی و تحلیل قرار داد. شکل (۱-۴) انواع گسیختگی در یک اتصال را نشان می دهد.



شکل ۱-۴

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 $\tau = \frac{F}{n.A_s}$ استفاده می گردد. 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 ۳-٤

مساحت موثر پیچ M۲۰ را در دو حالت اتصال اصطکاکی و اتصال اتکایی محاسبه کنید.

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

پیچ اصطکاکی $A = ۲۴۰ mm^۲$

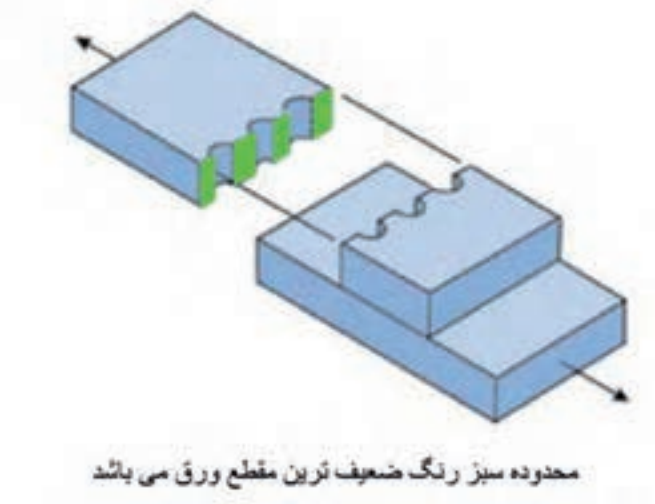
پیچ اتکایی $A_s = \frac{\pi d^۲}{۴} = \frac{\pi ۲۰^۲}{۴} = ۳۱۴ mm^۲$

تمرین ۳-٤

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

تنش کشش در ورق اتصال

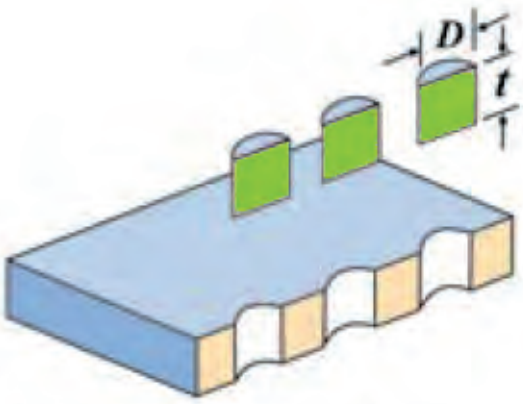
یکی دیگر از حالت‌های گسیختگی در طرح اتصال پیچی و یا پرچی پاره‌شدن ورق اتصال است. برای محاسبه تنش کششی در ورق اتصال براساس ضعیف‌ترین قسمت ورق (ردیفی از پیچ‌ها و یا پرچ‌ها که تعداد پیچ و یا پرچ بیشتری داشته باشد) و نیروی وارد بر آن عمل می‌کنند. شکل (۳-۴) ضعیف‌ترین مقطع را در ورق اتصال نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴

تنش لهیدگی در ورق اتصال

بر اثر فشـــار پیچ به ورق اتصال تنش فشـــاری در ســـطح مشـــترک پیچ و ورق ایجاد می‌گردد که بر اثـــر آن ورق لـــه می‌گردد و این تنـــش را با عنوان تنش لهیدگی می‌شناسند. حدود مجاز برای تنش لهیدگی از رابطه $\sigma_c = ۱/۳۳\,\sigma_y$ محاســـبه می‌گردد. برای محاســـبه میـــزان تنـــش لهیدگـــی از رابطه $\sigma_c = \frac{F}{ntd}$ استفاده می‌شود.

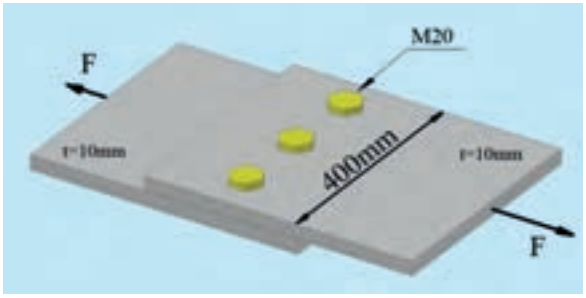


محدوده سبز رنگ سطح موثر در لهیدگی می باشد

شکل ۴-۴

مثال ٤-٤

در اتصال دو ورق St۳۷ به ابعاد ۱۰×۴۰۰ از سه عدد پیچ M۲۰ بادرجه اســـتحکام ۸-۸ استفاده شده است. حداکثر نیروی p را محاسبه کنید.



الف) بررسی مقاومت برشی در ساق پیچها

$$\tau = ۰/۴ \times ۸ \times ۸ \times ۱۰ = ۲۵۹$$

$$A = \frac{۳\pi d^۲}{۴} = \frac{۳ \times \pi \times ۲۰^۲}{۴} = ۹۴۲_{mm^۲}$$

$$P = \tau.A \Rightarrow P = ۲۵۶ \times ۹۴۲ = ۲۴۱۱۵۲_N = ۲۴۱/۱_{KN}$$

ب) بررسی تنش کششی در ورق

$$\sigma_{\text{مجاز}} = ۱۴۱_{Mpa}$$

قطر سوراخ

$$D = ۱/۱d = ۱/۱ \times ۲۰ = ۲۲_{mm}$$

$$A = (۴۰۰ - ۳ \times ۲۲)۱۰ = ۳۳۴۰$$

$$P = \sigma.A = ۳۳۴۰ \times ۱۴۱ = ۴۷۰۹۴۰_N = ۴۷۰_{KN}$$

ج) تنش لهیدگی در ورق

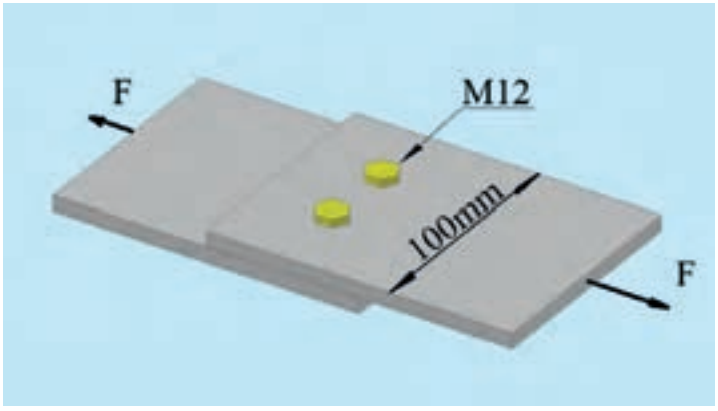
$$\sigma_c = ۱/۳۳\sigma_y = ۲۳۵ \times ۱/۳۳ = ۳۱۲_{MPa}$$

$$\sigma_C = \frac{P}{ntd} \Rightarrow P = (۳۱۲) \times (۳) \times ۱۰ \times ۲۰ =$$

$$P = ۱۸۷/۲۰۰_N = ۱۸۷_{KN}$$

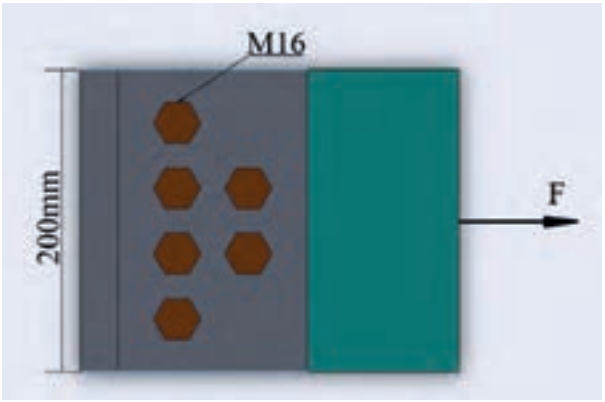
تمرین٤-٤

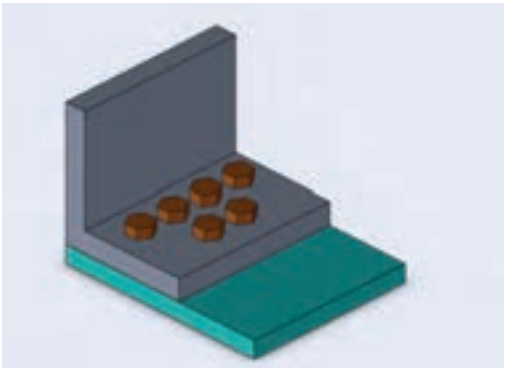
حداکثر نیروی F را برای اتصال دو ورق فولادی St۴۴ به ضخامت ۱۲_{mm} و پهنای ۱۰۰_{mm} که به وسیله۲ عدد پیچ M۱۲ و با درجه استحکام ۸-۸ متصل شده‌اند، را محاسبه کنید.



مثال ۵-٤

حداکثر نیروی F را در اتصال شـکل زیر با ورق St۳۷ به ضخامت ۲۰ میلی‌متر که توسـط ۶ عدد پیچ M۱۶ با درجه استحکام ۸-۸ ایجاد شده است محاسبه کنید.





