فصل ۵

مقاومت قطعات در برابر تغییر شکل

آیا قطعات و سازه‌های مکانیکی تخریب می‌شوند؟

قطعات و سازه‌ها به مرور زمان دچار خرابی و شکست می‌شوند. در شکل زیر نمونه‌هایی از خرابی و شکست را مشاهده می‌کنید(شکل ۱ـ۵).

شکل ۱ـ۵ـ استهلاک و شکست قطعات

آنها در چه چیزی با هم مشترک هستند؟

فعالیت

دلایل احتمالی تخریب قطعات نشان داده شده در شکل صفحه قبل را در گروه خود بررسی نمایید؟

به نظر شما کدام دلیل عامل اصلی تخریب قطعات نشان داده شده در شکل است؟

.....

.....

.....

دلایل اصلی خرابی قطعات عبارت‌اند از:

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

فعالیت

به نظر شما علل تخریب قطعات و سازه‌ها که تا کنون مشاهده کردید چیست؟

.....

.....

.....

چگونه می‌توان از بروز خرابی‌ها در قطعات جلوگیری نمود؟

.....

.....

.....

چرا قطعات و سازه‌ها تخریب می‌شوند؟

هنگام استفاده از قطعات و سازه‌ها قطعات به روش های گوناگون خراب می‌شود:

	خوردگی		خستگی
	بارگذاری و نیروی بیش از حد		بارگذاری ایجاد کننده نوسانات بزرگ ـ تشدید
	سایش		

فعالیت

در مورد علل دیگر تخریب قطعات بحث و گفتگو نمایید؟

.....

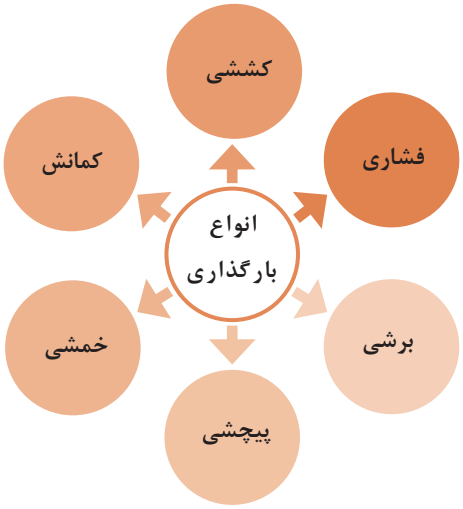
.....

.....

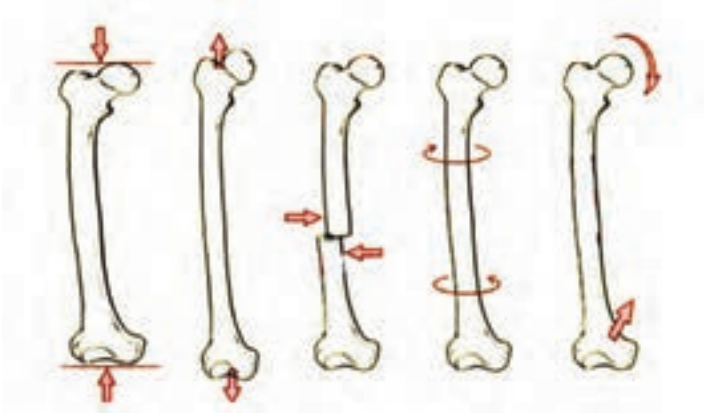
وقتی قطعه‌ای خراب است یعنی اینکه نمی‌تواند کاری را که از آن خواسته شده است، به‌درستی انجام دهد. وقتی که می‌گوییم یک قطعه مقاوم است، یعنی اینکه در مقابل خرابی دوام دارد، از خود باید بپرسیم در مقابل چه چیزی مقاوم است. مقاومت در مقابل جابه‌جایی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت در برابر سایش، مقاومت در مقابل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

