فصل ۳

محاسبات کاربردی

توان مورد نیاز برای کشیدن ماشین‌های کشاورزی مختلف چقدر است؟
ظرفیت و عملکرد ماشین‌های کشاورزی مختلف چقدر است؟
در این فصل پاسخ پرسش‌های خود را می‌یابید و خواهید دانست چگونه می‌توان تراکتور مناسب برای هر ماشین را انتخاب نمود.

ظرفیت و عملکرد ماشین کشاورزی

کیفیّت و کمیّت عملیات انجام شده به وسیله یک ماشین کشاورزی در واقع معیار عملکرد ماشین است. منظور از عملکرد یک ماشین کشاورزی مقدار کار انجام شده به وسیله آن ماشین در واحد زمان می‌باشد. عملکرد بیشتر ماشین‌های کشاورزی برحسب مساحت عمل شده در ساعت عنوان می‌گردد.

کار انجام شده توسط یک ماشین در زمینه خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت را در مدت یک ساعت ظرفیت مزرعه‌ای ماشین می‌نامند.

شکل ۱ـ ۳ـ ظرفیت ماشین بیانگر مساحت کار شده در مدت یک ساعت می‌باشد.

عملکرد ماشین‌های برداشت برحسب جرم ماده برداشت شده در واحد زمان بیان می‌شود. این عملکرد را ظرفیت ماده‌ای می‌گویند.

شکل ۲ـ ۳ـ در ماشین‌های برداشت جرم ماده برداشت شده معیار محاسبه ظرفیت ماشین است.

عوامل مؤثر بر ظرفیت مزرعه‌ای ماشین‌های کشاورزی:

ظرفیت ماشین به سه عامل بستگی دارد:

- عرض کار
- سرعت پیشروی
- بازده زمانی

- عرض کار :

گفت‌وگو کنید

با کدام گاو آهن می‌توان مساحت بیشتری را در یک ساعت شخم زد؟ چرا؟

شکل ۳ـ۳ـ انواع گاوآهن برگردان از نظر تعداد خیش

شکل ۴ـ ۳ـ عرض کار ماشین

پهنایی که یک ماشین کشاورزی در هر حرکت پوشش می‌دهد، اصطلاحاً **عرض کار** می‌نامند. عرض کار هر ماشین یکی از مهم‌ترین عواملی است که در ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر است.

سرعت پیشروی ماشین

سرعت پیشروی بیانگر مسافت پیموده شده در واحد زمان می‌باشد.

$$V = \frac{x}{t}$$

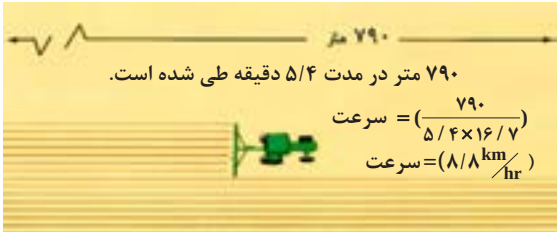
x = مسافت پیموده شده برحسب کیلومتر (km)

t = زمان برحسب ساعت (hr)

V = سرعت برحسب کیلومتر بر ساعت. $\left(\frac{km}{hr}\right)$

برای اندازه‌گیری سرعت باید مشخص کنیم چه مسافتی در یک بازهٔ زمانی مشخص طی شده است. دو راه برای اندازه‌گیری سرعت وجود دارد:

○ راه اول اینکه همان‌طور که در شکل مشخص شده است طول مزرعه را طی کنیم و زمان لازم را اندازه‌گیری کنیم.



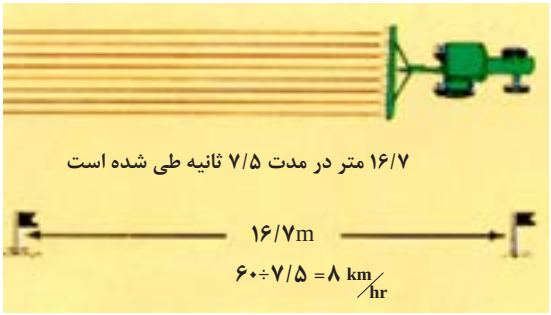
شکل ۵ـ۳ـ محاسبه سرعت پیشروی

توجه

از تبدیل متر به کیلومتر و دقیقه به ساعت برای محاسبه سرعت به عدد ثابت ۱۶/۷ می‌رسیم.

$$\text{سرعت} \left(\frac{km}{hr}\right) = \frac{x(m)}{t(min) \times ۱۶/۷}$$

○ راه دوم که راه ساده‌تری می‌باشد، این است که زمان لازم برای طی‌کردن ۱۶/۷ متر را اندازه‌گیری کنیم. سپس با تقسیم ۶۰ بر زمان اندازه‌گیری شده برحسب ثانیه سرعت را محاسبه کنیم.



شکل ۶ـ۳ـ محاسبه سرعت پیشروی

اکثر ماشین‌های کشاورزی باید در محدوده مشخصی از سرعت به کار گرفته شوند. به عنوان مثال گاوآهن برگرداندار نشان داده شده در شکل باید با سرعت ۴ تا ۶ کیلومتر بر ساعت کار کند.

شکل ۷ ـ۳ـ سرعت شخم زدن ۴ تا ۶ کیلومتر در ساعت است.

تحقیق کنید

سرعت بیش از حد هنگام شخم زدن چه تأثیری روی خاک خواهد گذاشت؟

در برخی ماشین‌ها سرعت بالاتر سبب بهبود کیفیت عمل انجام شده می‌گردد. به عنوان مثال اگر کولتیواتور غلتان با سرعت ۹/۶ تا ۱۶ کیلومتر بر ساعت به کار گرفته نشود، نتیجه مناسب به همراه نخواهد داشت.
در برخی دیگر از ماشین‌ها مانند چاپرها توان مورد نیاز ماشین عامل محدود کنندهٔ سرعت می‌باشد.

شکل ۸ـ۳ـ کولتیواتور غلتان

بازده زمانی:
در هنگام کار با ماشین‌های کشاورزی زمان‌هایی وجود دارد که انجام عملیات به دلایل مختلف متوقف می‌شود (شکل‌های ۹ـ۳ الی ۱۲ـ۳). نسبت زمان نظری صرف شده برای انجام عملیات داخل مزرعه به زمان کل صرف شده در مزرعه را بازده زمانی می‌گویند که برحسب درصد نشان داده می‌شود.

شکل ۹ـ۳ـ زمان‌هایی از کار صرف سوخت‌گیری می‌شود.

شکل ۱۰ـ۳ـ خرابی ماشین

شکل ۱۱ـ۳ـ پر کردن مخازن

شکل ۱۲ـ۳ـ تخلیه مخزن

گفت‌وگو کنید

چه مثال‌های دیگری دربارهٔ تلفات زمانی در هنگام کار می‌توانید بیان کنید؟

توجه

زمان‌هایی که برای انجام کارهای شخصی تلف می‌شود، در محاسبات ظرفیت مزرعه‌ای در نظر گرفته نمی‌شوند.

شکل ۱۳ـ۳

محاسبه ظرفیت مزرعه‌ای: برای محاسبه ظرفیت مزرعه‌ای یک ماشین از رابطه زیر می‌توان استفاده کرد:

$$C = \frac{vwe}{۱۰}$$

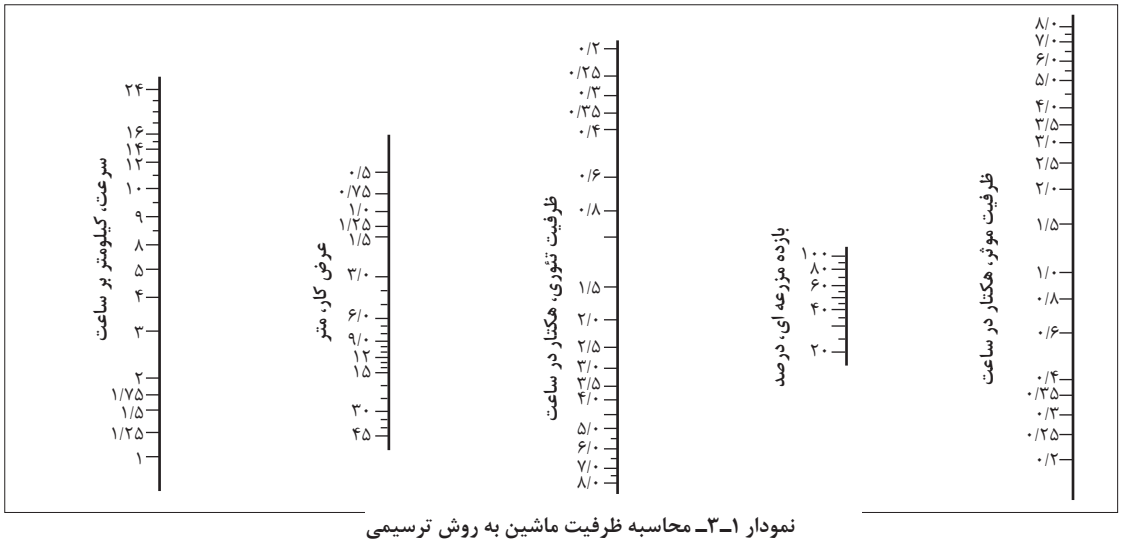
C= ظرفیت واقعی یا مزرعه‌ای مؤثر برحسب هکتار بر ساعت (عملکرد ماشین) (ha/hr)

v= سرعت پیشروی ماشین برحسب کیلومتر بر ساعت (Km/hr)

w= عرض کار ماشین برحسب متر (m)

e= بازده مزرعه‌ای برحسب درصد

با استفاده از روش‌های ترسیمی نیز می‌توان ظرفیت ماشین را تعیین کرد.



نمودار ۱ـ۳ـ محاسبه ظرفیت ماشین به روش ترسیمی

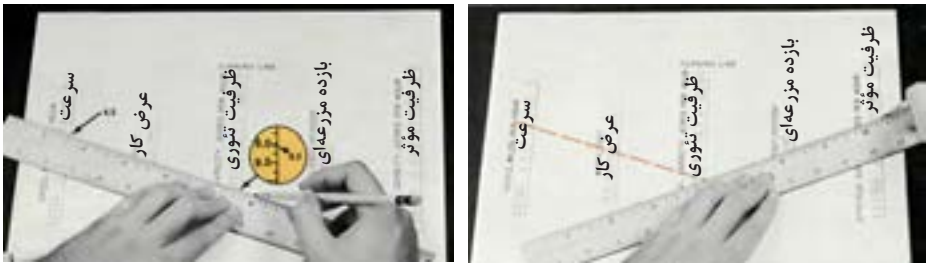
استفاده از این روش بسیار ساده است:

۱ سرعت و عرض کار ماشین را روی نمودار علامت‌گذاری کنید.

۲ به‌وسیلهٔ خطی این دو نقطه را به هم متصل کنید و امتداد دهید تا محور ظرفیت تئوری ماشین را قطع کند.

۳ بازده مزرعه‌ای را روی نمودار علامت‌گذاری کنید.

۴ این دو نقطه را به هم متصل کنید و امتداد دهید تا ظرفیت واقعی(موثر) مزرعه مشخص گردد.



شکل ۱۴ـ۳ـ محاسبه ظرفیت ماشین به روش ترسیمی

راه‌های مؤثر در افزایش ظرفیت ماشین

برای افزایش ظرفیت ماشین باید بازده زمانی را افزایش داد.

برای افزایش بازده زمانی راهکارهای متنوعی می‌توان به کار برد.

۱ قبل از انجام کار بهتر است با بررسی شرایط زمین و ماشین بهترین روش برای کار با کمترین تلفات زمانی را پیدا کنیم تا به حداکثر ظرفیت ماشین برسیم.

شکل ۱۵ـ۳

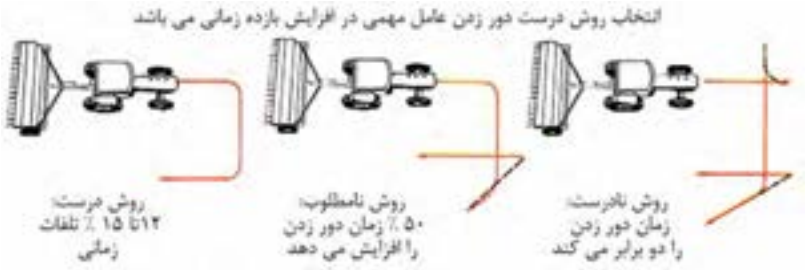
۲ برای سرعت بخشیدن به تخلیهٔ بار ماشین از تجهیزات قابل حمل مکانیکی مانند نقاله استفاده شود.

شکل ۱۶ـ۳

شکل ۱۷ـ۳

۳ تخلیهٔ مخازن در هنگام حرکت و برداشت انجام شود و از توقف برای این منظور اجتناب شود.

