بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین 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.

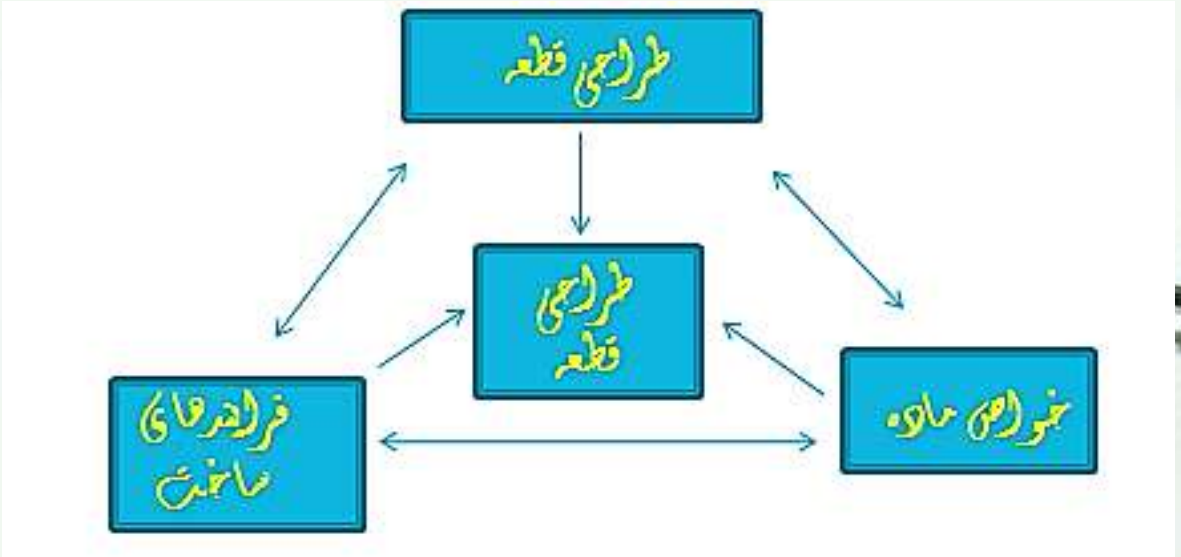
هم چنین از منابع موجود نظیر Metals Handbook (جلدهای ۱، ۲ و ۳)، نشریه سالانه Materials Engineering، کتاب های مرجع ASM، ASTM، SAE، دایره المعارف پلیمرها، سرامیک ها و ... می توان استفاده کرد.

انتخاب مواد

انتخاب مواد براساس معیارهای مختلف خواص مواد

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

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



انتخاب مواد

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.

$$K_t = S_{max} / S_{avg}$$

S_{max} : تنش ماکزیمم در ناپیوستگی

S_{avg} : تنش اسمی

K_t : ضریب تمرکز تنش

انتخاب مواد

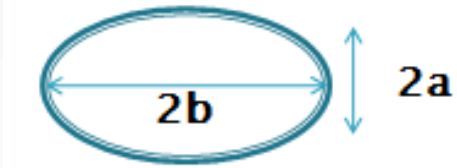
ضریب تمرکز تنش به هندسه قطعه وابسته است و مثلاً برای یک سوراخ بیضی شکل در یک صفحه تخت بی نهایت عبارت است از:

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

2b: بعد سوراخ عمود بر امتداد تنش

2a: بعد سوراخ به موازات امتداد تنش

برای سوراخ دایره ای، a=b، درنتیجه $K_t=3$



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 شدیدا 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

اثر هندسه قطعه

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

حساسیت به شیار با متغیر q بیان می شود.

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

K_t: عامل تمرکز تنش که گویای شدت اثر شیار بوده و از نسبت تنش موضعی حداکثر درنوک 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.

انتخاب مواد

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 برطرف کننده تنش کمک گرفت.
- ✓ شیارها و فرورفتگی ها باید با شعاع زیاد در همه گوشه ها باشند.
- ✓ در انتهای رزوه ها و هزار خارها باید شیارهای برطرف 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 ٤ گروه تقسیم می شوند.

الف) فلزات با استحکام کم: تنش تسلیم < ۲۵۰ MPa

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

آلومینیوم با خلوص ۹۹/۹۹٪ تنش تسلیم = ۱۲ MPa

آلومینیوم با خلوص ۹۹٪ تنش تسلیم = ۳۹ MPa

انتخاب مواد براساس معیار استحکام

ب) فلزات با استحکام متوسط: ۲۵۰ MPa < تنش تسلیم < ۷۵۰ MPa

برای کسب استحکام متوسط در اکثر فلزات ، آنها را باید به صورت آلیاژ درآیند.

ج) فلزات با استحکام زیاد: ۷۵۰ MPa < تنش تسلیم < ۱۵۰۰ MPa

بسیاری از فولادهای کربن متوسط و کم آلیاژ و اکثر آلیاژهای تیتانیم در این محدوده قرار دارند.