الف) بررسی مقاومت برشی در ساق پیچ‌ها

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

$$\tau = ۰/۴ \times ۸ \times ۸ \times ۱۰ = ۲۵۶ MPa$$

$$A = \frac{۶\pi d^۲}{۴} = \frac{۶ \times \pi \times ۱۶^۲}{۴} = ۱۲۰۵/۷۶ mm^۲$$

$$P = \tau.A \Rightarrow P = ۲۵۶ \times ۱۲۰۵/۷۹ = ۳۰۸۷۶۴/۵N = ۳۰۸KN$$

ب) بررسی تنش کششی در ورق

$$\sigma_{مجاز} = ۱۴۰ Mpa$$

قطر سوراخ $D = ۱/۱d = ۱/۱ \times ۱۶ = ۱۷/۶ mm$

ورق $A = (۲۰۰ - ۴ \times ۱۷/۶)۲۰ = ۲۵۹۲ mm^۲$

$$P = \sigma.A = ۱۴۰ \times ۲۵۹۲ = ۳۶۲۸۸۰N = ۳۶۲KN$$

ج) تنش لهیدگی در ورق

$$\sigma_c = ۱/۳۳\sigma_y = ۱/۳۳ \times ۲۳۵ = ۳۱۲/۵ MPa$$

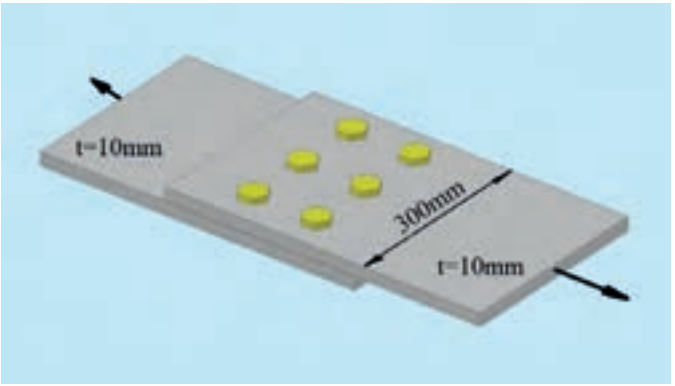
$$\sigma_C = \frac{P}{ntd} \Rightarrow P = ۳۱۲/۵ \times ۶ \times ۲۰ \times ۱۶ = ۶۰۰۰۰۰$$

$$P = ۶۰۰۰۰۰_N = ۶۰۰_{KN}$$

حداکثر نیروی F مقدار $۳۰۸KN$ می‌باشد.

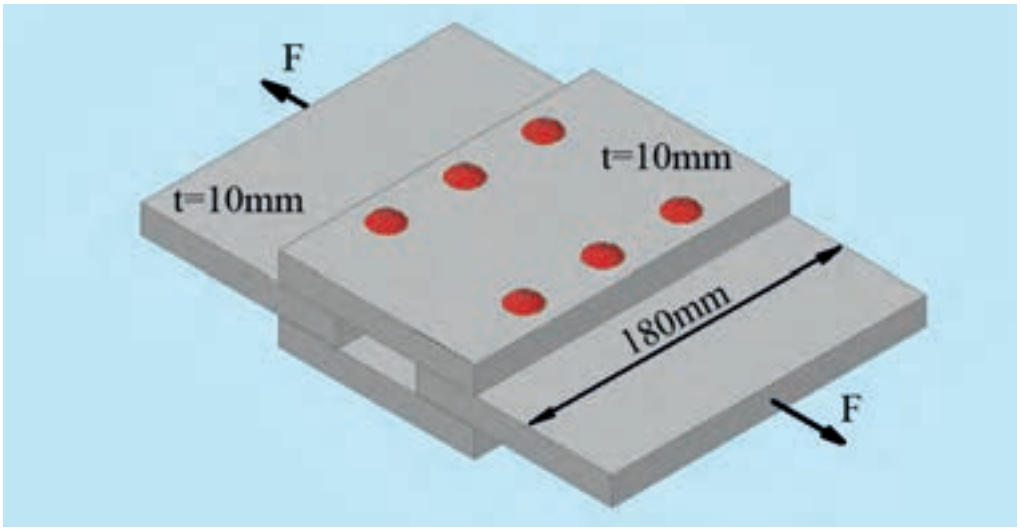
تمرین۵-٤

حداکثر نیروی F را در اتصال شکل زیر با ورق St۴۴ که توسط ۶ عدد پیچ M۲۴ با درجه استحکام ۹-۱۲ ایجاد شده است محاسبه کنید.



مثال ۶-٤

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



الف) برش در پرچ‌ها (اتصال دوبل)

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

$$\tau = \frac{F}{2A} \Rightarrow F = 2A\tau = 2\times 942\times 95 = 178980\,N = 178/9\,KN$$

ب) گسیختگی در ورق ضعیف اتصال

$$D = 1/1\times 20 = 22\,mm$$

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

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

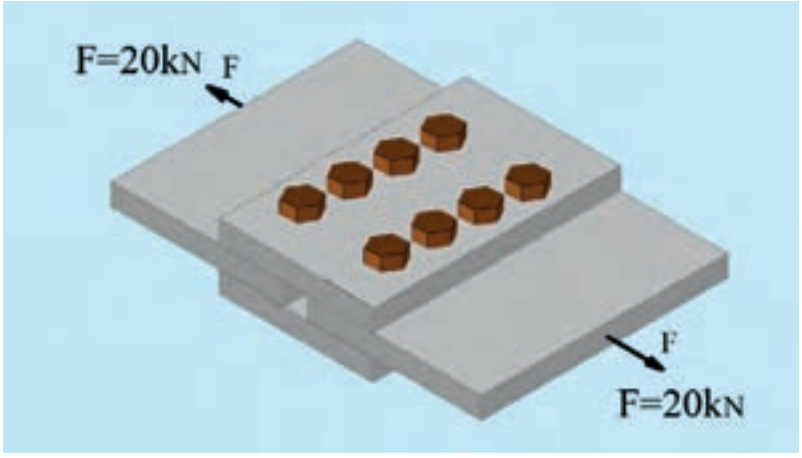
ج) لهیدگی ورق

$$\sigma_c = 1/33\sigma_y = 1/33\times 235 = 312/5\,MPa$$

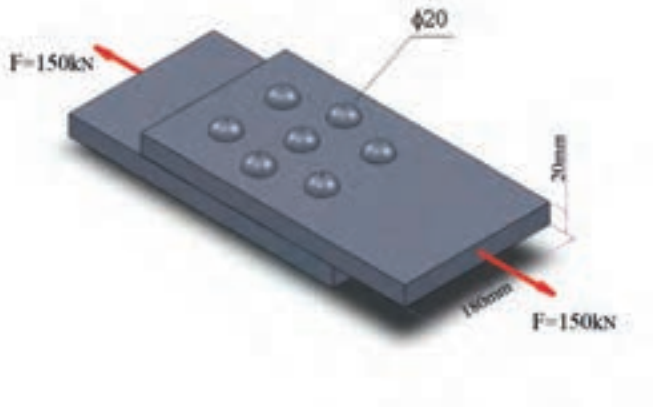
$$\sigma_C = \frac{F}{nA} \Rightarrow F = nA\sigma_c = 3\times 10\times 20\times 312/5 = 187500\,N = 187/5\,KN$$

حداکثر نیروی قابل اعمال مقدار $159KN$ می‌باشد.

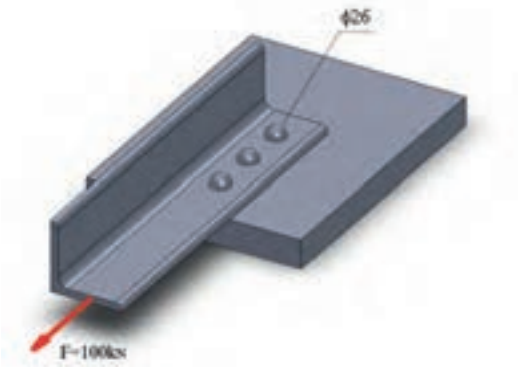
۱ - تنش برشی در پیچهای M۲۰ شکل زیر را محاسبه کنید.



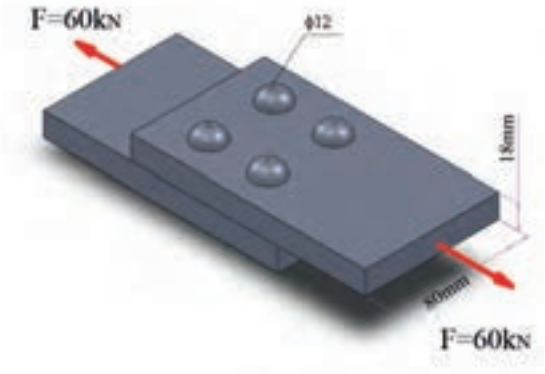
۲ - میزان تنش لهیدگی در اتصال زیر را محاسبه کنید.



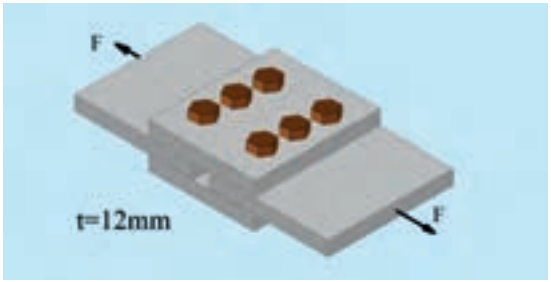
۳ - اگر قطر پرچها ۲۶_{mm} باشد مقدار تنش برشی وارد بر هر پرچ را در اتصال بادبند زیر را محاسبه کنید.



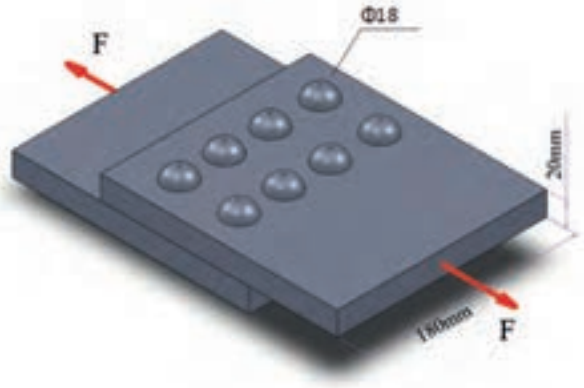
۴ - میزان تنش برشی در پرچ ها ، تنش کششی در ورق و تنش لهیدگی را در اتصال زیر محاسبه کنید .