۴ با انتخاب مسیر درست برای دورزدن‌ها در انتهای مسیر می‌توان تلفات زمانی ناشی از آن را به طور چشم‌گیری کاهش داد.
شکل ۱۸ـ۳ روش‌های درست و نادرست دورزدن و تأثیر آن درمیزان بازده زمانی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ـ ۳ـ تأثیر روش‌های دورزدن در بازده زمانی

۵ با انجام‌دادن سرویس دوره‌ای منظم می‌توان خرابی‌های ماشین را کاهش داد.

شکل ۱۹ـ ۳

۶ بازدیدهای قبل از شروع کار کمک شایانی به جلوگیری از توقف عملیات به دلیل نقص فنی خواهد داشت.

شکل ۲۰ـ ۳

۷ خستگی راننده یکی از عوامل مهم در کاهش ظرفیت ماشین است. با انتخاب زمان‌هایی برای استراحت می‌توان بازده مزرعه‌ای را افزایش داد.

شکل ۲۱ـ ۳

۸ استفاده از راننده‌های جایگزین سبب جلوگیری از خستگی راننده در مدت انجام عملیات می‌گردد.

شکل ۲۲ـ ۳

شکل ۲۳ـ ۳ـ بازدید عملکرد ماشین

۹ درست است که قرار دادن زمان‌هایی برای بازدید از عملکرد ماشین سبب تلف شدن زمان می‌شود اما این کار باعث افزایش کیفیت کار می‌شود که از لحاظ اقتصادی بسیار اهمیت دارد.

مفهوم توان

همه شما با مسابقات طناب‌کشی آشنا هستید. به نظر شما چه عاملی در بردن یا باختن یک تیم تأثیر دارد؟

شکل ۲۴ـ۳ـ مسابقات طناب‌کشی

توانایی بلند کردن یا هل دادن اجسام نشان داده شده به چه عاملی بستگی دارد؟

شکل ۲۵ـ۳ـ بلندکردن اجسام

شکل ۲۶ـ۳ـ هل دادن اجسام

نیرو: نیرو عاملی است که باعث می‌شود یک جسم از حالت سکون شروع به حرکت کند، یا جسمی‌که در حال حرکت است متوقف شود. نیرو باعث می‌شود یک جسم سریع‌تر حرکت نماید یا مسیر حرکت جسم تغییر کند. واحد نیرو در سیستم SI نیوتن (N) بوده و عبارت است از نیرویی که بتواند به جسمی به جرم یک کیلوگرم شتابی برابر $1 m/s^2$ بدهد یا:

$$1N=1kgm/s^2$$

واحد نیرو در سیستم انگلیسی پوند نیرو (Ibf) می‌باشد.

نیروهای مقاوم و محرک:

برای حرکت دادن دوچرخه باید به‌وسیلهٔ پدال به آن نیرو وارد کنید.

وقتی که پا را از روی پدال دوچرخه برداریم، به طور ناگهانی متوقف نمی‌شود، بلکه تا مسافتی پیش می‌رود و به تدریج سرعت خود را از دست می‌دهد. اگر بخواهید دوچرخه متوقف شود، باید کاری روی آن انجام دهید و به کمک ترمزها نیرویی به آن وارد کنید تا متوقف شود.

شکل ۲۷ـ۳ـ نیروهای محرک و مقاوم بر حرکت دوچرخه

نیروهایی که باعث ایجاد حرکت یا تمایل به حرکت در جسم می‌شوند، نیروهای محرک و بالعکس نیروهایی که مانع از حرکت یا تمایل به توقف جسم می‌شوند، نیروهای مقاوم خوانده می‌شوند.
یکی از مهم‌ترین نیروهای مقاوم نیروی اصطکاک است.

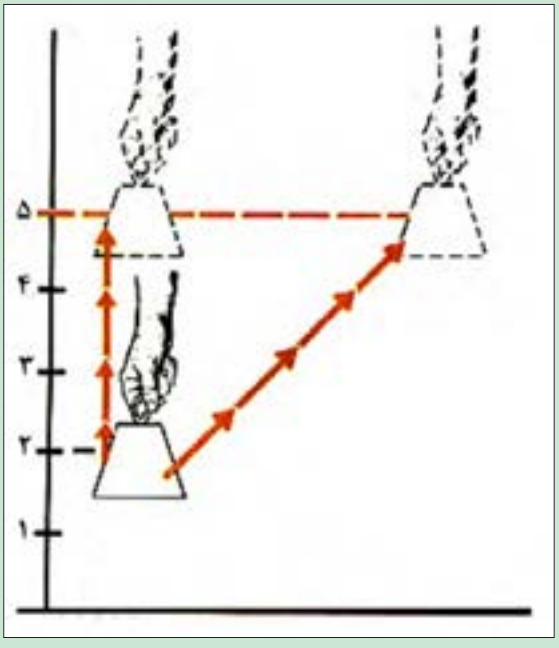
کار:
اگر جسمی تحت اثر نیرو جابه‌جا شود، کار انجام شده است. اگر نیرو به جسم ساکن وارد شود و در آن حرکت ایجاد نکند، کاری صورت نمی‌گیرد. بنابه تعریف، کار برابر با حاصل ضرب نیرو در فاصله جابه‌جایی نیرو است.

$$W=F\times X$$

در این فرمول داریم:
W= کار برحسب ژول (J)
F= نیرو برحسب نیوتن (N)
X= جابه‌جایی برحسب متر (m)
واحد کار در سیستم بین‌المللی SI، نیوتن متر (N.m) است که ژول (J) نامیده می‌شود. وقتی نیروی یک نیوتنی جسم را در راستای خود یک متر جابه‌جا کند، یک ژول کار انجام شده است.

گفت‌وگو کنید

میزان کار انجام شده در دو حالت نشان داده شده چه تفاوتی دارد؟



شکل ۲۸ـ۳ـ در محاسبه کار انجام شده میزان جابه‌جایی مهم است.

توان

در تعریف کار موضوع زمان اهمیت ندارد. خواه میزان جابه‌جایی در یک ثانیه انجام شده باشد خواه در یک ساعت، میزان کار انجام شده تفاوتی نمی‌کند. وقتی بحث زمان در میان باشد، کمیّتی به نام توان مطرح می‌شود.
توان، کار انجام شده در واحد زمان است. به عبارت دیگر، توان نشان‌دهندهٔ سرعت انجام کار است.

$$P = \frac{w}{t}$$

P: توان برحسب وات (W)

W: کار بر حسب ژول (J)

t: زمان بر حسب ثانیه (S)

از آنجایی‌که کار از رابطه $W=F\times X$ محاسبه می‌شود پس رابطه توان را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$P = \frac{F \times X}{t}$$

P: توان بر حسب وات (W)

F: نیرو بر حسب نیوتون (N)

X: جابه‌جایی بر حسب متر (m)

t: زمان بر حسب ثانیه (t)

و از آنجایی‌که سرعت از رابطه $V = \frac{x}{t}$ به‌دست می‌آید رابطه بالا را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$P=F\times V$

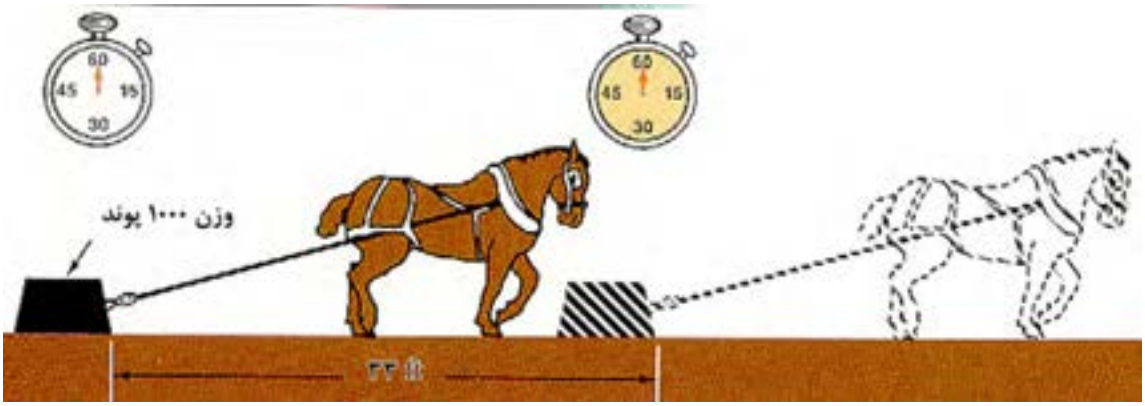
P: توان بر حسب وات (W)

F: نیرو بر حسب نیوتون (N)

V: سرعت بر حسب متر بر ثانیه ($\frac{m}{s}$)

همان‌طور که مشاهده می‌شود با داشتن مقدار نیرو و سرعت جابه‌جایی جسم توان محاسبه می‌شود. از آنجایی‌که وات واحد کوچکی است از کیلو وات (kw) که معادل هزار وات است برای تعیین توان استفاده می‌شود. اسب بخار واحد دیگری برای توان است که بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هر کیلووات معادل ۱/۳۴ اسب بخار است.
اگر یک وزنهٔ هزار پوندی در مدت یک دقیقه ۳۳ فوت جابه‌جا شود، نرخ انجام کار یک اسب بخار است. به عبارت دیگر، یک اسب بخار معادل ۳۳۰۰۰ فوت پوند در دقیقه می‌باشد.



شکل ۲۹ـ۳ـ اسب بخار سرعت انجام کار را نشان می‌دهد.

محاسبهٔ توان مورد نیاز تراکتور برای کشیدن ماشین‌های کشاورزی

یکی از مهم‌ترین عواملی که در انجام عملیات مکانیزهٔ کشاورزی باید مد نظر قرار داد، انتخاب تراکتور مناسب برای انواع ماشین‌های کشاورزی با اندازه‌های مختلف به منظور انجام عملیات کشاورزی در زمان معین و با کمترین هزینه می‌باشد.

از آنجایی که تراکتورها دارای توان مشخصی هستند لذا باید ماشین کشاورزی متناسب با نوع تراکتور انتخاب شود.

شکل ۳۰ـ۳ـ ماشین‌های کشاورزی و تراکتور باید از نظر اندازه و توان کاملاً متناسب باشند.

اگر توان تراکتور بیش از اندازهٔ مورد نیاز برای ماشین کشاورزی باشد، هزینه‌های انجام کار افزایش خواهد یافت.

گفت‌وگو کنید

چرا استفاده از تراکتور با توان بیشتر از حد مورد نیاز ماشین سبب افزایش هزینه‌ها می‌شود؟

اگر توان تراکتور کمتر از اندازهٔ مورد نیاز برای ماشین باشد، علاوه بر اینکه کمیّت و کیفیّت کار کاهش می‌یابد، احتمال خرابی تراکتور در اثر بیش باری ایجاد شده افزایش می‌یابد.

برخی از عواملی که در انتخاب تراکتور مؤثراند، عبارت‌اند از:

- نوع موتور
- توان تراکتور
- مقاومت خاک
- اندازه تراکتور
- نوع ادوات

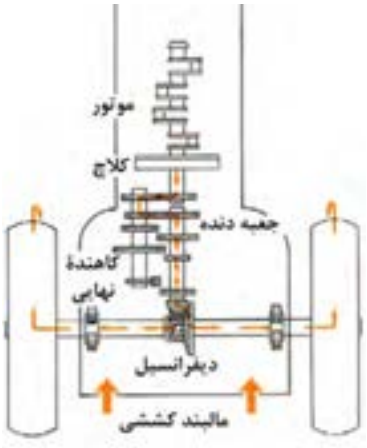
نوع موتور

موتور تراکتورها عموماً از نوع دیزل می‌باشد. در این موتورها هوا داخل سیلندر متراکم می‌شود. سوخت به داخل سیلندر پاشیده می‌شود و مخلوط سوخت و هوا در اثر حرارت ناشی از تراکم هوا محترق می‌شود.

این توان دورانی می‌تواند به سه توان دیگر تبدیل شود:

- توان کششی
- توان محور تواندهی(PTO)
- توان هیدرولیکی

شکل ۳۰ـ۳ـ موتورها انرژی شیمیایی سوخت را به توان مکانیکی تبدیل می‌کنند.



شکل ۳۱ـ۳ـ تراکتورها توان دورانی میل لنگ را به توان کششی تبدیل می‌کنند.

شکل ۳۲ـ۳ـ تراکتورها می‌توانند توان موجود روی میل لنگ را به توان محور تواندهی تبدیل کنند.