بارگذاری و نیروهای وارده بر روی قطعات چگونه است؟

در هنگام کار و استفاده از قطعات و ابزارها، نیروها و گشتاورهای گوناگونی بر روی قسمت‌های آنها وارد می‌شود. نیروها می‌توانند به‌صورت محوری یا عرضی بر قطعه وارد شوند. قسمت‌های مختلف قطعه باید در مقابل نیروها و بارگذاری‌های آرام، ضربه‌ای و پی‌درپی مقاوم باشند. اسکلت بدن انسان نیز از استخوان‌های زیادی تشکیل شده است، که تحت بارگذاری‌های گوناگون قرار می‌گیرد. برای نمونه استخوان پای انسان تحت بارگذاری فشاری، کششی، برشی، پیچشی، خمشی قرار می‌گیرد(شکل۳ـ۵).



شکل ۲ـ۵ـ انواع بارگذاری بر روی قطعات



شکل ۳ـ۵ـ 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 پایه اسکلت و استخوان‌ها است. چون اسکلت تکیه‌گاه عضلات قرار می‌گیرد. 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. شکل شکستن استخوان‌ها در بارگذاری مختلف متفاوت است.

شکل ۴ـ۵

فعالیت

با استفاده از یک نوار فلزی یا تسمه فلزی، انواع بارگذاری‌ها را بر روی آن اعمال کنید. همچنین به میزان جابه‌جایی نوار فلزی در هر نوع بارگذاری توجه نمایید. بارگذاری می‌تواند با اعمال نیرو در راستای طول نوار فلزی، عمود بر نوار فلزی یا با ایجاد گشتاور انجام شود شکل ۴).

شکل ۵ـ۵ـ انواع بارگذاری بر روی نوار فلزی

پرسش:

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

.....

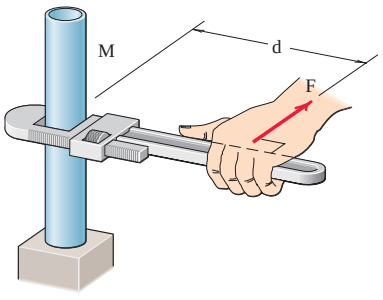
.....

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

۱ وارد نمودن نیرو

۲ وارد نمودن گشتاور

یکای نیرو نیوتن (N) و یکای گشتاور نیوتن ـ متر (N.m) است. در تصویر روبه‌رو چگونگی ایجاد گشتاور نشان داده شده است. به d بازوی گشتاور می‌گویند.



شکل ۶ـ۵ـ علائم گشتاور نیرو

فعالیت

حداکثر گشتاوری که با یک دست بدون وسایل روی یک میله می‌توان وارد کرد، حدود چند نیوتن متر است؟ حداکثر نیرویی که یک طناب را می‌توانید بکشید چند نیوتن است؟ (هر یک کیلوگرم نیرو حدود ۱۰ نیوتن است).

.....

.....

تحقیق

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

.....

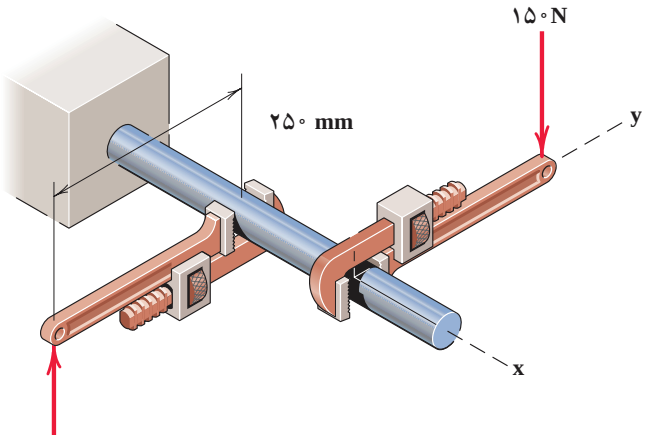
.....

مثال:

در شکل ۵ دو آچار لوله‌گیر یکسان بر روی میله گشتاور وارد می‌کنند. بازوی هر آچار ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد. گشتاور کلی وارده به میله را برحسب نیوتن ـ متر به‌دست آورید.

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

جهت گشتاور کلی در جهت عقربه‌های ساعت است.