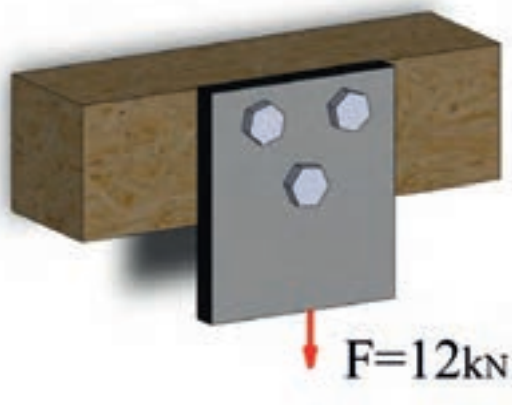
۵ - حداکثر ظرفیت اتصال زیر را محاسبه کنید.(پیچ ها M۱۸ با تنش برشی مجاز ۱۲۰_{Mpa} وجنس ورق ها St۳۷ می باشد)



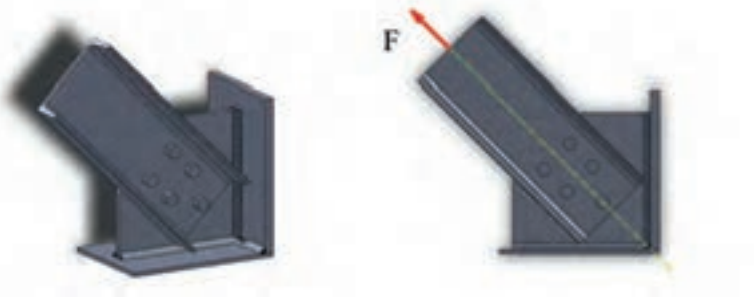
۶ - اگرتنش برشـــی مجاز پرچها ۱۳۰_{Mpa} باشـــد و ورق ها از جنس St۳۷ باشد حداکثر ظرفیت اتصال را محاسبه کنید.



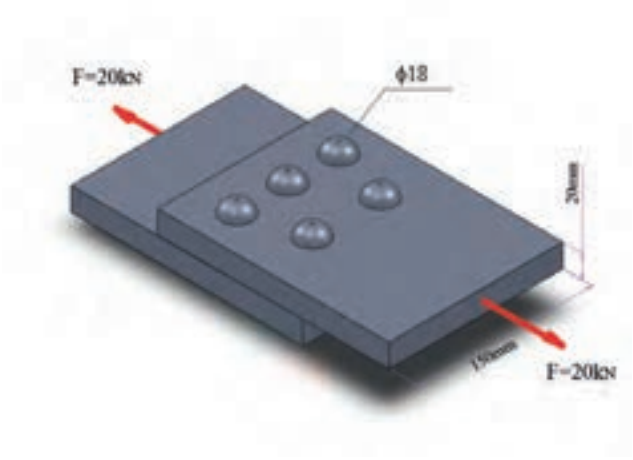
۷ - تنش برشی در پیچ M۱۶ اتصال زیر رامحاسبه کنید.



۸ - اگـر حداکثر تنش برشـی پیچ‌ها M۲۰ در اتصال زیر ۳۴۰_{Mpa} باشـد بـا ضریب اطمینان ۳ حداکثر نیروی F را محاسبه کنید. (نیرو از مرکز سطح پیچ ها می گذرد)



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



برش‌کاری

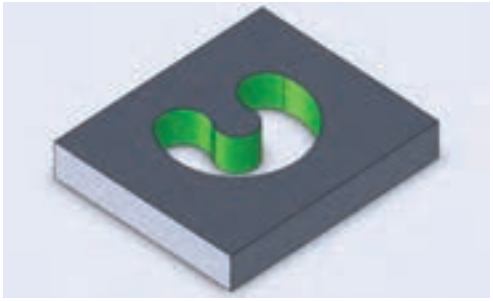
مساحت برش

برش کاری با لبه‌های برش تخت

برش‌کاری به وسیله لبه برش شیب‌دار

مساحت برش

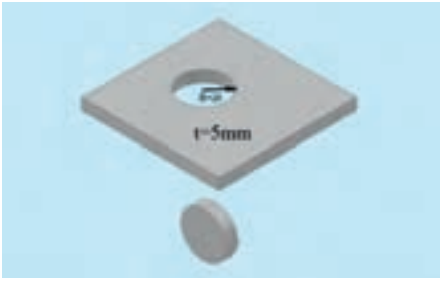
در یک فرآیند برش کاری سطحی از جسم که تحت برش قرار بگیرد را مساحت برش می‌نامند. شکل (۱-۵) سطح برش قطعه برشکاری شده را با رنگ سبز نشان می‌دهد.



شکل ۱-۵

مثال۱-۵

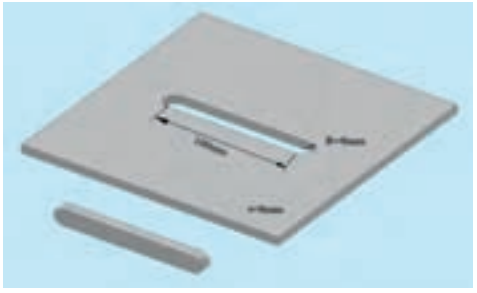
مساحت برش در شکلهای زیر را محاسبه کنید.



الف

الف) $A = \pi D t$

$A = ۴۰ \times ۵ \times \pi = ۶۲۸ \ mm^۲$



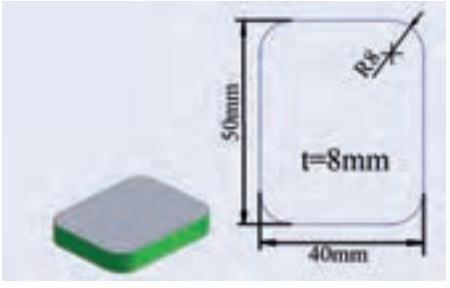
ب

ب) $A = (\pi D + ۲L)t = (\pi \times ۱۶ + ۲ \times ۱۰۰) \times ۸$

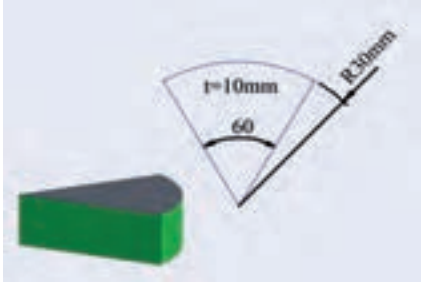
$A = ۲۰۰۱۹ \ mm^۲$

تمرین۱-۵

مساحت برش در شکل‌های زیر را محاسبه کنید.



الف



ب

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.

سطح مقطع برش = A = محیط برش × ضخامت قطعه

$\tau_{نهایی} = (۰/۷ \sim ۰/۸)\sigma_{نهایی}$

نیروی برش $F = \tau \times A$

برای محاسبه تناژ و ظرفیت یک پرس نیروی لازم برای برشکاری را به میزان ۳۰ ٪ افزایش می‌دهند. رابطه $F_p = ۱/۳F$ میزان ظرفیت یک پرس را معین می‌کند.

مثال ۲-۵

تنش برشی نهایی فولادی را که تنش کششی نهایی آن ۳۷۰_{MPa} است محاسبه کنید.

$\tau_{نهایی} \cong (۰/۷ \sim ۰/۸) \times \sigma_{نهایی}$

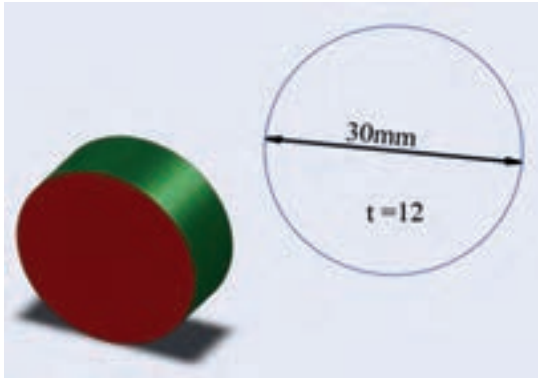
$\tau_{نهایی} = ۰/۷ \times ۳۷۰ = ۲۵۹ MPa$

تمرین ۲-۵

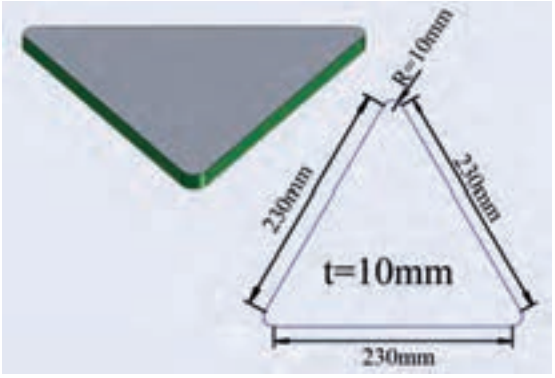
تنش برشی نهایی فولادی که تنش کششی نهایی آن ۴۹۰_{Mpa} است را محاسبه کنید.

مثال ۳-۵

نیروی برش برای سطوح زیر را که از فولاد با تنش برشی نهایی ۲۱۰_{MPa} ساخته شده‌اند را محاسبه کنید.



الف



ب

الف)

$$A = \pi Dt = ۳۰ \times ۱۲ \times \pi = ۱۱۳۰/۴ \, mm^۲$$

$$F = \tau.A = ۲۱۰ \times ۱۱۳۰/۴ = ۲۳۷۳۸۴_N$$

ب)

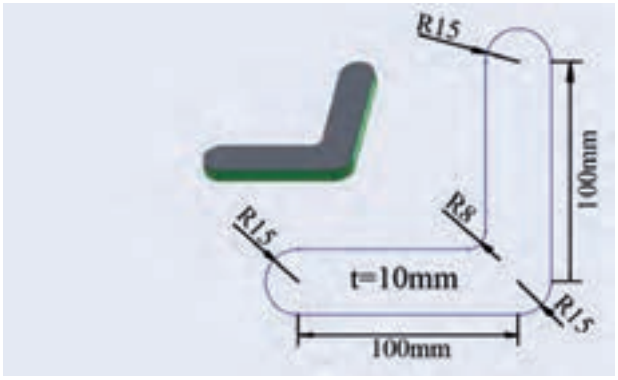
$$A = \left(۳L + \frac{۳}{۴}\pi D \right) t$$

$$A = \left(۳ \times ۲۳۰ + \frac{۳}{۴}\pi \times ۲۰ \right) \times ۱۰ = ۷۳۷۱ mm^۲$$

$$F = \tau.A = ۷۳۷۱ \times ۲۱۰ = ۱۵۴۷۹۱۰_N$$

تمرین ۳-۵

نیروی برش برای شکل زیر را که از فولاد با تنش برشی نهایی ۲۵۰_{MPa} ساخته شده است را محاسبه کنید.