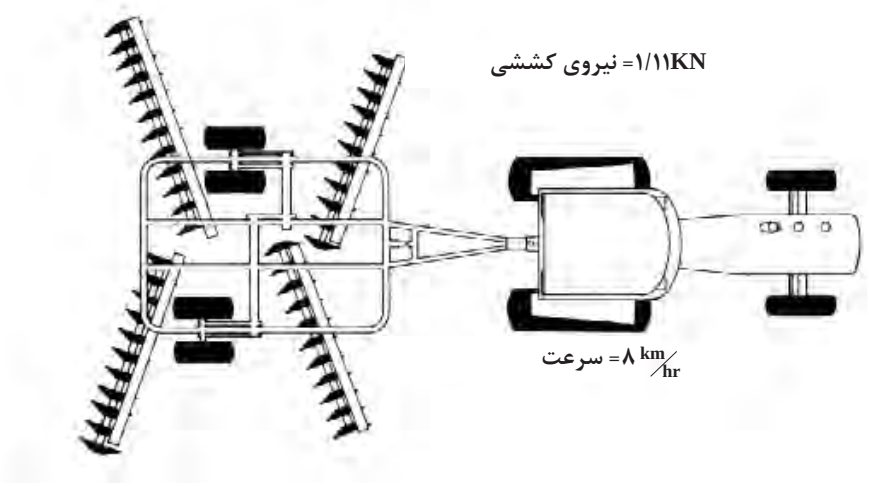
محاسبهٔ توان مالبندی تراکتور: زمانی که در مورد ماشین‌های کشاورزی صحبت می‌کنیم نیرو عمدتاً برحسب کیلو نیوتن و سرعت برحسب کیلومتر بر ساعت می‌باشد. برای محاسبه توان در این حالت می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$P = \frac{F \times V}{۳/۶}$$

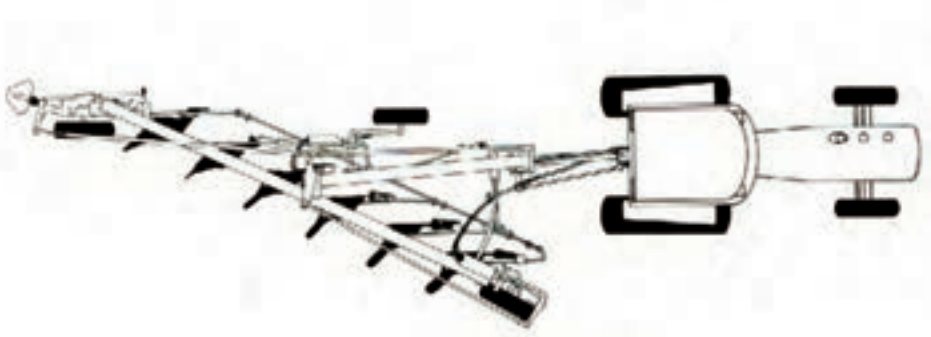
در این رابطه توان برحسب کیلووات (KW)، سرعت برحسب کیلومتر بر ساعت $\left(\frac{km}{hr}\right)$ و نیرو برحسب کیلونیوتن (KN) می‌باشد.

مثال: اگر برای کشیدن دیسک با سرعت ۸ کیلومتر بر ساعت ۱۱/۱ کیلونیوتن نیرو لازم باشد، توان مورد نیاز برای کشیدن این دیسک چقدر است؟

$$P = \frac{۱۱/۱ \times ۸}{۳/۶} = ۲۴/۷\,kW$$



شکل ۳۳ـ۳ـ با دانستن سرعت و نیرو، توان کششی مورد نیاز ماشین محاسبه می‌شود.



$$\text{سرعت} = \frac{\text{توان} \times ۳/۶}{\text{نیروی کششی}} = \frac{۴۰ \times ۳/۶}{۲۵} = ۵/۷۶ \frac{km}{\frac{km}{hr}}$$

شکل ۳۴ـ۳ـ در صورت دانستن توان و نیرو می‌توان سرعت پیشروی ماشین را محاسبه نمود.

تحقیق کنید

دینامومترها چند نوع هستند و چگونه کار می‌کنند؟

شکل ۳۵ـ۳ـ برای اندازه‌گیری توان تراکتور از دستگاهی به نام دینامومتر استفاده می‌شود.

در صورتی که نیروی لازم برای کشیدن هر متر از عرض کار یک ماشین کشاورزی را بدانیم، با استفاده از فرمول توان می‌توانیم اندازهٔ مناسب آن ماشین را برای هر تراکتور انتخاب کنیم.

نیروی لازم برای کشیدن هر متر از عرض کار ماشین را اصطلاحاً مقاومت ویژه ماشین می‌نامند.

برای تعیین اندازهٔ ماشین باید دو مرحله محاسبه انجام گیرد:

مرحلهٔ اول: نیروی کشش تراکتور را محاسبه کنیم.

مرحلهٔ دوم: نسبت نیروی کششی تراکتور به مقاومت ویژهٔ ماشین را محاسبه کنیم.

مثال: در صورتی که توان یک تراکتور ۶۵ کیلووات و سرعت مورد نیاز برای کشیدن یک کولتیواتور ۸ کیلومتر بر ساعت باشد، حساب کنید این تراکتور قادر به کشیدن کولتیواتور با چه عرض کاری می‌باشد؟ مقاومت ویژهٔ کولتیواتور ۴ کیلونیوتن بر متر است.

شکل ۳۶ـ۳ـ کولتیواتور

پاسخ:

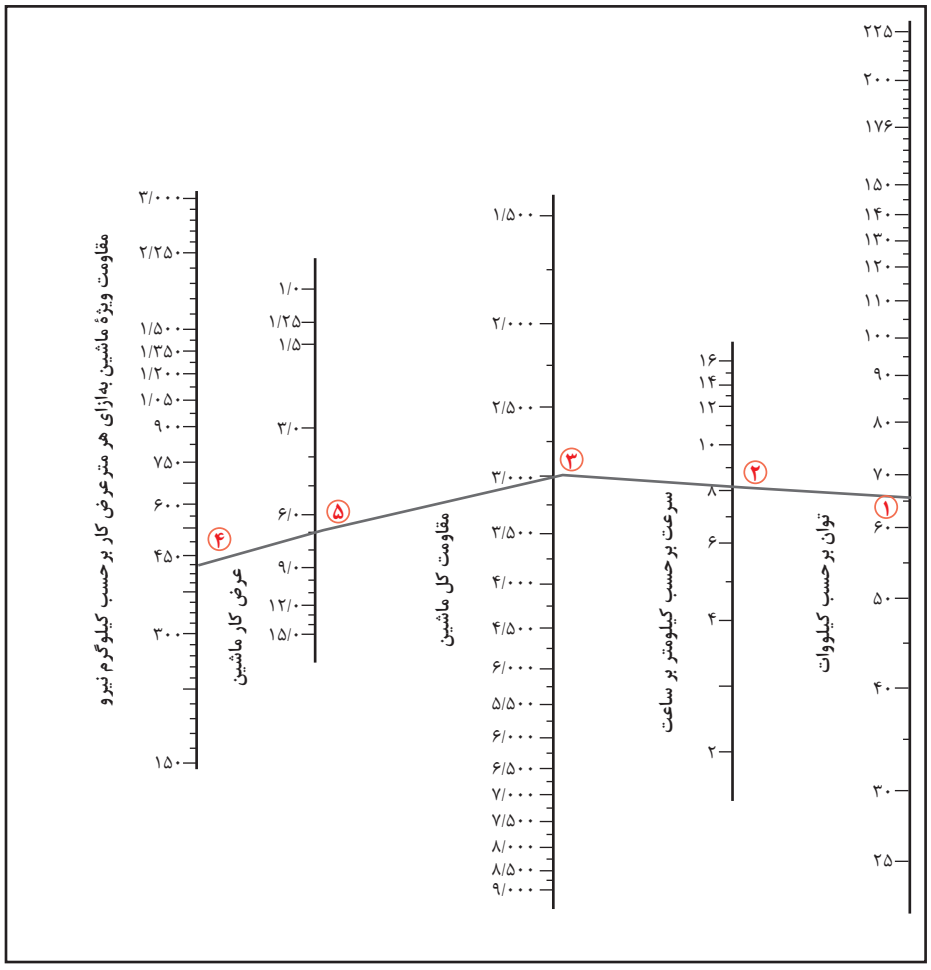
مرحلهٔ اول:

$$\text{نیروی کشش تراکتور} = \frac{۶۵ \times ۳/۶}{۸} = ۲۹/۲۵\,\text{kW}$$

مرحلهٔ دوم:

$$\text{عرض کار ماشین} = \frac{۲۹/۲۵}{۴} = ۷/۳\,\text{m}$$

این تراکتور می‌تواند کولتیواتوری با عرض کار ۷ متر را بکشد.
برای سهولت انجام محاسبات مورد نیاز برای انتخاب تراکتور و ماشین روش‌های گوناگونی پیشنهاد شده است. یکی از این روش‌ها استفاده از نمودارهای ترسیمی می‌باشد(نمودار ۲ـ۳).



نمودار ۲ـ۳ـ توان کششی مورد نیاز برای ادوات کشاورزی

استفاده از این نمودار بسیار ساده است. برای این کار مثال قبل را روی نمودار بررسی می‌کنیم.

مرحلهٔ اول: اعداد مربوط به توان و سرعت را روی محورهای ۱و۲ نمودار مشخص می‌کنیم.
مرحلهٔ دوم: به‌وسیله خط‌کش این دو عدد را به یکدیگر متصل می‌کنیم و خط را ادامه می‌دهیم تا محور عمودی مربوط به نیروی کشش را قطع کند. این نقطه همان نیروی کشش تراکتور است.
مرحلهٔ سوم: مقاومت ویژهٔ ماشین را روی محور ۵ مشخص می‌کنیم.
مرحلهٔ چهارم: به‌وسیلهٔ خطی این دو نقطه را به یکدیگر متصل می‌کنیم.
مرحلهٔ پنجم: محل برخورد خط با محور شماره ۴، عرض کار ماشین را که تراکتور می‌تواند بکشد، نشان می‌دهد(نمودار ۲ـ۵).

استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی مبتنی بر شایستگی

عنوان فصل	تکالیف عملکردی (واحد یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
فصل ۳: محاسبات کاربردی	۱ـ محاسبه ظرفیت و عملکرد ماشین‌های کشاورزی	محاسبه بازده، عملکرد و ظرفیت ماشین‌های کشاورزی و تعیین توان مورد نیاز تراکتور برای کشیدن ماشین‌ها با روش محاسباتی یا ترسیمی	بالاتر از حد انتظار	محاسبه بازده، عملکرد و ظرفیت ماشین و توان لازم تراکتور و انتخاب ماشین مناسب تراکتور با هر دو روش محاسباتی یا ترسیمی	۳
	۲ـ محاسبه توان مورد نیاز ماشین‌های کشاورزی		در حد انتظار	محاسبه توان مورد نیاز تراکتور برای کشیدن ماشین‌ها و انتخاب ماشین مناسب تراکتور با یکی از روش‌های محاسباتی یا ترسیمی	۲
			پایین‌تر از حد انتظار	محاسبه بازده، عملکرد و ظرفیت ماشین	۱
	نمره مستمر از ۱				
	نمره واحد یادگیری از ۳				
	نمره واحد یادگیری از ۲۰ = (نمره مستمر + (۵ × نمره واحد یادگیری از ۳))				

فصل ۴

مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل

ـ چرا ابزار و قطعاتی که از نظر ظاهری کاملاً شبیه هم هستند استحکام متفاوتی دارند؟

ـ انتخاب جنس قطعات چه تأثیری در عملکرد آن دارد؟

ـ چه عواملی را هنگام انتخاب یک قطعه باید مد نظر قرار داد؟

در این فصل پاسخ خود را می‌یابید که استحکام قطعات به چه عواملی بستگی دارد؟

آیا قطعات و سازه‌های مکانیکی خراب می‌شوند و می‌شکنند؟

قطعات و سازه‌ها در هنگام استفاده از آنها به مرور زمان دچار خرابی و شکسته می‌شوند. در شکل زیر نمونه‌هایی از خرابی و شکست را مشاهده می‌کنید:

شکل ۱ـ۴ـ خرابی و شکستگی در قطعات و سازه ها

آنها در یک چیز مشترک هستند: **خرابی**

فعلیّت

دلایل احتمالی خرابی و شکست قطعات نشان داده شده در شکل بالا را در گروه خود بررسی کنید.
به نظر شما کدام دلیل عامل بیشتر خرابی‌های قطعات نشان داده شده در شکل می‌باشد؟

.....

.....

دلایل اصلی خرابی قطعات عبارت‌اند از:

- طراحی نامناسب
- وجود مشکل در جنس و مواد به‌کار رفته
- مشکل به‌وجود آمده در هنگام ساخت
- استفاده نادرست
- خرابی محیطی
- فرسودگی

فعالیت

به نظر شما بیشترین علت خرابی قطعات و سازه‌هایی که در کارگاه هنرستان مشاهده کردید، چیست؟

.....

.....

چگونه می‌توان از بروز خرابی‌ها در قطعات جلوگیری کرد؟

.....

.....

