



Namatek
True Education

www.namatek.com

Material Fatigue

خستگی مواد و انواع
آن (Material)
(Fatigue

فهرست مطالب

۱. خستگی مواد چیست؟ (Material Fatigue)
۲. چرا خستگی مواد خطرناک است؟
۳. نقش بارهای استاتیکی و دینامیکی در خستگی مواد
۴. حد خستگی مواد
۵. انواع خستگی
۶. سه قدم تا شکست بر اثر خستگی

با گسترش صنعت و دانش، استفاده از فولاد برای تولید قطعات صنعتی به شدت افزایش یافت و به تدریج بشر با خستگی مواد آشنا شد. یکی از پدیده‌هایی که انسان به تدریج با آن رو به رو شد، شکست بر اثر خستگی بود. مکانیزم خستگی کاملاً متفاوت از شکست عادی است و همین مورد باعث شده است که شکست خستگی تا حدی برای بشر ناشناخته باشد. اگر دوست دارید به اطلاعات خودتان درباره پدیده شکست خستگی بیفزایید تا انتهای این مطلب همراه ما باشید.

#1 خستگی مواد چیست؟ (Material Fatigue)

قبل از تعریف خستگی مواد بهتر است دو اصطلاح شکست عادی و استحکام نهایی مواد را بشناسید:

• شکست عادی (Fracture)

اصولاً وقتی صحبت از شکستن یک جسم می‌شود منظور این است که نیرو یا وزنی بیشتر از حد تحمل جسم به آن وارد شده و در نتیجه جسم به صورت ناگهانی شکسته است؛ مثلاً یک صندلی تحمل وزن ۱۲۰ کیلوگرم را دارد و صندلی کاملاً سالم است. بر اثر نشستن فردی با وزن ۲۰۰ کیلوگرم صندلی سالم به یک باره استحکام خودش را از دست داده و می‌شکند.



- استحکام نهایی مواد (Static Material Strength)

استحکام نهایی یا استحکام استاتیکی مواد، حداکثر نیرویی است که یک جسم می تواند تحمل کند. واحد اندازه گیری استحکام نهایی مواد، مگاپاسکال (MPa) است. یک جسم می تواند بدون تغییر شکل، شکست یا ترک برداشتن، این بار یا نیرو را تحمل کند. اگر نیروی وارد شده به جسم فراتر از استحکام نهایی برود، جسم دچار شکستگی می شود.



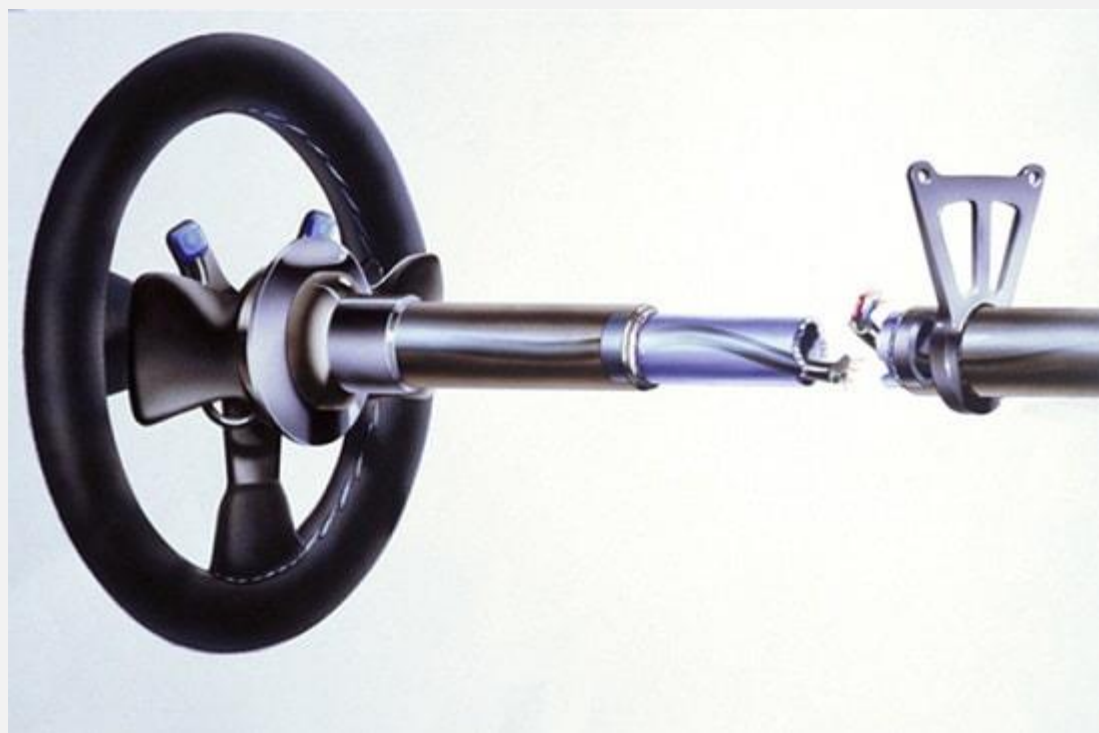
با آگاهی از تعریف این دو اصطلاح، می توان خستگی مواد را این گونه تعریف کرد:

خستگی مواد زمانی به وقوع می پیوندد که قبل از رسیدن نیروی وارد شده به حد استحکام نهایی، جسم می شکند و دلیل این شکست ناشی از خستگی، اعمال بارهای متناوب (Cyclic Loads) است.

خستگی مواد، اصلی ترین عامل شکست در صنعت و خطرناک ترین نوع آن است.

#۲ چرا خستگی مواد خطرناک است؟

در حالت عادی شما از قبل به عنوان یک طراح یا مهندس سازه محاسبات خودتان را انجام داده اید و استحکام قطعه مشخص است. پس هیچوقت نیرویی بیش از حد استحکام به جسم وارد نمی کنید. همچنین شکست عادی، نشانه های زیادی دارد. نشانه هایی مثل ترک روی سطح جسم در شکست عادی، می تواند باعث تشخیص زودهنگام و جلوگیری از وقوع حادثه شود؛ ولی در شکست خستگی معمولا نشانه خاصی از قبل وجود ندارد و حتی تا لحظاتی قبل از شکست، جسم کاملا سالم و عادی به نظر می رسد.

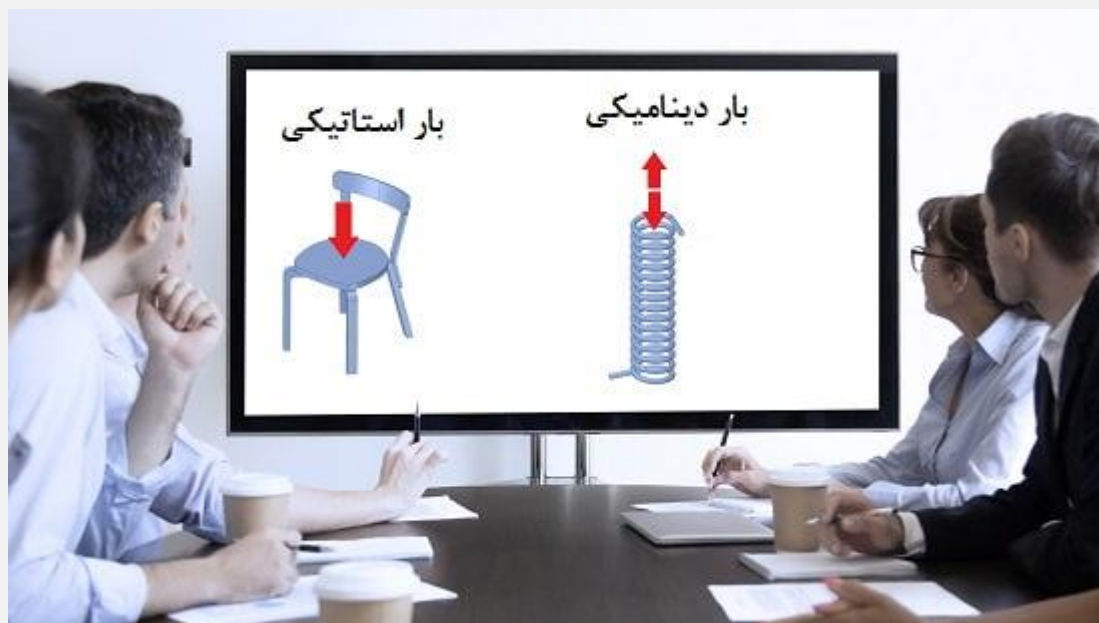


یک پره توربین را در نظر بگیرید. باد همواره در یک جهت خاص نیست. ممکن است باد گاهی از شمال به جنوب و گاهی در جهت عکس بوزد. به

این مدل نیروها، بارهای دوره ای یا متناوب می گویند. در این حالت توربین گاهی اوقات باید در برابر باد شمالی و گاهی اوقات باید در برابر باد جنوبی مقاومت کند. بر اثر تغییر جهت مداوم نیرو، پره توربین بعد از مدتی دچار پدیده خستگی شده و می شکند. از آن جایی که خستگی مواد بدون نشانه های قبلی اتفاق می افتد و هیچ محاسبات خاصی برای جلوگیری از آن وجود ندارد، بسیار خطرناک است.