مثال ٤-٥

ظرفیت دستگاه پرس برای سوراخ‌کاری به قطر ۲۰_{mm}در ورقی فولادی با تنش برشی نهایی ۲۵۰_{Mpa} و ضخامت ۱۰_{mm}را تعیین کنید.

$$A = D\pi t = ۲۰ \times \pi \times ۱۰ = ۶۲۸_{mm^۲}$$

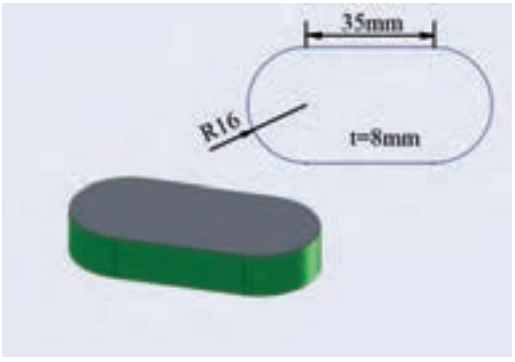
$$F = \tau \times A = ۲۵۰ \times ۶۲۸ = ۱۵۷۰۰۰N$$

$$F_P = ۱/۳F = ۱۵۷۰۰۰ \times ۱/۳ = ۲۰۴۱۰۰N$$

$$F_P = ۲۰۴۱۰۰_N = ۲۰۴۱۰Kgf = ۲۰/۴۱_{Ton}$$

تمرین٤-٥

ظرفیت دستگاه پرس برای قطعه به ضخامت mm ۸ از ورق فولادی با تنش برشی نهایی ۳۵۰_{Mpa} و مطابق شکل زیر را محاسبه کنید.



برشکاری به وسیله لبه برش شیب دار

در برش ورقها به شـــکل طولی از قیچی‌ها و گیوتین ها اســـتفاده می‌گردد. در این دســـتگاه‌ها برای کنترل وکاهش نیروی لازم برای برش، تیغه برش به شکل زاویه‌دار فرود می‌آید و فرآیند برشکاری از یک سمت ورق آغاز شـــده و به ســـمت 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:

$$F = ۰/۸ \times k \times \tau \times \frac{t^۲}{\tan \varphi}$$

مثال ۵-۵

نیروی برشـــی لازم برای ورق فولادی کربنی ساختمانی به ضخامت ۱۵_{mm} با تنش برشی نهایی ۳۰۰_{Mpa} را به وسیله تیغه برشی با شیب ۱۳° تعیین کنید.

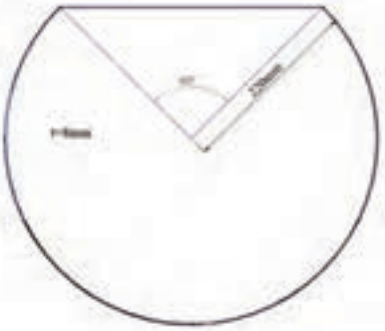
$$F = ۰/۸ \times k \times \tau \times \frac{t^{۲}}{\tan \varphi}$$

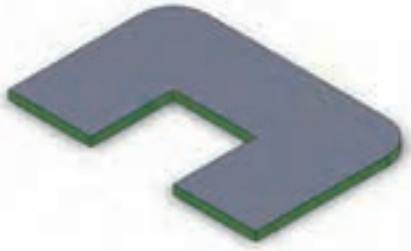
$$F = \frac{۰/۸ \times ۰/۴ \times ۳۰۰ \times ۱۵^{۲}}{\tan ۱۳} = \frac{۲۱۶۰۰}{\tan ۱۳} = ۹۳۹۱۳_{N}$$

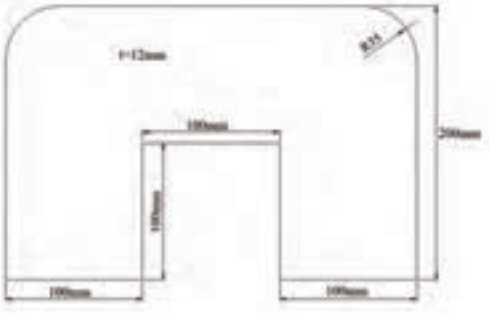
تمرین۵-۵

نیروی برشی لازم برای برشکاری ورق فولادی با ضخامت $_{mm}$ ۸ و تنش برشی نهایی ۲۶۰_{Mpa} به وسیله تیغه برشی با شیب ۱۰ درجه را تعیین کنید.

۱ - مساحت برش در شکل های زیر را محاسبه کنید

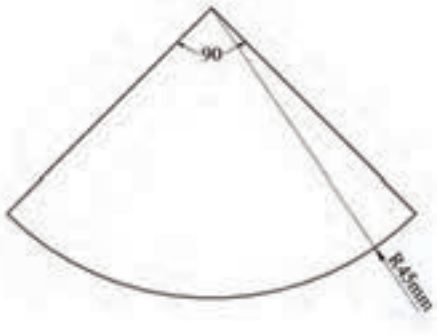


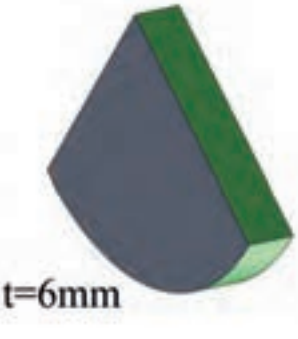




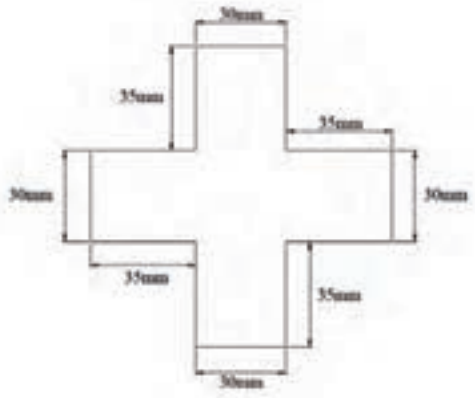
۲ - تنش برشی نهایی فولادی با تنش کششی نهایی ۴۵۰Mpa را محاسبه کنید.

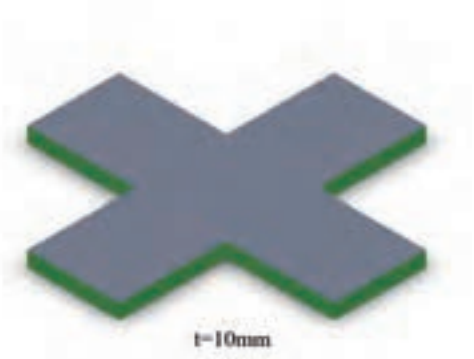
۳ - نیروی برش برای ساخت قطعه فولادی زیر را بدست آورید تنش کششی نهایی ورق $_{\text{Mpa}}$۵۲۰ می باشد





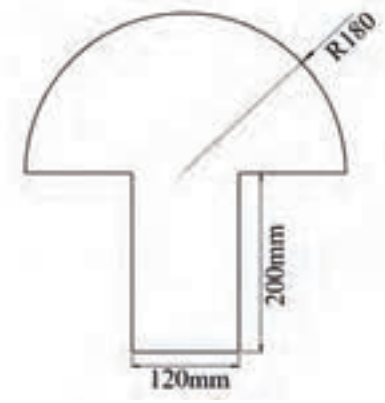
۴ - آلیاژ آلومینیوم با تنش برشـــی نهایی $_{Mpa}$۱۸۵ برای ساخت قطعه زیر انتخاب شده است . اگر در هر ضربه پرس چهار عدد از این قطعه تولید گردد نیروی ظرفیت پرس را محاسبه کنید.





۵ - نیروی برش لازم ، برای برش کاری ورق آلومینیوم با ضخامت ۸ میلی متر وتنش برش نهایی $_{Mpa}$۳۳۰ به وسیله تیغه برشی با شیب ۱۴ درجه را محاسبه کنید.

۶ - ظرفیت پرس را برای ساخت قطعه زیر که از ورق فولادی با تنش کششی نهایی ۶۰۰_{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

مخزن جدار نازک

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) $K=\frac{۱۰۴}{۴}=۲۶$ مخزن جدار نازک

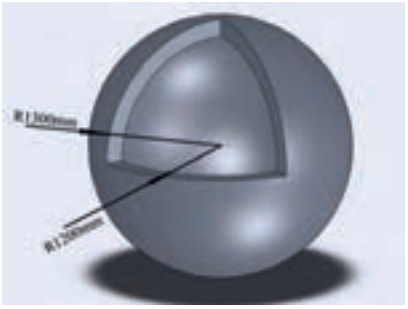
۲) $K=\frac{۳۰}{۵}=۶$ مخزن جدار ضخیم

۳) $K=\frac{D}{t}=\frac{۱۳۰}{(۶۵-۵۰)}=\frac{۱۳۰}{۱۵}=۸/۶$ مخزن جدار ضخیم

۴) $K=\frac{D}{t}=\frac{۴۰}{(۲۰-۱۰)}=۴$ مخزن جدار ضخیم

تمرین۱-۶

کدام یک از مخازن زیر جدار نازک می‌باشد؟



تنش در مخازن کروی

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

مثال ۲-۶

حداکثر فشارمخزن کروی به قطر ۲ متر و ضخامت $15mm$ که از ورق St۳۷ ساخته شده است را محاسبه کنید.