چرا قطعات و سازه‌ها خراب می‌شوند؟

قطعات و سازه‌ها هنگام استفاده، به روش‌های گوناگون خراب می‌شود:

- **خوردگی**
- **خستگی**
- **بارگذاری و نیروی بیش از حد**
- **بارگذاری ایجادکننده نوسانات بزرگ (تشدید)**

فعالیت

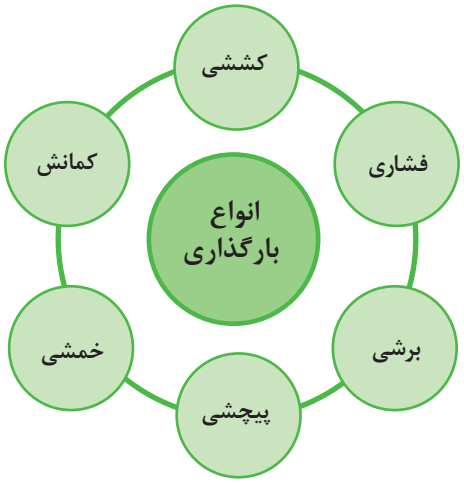
در مورد عوامل دیگر خرابی قطعات بحث و گفت وگو کنید.

.....

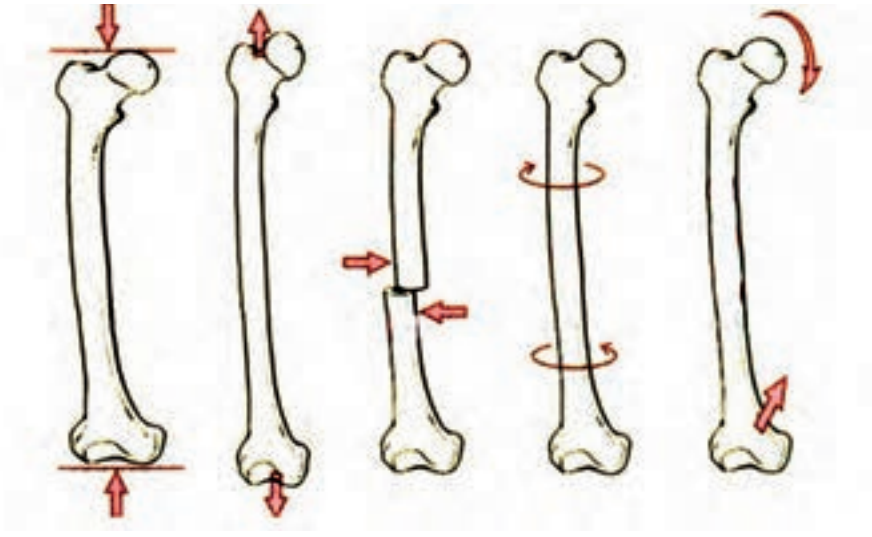
وقتی قطعه‌ای خراب است، یعنی اینکه نمی‌تواند کاری را که از آن خواسته شده است، به درستی انجام دهد. زمانی که می‌گوییم یک قطعه مقاوم است، یعنی اینکه در مقابل خرابی دوام دارد و از خود باید بپرسیم در مقابل چه چیزی مقاوم است؛ مقاومت در مقابل جابه‌جایی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در مقابل شکست، مقاومت در مقابل زنگ‌زدگی و غیره.

بارگذاری و نیروهای وارد شده روی قطعات چگونه است؟

در هنگام کار و استفاده از قطعات و ابزار، نیروها و گشتاورهای مختلفی روی قسمت‌های مختلف آنها وارد می‌شود. این بارگذاری‌ها به شکل‌های گوناگونی انجام می‌پذیرد (شکل ۲ـ۴). نیروها همچنین می‌توانند محوری یا عرضی بر قطعه در جهت‌های مختلف وارد شوند. قسمت‌های مختلف قطعه باید در مقابل این نیروها و بارگذاری‌ها هنگامی که به صورت آرام یا به صورت ضربه و یا پی‌درپی اعمال می‌شوند، از خود مقاومت نشان دهند. اسکلت بدن انسان نیز از استخوان‌های مختلفی تشکیل شده است که تحت بارگذاری‌های مختلفی قرار می‌گیرد. برای نمونه استخوان پای انسان تحت بارگذاری کششی، فشاری، برشی، پیچشی و خمشی قرار می‌گیرد.



شکل ۲ـ۴ـ انواع بارگذاری بر روی قطعات



شکل ۳ـ۴ـ انواع بارگذاری‌ها بر روی استخوان

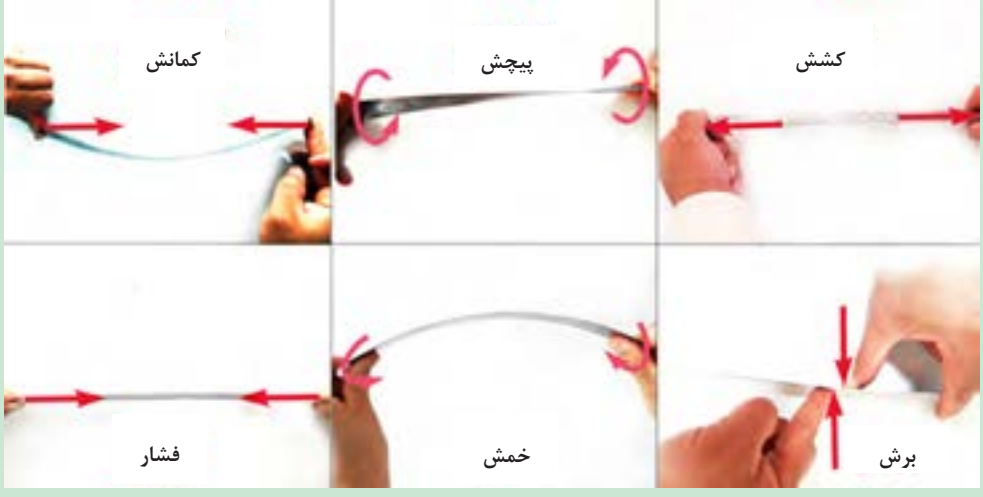
جلوه‌های آفرینش

در بدن انسان اسکلت و استخوان‌ها وظایف گوناگونی دارند. حفاظت از اندام‌هایی مانند مغز، قلب، شش‌ها از مهم‌ترین آنها است. حرکت بدن انسان نیز بر پایهٔ اسکلت و استخوان‌ها است؛ چون اسکلت تکیه‌گاه عضلات می‌باشد. شکل دادن به بدن انسان نیز از دیگر وظایف استخوان‌ها است. استخوان‌های ما ۱۴ درصد از وزن کل بدنمان را تشکیل می‌دهند. بدن انسان در بدو تولد از ۳۰۰ استخوان تشکیل شده است. تعداد استخوان‌ها به مرور کمتر و در بزرگ‌سالی به ۲۰۶ عدد کاهش می‌یابد. یکی شدن چند استخوان با هم، علت کم شدن تعداد استخوان‌های بدن است. بیشترین تعداد استخوان‌های بدن در دستان ما قرار دارد. مچ دست به تنهایی ۵۴ استخوان دارد. صورت ۱۴ و پا ۲۶ استخوان دارد. طولانی‌ترین استخوان بدن، استخوان ران پاست. این استخوان یک چهارم قد هر فرد را تشکیل می‌دهد. کوچک‌ترین استخوان بدن در گوش میانی قرار دارد و «استخوان رکابی» نامیده می‌شود و کمتر از سه میلی‌متر است. تنها استخوانی که هنگام تولد رشد کافی یافته و دیگر تغییر نمی‌کند، در گوش قرار دارد. اگرچه به نظر استخوان‌های بدن سفت و محکم هستند اما ۷۵ درصد آنها را آب تشکیل می‌دهد. هر کدام از استخوان‌ها شکل خاصی دارند و بارگذاری و اعمال نیرو بر روی آنها متفاوت است. در هر نوع بارگذاری بیش از حد روی استخوان شکل شکستن استخوان متفاوت است.

شکل ۴ـ۴ـ اسکلت انسان

فعالیت

با استفاده از یک خط‌کش فلزی، انواع بارگذاری‌ها را روی آن اعمال کنید. همچنین به میزان جابه‌جایی خط‌کش در هر نوع بارگذاری توجه نمایید. بارگذاری می‌تواند با اعمال نیرو در راستای طول خط‌کش، عمود بر خط‌کش یا با ایجاد گشتاور انجام شود.



۵ـ۴ـ انواع بارگذاری روی خط‌کش فلزی

پرسش

در کدام نوع از بارگذاری خط‌کش در مقابل جابه‌جایی مقاوم‌تر است؟ در گروه خود بحث کنید.

.....

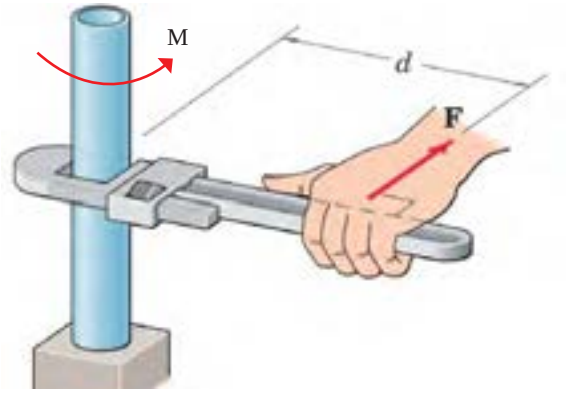
.....

در فعالیت انجام شده بارگذاری از دو بخش تشکیل شده است:

۱ وارد کردن نیرو (F)

۲ وارد کردن گشتاور (M)

واحد نیرو نیوتن (N) و واحد گشتاور نیوتن ـ متر (N.m) است. به صورت شماتیک نیرو و گشتاور را به صورت مقابل نشان می‌دهند. به d بازوی گشتاور می‌گویند.



شکل ۶ـ۴ـ علائم گشتاور و نیرو

فعالیت

حداکثر گشتاوری که شما می‌توانید با کمک یک دست بدون وسایل کمکی بر روی یک میله وارد کنید، حدود چند نیوتن متر است؟ حداکثر نیرویی که می‌توانید یک طناب را بکشید، چند نیوتن است (هر یک کیلوگرم نیرو حدود ۱۰ نیوتن است)؟

.....

تحقیق کنید

همان‌طور که دیدید بدن انسان در اعمال نیرو و گشتاور به قطعات محدودیت‌هایی دارد. تحقیق کنید با استفاده از چه ابزار و وسایلی که خود نیازمند تأمین انرژی نیستند، می‌توان نیرو و گشتاور را تقویت و بیشتر نمود؟

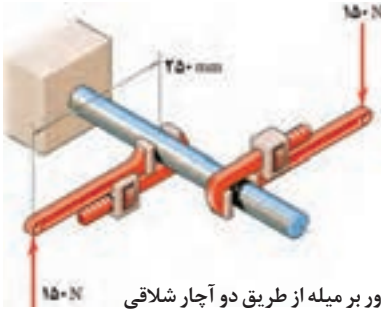
.....

مثال: در شکل مقابل دو آچار شلاقی یکسان روی میله گشتاور وارد می‌کنند. بازوی هر آچار ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. گشتاور کلی وارد شده به میله را برحسب نیوتن ـ متر به‌دست آورید.

پاسخ:

گشتاور کلی = گشتاور هر آچار × ۲ = ۲×۱۵۰ (N) ×۰/۲۵ (m) = ۷۵(N.m)

جهت گشتاور کلی موافق عقربه‌های ساعت است.



شکل ۷ـ۴ـ وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق دو آچار شلاقی

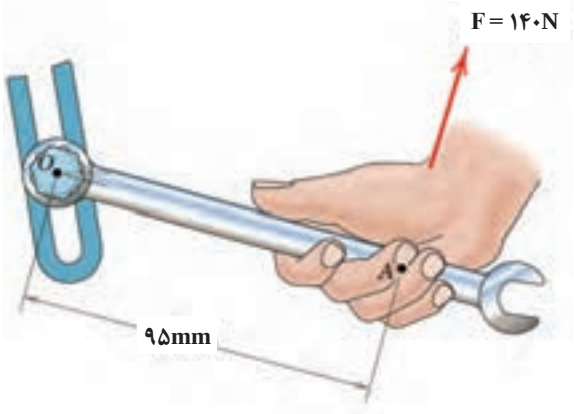
فعالیت

گشتاور وارد شده به پیچ در نقطه O را در شکل ۸ـ۴ برحسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

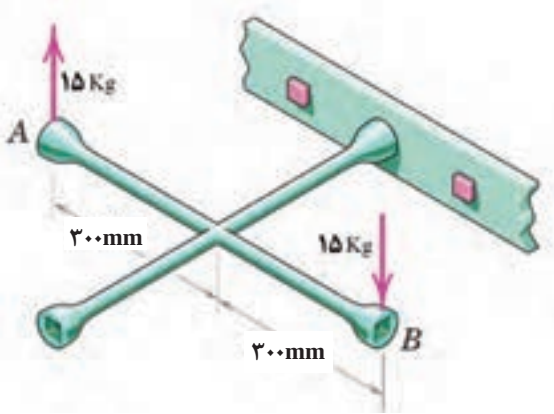
.....

