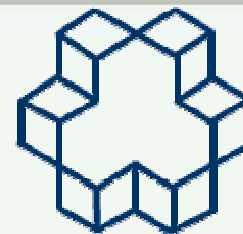




Company Logo

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی و علم مواد



طراحی و انتخاب مواد مهندسی

جلسه پنجم
(فرآیند انتخاب مواد - ۳)

دکتر رضا اسلامی فارسانی



انتخاب مواد



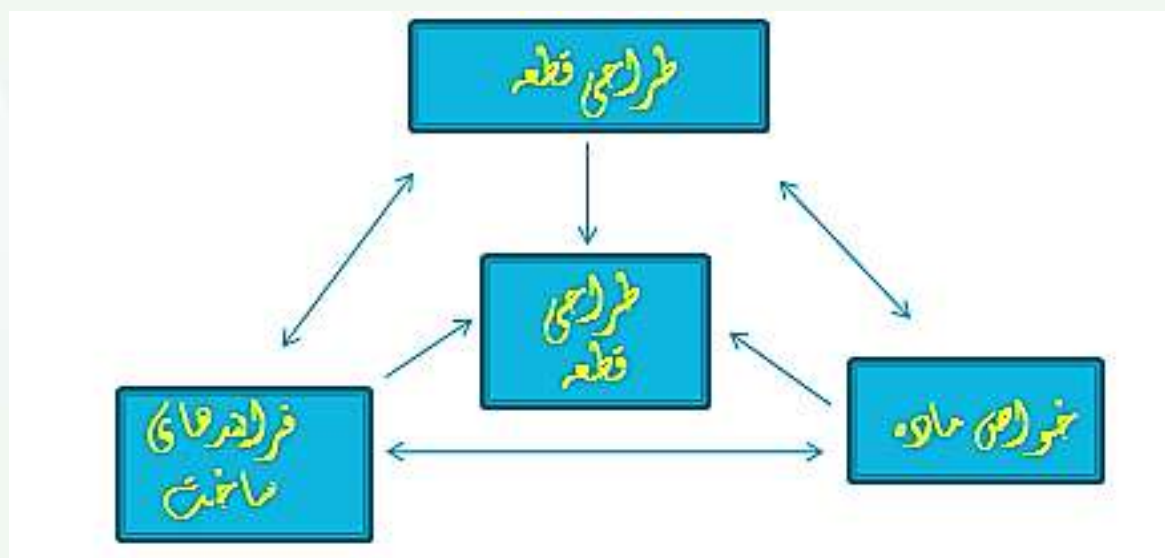
برای کمک به انتخاب مواد از رایانه و نرم افزارهای مرتبط حاوی خواص مواد (نظیر سیستم های نرم افزاری) استفاده می شود.

هم چنین از منابع موجود نظیر Metals Handbook (جلدهای ۱، ۲ و ۳)، نشریه سالانه Materials Engineering، کتاب های مرجع ASM، ASTM، SAE، دایره المعارف پلیمرها، سرامیک ها و ... می توان استفاده کرد.

انتخاب مواد بر اساس معیارهای مختلف خواص مواد

در یک طراحی موفق باید عملکرد فرآورده، خواص ماده و فرآوردهای ساخت در نظر گرفته شوند.

همچنین باید روابط ثانویه بین خواص ماده و فرآوردهای ساخت، بین عملکرد و فرآوردهای ساخت و میان عملکرد و خواص ماده بررسی شوند.



اثر هندسه قطعه

در بیشتر موارد، اجزای ماشین ها و قطعات مهندسی باید از الگوهای مشخصی پیروی کنند که سبب تغییرات مقطع آنها می شود.

وجود شیارها، جا خارها، سوراخ ها، رزوه پیچ، سر پیچ، دندانه چرخ دنده و غیره موجب تغییر مقطع در قطعات شده و سبب تمرکز موضعی تنش خواهند شد.

$$K_t = \frac{S_{\max}}{S_{\text{avg}}}$$

$S_{\max}$: تنش ماکزیمم در ناپیوستگی :

S_{avg} : تنش اسمی :

K_t : ضریب تمرکز تنش :