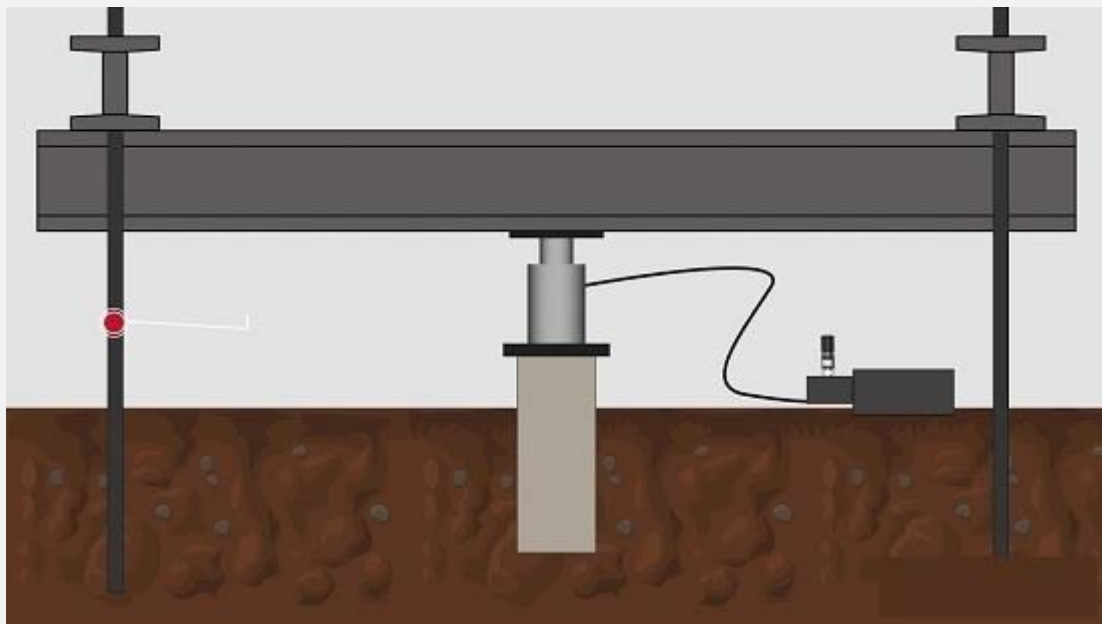
#۳ نقش بارهای استاتیکی و دینامیکی در خستگی مواد

اصولا بارها یا نیروهایی که به یک ماده وارد می شوند به دو دسته عمده تقسیم می شوند:



۱. بارهای استاتیکی

بارهای استاتیکی یا ایستا، نیروهایی هستند که دائما روی یک جسم در یک جهت اعمال می شوند. مثلا نیرویی که به یک تیرآهن در یک منزل مسکونی وارد می شود، از نوع ایستا یا استاتیک است. بار ساختمان همواره در یک جهت روی تیرآهن های ساختمان وارد می شود. بارهای استاتیکی نقش خاصی در خستگی مواد ندارند و معمولا باعث شکست معمولی که در ابتدای متن توضیح داده شد، می شوند.



۲. بارهای دینامیکی

بارهای دینامیکی یا بارهای پویا، دلیل اصلی خستگی مواد هستند. این بارها گاهی اوقات قطع و دوباره روی جسم اعمال می شوند. این مدل بارها به صورت متناوب و دوره ای اعمال می شوند. رایج ترین نوع بارهای دینامیک و شکست بر اثر خستگی در بال های هواپیما، پمپ ها، توربین