شکل ۷ـ۵ـ وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق دو آچار شلاقی

فعالیت

گشتاور وارده به پیچ در نقطه O در شکل ۸ـ۵ را برحسب نیوتن‌متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

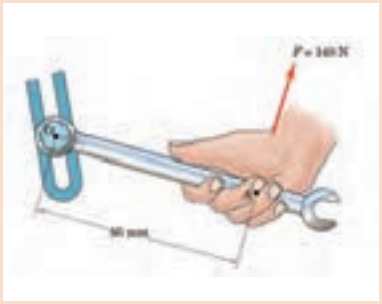
.....

.....

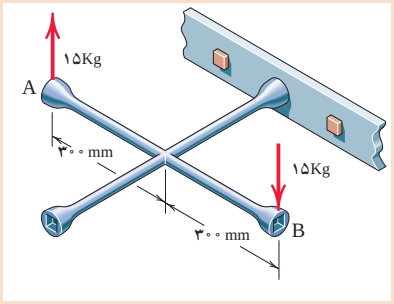
گشتاور وارده به پیچ را در شکل ۹ـ۵ برحسب نیوتن‌متر محاسبه کنید. جهت آن را نیز مشخص کنید.

.....

.....



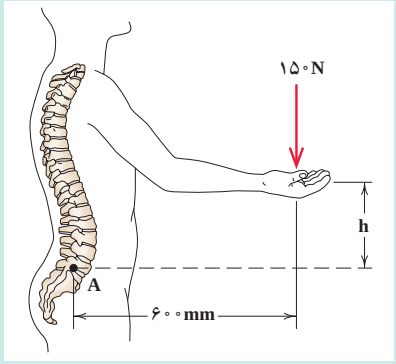
شکل ۸ـ۵ـ وارد نمودن گشتاور بر میله از طریق آچار



شکل ۹ـ۵ـ وارد نمودن گشتاور بر پیچ از طریق آچار چرخ

تحقیق

در شکل ۱۰ـ۵ گشتاور وارد به ستون فقرات در نقطه A را محاسبه کنید. در هنگام بلند کردن بار توسط بدن، هرچه فاصله بار از بدن بیشتر باشد گشتاور وارده به ستون فقرات زیادتر می‌شود و در نتیجه امکان آسیب‌رسانی به ستون فقرات بیشتر است. بررسی کنید روش صحیح بلند کردن بار توسط انسان چگونه است و چرا؟



شکل ۱۰ـ۵ـ گشتاور وارده به ستون فقرات بر اثر بلند کردن بار توسط دست‌ها

.....

.....

فعالیت

در شکل زیر برای باز کردن پیچ‌های خودرو نشان داده شده گشتاور ۱۰ نیوتن متر لازم است.
محاسبه کنید مقدار حداکثر نیروی وارده برحسب نیوتن توسط دست بر روی آچار چرخ تا پیچ باز شود.

.....

.....

.....

شکل ۱۱ـ۵ـ باز کردن پیچ چرخ خودرو توسط آچار چرخ

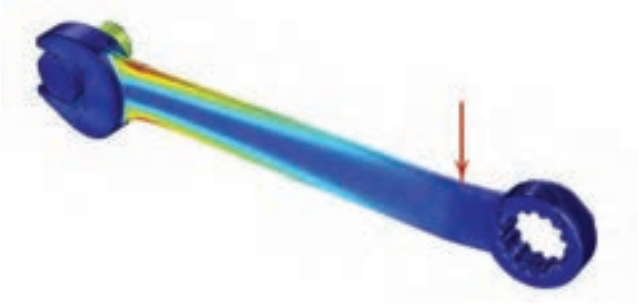
الاستیک، پلاستیک و شکست قطعات

همان‌طور که تجربه کردید به قطعات انواع نیروها وارد می‌شود. ممکن است یک قسمت از قطعه بحرانی و حساس باشد و 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 زیر قسمت‌های بحرانی یک آچار را مشخص کنید. حال این پرسش‌ها را در ذهن خود مرور کنید؟