برای فولاد St۳۷ تنش مجاز کششی $140Mpa$ می باشد.

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

$$\Rightarrow P = \frac{4\sigma.t}{D} \Rightarrow P = \frac{4\times140\times15}{2000} = 4/2MPa$$

تمرین ۶-۲

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

مثال ۶-۳

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

$$\sigma_{\text{مجاز}} = ۰/۶ \times ۲۷۵ = ۱۶۵_{MPa}$$

$$\sigma = \frac{PD}{۴t} \Rightarrow t = \frac{PD}{۴\sigma} = \frac{۱۰ \times ۵۰۰}{۴ \times ۱۶۵} = ۷/۵۷_{mm} \simeq ۸_{mm}$$

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

تمرین ۶-۳

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

مثال ٤-٦

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 ۵_{Mpa} است. استحکام مخزن را بررسی و ضریب اطمینان را بدست آورید.

تنش تسلیم آلومینیوم را از پیوست کتاب بدست آورید.

$\sigma_y = ۳۲۵MPa$

$$\sigma = \frac{PD}{۴t} \Rightarrow \sigma = \frac{۵\times ۳۰۰۰}{۴\times ۲۲} = ۱۷۰/۴۵MPa$$

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma} = \frac{۳۲۵}{۱۷۰/۴۵} = ۱/۹$$

تمرین ٤-٦

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 ٥-٦

یک مخزن کروی به قطر۰/۶ 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 ۱۲_{Mpa}ضخامت ورق را محاسبه کنید (تنش تسلیم ورق ۳۶۰_{Mpa} فرض شود)

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

$$\sigma = \frac{npD}{۴Kt}$$

$$t = \frac{nPD/}{۴K\sigma} = \frac{۲\ \ ۵\times ۱۲\times ۶۰۰}{۴\times ۰/۸\times ۳۶۰} = ۱۵/۶۲mm$$

ورق به ضخامت ۱۶_{mm} انتخاب می‌گردد.

تمرین ۵-۶

حداکثر فشـــار در یک مخزن کروی جوشـــی را با توجه به اینکه قطر مخزن ۱ متر و تنش تســـلیم ورق ۳۲۰_{Mpa} می‌باشـــد بررســـی کنید (ضخامت جدار ۲_{cm} و ضریب کیفیت جوش به ورق ۰/۷ و با ضریب اطمینان ۳)

تنش در مخازن استوانه‌ای

برای محاسبه تنش در مخازن استوانه‌ای و لوله‌های انتقال سیال از رابطه $\sigma = \frac{PD}{۲t}$ استفاده می‌گردد.

مثال ۶-۶

حداکثر فشار مخزن استوانه‌ای به قطر ۴۰ سانتیمتر و ضخامت ۱۰_{mm} که از ورق St۴۴ ساخته شده است را محاسبه کنید.

تنش مجاز کششـــی برای فولاد St۴۴ از رابطه $\sigma_{allow} \leq ۰/۶\sigma_y$ محاسبه می‌گردد و تنش تسلیم را از جداول پیوست کتاب استخراج می‌کنیم.

$$\sigma_{allow} = ۰/۶ \times ۲۷۵ = ۱۶۵ Mpa$$

$$\sigma = \frac{PD}{۲t} \Rightarrow P = \frac{۲\sigma.t}{D} \Rightarrow P = \frac{۲ \times ۱۶۵ \times ۱۰}{۴۰۰} = ۸/۲۵ MPa$$

تمرین ۶-۶

حداکثر فشـــار مخزن اســـتوانه‌ای به قطر ۳۰_{cm} و ضخامت ۲۰_{mm} که از ورق St۵۲ ساخته شده است را محاسبه کنید.

مثال ۷-۶

ضخامت مخزن استوانه ای را که برای فشار $۶/۵_{Mpa}$ به قطر ۰/۵ متر از فولاد St۵۲ ساخته شده را با ضریب اطمینان ۲/۵ محاسبه کنید.

$$\sigma_{\text{مجاز}} = \frac{۳۵۵}{۲/۵} = ۱۴۲ \quad \sigma = \frac{PDn}{۲t} \Rightarrow t = \frac{nPD}{۲\sigma} = \frac{۲/۵ \times ۶/۵ \times ۵۰۰}{۲ \times ۱۴۲} = ۱۹/۰۷_{mm} \approx ۲۰_{mm}$$

ورق ۲۰_{mm} را جهت ساخت مخزن می‌توان استفاده کرد.

تمرین ۶-۷

ضخامت مخزن استوانه ای را که برای فشار ۱۰۰_{Mpa} به قطر ۰/۸ متر از فولاد St۵۲ ساخته شده را با ضریب اطمینان ۳ محاسبه کنید.

مثال ۶-۸

حداکثر فشـــار درون لوله‌ی فولادی با تنش کششی مجاز ۲۴۰_{Mpa} به ضخامت ۸_{mm} وقطر ۲۰۰_{mm}را محاسبه کنید.

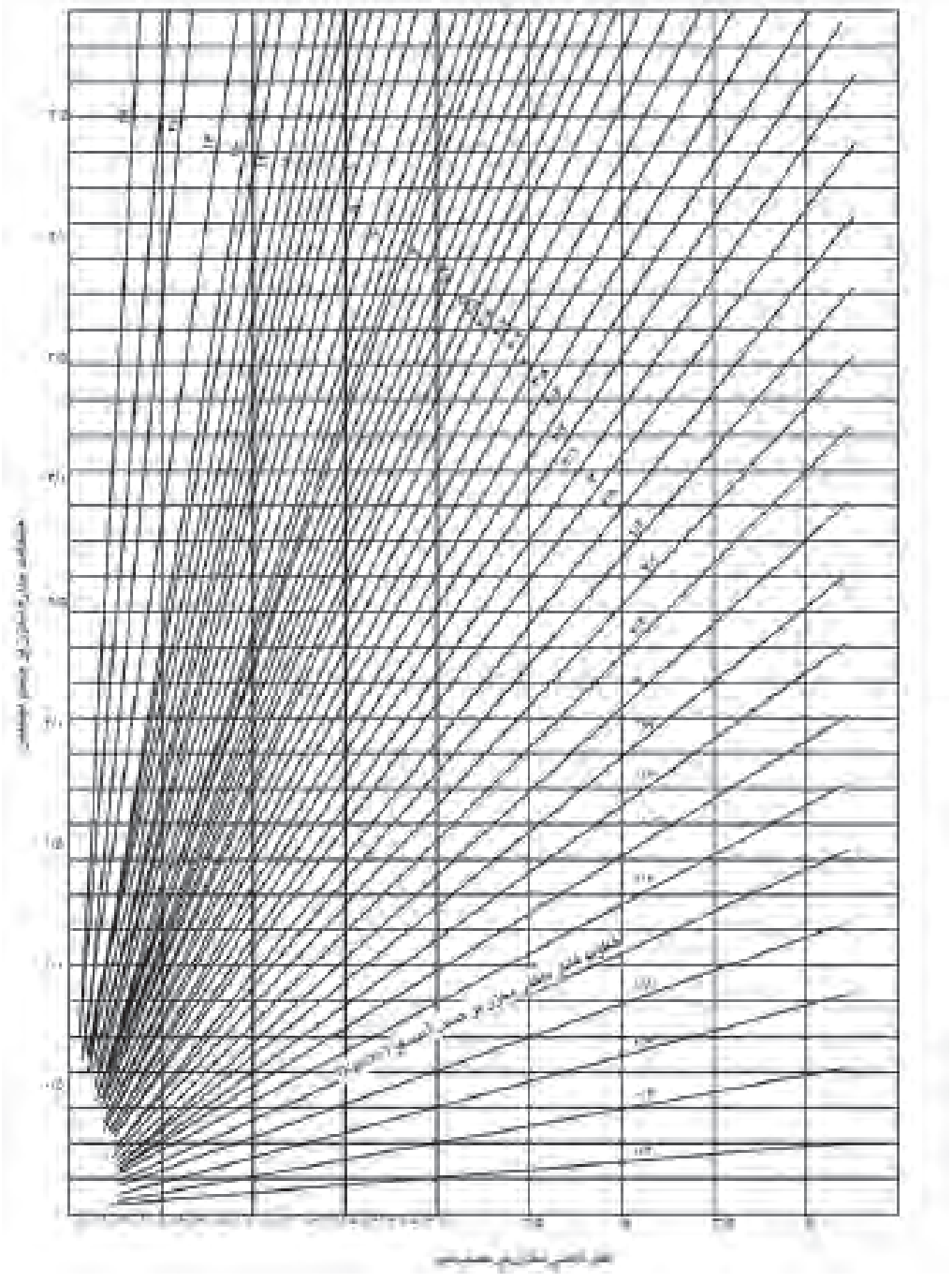
$$\sigma = \frac{PD}{۲t} \Rightarrow P = \frac{۲\sigma t}{D} = \frac{۲\times۲۴۰\times۸}{۲۰۰} = ۱۸/۲MPa$$

تمرین ۶-۸

حداکثر فشـــار درون لوله‌ی فولادی با تنش کششـــی مجاز ۲۳۰_{Mpa} به ضخامت ۱۰_{mm}و قطر ۶۰_{cm} را محاسبه کنید.

محاسبه به کمک نمودار

اســتفاده از نمودارها و جداول در طراحی بســیار مناسبتر و سریعتر از روابط و معادلات می‌باشد به همین منظور برای طراحی مخازن نمودارهای تدوین شــده اســت که در کتابهای طراحی مخزن آورده شده است. نمودار (۱-۶) برای طراحی مخزن استوانه‌ای با تنش مجاز ۱۴۰_{Mpa} می‌باشد.