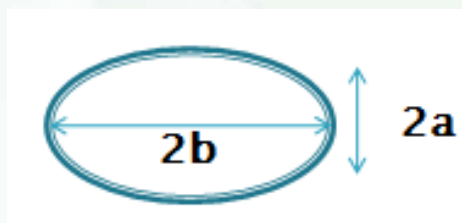
ضریب تمرکز تنش به هندسه قطعه وابسته است و مثلاً برای یک سوراخ بیضی شکل در یک صفحه تخت بی نهایت عبارت است از:

$$K_t = 1 + \frac{2b}{a}$$

$2b$: بعد سوراخ عمود بر امتداد تنش

$2a$: بعد سوراخ به موازات امتداد تنش

برای سوراخ دایره ای، $a=b$ ، در نتیجه $K_t=3$





انتخاب مواد

اثر هندسه قطعه

✓ در مواد شکل پذیر و چقرمه، تسلیم موضعی در ناحیه بسیار کوچکی که تحت تنش بیشتری قرار دارد، باعث کاهش زیاد تمرکز تنش می شود. لذا عموماً در بارگذاری ایستا برای مواد، عامل تمرکز تنش را در نظر نمی گیرند، اما برای مواد ترد و با شکل پذیری کم، سختی سطحی شده و یا شدیداً کار سرد شده این فاکتور را باید لحاظ نمود.

✓ در طراحی قطعات تحت بارگذاری سیکلی (خستگی) نیز باید تمرکز تنش را در نظر گرفت. در این حالت برای ضریب تمرکز تنش خستگی یا ضریب کاهش استحکام، K_f استفاده می شود. K_f به معنی حد تحمل قطعه بدون شیار (ترک) به حد تحمل قطعه شیاردار (ترک دار) است.



انتخاب مواد

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1}$$

اثر هندسه قطعه

حساسیت به شیار با متغیر q بیان می شود.

K_f : نسبت استحکام خستگی بدون حضور تمرکز تنش به استحکام خستگی در حضور تمرکز تنش

K_t : عامل تمرکز تنش که گویای شدت اثر شیار بوده و از نسبت تنش موضعی حداکثر در نوک شیار به تنش میانگین حاصل می شود.

با تغییر q از صفر به یک، حساسیت ماده به حضور تمرکز تنش بیشتر می شود. عموماً افزایش استحکام مواد آنها را به نقاط تمرکز تنش حساس تر می کند و سبب افزایش میزان q می شود.



انتخاب مواد

q با افزایش اندازه قطعه نیز زیاد می شود، لذا نقاط تمرکز تنش در قطعات بزرگتر خطرناک تر است.

اگر $K_t = K_f$ باشد، مقدار q ، یک و ماده کاملاً به شیار حساس است.

اگر ماده به شیار اصلاً حساس نباشد، مقدار K_f برابر یک و $q=0$ است.

در طراحی عموماً K_t با توجه به هندسه قطعه برآورد می شود. سپس با انتخاب ماده، مقدار q تعیین شده و با رابطه موجود، K_f استخراج می شود. در صورت هرگونه تردید، بهتر است $K_t = K_f$ فرض شود تا در سمت ایمنی قرار داشته باشیم.

در مجموع با توجه به تاثیر زیاد تمرکز تنش و امکان از کار افتادگی با منشاء تمرکز تنش، باید قواعدی در طراحی بخصوص برای مواد مستحکم و تحت بارگذاری خستگی رعایت نمود تا میزان تمرکز تنش به حداقل برسد.

قواعد (راه حل ها) جهت کاهش میزان تمرکز تنش در قطعات

- ✓ از تغییرات ناگهانی مقطع باید پرهیز کرد. در صورت لزوم به این تغییرات، باید از پخ های ملایم و گوشه های گرد شده به جای تیز و شیارهای بر طرف کننده تنش کمک گرفت.
- ✓ شیارها و فرورفتگی ها باید با شعاع زیاد در همه گوشه ها باشند.
- ✓ در انتهای رزوه ها و هزار خاها باید شیارهای بر طرف کننده تنش منظور شود.
- ✓ از گوشه های تیز داخلی و لبه های تیز خارجی پرهیز کرد.
- ✓ سوراخ ها باید صاف پرداخت شوند.
- ✓ سوراخ ها، علایم مشخصه و شماره قطعه نباید در محل های تنش بالا باشند.
- ✓ ویژگی های تضعیف کننده نباید در یک راستا باشند تا از تجمع اثرات تمرکز تنش پرهیز شود.



انتخاب مواد براساس معیار استحکام

استحکام اولین خاصیت هر ماده مهندسی است که برای کاربردهای سازه ای در نظر گرفته می شود. استحکام کششی نهایی، استحکام تسلیم، استحکام فشاری و سختی عموماً برای مقاومت ماده در برابر بار اعمالی مد نظر هستند.

- معیار استحکام برای فلزات

برای فلزات، استحکام کششی و استحکام تسلیم به هنگام کاربرد مد نظر هستند. فلزات از نظر استحکام به ۴ گروه تقسیم می شوند.

الف) فلزات با استحکام کم: $250 \text{ MPa} < \text{تنش تسلیم}$

اکثر فلزات خالص استحکام کمی دارند که این استحکام به خلوص آنها وابسته است.

آلومینیوم با خلوص ۹۹/۹۹٪ $12 \text{ MPa} = \text{تنش تسلیم}$

آلومینیوم با خلوص ۹۹٪ $39 \text{ MPa} = \text{تنش تسلیم}$



انتخاب مواد براساس معیار استحکام

ب) فلزات با استحکام متوسط: $750 \text{ MPa} < \text{تنش تسلیم} < 250 \text{ MPa}$
برای کسب استحکام متوسط در اکثر فلزات، آن باید به صورت آلیاژ درآیند.

ج) فلزات با استحکام زیاد: $1500 \text{ MPa} < \text{تنش تسلیم} < 750 \text{ MPa}$
بسیاری از فولادهای کربن متوسط و کم آلیاژ و اکثر آلیاژهای تیتانیم در این محدوده قرار دارند.

د) فلزات با استحکام بسیار زیاد: $\text{تنش تسلیم} < 1500 \text{ MPa}$
نظیر برخی فولادها



انتخاب مواد براساس معیار استحکام

استمکام کم	استمکام متوسط	استمکام زیاد	استمکام بسیار زیاد
طلا	سوپر آلیاژهای پایه کبالت	مولیبدن و آلیاژهای آن	کبالت و آلیاژهای آن
آلیاژهای منیزیم ریفتگی	آلیاژهای آلومینیوم سری 7XXX	فولادهای کربنی	نیکل و آلیاژهای آن
سرب و آلیاژهای آن	آلیاژهای آلومینیوم سری 2XXX	سوپر آلیاژهای پایه آهن	فولادهای کم آلیاژ سفت شده
قلع و آلیاژهای آن	چدن داکتیل ریفتگی	تانتالیم و آلیاژهای آن	فولادهای زنگ نزن
آلیاژهای آلومینیوم سری 1XXX	اورانیوم	برنرها	فولادهای با استمکام بالا
	زیرکونیوم و آلیاژهای آن	آلیاژهای ریفتگی مس	
	آلیاژهای منیزیم	تیتانیوم و آلیاژهای آن	



انتخاب مواد براساس معیار استحکام

فلزات ریختگی تقویت شده با الیاف دارای استحکام خوب اما داکتیلیته (نرمی) ضعیف هستند. این کامپوزیت ها عموماً موارد زیر هستند:

نمونه کاربرد	الیاف	زمینه
موشک، شاتل و یاتاقان	گرافیت	Al, Cu, Mg, Pb
پره موتور جت و آنتن	B	Ti, Mg, Al
صفحات باتری	Al_2O_3	Mg, Pb, Al
ساختارهای دما بالا و اجزاء موتورهای دما بالا	SiC	Al, Ti, سوپر آلیاژهای پایه کبالت
اجزاء موتورهای در شرایط دما بالا	Mo	سوپر آلیاژ
اجزاء موتورهای در شرایط دما بالا	W	سوپر آلیاژ



- معیار استحکام برای پلیمرها

- ✓ رفتار پلیمرها تحت تنش متفاوت و پیچیده تر از فلزات است و زمان و دما بر خواص آنها تاثیر گذار است.
- ✓ پلیمرهای ترموپلاستیک دارای استحکام کششی $10^3 - 10^5$ MPa هستند و می توان پلیمرهای ترموپلاست را با مواد تقویت کننده برای مثال سرامیکی، تقویت و کامپوزیتی ساخت که خواص مکانیکی را بهبود بخشد.



انتخاب مواد براساس معیار استحکام

- معیار استحکام برای سرامیک ها

- ✓ استحکام سرامیک ها به روش آماده سازی، عملیات سطحی و ماشینکاری و شرایط آزمایش بستگی دارد.
- ✓ سرامیک ها در برابر تنش های کششی ضعیف و در برابر تنش های فشاری مقاوم هستند. اما برای فلزات، استحکام فشاری در حدود استحکام کششی است.
- ✓ استحکام فشاری سرامیک ها می تواند حتی بیش از ۱۰ برابر استحکام کششی آنها باشد. مثلاً برای آلومینا، استحکام کششی حدود MPa ۱۳۸ و فشاری حدود MPa ۲۴۰۰ است.

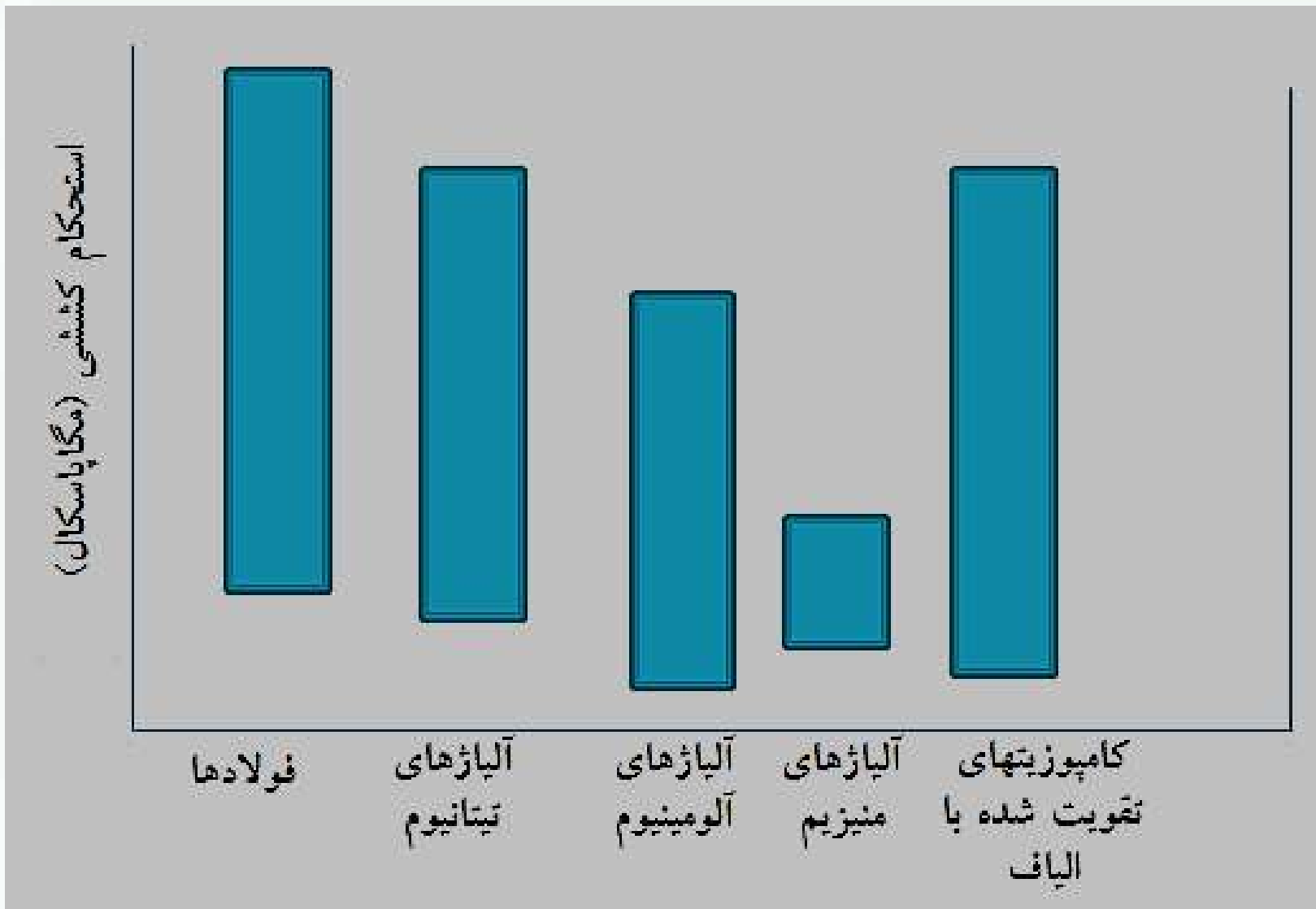


انتخاب مواد براساس معیار استحکام

مقایسه مواد مهندسی براساس استحکام کششی و استحکام کششی ویژه

- ✓ در برخی کاربردها نظیر صنایع هوا فضا، حمل و نقل، سازه ها و وسایل قابل حمل، وزن قطعه از اهمیت ویژه ای برخوردار است.
- ✓ در این حالت مقایسه و انتخاب مواد براساس نسبت استحکام به وزن مخصوص (استحکام ویژه) مطرح است. در حالت بررسی استحکام کششی به تنهایی، فولادها مواد برتری نسبت به آلیاژهای Al ، Mg ، Ti و بسیاری از کامپوزیت ها هستند، اما در استحکام ویژه موضوع تغییر می کند.

انتخاب مواد بر اساس معیار استحکام



انتخاب مواد براساس معیار استحکام