۱ اگر نیرو و گشتاور وارده به یک قطعه کم باشد آیا قطعه پس از تغییر شکل به شکل اول خود باز می‌گردد؟

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

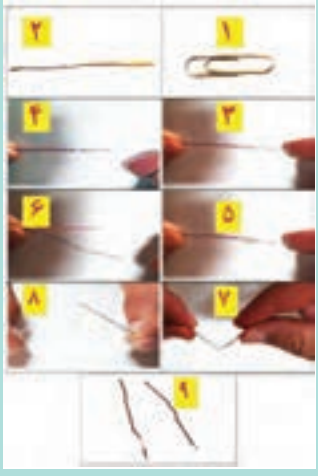
۳ اگر نیرو خیلی زیاد یا به دفعات زیاد و به‌صورت نوسانی وارد شود چه اتفاقی می‌افتد؟



شکل ۱۲ـ۵ـ قسمت‌های بحرانی یک آچار هنگام بارگذاری

فعالیت

مفتول یک گیره کاغذ را همانند شکل زیر باز کنید. یک سمت آن را در دست محکم بگیرید.
با انگشت دست دیگر به انتهای مفتول نیرو وارد کنید. حالت‌های زیر را در نظر بگیرید (شکل۱۳ـ۵).



شکل ۱۳ـ۵ـ آزمایش بارگذاری بر روی یک مفتول گیره کاغذ

پس از انجام آزمایش به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

۱ اگر نیروی وارده به سر مفتول کم باشد پس از برداشتن آن، آیا مفتول به جای خود بازمی‌گردد؟

.....

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

.....

۳ اگر نیروی وارد شده 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، قطعه در ناحیه الاستیک (کشسان همانند فنر و کش لاستیکی) است و 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 شکست اتفاق افتاده است.

نمونه‌ای از جلوه آفرینش

دانشمندان دریافتند حشره آسیابک (dragonfly) با طول حداکثر ۳/۸ سانتی‌متر، هنگام مهاجرت هزاران کیلومتر را بر فراز اقیانوس‌ها به‌طور 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 در طول زندگی این حشره بال‌های آن چند بار بالا و پایین می‌رود؟ در آزمایش قبل، مفتول را چند بار بالا و پایین حرکت دادید تا مفتول شکست؟ طراحی بدن هر پرنده، کاری بسیار سخت و پیچیده است!

شکل ۱۴ـ۵ـ حشره آسیابک

مقاومت در مقابل تغییر شکل

سفتی: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل کشسان (الاستیک) بر اثر اعمال نیرو را سفتی گویند. هرچه قطعه برای جابه‌جایی و تغییر شکل کشسان نیروی بیشتری نیاز داشته باشد، سفت‌تر است.
استحکام: مقاومت یک قطعه در برابر تغییر شکل دائمی بر اثر اعمال نیرو را استحکام گویند. هرچه قطعه نیروی بیشتری قبل از تغییر شکل دائمی یا تسلیم و شکست تحمل کند آن قطعه مستحکم‌تر است.
چقرمگی: مقاومت در برابر شکست در اثر مصرف انرژی را چقرمگی گویند. هرچه انرژی بیشتری برای شکستن قطعه صرف شود، آن قطعه چقرمه‌تر است.

فعالیت

یک تکه چوب تر و یک تکه چوب خشک مشابه هم را تحت بارگذاری خمشی قرار دهید. به نظر شما کدام سفت‌تر، مستحکم‌تر و چقرمه‌تر است؟

.....

.....

.....

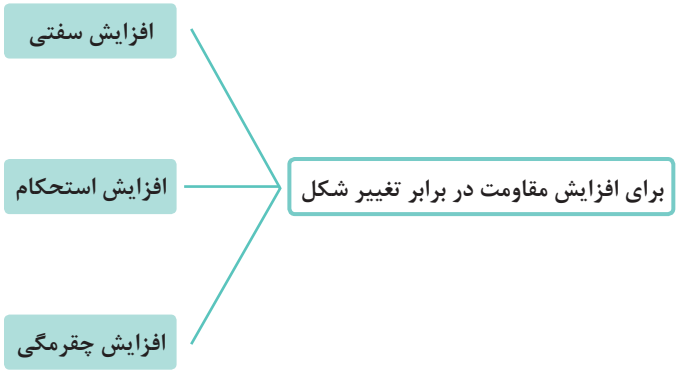
برای افزایش مقاومت در مقابل تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو و انرژی، چه کاری باید انجام دهیم:

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

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

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

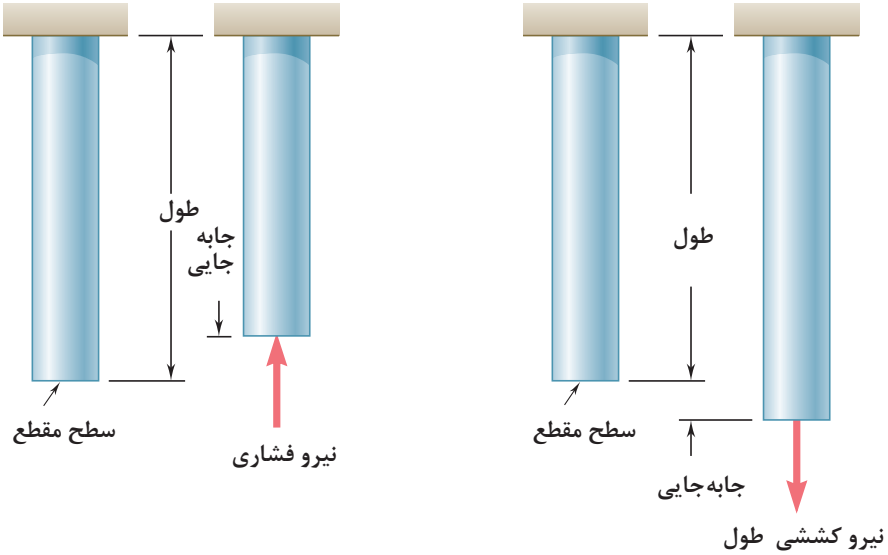
در نمودار زیر روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل بر اثر اعمال نیرو نشان داده شده است:



نمودار ۱ـ۵ـ روش‌های افزایش مقاومت قطعه در برابر تغییر شکل

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری کششی و فشاری

اگر بار اعمال شده سبب کشیده شدن قطعه در امتداد محور باشد، بارگذاری کششی خواهد بود. همچنین اگر بار اعمال شده سبب فشرده شدن قطعه شود بارگذاری فشاری سفتی فولاد› سفتی مس› سفتی آلومینیوم است (شکل ۱۵ـ۵). همان‌طور که قبلاً آموخته‌اید، قطعات در هنگام بارگذاری کم، رفتاری همانند فنر از خود نشان می‌دهند و کشیده می‌شوند و پس از برداشته شدن بار به موقعیت اول خود بازمی‌گردند.

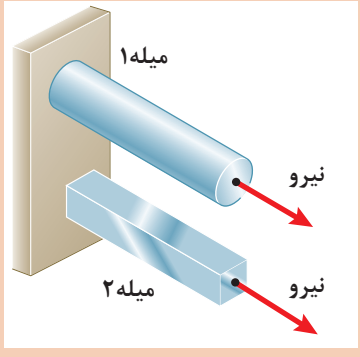


شکل ۱۵ـ۵ـ بارگذاری کششی و فشاری

فعالیت

در شکل ۱۶ـ۵ 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 نمایید.

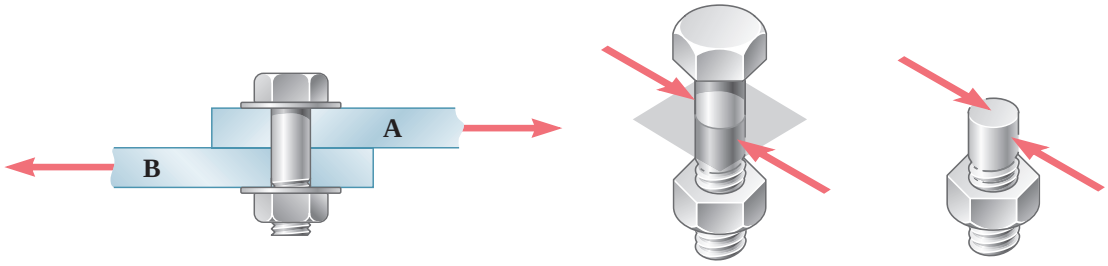
.....