نمودار ۱-۶

مثال ۹-۶

فشار مخزن استوانه‌ای به قطر ۲/۵متر را در شرایطی که ضخامت ورق فولادی ۴_{mm} است و تنش مجاز کششی ورق معادل ۱۴۰_{Mpa}می‌باشد محاسبه کنید (با استفاده از نمودار).

۱ - بر رو 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 ۴/۶ و ۴/۸ اتمسفر واقع شده است.

۴- فشار مخزن تقریباً ۴/۷ اتمسفر می‌باشد.

تمرین۹-۶

فشـــار مخزن اســـتوانه‌ای به قطر ۳/۵متر را در شـــرایطی که ضخامت ورق فولادی ۴_{mm} است و تنش مجاز کششی ورق معادل ۱۴۰_{Mpa} می‌باشد محاسبه کنید (با استفاده از نمودار).

تمرین های دوره ای فصل ششم

۱ - مخزن کروی به قطر ۲ متر و ضخامت جداره ۱۲_{mm} تحت فشـــار۵_{Mpa} قرار دارد مقدار تنش در مخزن را محاسبه کنید .

۲ - ضخامت جداره مخزن کروی که از ورق St۵۲ وبه قطر ۸۰_{cm} طراحی شـده اسـت را برای فشار ۴۰_{Mpa} محاسبه کنید .

۳ - در سـاخت یـک مخزن کروی به قطر ۲متـر ازورق فولادی به ضخامت ۲_{cm} با تنش کششـی مجاز ۱۵۰_{Mpa} اسـتفاده شده اسـت اگر الکترود مصرفی E۷۰۱۸ باشد و ضریب کیفیت جوش ۰.۸۵ باشد حداکثر فشار مخزن را محاسبه کنید.

۴ - لوله فولادی به قطر ۴۰ سـانتیمتر و ضخامت ۸ میلی متراست و تنش مجاز ۱۲۵_{Mpa} می باشد حداکثر فشار درون لوله را محاسبه کنید .

۵ - ضخامت جداره مخزن اســتوانه ای به قطر ۴۵_{cm} که از فولاد با تنش کششی مجاز ۴۵۰_{Mpa} ساخته شده است را برای فشار ۱۰_{Mpa} محاسبه کنید.

۶ - با اســتفاده از نمودارضخامت جداره مخزن اســتوانه ای به قطر ۳ متر را برای فشــار ۴ اتمســفر محاسبه کنید (تنش مجاز فولاد ۱۴۰_{Mpa} می باشد)

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

پیوست‌ها و فهرست منابع

جدول ۱ـ خواص مکانیکی مواد – فلزات

جدول ۱ـ خواص مکانیکی مواد – غیر فلزات

جدول ۲ – مشخصات نیم رخ‌ها (پروفیل‌ها)

جدول ۳ـ ضریب تبدیل یکاها

جدول ٤ـ نشان های استفاده شده در کتاب

فهرست منابع

جدول ۱ـ خواص مکانیکی مواد - فلزات[1]

مواد	چگالی kg/m³	استحکام نهایی: کشش MPa	فشار[1] MPa	برش MPa	استحکام تسلیم: کشش MPa	برش MPa	مدول کشسانی GPa	مدول صلابت GPa	ضریب انبساط گرمایی ۱۰⁻⁶/°C	شکل پذیری درصد ازدیاد طول در 50 mm
فولاد										
ساختمانی St37	۷۸۶۰	۳۵۵			۲۳۴	۱۳۵	۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۲۱
آلیاژ St44	۷۸۶۰	۴۷۵			۲۷۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۲۱
آلیاژ St50	۷۸۶۰	۵۴۰			۲۹۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۱۷
آلیاژ St52	۷۸۶۰	۵۶۰			۳۵۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۲۱
آلیاژ St60	۷۸۶۰	۶۴۰			۳۲۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۲۱
آلیاژ St70	۷۸۶۰	۷۵۰			۳۶۵		۲۰۰	۷۷/۲	۱۱/۷	۱۸
فولاد زنگ نزن:										
نورد-سرد	۷۹۲۰	۸۶۰			۵۲۰		۱۹۰	۷۵	۱۷/۳	۱۲
نرم شده	۷۹۲۰	۶۵۵			۲۶۰		۱۹۰	۷۵	۱۷/۳	۵۰
فولاد تقویت شده										
استحکام متوسط	۷۸۶۰	۴۸۰			۲۷۵		۲۰۰	۷۷	۱۱/۷	
استحکام بالا	۷۸۶۰	۶۲۰			۴۱۵		۲۰۰	۷۷	۱۱/۷	
چدن										
چدن خاکستری	۷۲۰۰	۱۷۰	۶۵۵	۲۴۰			۶۹	۲۸	۱۲/۱	۰/۵
چدن چکش خوار	۷۳۰۰	۳۴۵	۶۲۰	۳۳۰	۲۳۰		۱۶۵	۶۵	۱۲/۱	۱۰
آلومینیوم										
آلیاژ 1100-H14 (۹۹٪ Al)	۲۷۱۰	۱۱۰		۷۰	۹۵	۵۵	۷۰	۲۶	۲۳/۶	۹
آلیاژ 2014-T6	۲۸۰۰	۴۵۵		۲۷۵	۴۰۰	۲۳۰	۷۵	۲۷	۲۳/۰	۱۳
آلیاژ 2024-T4	۲۸۰۰	۴۷۰		۲۸۰	۳۲۵		۷۳		۲۳/۲	۱۹
آلیاژ 5456-H116	۲۶۳۰	۳۱۵		۱۸۵	۲۳۰	۱۳۰	۷۲		۲۳/۹	۱۶
آلیاژ 6061-T6	۲۷۱۰	۲۶۰		۱۶۵	۲۴۰	۱۴۰	۷۰	۲۶	۲۳/۶	۱۷
آلیاژ 7075-T6	۲۸۰۰	۵۷۰		۳۳۰	۵۰۰		۷۲	۲۸	۲۳/۶	۱۱
مس:										
مس (۹۹/۹٪ Cu)										
نرم شده	۸۹۱۰	۲۲۰		۱۵۰	۷۰		۱۲۰	۴۴	۱۶/۹	۴۵
سخت کشیده	۸۹۱۰	۳۹۰		۲۰۰	۲۶۵		۱۲۰	۴۴	۱۶/۹	۴
برنج زرد (٪۶۵ Cu,٪۳۵ Zn)										
نورد-سرد	۸۴۷۰	۵۱۰		۳۰۰	۴۱۰	۲۵۰	۱۰۵	۳۹	۲۰/۹	۸
نرم شده	۸۴۷۰	۳۲۰		۲۲۰	۱۰۰	۶۰	۱۰۵	۳۹	۲۰/۹	۶۵
برنج قرمز (٪۸۵ Cu,٪۱۵ Zn)										
نورد سرد	۸۷۴۰	۵۸۵		۳۲۰	۴۳۵		۱۲۰	۴۴	۱۸/۷	۳
نرم شده	۸۷۴۰	۲۷۰		۲۱۰	۷۰		۱۲۰	۴۴	۱۸/۷	۴۸
تیتانیوم	۴۷۳۰	۹۰۰			۸۳۰		۱۱۵		۹/۵	۱۰

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

مواد	چگالی kg/m³	استحکام نهایی: کشش MPa	استحکام نهایی: فشار[۲] MPa	استحکام نهایی: برش MPa	استحکام تسلیم[۳]: کشش MPa	استحکام تسلیم[۳]: برش MPa	مدول کشسانی GPa	مدول صلابت GPa	ضریب انبساط گرمایی $10^{-6}/°C$	درصد ازدیاد طول در ۵۰mm
الوار[۳] چوبی، خشک شده										
صنوبر	۴۱۵	۶۰	۳۹	۷/۶			۱۰	۰/۵	۴/۵تا۳/۰	
گردو	۷۲۰		۶۳	۱۶/۵			۱۵			
کاج	۴۱۵	۵۵	۳۶	۷/۶			۹			
بتون										
استحکام متوسط	۲۳۲۰		۲۸				۲۵		۹/۹	
پلاستیک										
نایلن،نوع۶/۶	۱۱۴۰	۷۵	۹۵		۴۵		۲/۸		۱۴۴	۵۰
پلی استر PBT (پلاستیک نرم)	۱۳۴۰	۵۵	۷۵		۵۵		۲/۴		۱۳۵	۱۵۰
وینیل ، PVC سخت	۱۴۴۰	۴۰	۷۰		۴۵		۳/۱		۱۳۵	۴۰
لاستیک	۹۱۰	۱۵							۱۶۲	۶۰۰
گرانیت(مقادیر متوسط)	۲۷۷۰	۲۰	۲۴۰	۳۵			۷۰	۴	۷/۲	
شیشه،۹۸٪ سیلیکا	۲۱۹۰		۵۰				۶۵	۴/۱	۸۰	

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

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

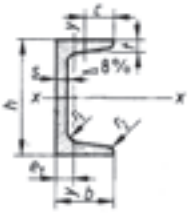
۳. واص الوارهای چوبی با توجه به بارگذاری به موازات رگه های چوب در نظر گرفته شده است

جدول ۲ـ مشخصات نیم رخ‌ها (پروفیل‌ها)

تیرها

ناودانی - (U - شکل)

مقایسه با DIN 1026 (10.63)



$r_1 = t$

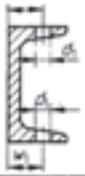
$r_2 = \frac{1}{2}$

S سطح مقطع تیر
I ممان سطحی محوری درجه 2
W ممان سطحی محوری
m′ وزن طولی

مشخصه تیر ناودانی به ارتفاع 100mm از 2 - St 37 طبق DIN 17 100 :

پروفیل U- DIN 1026 - St 37 - 2 - U 100

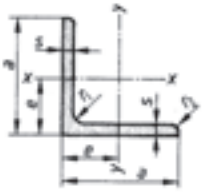
اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)