گشتاور وارد شده به پیچ را در شکل ۹ـ۴ برحسب نیوتن متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

.....



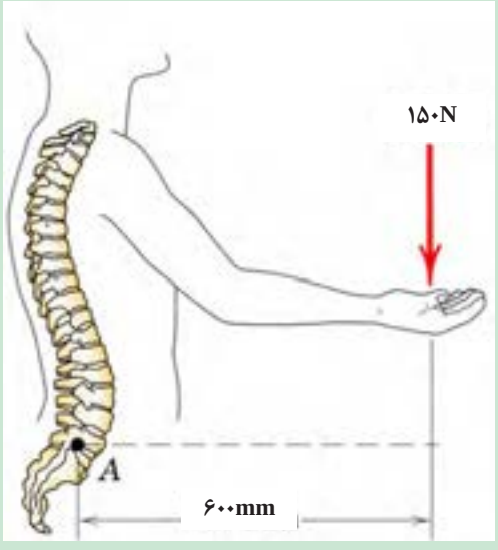
شکل ۸ـ۴ـ وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق آچار



شکل ۹ـ۴ـ وارد نمودن گشتاور بر پیچ از طریق آچار چرخ

تحقیق کنید

در شکل مقابل، گشتاور وارد به ستون فقرات در نقطه A را محاسبه کنید. همچنین همان‌گونه که مشاهده می‌کنید در هنگام بلند کردن بار توسط بدن، هر چه فاصله بار از بدن بیشتر باشد گشتاور وارده به ستون فقرات بیشتر خواهد بود و در نتیجه امکان آسیب‌رسانی به ستون فقرات بیشتر خواهد شد. تحقیق کنید روش صحیح بلند کردن بار توسط بدن و دست‌ها چگونه است و چرا باید به آن شیوه، بار را بلند کرد.



شکل ۱۰ـ۴

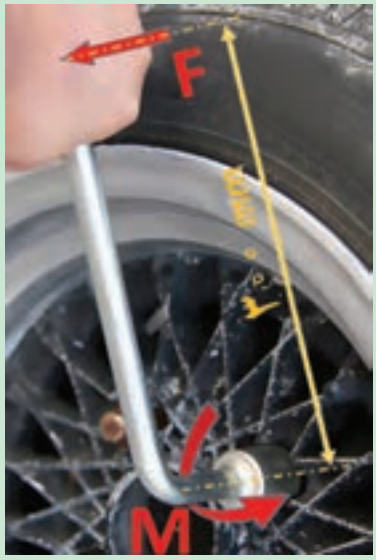
فعالیت

برای باز کردن پیچ‌های چرخ خودروی نشان داده شده در شکل، ۱۰ کیلوگرم ـ متر گشتاور لازم است. مقدار نیرویی را که باید توسط دست‌بر روی آچار چرخ وارد شود تا پیچ باز شود، محاسبه کنید.

.....

.....

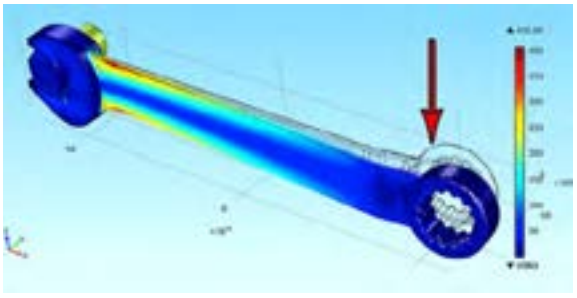
.....



شکل ۱۱ـ۴ـ باز کردن پیچ چرخ خودرو توسط آچار چرخ

الاستیک، پلاستیک و شکست قطعات

همان‌طور که تجربه کردید بر روی قطعات، انواع بارگذاری وارد می‌شود. در یک قطعه ممکن است یک قسمت بحرانی و حساس بوده که نیرو و گشتاور در آن بیشتر از نقاط یا قسمت‌های دیگر باشد. احتمال خرابی و شکست در این نقطه از همه نقاط در قطعه بیشتر است. در شکل مقابل قسمت‌های بحرانی یک آچار را مشخص کنید. حال این پرسش‌ها را در ذهن خود مرور کنید:



شکل ۱۲ـ۴ـ قسمت‌های بحرانی یک آچار هنگام بارگذاری

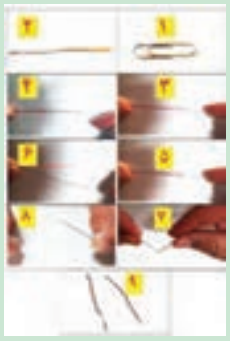
۱ اگر نیرو و گشتاور وارد شده به یک قطعه کم باشد آیا قطعه پس از تغییر شکل (ممکن است شما مشاهده نکنید) به شکل اول خود باز می‌گردد؟

۲ اگر نیروی بیش از حد مجاز به قطعه وارد شود چه اتفاقی می‌افتد؟

۳ اگر نیرو خیلی زیاد باشد، یا به دفعات زیاد و به صورت نوسانی وارد شود، چه اتفاقی می‌افتد؟

فعالیت

مفتول یک گیره کاغذ را همانند شکل روبه‌رو باز کنید. یک سمت آن را در دست خود محکم بگیرید. با انگشت دست دیگر به انتهای مفتول نیرو وارد کنید. حالت‌های نشان داده شده را در نظر بگیرید.



شکل ۱۳ـ۴ـ آزمایش بارگذاری روی یک مفتول گیره کاغذ

پس از انجام آزمایش پرسش‌های زیر را پاسخ دهید:

۱ اگر نیروی واردشده به سر مفتول کم باشد، پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود برمی‌گردد؟

.....

۲ اگر نیروی واردشده به سر مفتول زیاد باشد، پس از برداشتن نیرو، آیا مفتول به جای خود برمی‌گردد؟

.....

۳ اگر نیروی واردشده به سر مفتول زیاد باشد و این کار را برای چندین بار تکرار کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟

.....

اگر قطعه پس از بارگذاری به حالت اول خود برگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه الاستیک (کشسان همانند فنر و کش لاستیکی) است. اگر قطعه به حالت خود برنگشت، می‌گویند قطعه در ناحیه پلاستیک (مومسان همانند موم و پلاستیک) است و وقتی قطعه از یک نقطه جدا شود، می‌گویند شکست اتفاق افتاده است.

جلوهٔ آفرینش

شکل ۱۴ـ۴ـ حشره آسیابک

دانشمندان دریافتند حشرهٔ آسیابک[1] با طول حداکثر ۳/۸ سانتی‌متر، هنگام مهاجرت هزاران کیلومتر را بر فراز اقیانوس‌ها به طور پیوسته پرواز می‌کند. آنها معتقدند که بدن این حشرات برای سفرهای طولانی مدت تکامل یافته است؛ چرا که سطح بال‌های این حشرات در مقایسه با همنوعان خود بسیار بیشتر بوده و امکان پرواز گلاید یا بدون بال‌زدن را برای آنان امکان‌پذیر می‌سازد. به نظر شما بال‌های این حشره در طول زندگی چند بار بالا و پایین می‌رود؟ در آزمایش قبل، مفتول را چند بار بالا و پایین حرکت دادید تا شکست؟ طراحی بدن هر پرنده‌ای کاری بسیار سخت و پیچیده است!

انواع مقاومت در مقابل تغییر شکل

سفتی: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل کشسان (الاستیک) بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه برای جابه‌جایی و تغییر شکل کشسان نیروی بیشتری نیاز داشته باشد، آن قطعه سفت‌تر است.

استحکام: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل دائمی بر اثر اعمال نیرو را گویند. هرچه قطعه نیروی بیشتری تحمل کند قبل از اینکه تغییر شکل دائمی بدهد یا دچار تسلیم و شکست شود، آن قطعه مستحکم‌تر است.

چقرمگی: مقاومت در برابر شکست بر اثر مصرف انرژی را گویند. هرچه برای شکستن قطعه انرژی بیشتری صرف شود، آن قطعه چقرمه‌تر است.

۱ـ Dragonfly

فعالیت

یک تکه چوب تر و یک تکه چوب خشک مشابه هم را، تحت بارگذاری خمشی انجام دهید. به نظر شما کدام سفت تر، مستحکم تر و چقرمه تر است؟

.....

.....

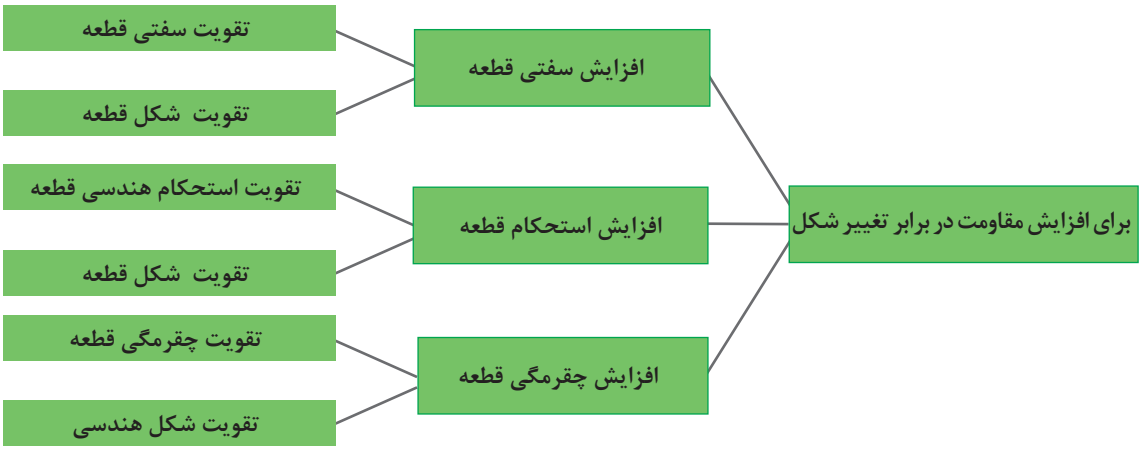
برای افزایش مقاومت در مقابل تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو و انرژی چه کاری انجام دهیم:

۱ **استفاده از جنس مناسب:** انتخاب جنس مناسب برای هدف مورد نظر تأثیر زیادی بر استحکام قطعه خواهد داشت.

۲ **شکل هندسی مناسب:** با استفاده از شکل‌های هوشمندانه می‌توان قطعات و سازه‌ها را به گونه‌ای ساخت که بار و نیروی بیشتری تحمل کنند.

۳ **استفاده از تکیه‌گاه و ایجاد شرایط مناسب:** وجود تکیه‌گاه‌های خوب سبب می‌شود که قطعات نیروی بیشتری تحمل کنند.

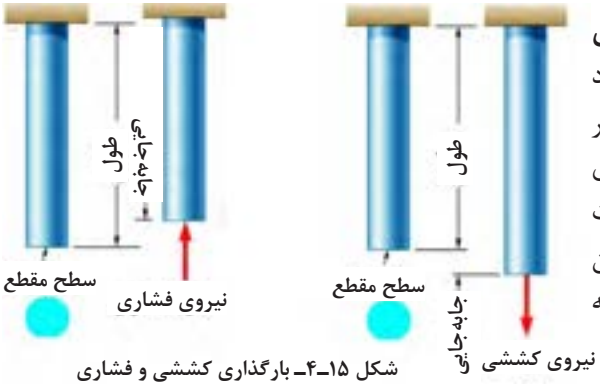
در نمودار زیر روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو نشان داده شده است:



نمودار ۱ـ۴ـ روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری کششی و فشاری

اگر بار اعمال‌شده سبب کشیده شدن قطعه در امتداد محور بار شود، بارگذاری کششی خواهد بود. همچنین اگر بار اعمال شده سبب فشرده شدن قطعه شود، بارگذاری فشاری خواهد بود. همان‌طور که قبلاً آموخته‌اید، قطعات در هنگام بارگذاری کم، رفتاری همانند فنر از خود نشان می‌دهند و کشیده می‌شوند و پس از برداشته‌شدن بار به موقعیت اول خود باز می‌گردند.



شکل ۱۵ـ۴ـ بارگذاری کششی و فشاری

سفتی قطعه در بارگذاری کششی: جابه‌جایی انتهای یک میله که تحت بارگذاری کششی الاستیک قرار دارد، با نیرو و طول میله رابطهٔ مستقیم دارد و با مساحت سطح مقطع و سفتی جنس میله نیز رابطهٔ عکس دارد. هر چه سطح مقطع میله بزرگ‌تر باشد، برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود.

$$\text{جابه‌جایی در بارگذاری محوری} = \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع}}$$

سفتی جنس مواد مختلف نسبت به هم متفاوت است. هر چه جنس ماده سفت‌تر باشد، جابه‌جایی و تغییر شکل آنها کمتر است.

سفتی فولاد > سفتی مس > سفتی آلومینیوم

به طور معمول سفتی فولاد از غالب فلزات بیشتر است. نام دیگر سفتی جنس مواد، ضریب کشسانی یا ضریب الاستیک است.

استحکام قطعه در بارگذاری کششی: نیروی وارد شده به واحد سطح را **تنش** می‌گویند. هر چه نیرو بیشتر و سطح مقطع کوچک‌تر باشد، تنش بیشتر می‌گردد. هرچه تنش کششی یا فشاری بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می‌شود.

$$\text{تنش کششی در بارگذاری محوری} = \frac{\text{نیروی کششی}}{\text{سطح مقطع}}$$

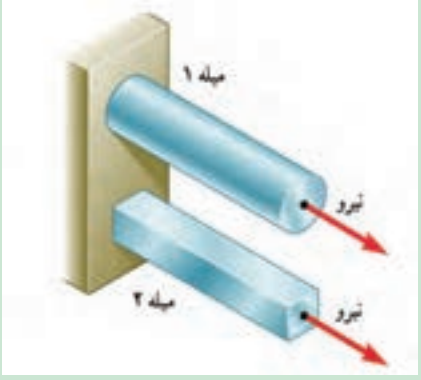
اگر تنش کششی و فشاری در یک قطعه بیشتر از استحکام کششی جنس شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. استحکام کششی به جنس قطعه بستگی دارد. یکی دیگر از راه‌های افزایش استحکام یک قطعه تقویت شکل هندسی است تا تنش در قطعه کم شود. برای اینکه یک میله در برابر نیروی کششی مقاوم باشد، باید سطح مقطع میله را افزایش دهیم. یعنی هر چه سطح مقطع میله بیشتر باشد، در مقابل نیروی کششی یا فشاری مقاوم‌تر است. شکل سطح مقطع بر مقاومت قطعاتی که به صورت کششی یا فشاری بارگذاری شده‌اند، تأثیری ندارد. مقدار استحکام کششی جنس فلزات مختلف با یکدیگر متفاوت است.

فعالیت

فکر کنید ــ در شکل مقابل دو میله از جنس فولاد تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر طول و وزن میله‌ها یکسان باشند، کدام‌یک بیشتر کشیده می‌شوند؟ در گروه خود بحث کنید.

.....

.....



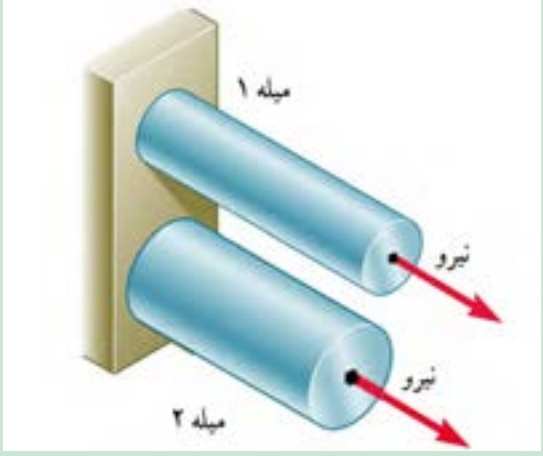
شکل ۱۶ــ۴ــ بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس و وزن یکسان

فعالیت

فکر کنید ــ در شکل مقابل دو میله از جنس فولاد با سطح مقطع دایره‌ای توپر تحت بارگذاری یکسان کشیده می‌شوند. اگر وزن میله ۱ نصف وزن میله ۲ باشد، جابه‌جایی میله ۱ چند برابر میله ۲ است (طول میله‌ها، برابر است)؟

.....

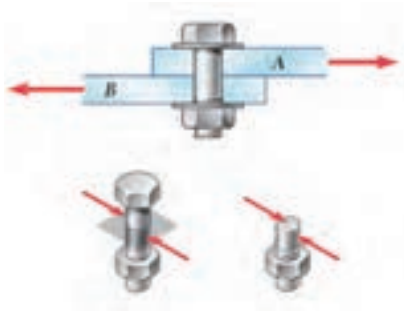
.....

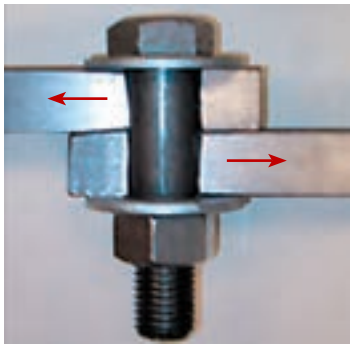


شکل ۱۷ـ۴ـ بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس یکسان

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری برشی

اگر بار اعمال‌شده باعث بریدن قطعه شود، بارگذاری برشی خواهد بود. این بارگذاری توسط دو نیرو در جهت خلاف هم و نزدیک هم اتفاق می‌افتد. قیچی کردن نمونه‌ای از بارگذاری برشی است. مقاومت سازه‌هایی که سطح مقطع آنها به صورت برشی بارگذاری شده است، مستقل از شکل مقطع است.





شکل ۱۸ـ۴ـ بارگذاری برشی

استحکام قطعه در بارگذاری برشی: نیروی برشی وارده به واحد سطح را **تنش برشی** می‌گویند. هرچه نیروی برشی بیشتر و سطح مقطع کوچک‌تر باشد، تنش برشی بیشتر می‌گردد. هر چه تنش برشی بیشتر شود، قطعه به خرابی و شکست نزدیک‌تر می‌شود. برای نمونه اگر در شکل ۱۸ـ۴، قطر پیچ کوچک‌تر و نیرو ثابت باشد، تنش برشی بیشتر خواهد بود.

$$\text{تنش برشی} = \frac{\text{نیروی برشی}}{\text{سطح مقطع}}$$

اگر تنش برشی در یک قطعه بیشتر از استحکام برشی جنس قطعه شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد.

استحکام برشی جنس‌های مختلف در قطعه متفاوت است؛ پس برای افزایش استحکام یک قطعه باید تنش را کم کنیم. برای اینکه یک پیچ یا قطعه در برابر نیروی برشی مقاوم باشد باید سطح مقطع پیچ را افزایش دهیم. یعنی هر چه سطح مقطع پیچ بیشتر باشد، در مقابل نیروی برشی مستحکم‌تر است. شکل مقطع روی استحکام قطعاتی که به صورت برشی بارگذاری شده‌اند، بی‌تأثیر است. استحکام برشی فلزات با توجه به جنس آنها متفاوت است. هر چه استحکام برشی جنس بالاتر باشد، استحکام قطعه در برابر بارگذاری برشی بیشتر خواهد بود.

استحکام برشی فولاد > استحکام برشی مس > استحکام برشی آلومینیوم

فعالیت

با توجه به شکل زیر در مورد دلیل خرابی لبه‌های برندهٔ ناخن‌گیر و دم‌باریک بحث و گفت وگو کنید. به نظر شما لبه‌های برندهٔ استحکام لازم را نداشته است، یا اینکه به‌درستی از آنها استفاده نشده است؟

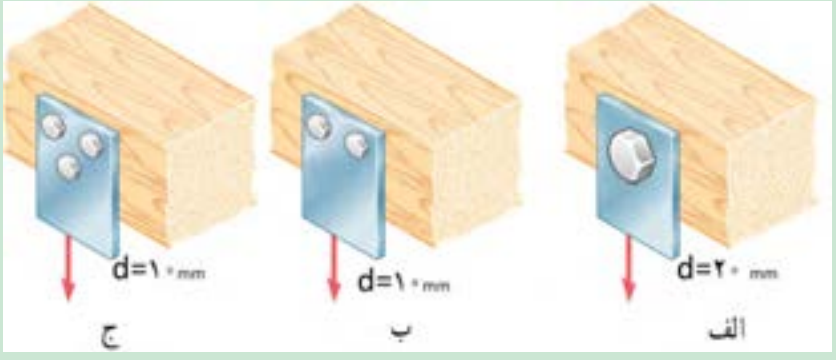
.....

شکل ۱۹ـ۴ـ لبه‌های برنده خراب شده در ناخن‌گیر و دم‌باریک

فعالیت

در شکل زیر یک تسمه فولادی توسط چند پیچ از یک جنس روی یک دیوار چوبی محکم پیچ شده است. به نظر شما برای یک نیروی برشی ثابت، کدام حالت از اتصال در برابر نیروی برشی مستحکم‌تر است و پیچ‌ها دیرتر بریده می‌شوند. در گروه خود بحث کنید.

.....



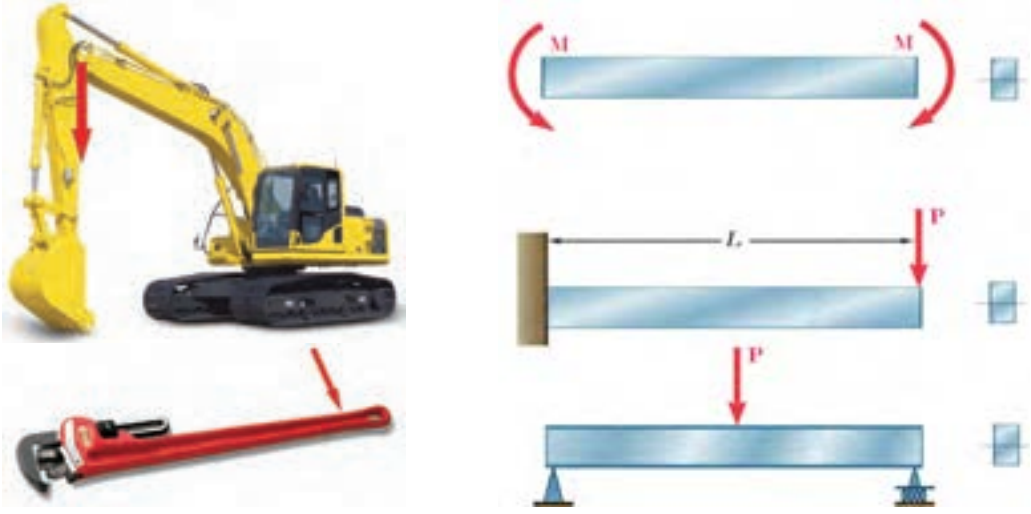
شکل ۲۰ـ۴ـ چند روش اتصال تسمه به دیوار چوبی تحت بارگذاری برشی

فعلیت

با یک انبردست دو مفتول یا میخ با قطرهای مختلف را برش دهید. برای نیروی وارد شده یکسان، تنش برشی کدام یک بیشتر است؟ کدام یک راحت‌تر بریده می‌شود؟ چرا؟
همین کار را بر روی دو مفتول با قطر یکسان و جنس متفاوت (مس و فولاد) انجام دهید. تنش برشی کدام یک بیشتر خواهد بود؟ کدام یک زودتر بریده خواهد شد؟ چرا؟

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری خمشی

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان‌طور که در آزمایش با خط‌کش فلزی تجربه کردید، بارگذاری خمشی بود. خط‌کش فلزی یا هر قطعهٔ دیگر با چندین روش بارگذاری خم می‌شوند. در شکل زیر دو روش برای خم کردن نشان داده شده است؛ یکی با اعمال نیروی عرضی در یک نقطه از قطعه مانند انتها یا وسط آن، و دیگری با اعمال گشتاور در هر نقطه از آن. سطح مقطع قطعه و محور خمش نیز در شکل نشان داده شده است.



شکل ۲۱ـ۴ـ انواع بارگذاری برای خمش یک قطعه

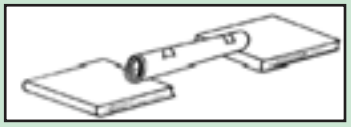
فعلیت

با استفاده از روش‌های نشان داده شده در شکل ۲۰ـ۶ بر روی خط‌کش فلزی، بارگذاری خمشی انجام دهید.

فعلیت

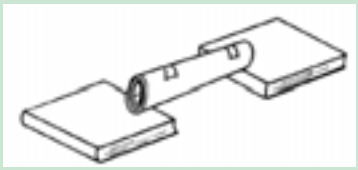
دو کاغذ A۴ را نصف کنید و با استفاده از آنها آزمایش‌های زیر را انجام دهید:

۱ـ کاغذها را تا کرده روی هم قرار دهید، سپس لبه‌های آن را چسب زده و آنها را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش را حس نمایید.



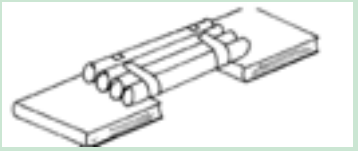
شکل ۲۲ـ۴

۲ـ کاغذها را روی هم قرار دهید، سپس آن را لوله کرده و با چسب لبه‌های آن را بچسبانید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش را حس نمایید.



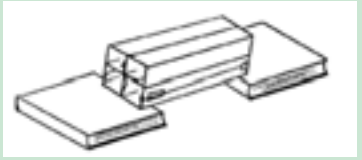
شکل ۲۳ـ۴

۳ـ کاغذها را تک‌تک لوله کرده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آنها را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش را حس نمایید.



شکل ۲۴ـ۴

۴ـ کاغذها را تک‌تک به شکل قوطی درآورده و سپس با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش را حس نمایید.



شکل ۲۵ـ۴

پس از انجام دادن آزمایش‌ها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ وزن کاغذها در سه آزمایش با هم چه تفاوتی دارند؟

.....

۲ استحکام کدام قطعه و سازهٔ کاغذی که شما آزمایش کردید، در مقابل نیروی خمشی بالاتر است؟

.....

۳ اگر شما قرار بود یک پل طراحی می‌کردید، کدام یک از سازه‌ها را پیشنهاد می‌کردید؟

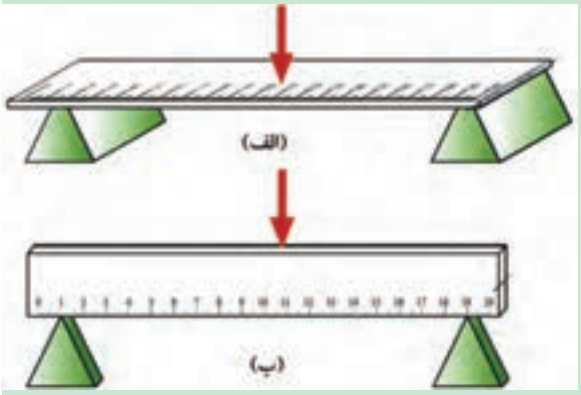
.....

فعالیت

با استفاده از خط‌کش فلزی، بارگذاری خمشی را در دو جهت انجام دهید. استحکام خمشی خط‌کش فلزی در کدام جهت بیشتر است؟ یعنی در کدام حالت خط‌کش به سختی خم می‌شود؟ (به طرز قرارگیری سطح مقطع خط‌کش نسبت به نیرو توجه کنید.)

.....

.....

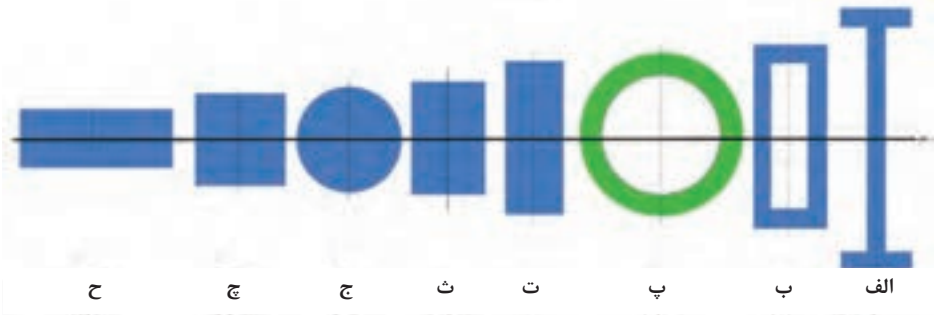


شکل ۲۶ـ۴ـ بارگذاری خمشی روی خط‌کش در دو جهت

همان‌طور که در آزمایش مشاهده کردید، با اینکه سطح مقطع خط‌کش در دو حالت یکسان است اما استحکام خمشی خط‌کش در حالت ب بیشتر از حالت الف است. دلیلش این است که ممان اینرسی سطح مقطع خط‌کش، حول محور خمش در حالت ب بیشتر از حالت الف است.

ممان اینرسی چیست؟

ممان اینرسی یک عامل مقاوم جسم در مقابل خمش می‌باشد و هر چه ذرات تشکیل‌دهندهٔ جسم در سطح مقطع نسبت به محور خمش دورتر باشد، ممان اینرسی بیشتر است.



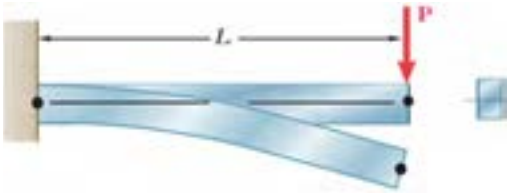
شکل ۲۷ـ۴ـ انواع سطح مقطع در خمش

به شکل ۲۷ـ۴، توجه کنید. تمام سطح مقطع‌ها در اشکال با هم برابر است. یعنی همه مساحت‌ها یکسان هستند ولی ممان اینرسی حول محور افقی در شکل الف که شبیه به I است، از ممان اینرسی بقیه شکل‌ها بیشتر است. همچنین ممان اینرسی شکل ح از همه کوچک‌تر است.

فعالیت

کتاب خود را ۹۰ درجه موافق عقربه‌های ساعت بچرخانید. حال به سطح مقطع‌ها نگاه کنید، به نظر شما کدام سطح مقطع‌ها در حول محور افقی (محور جدید) ممان اینرسی بیشتری دارند؟ در گروه خود بحث کنید.

سفتی قطعه در بارگذاری خمشی: هنگام خمش یک قطعه، بالای جسم کشیده و پایین جسم فشرده می‌شود و بیشترین جابه‌جایی قطعه در انتهای آن خواهد بود.



شکل ۲۸ـ۴ـ خمش یک قطعه تحت بارگذاری خمشی

فعالیت

توسط یک تکه ابر، بارگذاری خمشی را آزمایش کنید و کشیدگی و فشردگی ذرات را ترسیم نمایید.

.....

.....

جابه‌جایی انتهای یک قطعه که تحت بارگذاری خمشی قرار دارد با نیرو و طول میله، رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی و سفتی جنس قطعه رابطه عکس دارد. یعنی هر چه ممان اینرسی سطح مقطع قطعه بزرگ‌تر باشد، برای یک نیروی ثابت جابه‌جایی کمتر می‌شود و قطعه در مقابل خمش سفت‌تر است.

$$\text{جابه‌جایی در خمش } \alpha \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{ممان اینرسی}}$$

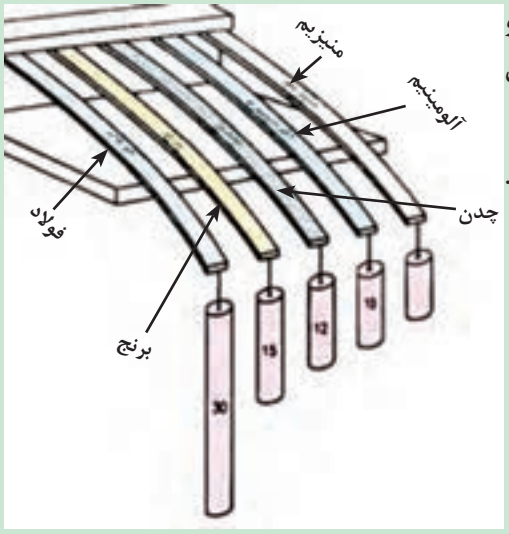
هر چه جنس ماده سفت‌تر باشد، جابه‌جایی و تغییر شکل آن در مقابل خمش کمتر خواهد بود و برای جابه‌جایی بیشتر باید نیرو و گشتاور بیشتری وارد شود.

فعالیت

در گروه در مورد نیرو و گشتاور، سفتی جنس، جابه‌جایی و طول قطعات در شکل زیر، بحث و گفت وگو کنید و دلیل جابه‌جایی ثابت آنها را توضیح دهید.

.....

.....



شکل ۲۹ـ۴ـ جابه‌جایی قطعات در بارگذاری خمشی

هنگام خمش یک جسم مطابق باشکل ۲۸ـ۴ به سطح بالایی جسم بیشترین کشش و سطح پایین جسم بیشترین فشار اعمال می‌گردد. لذا بیشترین تنش کششی به سطح بالا و بیشترین تنش فشاری به سطح پایین اعمال می‌شود. اگر تنش کششی یا فشاری در یک قطعه هنگام خمش از استحکام کششی یا فشاری آن بیشتر شود، قطعه دچار خرابی و شکست می‌گردد. همان‌طور که قبلاً بیان شد استحکام کششی یا فشاری به جنس قطعه بستگی دارد. همچنین در صورتی که بتوان تنش اعمال شده به یک قطعه را کاهش داد، استحکام قطعه هنگام خمش افزایش می‌یابد. مقدار تنش به قطعه نشان داده شده در شکل ۲۳ـ۶ با مقدار گشتاور اعمال شده به قطعه رابطه مستقیم داشته و با ممان اینرسی آن حول محور خمش رابطه معکوس دارد:

$$\text{تنش درقطعه هنگام خمش } \alpha \frac{\text{گشتاور}}{\text{ممان اینرسی}}$$

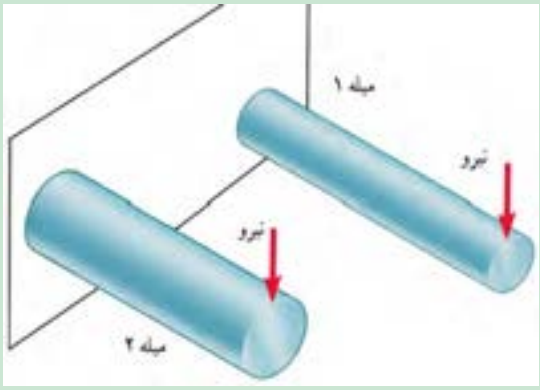
با توجه به رابطه فوق برای کاهش تنش اعمال شده به قطعه باید مقدار گشتاور را کاهش داد و یا ممان اینرسی مقطع قطعه را افزایش داد. بدین ترتیب در قطعاتی که وزن ثابت است بهتر است مطابق با شکل ۲۷ـ۴ از مقطع I که بیشترین ممان اینرسی را ایجاد می‌کند استفاده نمود.

فعالیت

دو مفتول فلزی هم‌جنس به طول ۲۰ سانتی‌متر را که دارای قطرهای مختلف و توپر هستند به یک گیره ببندید و آن را بارگذاری خم کنید. کدام یک دارای استحکام خمشی بالاتری هستند؟ همین کار را برای دو مفتول هم‌جنس، هم‌وزن، هم‌طول با ممان اینرسی متفاوت انجام دهید. استحکام کدام یک بیشتر است؟

.....

.....



شکل ۳۰ـ۴ـ بارگذاری خمشی دو میله با جنس و طول یکسان

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری پیچشی

یکی دیگر از انواع بارگذاری‌ها همان طور که در آزمایش با خط‌کش فلزی تجربه کردید، بارگذاری پیچشی است. خط‌کش فلزی یا هر قطعه دیگر با چندین روش بارگذاری پیچشی می‌شوند.

شکل ۳۱ـ۴ـ روش‌هایی برای پیچاندن قطعه

فعالیت

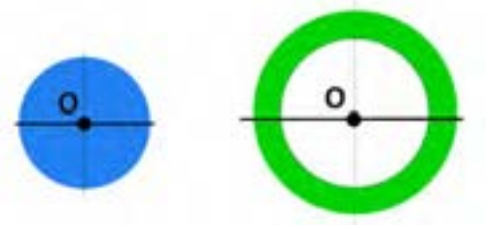
با چند روش بارگذاری متفاوت یک خط‌کش فلزی را بپیچانید و سپس شکل‌های آنها را ترسیم کنید.

.....

.....

ممان اینرسی قطبی چیست؟

ممان اینرسی قطبی یک عامل مقاوم جسم در مقابل پیچش است و هر چه ذرّات تشکیل‌دهندهٔ جسم در سطح مقطع نسبت به محور دوران دورتر باشد، ممان اینرسی قطبی بیشتر است. برای اینکه استحکام قطعه در مقابل پیچش بیشتر باشد باید ممان اینرسی قطبی جسم حول محور دوران بالاتر باشد. به شکل مقابل نگاه کنید، مساحت سطح مقطع شکل الف با شکل ب برابر است اما ممان اینرسی قطبی سطح مقطع شکل الف از ممان اینرسی قطبی شکل ب بیشتر است، به همین دلیل مقاومت آن در برابر پیچش بیشتر است.

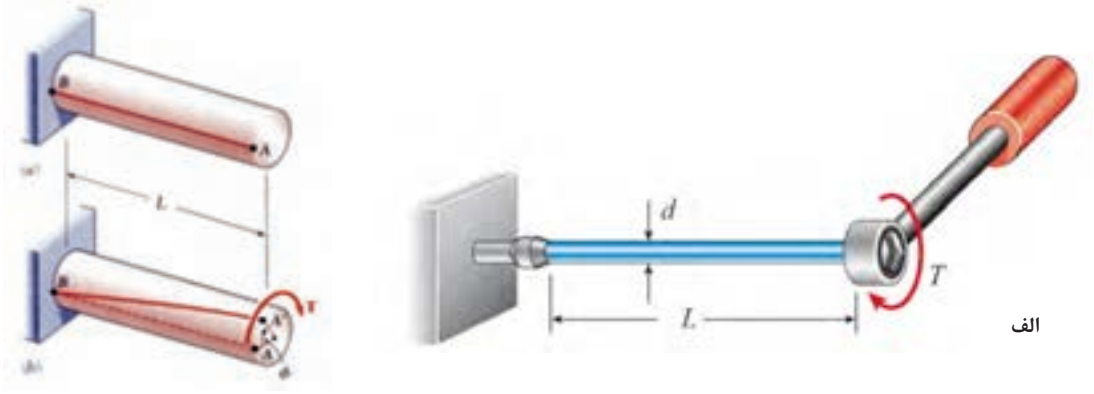


ب الف

شکل ۳۲ـ۴ـ ممان اینرسی قطبی برای دو سطح مقطع متفاوت

زاویه پیچش

هنگامی که قطعه‌ای با اعمال گشتاور تحت بارگذاری پیچشی قرار می‌گیرد، ذرات جسم حول محور مرکز جسم دوران می‌کنند و جابه‌جا می‌شوند.



ب الف

شکل ۳۳ـ۴ـ پیچش در یک قطعه

همان‌طور که در شکل بالا دیده می‌شود پس از اعمال گشتاور به قطعه و ایجاد پیچش، نقطه A به A' منتقل می‌شود. این دو نقطه نسبت به مرکز سطح مقطع زاویه ϕ را می‌سازد که به آن زاویه پیچش می‌گویند. زاویه پیچش مقدار جابه‌جایی نقاط روی یک جسم تحت بارگذاری پیچشی را نشان می‌دهد. این زاویه با گشتاور و طول میله رابطه مستقیم دارد و با ممان اینرسی قطبی وسفتی برشی جنس قطعه (که به آن صلابت هم گفته می‌شود) رابطه عکس دارد. یعنی هرچه ممان اینرسی قطبی سطح مقطع یک جسم بیشتر باشد، زاویه پیچش کمتر شده و ذرات جسم در بارگذاری پیچشی کمتر جابه‌جا می‌شوند و قطعه در مقابل پیچش سفت‌تر است.

$$\text{زاویه پیچش}(\varphi) = \frac{\text{طول} \times \text{گشتاور پیچشی}}{\text{سفتی برشی جنس} \times \text{ممان اینرسی قطبی}}$$

هرچه جنس ماده سفت‌تر باشد، زاویه پیچش و جابه‌جایی ذرات و در نتیجه تغییر شکل قطعه درمقابل پیچش کمتر خواهد بود و برای تغییرشکل بیشتر باید گشتاور بیشتری اعمال کرد.

سفتی برشی فولاد > سفتی برشی مس > سفتی برشی آلومینیوم

فعالیت

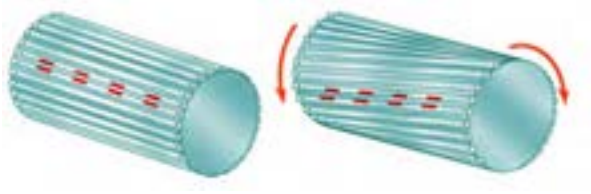
سه خط‌کش چوبی، فلزی و پلاستیکی ۳۰ سانتی با سطح مقطع یکسان را تحت پیچش قرار دهید. برای جابه‌جایی ۴۵ درجهٔ کدام یک، نیروی بیشتری لازم است؟

.....

.....

استحکام قطعه در بارگذاری پیچشی

بارگذاری پیچشی باعث ایجاد جابه‌جایی ذرات سطوح جانبی قطعه نسبت به یکدیگر شده و بدین ترتیب در این سطوح تنش برشی ایجاد می‌گردد.



شکل ۳۴ـ۴ـ پیچش در یک قطعه

اگر تنش برشی ایجاد شده در جسم به استحکام برشی برسد، قطعه دچار خرابی می‌شود. تنش برشی در قطعه‌ای که تحت بارگذاری پیچشی قرار گرفته است با مقدار گشتاور اعمال شده رابطه مستقیم و با ممان اینرسی قطبی رابطه عکس دارد.

$$\text{تنش برشی} \; \alpha \; \frac{\text{گشتاور پیچشی}}{\text{ممان اینرسی قطبی}}$$

هرچه ممان اینرسی قطبی بیشتر باشد استحکام برشی و در نتیجه استحکام پیچشی قطعه بالاتر خواهد بود.

فعالیت

یکی از مواردی که هنگام کار با آن مواجه می‌شویم، بریدن پیچ اتصالات است. به نظر شما کدام عامل سبب بریدن پیچ می‌شود (شکل ۳۵ـ۴):

الف: وارد کردن گشتاور بیش از حد مجاز به پیچ

ب: پایین بودن ممان اینرسی قطبی

ج: پایین بودن تنش برشی مجاز به دلیل جنس قطعه

تحقیق کنید

در سیستم انتقال قدرت خودرو، برای انتقال حرکت از موتور به چرخ‌های عقب از میل‌گاردان استفاده می‌شود. میل‌گاردان تحت بارگذاری پیچشی قرار دارد. تحقیق کنید که سطح مقطع میل‌گاردان دارای چه شکلی است و جنس آن از چیست (شکل ۳۶ـ۴)؟

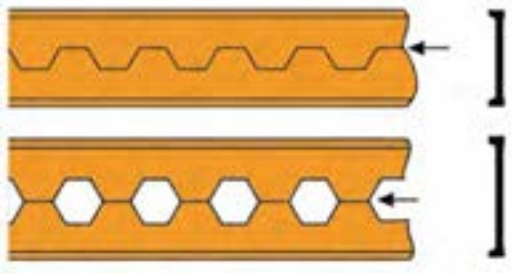
شکل ۳۵ـ۴ـ یک پیچ بریده شده بر اثر بارگذاری پیچشی

شکل ۳۶ـ۴ـمیل‌گاردان بارگذاری پیچشی را برای انتقال گشتاور تحمل می‌نماید.

تمرین

شکل ۳۷ـ۴

۱ اگر وزن و نیروی وارد شده به دو کفش در شکل روبه‌رو یکسان باشد، تنش فشاری بر روی پاشنه کدام یک بیشتر است؟ احتمال خراب شدن کدام پاشنه بیشتر می‌باشد؟



شکل ۳۸ـ۴

۲ از روش‌های تولید تیرهای آهنی، برش و جوشکاری تیرآهن به شکل لانه زنبوری است. چرا این نوع از تیرآهن‌ها در مقابل خمش استحکام بیشتری دارند؟

شکل ۳۹ـ۴

۳ در وزنه‌برداری گشتاور زیادی به میله وزنه‌برداری وارد می‌شود که آن را خم می‌کند. برای اینکه استحکام میله در بارگذاری خمشی بالا رود، چه راه حلی پیشنهاد می‌کنید؟

تحقیق کنید

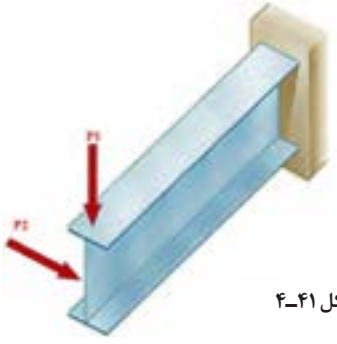
۱ــ همان‌طور که می‌دانید در مدارهای برقی خودرو، ساختمان یا وسایل، فیوزها نقش حفاظت از دیگر قطعات برقی را بر عهده دارند. یعنی اینکه اگر برق بخواهد به قطعه‌ای صدمه وارد کند، فیوز از این کار جلوگیری کرده و خود را قربانی می‌کند. به همین صورت در وسایل مکانیکی نیز فیوز مکانیکی وجود دارد. فیوز مکانیکی سبب می‌شود تا نیرو و گشتاور بیش از حدی به قطعات مکانیکی وارد نشود و آنها دچار خرابی و شکست نشوند. فیوزهای مکانیکی انواع مختلفی دارند که پین‌های برشی از آن جمله هستند. به همراه گروه خود در زمینه انواع فیوزهای مکانیکی که خود را قربانی دیگر قطعات می‌کنند تا به آنها صدمه نرسد، تحقیق کنید و چند نمونه از آن را در دستگاه‌ها و وسایل کاری موجود در کارگاه نام ببرید.

۲ــ همان‌طور که دیدید استخوان‌های بدن انسان هر کدام برای هدفی که دارند دارای شکل متفاوتی هستند. استخوان ساق پا (تیبیا) دومین استخوان بزرگ بدن بعد از استخوان ران پا است که انواع مختلف بارگذاری در جهت‌های مختلف به آن وارد می‌شود. به نظر شما سطح مقطع این استخوان چرا به صورت توپر یا به شکل مربع شکل نیست؟ فکر می‌کنید طراح آن چرا این شکل را که شبیه دایره تو خالی می‌باشد، انتخاب کرده است؟ به صورت گروهی تحقیق کنید.

شکل ۴۰ــ۴

تمرین

در شکل مقابل اگر نیروی P۱ و P۲ با هم برابر باشند، جابه‌جایی تیر در جهت افقی بیشتر است یا در جهت عمودی؟ دلیل آن را توضیح دهید.



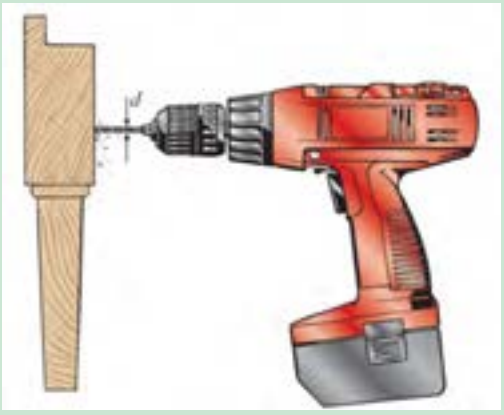
شکل ۴۱ــ۴

مواد ترد و شکننده و مواد نرم و چکش‌پذیر هر کدام در هنگام پیچش به شکل خاصی می‌شکنند، دربارهٔ شکل شکستن هر یک از مواد هنگام پیچش تحقیق کنید.

شکل ۴۲ــ۴

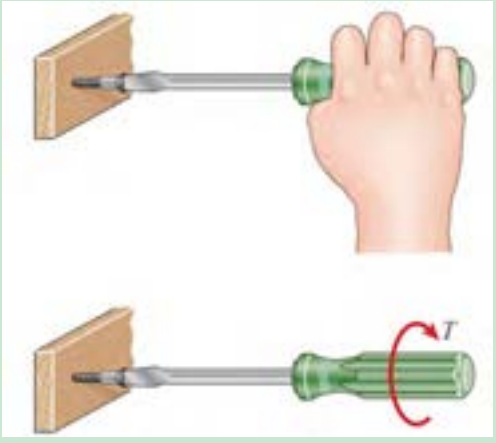
بررسی کنید

یکی از موارد رایج در هنگام کار، شکست مته هنگام سوراخ‌کاری است. دلایل شکست مته هنگام کار را بررسی کنید؟



شکل ۴۳ـ۴

هنگام پیچ کردن قطعات چوبی برای استحکام بالا، باید چه مواردی را در نظر گرفت؟



شکل ۴۴ـ۴

تحقیق کنید

کمانش چیست و برای استحکام قطعه در کمانش باید چه کاری انجام داد؟ تصاویر مربوط را رسم کنید.

.....

عنوان فصل	تکالیف عملکردی (واحد یادگیری)	استاندارد عملکرد (کیفیت)	نتایج مورد انتظار	شاخص تحقق	نمره
فصل ۴: مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل	بررسی و تحلیل مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل و مقایسه سفتی و استحکام قطعات	مقایسه مقاومت (استحکام و سفتی) قطعات مکانیکی ساده در بارگذاری‌های خالص براساس استانداردهای مقاومت مصالح	بالاتر از حد انتظار	تعیین علل و عوامل خرابی قطعات، تحلیل انواع روش‌های بارگذاری بر روی قطعات، تحلیل و بررسی تأثیر جنس و شکل مواد برسفتی واستحکام آنها، مقایسه استحکام قطعات ساده در بارگذاری کششی و فشاری وتعیین روش‌های افزایش استحکام و سفتی قطعات	۳
			در حد انتظار	تعیین علل و عوامل خرابی قطعات، تحلیل و بررسی تأثیر جنس وشکل مواد برسفتی واستحکام آنها، مقایسه استحکام قطعات ساده در بارگذاری کششی وفشاری	۳
			پایین‌تر از حد انتظار	تعیین علل و عوامل خرابی قطعات، مقایسه استحکام قطعات ساده در بارگذاری کششی وفشاری	۱
	نمره مستمر از ۵				
	نمره واحد یادگیری از ۳				
	نمره واحد یادگیری از ۲۰ = (نمره مستمر + (۵ × نمره واحد یادگیری از ۳))				