شکل ۱۶ـ۵ـ بارگذاری یکسان بر روی میله‌هایی با طول و جنس و وزن یکسان

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری برشی

اگر بار اعمال شده سبب بریدن قطعه شود بارگذاری برشی خواهد بود. این بارگذاری توسط دو نیرو و در جهت خلاف هم و نزدیک هم اتفاق می‌افتد. قیچی کردن نمونه‌ای از بارگذاری برشی است. مقاومت سازه‌هایی که دارای سطح مقطعی به صورت برشی بارگذاری شده است مستقل از شکل مقطع است یعنی به شکل سطح مقطع بستگی ندارد. بلکه مهم مقدار یا اندازه سطح مقطع است.



استحکام برشی فولاد> استحکام برشی مس> استحکام برشی آلومینیوم

شکل ۱۷ـ۵ـ بارگذاری برشی

فعالیت

با توجه به شکل زیر در مورد علت خرابی لبه‌های برنده ناخن‌گیر و دم‌باریک بحث و گفتگو کنید. به نظر شما لبه‌های برنده استحکام لازم را نداشته است یا اینکه به‌درستی از آنها استفاده نشده است؟

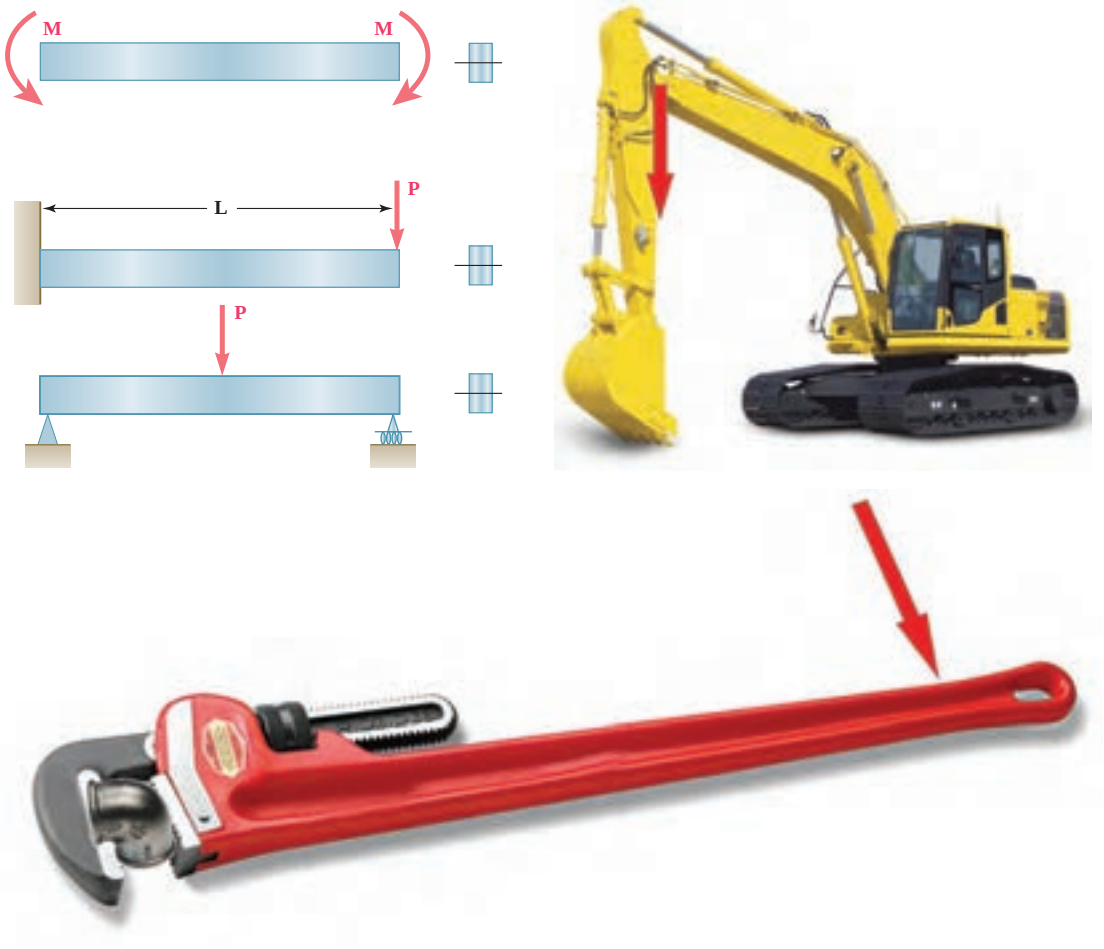
.....