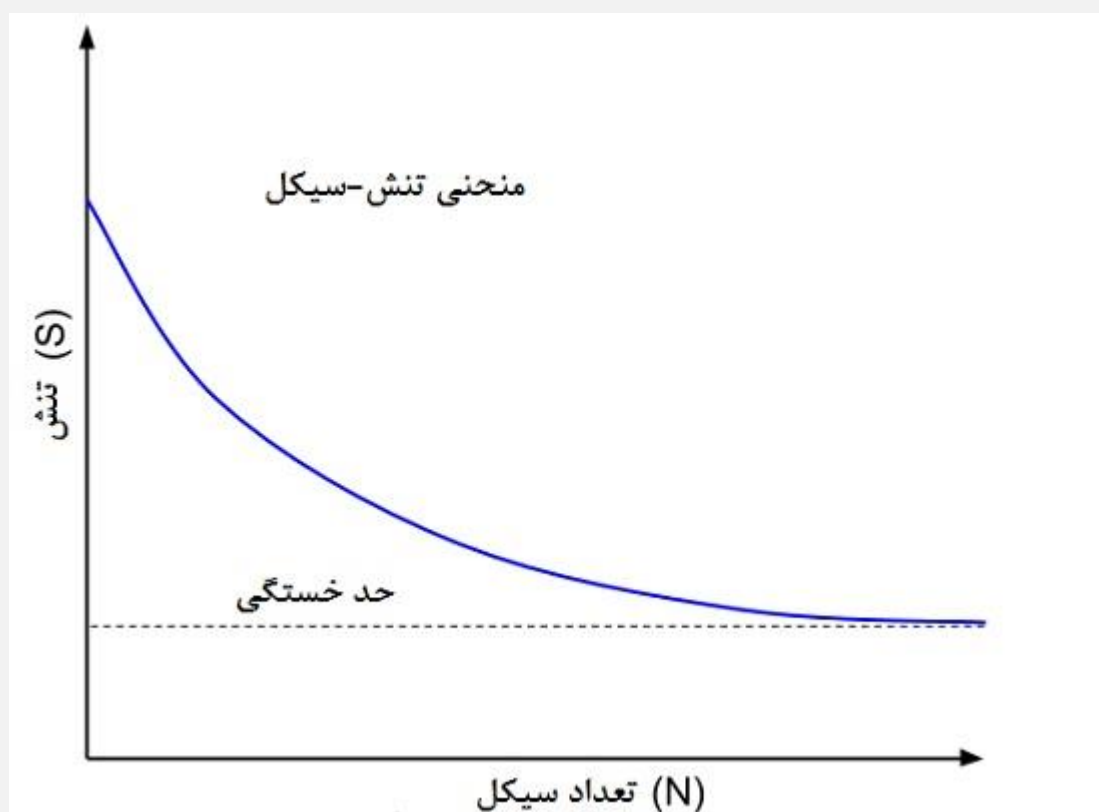
ها و ماشین ها رخ می دهد. طبق آمارهای موجود، بیش از ۹۰ درصد حوادث صنعتی بر اثر خستگی مواد رخ می دهند.



#۴ حد خستگی مواد

وقتی اجسام بعد از شکست به آزمایشگاه منتقل می شوند، هیچ نشانه خاصی برای مشاهده و به دست آوردن اطلاعات دقیق علمی ندارند. پس خیلی ساده و دقیق نمی توان خستگی مواد را پیش بینی کرد. یکی از اصطلاحاتی که در علم مقاومت مصالح و طراحی سازه بسیار زیاد استفاده می شود، حد خستگی (Fatigue Limit) است. حد خستگی یعنی عمر یک قطعه چقدر است. همان طور که گفتیم خستگی مواد بر اثر اعمال بارهای دوره ای رخ می دهد. بارهای دوره ای یعنی یک نیرو به صورت

سیکل به جسم وارد می شود. حال با آزمون یک قطعه در آزمایشگاه و وارد کردن نیرو به جسم به صورت متناوب، یک نمودار تحت عنوان تنش-سیکل (S-N) رسم می شود. محور عمودی نمودار تنش (Stress) و محور افقی نمودار، سیکل یا طول عمر قطعه است.



مثلا حد خستگی آلومینیوم، $10^7/10^8$ می باشد. پس تقریباً طول عمر قطعه مشخص و قابل محاسبه است. مهندسان و طراحان سازه به صورت گسترده از این نمودار برای بهینه سازی سازه ها و طراحی هایشان استفاده می کنند.

#5 انواع خستگی

خستگی مواد فقط به یک نوع یا یک مدل خاص خلاصه نمی شود و پدیده شکست بر اثر خستگی انواعی دارد. اصولاً سه عامل بر استحکام یک ماده تاثیرگذار هستند.

این سه عامل عبارت اند از:

- بار و نیروهای مکانیکی
- شرایط محیطی مثل آب و هوا و محیط خورنده و اسیدی
- حرارت



عوامل و فاکتورهای ذکر شده، بر نوع و حد خستگی تاثیر به سزایی دارند. براساس این عوامل، خستگی مواد به دو دسته تقسیم می شود:

۱. خستگی مکانیکی

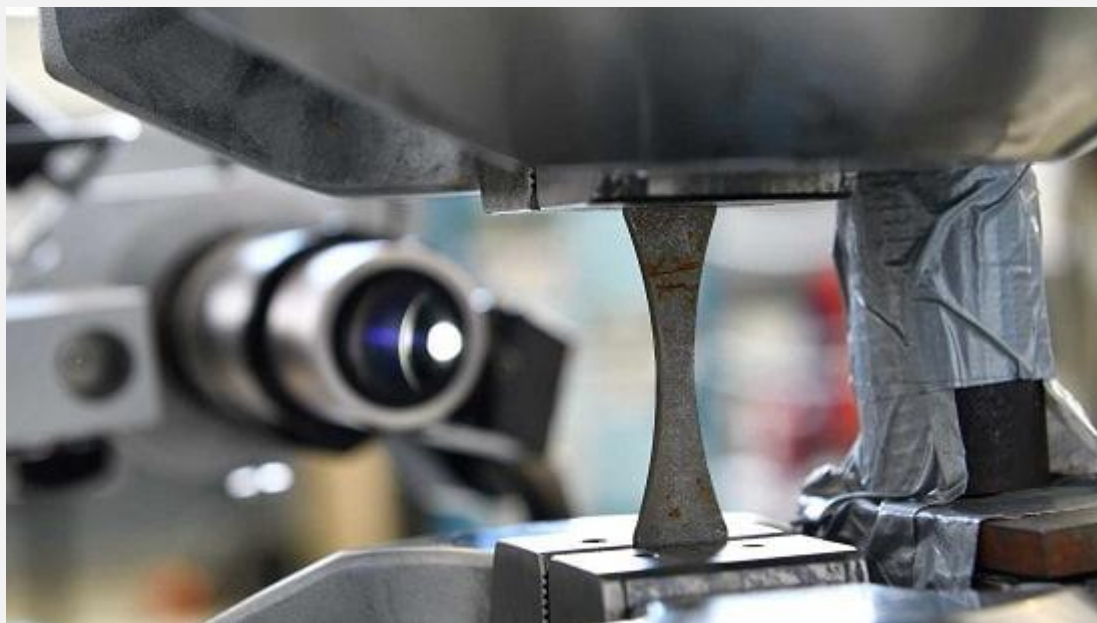
خستگی مکانیکی همان نحوه شکست یک ماده بر اثر وارد شدن نیروهای متناوب و دوره ای است که در ابتدای این مطلب به صورت کامل توضیح دادیم. این نوع از خستگی در میان قطعات صنعتی بسیار رایج و مرسوم است. مثلا قطعاتی مثل میل لنگ، شاتون و میل بادامک همواره در معرض تنش های مکانیکی هستند.



۲. خستگی حرارتی

این نوع از خستگی بر اثر تنش حرارتی اتفاق می افتد. در این مدل از شکست، به جای بار مکانیکی، بارهای حرارتی به یک جسم یا قطعه وارد می شوند. مثلا قطعاتی که در قسمت احتراق موتور ماشین قرار دارند، دائما در معرض حرارت بالا هستند یا مثلا پمپ یک کمپرسور بر اثر فشار کاری داغ می کند. این حرارت بالا و سرد شدن ناگهانی قطعه، تنش

حرارتی نام دارد. شکست یک قطعه بر اثر تنش حرارتی را خستگی حرارتی می گویند.



#۶ سه قدم تا شکست بر اثر خستگی

اصولا خستگی مواد را می توان در سه قدم یا سه مرحله خلاصه کرد.

این سه مرحله عبارتند از:

۱. جوانه زنی ترک که در این مرحله بر اثر اعمال بارهای دوره ای، نشانه هایی از ترک در سطح جسم پدیدار می شود.
۲. رشد ترک که در آن جوانه های ابتدایی به مرور زمان و به صورت تقریباً نامحسوس و نه چندان واضح رشد کرده و گسترش می یابند.

۳. شکست بر اثر خستگی که در این شرایط ترک های ابتدایی به حدی گسترش می یابند که دیگر ماده استحکام خودش را از دست داده و می شکنند.