علامت کوتاه	اندازه ها به mm					سطح - مقطع	وزن - طولی	فاصله از محور-y	برای محورهای خم x – x		y – y		اندازه ها به mm	
						S	m′	e_y	I_x	W_x	I_y	W_y	w_1	d_1 max.
U	h	b	s	t	c	cm²	kg/m	cm	cm⁴	cm³	cm⁴	cm³		
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

نبشی دو طرف مساوی

مقایسه با DIN 1028 (10.76)



$r_1 = s$

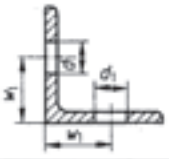
$r_2 = \frac{s}{2}$

S سطح مقطع تیر
I ممان سطحی محوری درجه 2
W ممان سطحی محوری
m′ وزن طولی

مشخصه نبشی با عرض بازوی 45 mm و ضخامت بال 5 mm از 2 - USt37 طبق DIN 17 100 :

پروفیل L- DIN 1028 - US37 - 2 - L 45 × 5

اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)



علامت کوتاه	اندازه ها به mm		سطح - مقطع	وزن - طولی	فاصله محورها	برای محورهای خم x – x y – y		اندازه ها به mm		علامت کوتاه	اندازه ها به mm		سطح - مقطع	وزن - طولی	فاصله محورها	برای محورهای خم x – x y – y		اندازه ها به mm	
			S	m′	e	$I_x=I_y$	$W_x=W_y$	w_1	d_1 max.				S	m′	e	$I_x=I_y$	$W_x=W_y$	w_1	d_1 max.
L	a	s	cm²	kg/m	cm	cm⁴	cm³			L	a	s	cm²	kg/m	cm	cm⁴	cm³		
20×3	20	3	1,12	0,88	0,60	0,39	0,28	12	4,3	60× 6	60	6	6,91	5,42	1,69	22,8	5,29	35	17
25×3	25	3	1,42	1,12	0,73	0,79	0,45	15	6,4	60× 8	60	8	9,03	7,09	1,77	29,1	6,88		
25×4	25	4	1,85	1,45	0,76	1,01	0,58			65× 7	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	70	7	9,4	7,38	1,97	42,4	8,43	40	21
30×4	30	4	2,27	1,78	0,89	1,81	0,86			70× 9	70	9	11,9	9,34	2,05	52,6	10,6		
35×4	35	4	2,67	2,10	1,00	2,96	1,18	18	11	75× 7	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			75× 8	75	8	11,5	9,03	2,13	58,9	11,0	40	
40×4	40	4	3,08	2,42	1,12	4,38	1,56			80× 6	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	80	8	12,3	9,60	2,26	72,3	12,6	45	
45×4	45	4	3,49	2,74	1,23	6,43	1,97	25	13	80×10	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			90× 7	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		90× 9	90	9	15,5	12,2	2,54	116	18,0		
50×6	50	6	5,69	4,47	1,45	12,8	3,61	30	13	100× 8	100	8	15,5	12,2	2,74	145	19,9	55	25
50×7	50	7	6,56	5,15	1,49	14,6	4,15			100×10	100	10	19,2	15,1	2,82	177	24,7		
60×5	60	5	5,82	4,57	1,64	19,4	4,45	35	17	100×12	100	12	22,7	17,8	2,90	207	29,2		

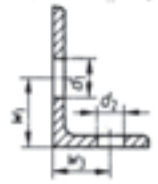
جدول ۲- مشخصات نیم رخ‌ها (پروفیل‌ها) - (ادامه)

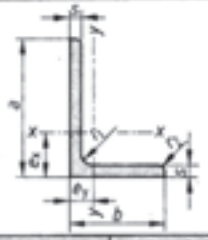
تیرها

نبشی دو طرف نامساوی

مقایسه با DIN 1029 (7.78)

اندازه‌ها طبق DIN 997 (10.70)





$r_1 = s$

$r_2 = \frac{s}{2}$

S سطح مقطع تیر
I ممان سطحی محوری درجه 2
W مدول سطحی محوری
m′ وزن طولی

مشخصه نبشی دو طرف نامساوی با عرض بالهای 65 mm و 50 mm از USt 37 - 2 طبق DIN 17100 :

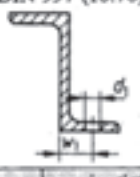
پروفیل L - DIN 1029 - USt 37 - 2 - L 65×50×5

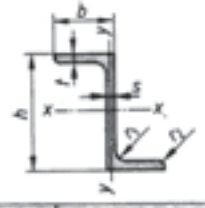
علامت کوتاه L	اندازه‌ها به mm a	b	s	سطح مقطع S cm²	وزن طولی m′ kg/m	فاصله محورها e_x cm	e_y cm	برای محورهای خم x – x I_x cm⁴	W_x cm³	y – y I_y cm⁴	W_y cm³	اندازه‌ها mm w_1	w_2	d_1 max.	d_2 max.
30×20× 3	30	20	3	1,42	1,11	0,99	0,50	1,25	0,62	0,44	0,29	17	12	8,4	4,3
30×20× 4	30	20	4	1,85	1,45	1,03	0,54	1,59	0,81	0,55	0,38				
40×20× 3	40	20	3	1,72	1,35	1,43	0,44	2,79	1,08	0,47	0,30	22		11	
40×20× 4	50	20	4	2,25	1,77	1,47	0,48	3,59	1,42	0,60	0,39	22	12	11	4,3
45×30× 4	45	30	4	2,87	2,25	1,48	0,74	5,78	1,91	2,05	0,91	25	17	13	8,4
45×30× 5	45	30	5	3,53	2,77	1,52	0,78	6,99	2,35	2,47	1,11				
50×30× 4	50	30	4	3,07	2,41	1,68	0,70	7,71	2,33	2,09	0,91	30	17	13	8,4
50×30× 5	50	30	5	3,78	2,96	1,73	0,74	9,41	2,88	2,54	1,12				
50×40× 5	50	40	5	4,27	3,35	1,56	1,07	10,04	3,02	5,89	2,01		22		11
60×30× 5	60	30	5	4,29	3,37	2,15	0,68	15,6	4,04	2,60	1,12	35	17	17	8,4
60×40× 5	60	40	5	4,79	3,76	1,96	0,97	17,2	4,25	6,11	2,02				
60×40× 6	60	40	6	5,68	4,46	2,00	1,01	20,1	5,03	7,12	2,38		22		11
65×50× 5	65	50	5	5,54	4,35	1,99	1,25	23,1	5,11	11,9	3,18	35	30	21	13
70×50× 6	70	50	6	6,88	5,40	2,24	1,25	33,5	7,04	14,3	3,81				
75×50× 7	75	50	7	8,3	6,51	2,48	1,25	46,4	9,24	16,5	4,39	40		23	
75×55× 5	75	55	5	6,3	4,95	2,31	1,33	35,5	6,84	16,2	3,89	40	30		17
75×55× 7	75	55	7	8,66	6,80	2,40	1,41	47,9	9,39	21,8	5,52				
80×40× 6	80	40	6	6,89	5,41	2,85	0,88	44,9	8,73	7,59	2,44	45	22		11
80×40× 8	80	40	8	9,01	7,07	2,94	0,95	57,6	11,4	9,68	3,18	45	22	23	11
80×60× 7	80	60	7	9,38	7,36	2,51	1,52	59,0	10,7	28,4	6,34				21
90×60× 6	90	60	6	8,69	6,82	2,89	1,41	71,7	11,7	25,8	5,61	50		25	17
90×60× 8	90	60	8	11,4	8,96	2,97	1,49	92,5	15,4	33,0	7,31	50	35	25	17
100×50× 6	100	50	6	8,73	6,85	3,49	1,04	89,7	13,8	15,3	3,86	55	30		13
100×50× 8	100	50	8	11,5	8,99	3,59	1,13	116	18,0	19,5	5,04				
100×50×10	100	50	10	14,1	11,1	3,67	1,20	141	22,2	23,4	6,17				

دونبشی (تیر Z)

مقایسه با DIN 1027 (10.63)

اندازه‌ها طبق DIN 997 (10.70)





$r_1 = t$

$r_2 = \frac{t}{1}$

S اندازه سطح مقطع تیر
I ممان سطحی محوری درجه 2
W مدول سطحی محوری
m′ وزن طولی

مشخصه تیر دو نبشی به ارتفاع 80 mm از USt 37 - 2 طبق DIN 17100 :

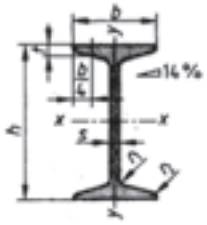
پروفیل ⊐ - DIN 1027 - USt37 - 2 - ⊐80

علامت کوتاه ⊐	اندازه‌ها به mm h	b	s	t	سطح مقطع S cm²	وزن طولی m′ kg/m	برای محورهای خم x - x I_x cm⁴	W_x cm³	y – y I_y cm⁴	W_y cm³	اندازه‌ها mm w_1	d_1 max.
30	30	38	4	4,5	4,32	3,39	5,96	3,97	13,7	3,80	20	11
40	40	40	4,5	5	5,43	4,26	13,5	6,75	17,6	4,66	22	11
50	50	43	5	5,5	6,77	5,31	26,3	10,5	23,8	5,88	25	11
60	60	45	5	6	7,91	6,21	4,7	14,9	30,1	7,09	25	13
80	90	50	6	7	11,1	8,71	109	27,3	47,4	10,1	30	13
100	100	55	6,5	8	14,5	11,4	222	44,4	72,5	14,0	30	17
120	120	60	7	9	18,2	14,3	402	67,0	106	18,8	35	17
140	140	65	8	10	22,9	18,0	676	96,6	148	23,3	35	17
160	160	70	8,5	11	27,5	21,6	1060	132	204	31,0	35	21

تیرها

تیر I – شکل باریک

مطابق با DIN 1025 T1 (10.63)