.....

شکل ۱۸ـ۵ـ لبه‌های برنده خراب شده در ناخن‌گیر و دم باریک

مقاومت قطعه در برابر بارگذاری خمشی

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



شکل ۱۹ـ۵ـ انواع بارگذاری برای خمش یک تیر یا قطعه

فعالیت

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

۱ کاغذها را تا کرده روی هم قرار دهید، سپس لبه‌های آن را چسب زده و آنها روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم شدن را حس نمایید.		
۲ کاغذها را روی هم قرار دهید، آن را لوله کرده و با چسب لبه‌های آن را بچسبانید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خم شدن را حس نمایید.		
۳ کاغذها را تک‌تک لوله کرده و با چسب آنها را به هم وصل کنید. سپس آن را روی دو تکیه‌گاه قرار دهید. با انگشت دست بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.		
۴ 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 بر روی وسط کاغذها نیرو وارد کنید. استحکام کاغذها در مقابل خمش شدن را حس نمایید.		

پس از انجام آزمایش‌ها به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:

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

.....

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

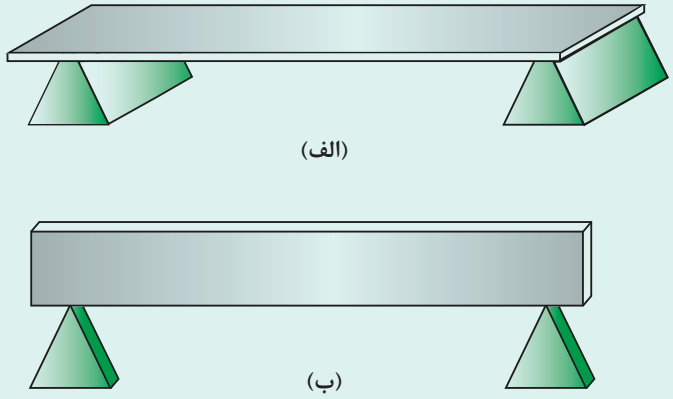
.....

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

.....

فعالیت

با استفاده از نوار فلزی بارگذاری خمشی را در دو جهت انجام دهید. استحکام خمشی نوار فلزی در کدام جهت بیشتر است؟ یعنی در کدام حالت نوار فلزی به سختی خم می‌شود؟ (راهنمایی به سطح مقطع توجه کنید) (شکل ۲۰ـ۵).