د) فلزات با استحکام بسیار زیاد: تنش تسلیم > ۱۵۰۰ MPa

نظیر برخی فولادها

انتخاب مواد براساس معیار استحکام

استحکام کم	استحکام متوسط	استحکام زیاد	استحکام بسیار زیاد
طلا	سوپر آلیاژهای پایه کبالت	مولیبدن و آلیاژهای آن	کبالت و آلیاژهای آن
آلیاژهای منیزیم ریختگی	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 سخت شده
قلع و آلیاژهای آن	چدن داکتیل ریختگی	تانتالیم و آلیاژهای آن	فولادهای زنگ نزن
آلیاژهای آلومینیوم سری 1XXX	اورانیوم	برنزها	فولادهای با استحکام بالا
	زیرکونیم و آلیاژهای آن	آلیاژهای ریختگی مس	
	آلیاژهای منیزیم	تیتانیم 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:

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

انتخاب مواد براساس معیار استحکام

- 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 ۱۰۳-۵۵ MPa و استحکام کششی پلیمرهای ترموست بالاتر است. در مجموع، استحکام پلیمرها پایین است، اما می توان پلیمرها را با مواد تقویت کننده بخصوص الیاف سرامیکی و پلیمری تقویت کرد (کامپوزیت) تا خواص مکانیکی آنها بهبود یابد.

انتخاب مواد براساس معیار استحکام

– معیار استحکام برای سرامیک ها

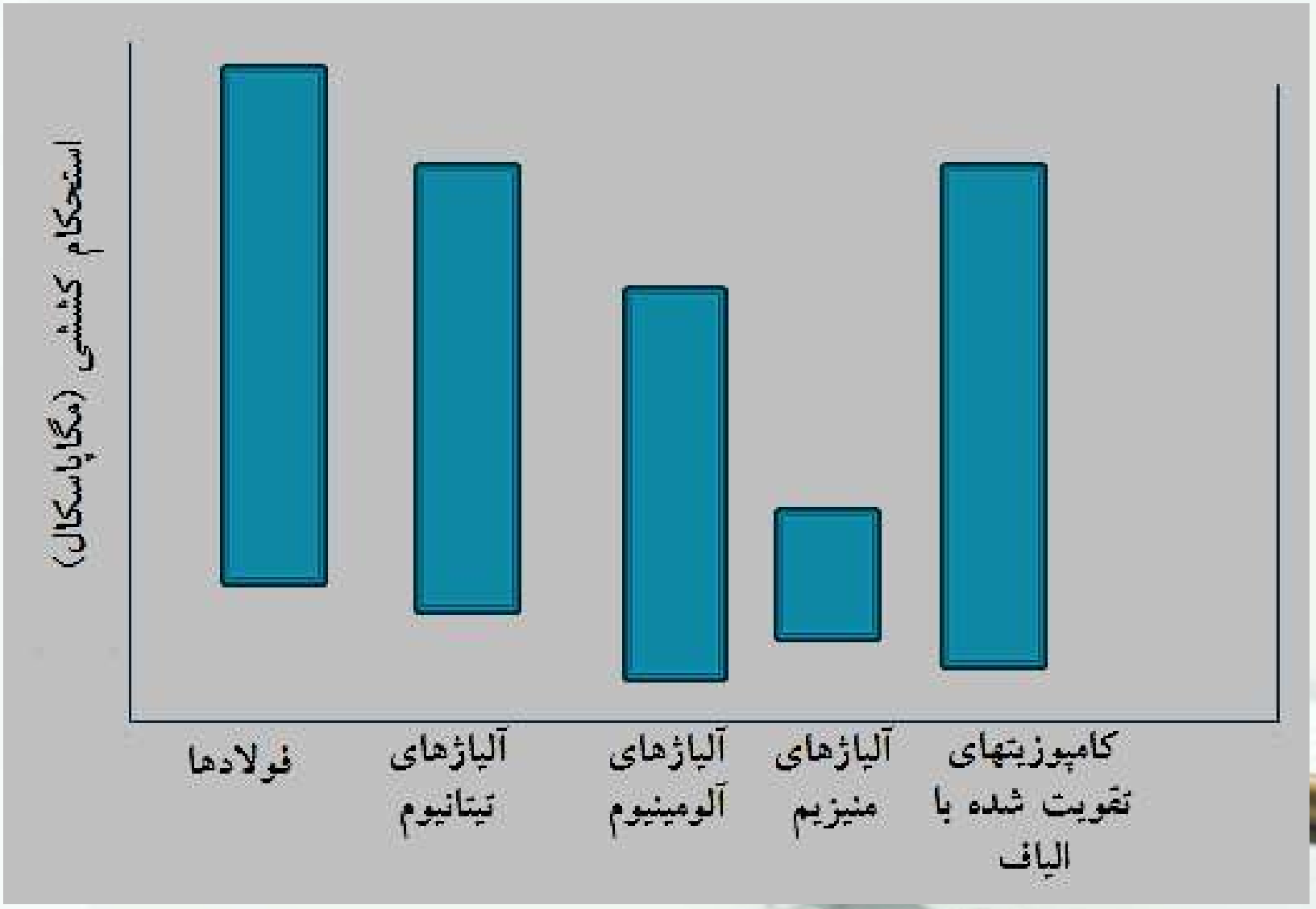
- ✓ استحکام سرامیک ها به روش آماده سازی، عملیات سطحی و ماشینی و شرایط آزمایش بستگی دارد.
- ✓ سرامیک ها در برابر تنش های کششی ضعیف و دربرابر تنش های فشاری مقاوم هستند. اما برای فلزات، استحکام فشاری در حدود استحکام کششی است.
- ✓ استحکام فشاری سرامیک ها می تواند حتی بیش از ۱۰ برابر استحکام کششی آنها باشد. مثلاً برای آلومینا، استحکام کششی حدود MPa ۱۳۸ و فشاری حدود MPa ۲٤۰۰ 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 براساس معیار استحکام



انتخاب مواد براساس معیار استحکام