$r_1 = s$
$r_2 = 0{,}6 \cdot s$

اندازه‌ها طبق DIN 997 (10.70)

S اندازه سطح مقطع
I ممان سطحی محوری درجه 2
W مدول سطحی محوری
m′ وزن طولی

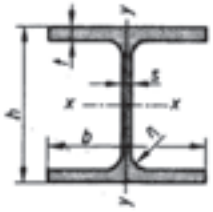
مشخصه تیر I – شکل باریک سری – I با ارتفاع 180 mm از فولاد DIN 17 100 طبق U St44-2 :

پروفیل I - DIN 1025 – U St44 - 2 – I 180

علامت کوتاه	اندازه‌ها به mm				سطح مقطع	وزن طولی	برای محورهای خم x – x		برای محورهای خم y – y		اندازه‌ها به mm	
I	h	b	s	t	S cm²	m′ kg/m	I_x cm⁴	W_x cm³	I_y cm⁴	W_y cm³	w_1	d_1 max.
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

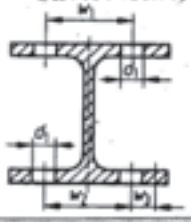
تیر I – شکل پهن (تیر بال پهن)

مطابق با DIN 1025 T2 (10.63)



$r_1 = 2 \cdot s$

اندازه‌ها طبق DIN 997 (10.70)



S اندازه سطح مقطع
I ممان سطحی محوری درجه 2
W مدول سطحی محوری
m′ وزن طولی

مشخصه تیر I – شکل پهن با سری - IPB با ارتفاع 240 mm از فولاد St 52 - 3 طبق DIN 17 100 :

پروفیل IPB - DIN 1025 – St 52 - 3 – IPB 240

علامت کوتاه	اندازه‌ها به mm				سطح مقطع	وزن طولی	برای محورهای خم x – x		برای محورهای خم y – y		اندازه‌ها به mm			
											یک ردیفه	دو ردیفه		
IPB	h	b	s	t	S cm²	m′ kg/m	I_x cm⁴	W_x cm³	I_y cm⁴	W_y cm³	w_1	w_2	w_3	d_1 max.
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	–	–	
240	240	240	10	17	106	83,2	11260	938	3920	327	–	96	35	25
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		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	28
450	450	300	14	26	218	171	78890	3550	11720	781				
500	500	300	14,5	28	239	187	107200	4290	12620	842				
550	550	300	15	29	254	199	136700	4970	13080	872	–	120	45	28

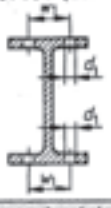
جدول ۲ـ مشخصات نیم رخ‌ها (پروفیل‌ها) - (ادامه)

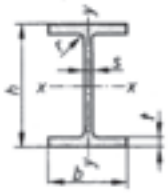
تیرها

تیر I - شکل متوسط

مقایسه با DIN 1025 T5 (3.65)

اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)





S اندازه سطح مقطع
I ممان سطحی محوری درجه 2
W مدول سطحی محوری
m′ وزن طولی

مشخصه تیر I - شکل عرض متوسط سری - IPE با ارتفاع 300 mm از St44 -2 طبق DIN 17100:

پروفیل IPE- DIN 1025 - St 44 - 2 - IPE 300

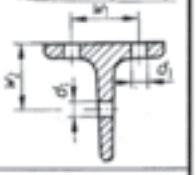
طول ساخت: 4 تا 15 متر

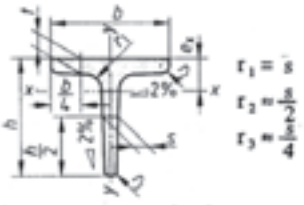
علامت کوتاه	اندازه ها به mm					سطح- مقطع	وزن- طولی	برای محورهای خم				اندازه ها به mm	
								x - x		y - y			
IPE	h	b	s	t	r	S	m′	I_x	W_x	I_y	W_y	w_1	d_1 max.
						cm^2	kg/m	cm^4	cm^3	cm^4	cm^3		
80	80	46	3,8	5,2	5	7,64	6,0	80,1	20,0	8,49	3,69	26	6,4
100	100	55	4,1	5,7	7	10,3	8,1	171	34,2	15,9	5,79	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

سه پری - لبه بلند و- کف پهن (T - شکل)

مقایسه با DIN 1024 (3.82)

اندازه ها طبق DIN 997 (10.70)





$r_1 = s$

$r_2 = \frac{s}{2}$

$r_3 = \frac{s}{4}$

S اندازه سطح مقطع
I ممان سطحی محوری درجه 2
W مدول سطحی محوری
m′ وزن طولی

مشخصه سه پری لبه بلند با ارتفاع 50 mm از جنس St37 - 2 طبق DIN 17 100

پروفیل T - DIN 1024 - St37 - 2 - T50

علامت کوتاه	اندازه ها به mm		سطح- مقطع	وزن- طولی	فاصله از محور- x	برای محورهای خم				اندازه ها به mm		
						x - x		y - y				
T	b = h	s = t	S	m′	e_x	I_x	W_x	I_y	W_y	w_1	w_2	d_1 max.
			cm^2	kg/m	cm	cm^4	cm^3	cm^4	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

سه پری کف پهن

علامت کوتاه	اندازه ها به mm			سطح- مقطع	وزن- طولی	فاصله از محور- x	برای محورهای خم				اندازه ها به mm	
							x - x		y - y			
TB	h	b	s = t	S	m′	e_x	I_x	W_x	I_y	W_y	w_1	d_1 max.
				cm^2	kg/m	cm	cm^4	cm^3	cm^4	cm^4		
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 سه پری کف پهن با ارتفاع 60 mm از St44 - 2 طبق DIN 17 100 : DIN 1024 - St44 - 2 - TB 60 پروفیل - TB

ورقها

ورق فولادی

مقایسه با DIN 1541 (8,75), DIN 1543 (11,81)

ضخامت ورق mm	وزن سطحی kg/m^2	ضخامت ورق mm	وزن سطحی kg/m^2	ضخامت ورق mm	وزن سطحی kg/m^2	ضخامت ورق mm	وزن سطحی kg/m^2	ضخامت ورق mm	وزن سطحی kg/m^2	ضخامت ورق mm	وزن سطحی 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 تحویل : 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 1543 - RSt 37 - 2 – 4,5 ورق

تسمه‌های براق فولادی

مقایسه با DIN 174(6.69)

عرض mm	وزن طولی m^2 به kg/m — ضخامت به mm													
	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40
5	0,079	0,098	0,118	–	–	–	–	جنس: نوع فولاد طبق DIN 17100						
6	0,094	0,118	0,141	0,188	–	–	–							
8	0,126	0,157	0,188	0,251	0,314	0,377	–	مثال: St 33 ,St 37-2 ,USt 37-2 و غیره						
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	–	–

محدودهٔ تلرانس: 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)

قطر خارجی mm	وزن طولی m^2 به kg/m — ضخامت دیواره به mm															
	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

جنس : مثلاً St 30 Si, St 30 Al و St 35, St 45, St

جدول ۳ـ ضریب تبدیل یکاها

از یکای قدیمی	به یکای SI	تبدیل تقریبی	تبدیل دقیق تر
طول			
اینچ(in)	میلیمتر(mm)	×۱۰۰÷۴→	×۲۵/۴
فوت (ft)	متر(m)	÷۳	×۰/۳۰
یارد (yd)	متر(m)	×۱	×۱۳÷۱۲→
جرم			
پوند (lb)	کیلوگرم (kg)	÷۲	×۰/۴۵
پوند (lb)	گرم (g)	×۱۰۰۰÷۲→	×۴۵۴
اونس (oz)	گرم (g)	×۳۰	×۲۸/۴
نیرو			
پوند نیرو (lbf)	نیوتون(N)	×۴	×۹÷۲→
کیلو پوند(kp)	نیوتون (N)	×۱۰	×۹/۸
کیلوگرم نیرو (kgf)	نیوتون (N)	×۱۰	×۹/۸
گشتاور			
پوند نیرو فوت (lbf.ft)	نیوتون متر(N.m)	×۳÷۲→	×۱/۳۶
فشار - تنش			
psi (lbf/in^2)	N/m^2	×۷۰۰۰	×۶۸۹۵
psi (lbf/in^2)	کیلو پاسکال(kPa)	×۷	×۶/۹
psi (lbf/in^2)	مگا پاسکال(MPa)یا (N/mm۲)	×۷÷۱۰۰۰→	×۶/۹÷۱۰۰۰→
اتمسفر (kgf/cm^2)	مگا پاسکال(MPa)یا (N/mm۲)	÷۱۰	×۰/۰۹۸
توان			
اسب بخار (hp)	کیلو وات(kW)	×۳÷۴→	×۰/۷۴۶
انرژی			
kgf.m	ژول(J)	×۱۰	×۹/۸۰۷
ft.lbf	ژول(J)	×۹÷۷→	×۱/۳۵

جدول ۴ـ نشان های استفاده شده در کتاب

کمیت	نشان
مساحت	A
اندازه گلویی موثر جوش گوشه	a
عرض	b
قطر میله و بازوی‌گشتاور	d
قطر سوراخ	D
ضریب کشسانی (مدول الاستیسیته)	E
بار متمرکز(مانند نیرو)	F
ضریب اطمینان	F.S.
ارتفاع	h
طول	L یا l
جرم	m
فشار	P
توان	P
شعاع سوراخ	R

کمیت	نشان
شعاع میله	r
اندازه جوش شیاری	s
ضخامت	t
گشتاور	T
حجم	V
وزن	W
اندازه ساق جوش گوشه	z
تنش عمودی	σ
تنش برشی	τ یا t
کرنش	ε
تغییر طول	ΔL یا δ
استحکام نهایی	S_u یا σ_{ult}
استحکام در نقطه تسلیم	S_y یا σ_y
حداکثرتنش مجاز	$\sigma_{مجاز}$ یا σ_{all}

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