شکل ۲۰ـ۵ـ بارگذاری خمشی بر روی نوار فلزی در دو جهت

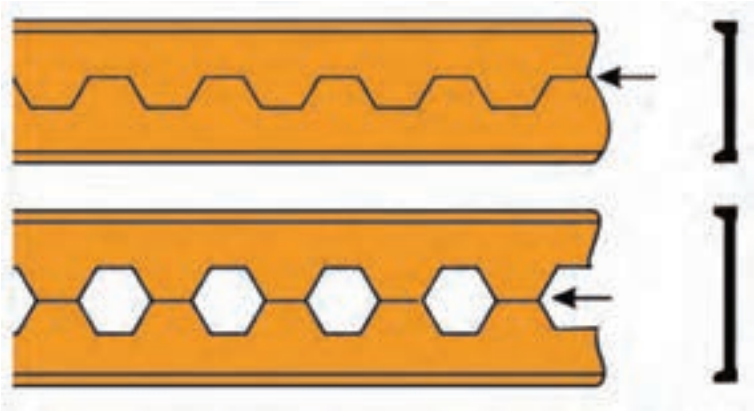
همان‌طور که در آزمایش مشاهده کردید با اینکه سطح مقطع نوار فلزی در دو حالت یکسان است اما استحکام خمشی نوار فلزی در حالت ب بیشتر از حالت الف است. دلیل آن این است که جهت سطح مقطع نوار فلزی، در میزان خمش مؤثر است.

ارزشیابی

۱ اگر وزن و نیروی وارده به دو کفش نشان داده شده در شکل زیر یکسان باشد تنش فشاری بر روی پاشنه کدام کفش بیشتر است؟ احتمال خراب شدن کدام پاشنه بیشتر می‌شود؟

شکل ۲۱ـ۵

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؟



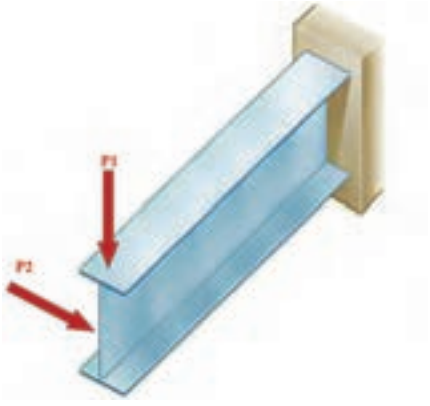
شکل ۲۲ـ۵

۳ در وزنه‌برداری گشتاور زیادی به میله وزنه‌برداری وارد می‌شود به حدی که میله خم می‌شود. برای اینکه استحکام میله در بارگذاری خمشی بالا رود چه راه‌حلی پیشنهاد می‌نمایید؟

شکل ۲۳ـ۵

۴ همان‌طور که دیدید استخوان‌های بدن انسان با توجه به وظیفه‌ای 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. تحقیق کنید سطح مقطع این استخوان چرا به‌صورت توپر یا به شکل مربع‌شکل نیست؟ فکر می‌کنید طراح آن چرا این شکل را که شبیه دایره توخالی می‌باشد انتخاب کرده است؟ به‌صورت گروهی تحقیق کنید.

۵ در شکل زیر اگر نیروی P_1 و P_2 با هم برابر باشند، جابه‌جایی تیر در جهت افقی بیشتر است یا در جهت عمودی؟ علت را توضیح دهید؟



شکل ۲۴ـ۵

منابع و مآخذ

۱ برنامه درسی رشته ماشین ابزار ـ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش ـ سال ۱۳۹۴.
۲ خادمی اقدم، صمد، نصیری زنوری، بهروز، حساب فنی، ۴۰۵، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۷۰.
۳ اکبری، محسن، شناخت و خواص مواد، ۳۵۹/۵۵، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۸۹.
۴ پایگانه، غلامحسن، اجزای ماشین، ۴۸۸/۸، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
۵ بهادران، امیربهادر، محاسبات فنی ۱، ۳۵۶، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.
۶ سعادتی، قربانعلی، جدول فلزات، فیروز نشر سپاهیان، ۱۳۷۱.
۷ خادمی اقدم، صمد، نصیری زنوزی، بهروز، درس فنی، ۴۰۴، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۷۰.
۸ حسنی نجف آبادی، سید حسین، شناخت و خواص مواد، ۳۵۹/۵۵، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۴.

9 ERIK OBERG..., 1996, Machinery's Hand Book Industrial Press Inc. New York.
10 ROBERT O. PARMLEV, P.E. 2005, Machine Devices McGraw-Hill

هنرآموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می‌توانند نظرهای اصلاحی خود را دربارهٔ مطالب این کتاب ازطریق نامه به نشانی تهران- صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵- گروه درسی مربوط و یا پیام نگار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وب گاه: www.tvoccd.medu.ir

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش