به نام خدا

فصل ۱

مقدمه ای بر مهندسی و علم مواد

سرفصل مطالب

- مهندسی و علم مواد چیست؟
- طبقه بندی مواد
- اثرات محیطی و دیگر
- انتخاب و طراحی مواد

۱-۱ مهندسی و علم مواد چیست؟

- **تعریف**

مهندسی و علم مواد یک حوزه بین رشته ای در رابطه با بداع مواد جدید و بهبود خواص مواد قبلی شناخته شده با توسعه فهم عمیق تر از رابطه میکروساختار-ترکیب-سنتز(تلفیق)-فرآوری می باشد.

▲ ترکیب

آرایش شیمیایی ماده را گویند.

▲ ساختار

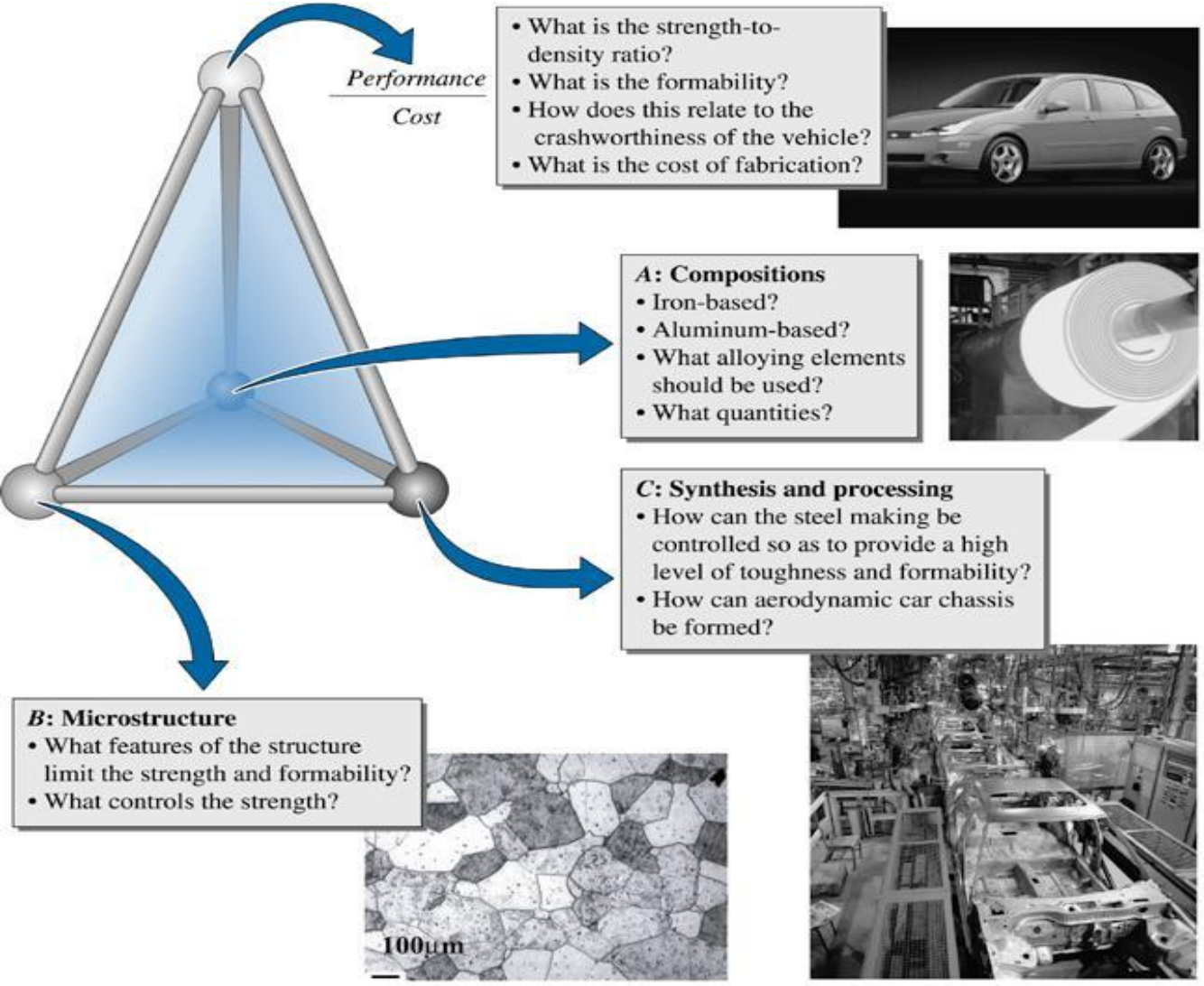
توصیفی از آرایش اتمها در مقیاس های مختلف می باشد.

▲ سنتز

مراجعه به این می کند که مواد چگونه بصورت طبیعی یا بصورت شیمیایی توسط انسان ساخته می شوند.

▲ فرآوری

یعنی چگونه مواد به اجزاء مفید شکل داده می شوند بطوریکه این باعث تغییر مواد مختلف می شود.



ترکیب،

استحکام،

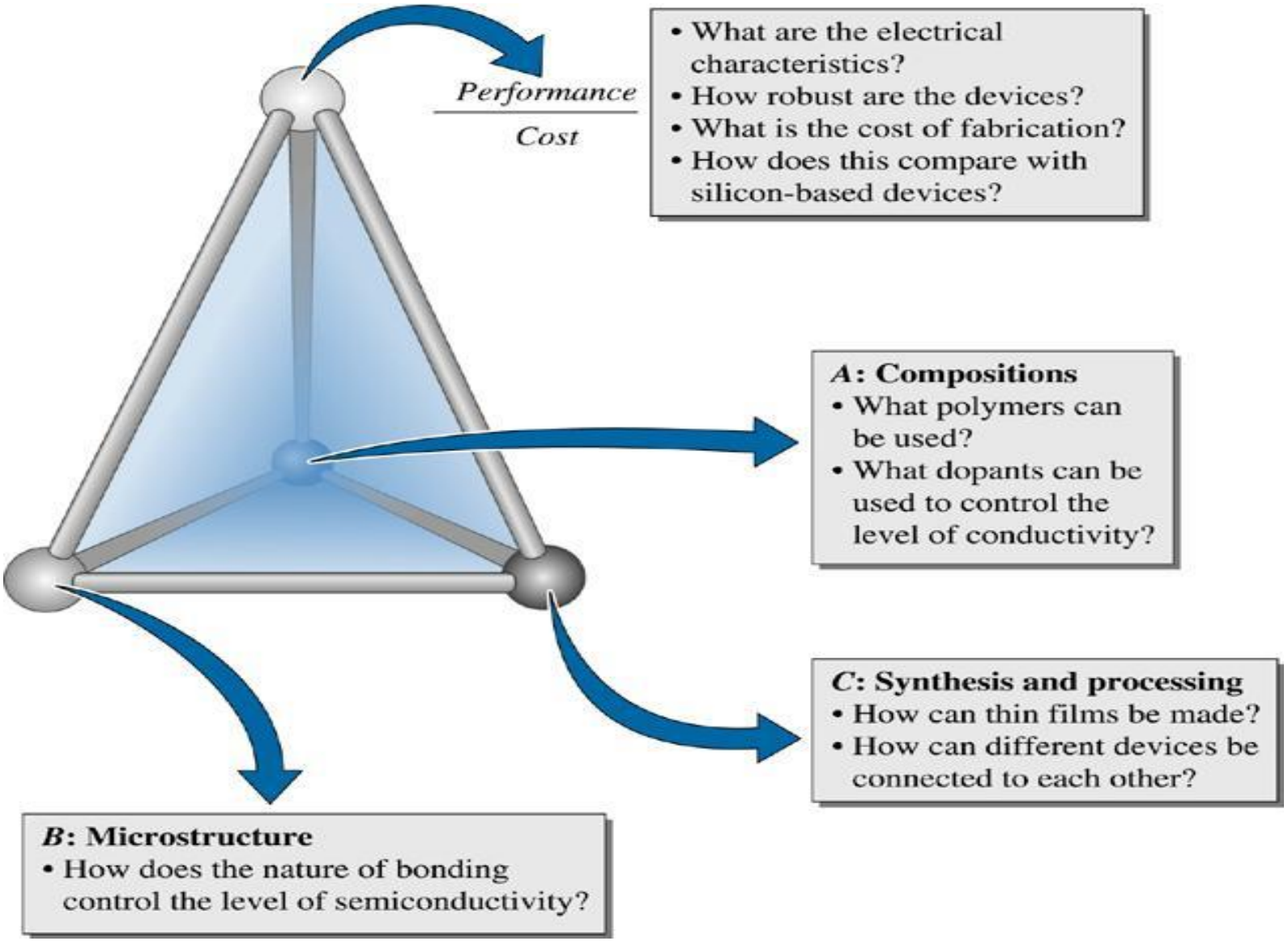
وزن،

خواص جذب انرژی

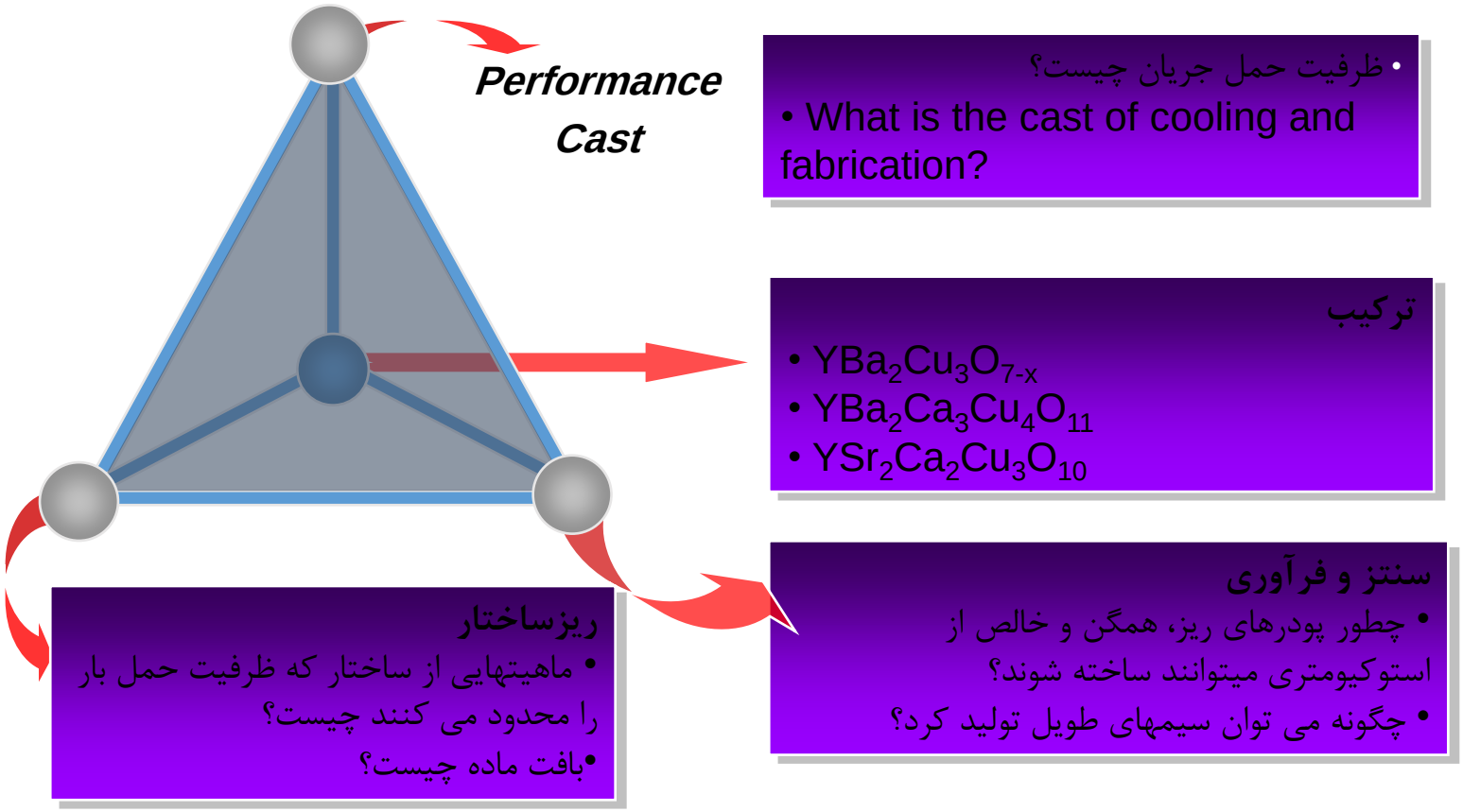
شکل پذیری

نسبت استحکام به وزن عبارتست از استحکام ماده تقسیم بر چگالی ماده. مواد با استحکام به مزن بالا مواد قوی و سبک هستند.

شکل : کاربرد هرم علم و مهندسی مواد برایورق فولادی مورد استفاده شاسی خودرو.
نکته این که ریزساختار–سنتز و فرآوری به همدیگر متصل شده و نسبت کارایی به هزینه را تحت تاثیر قرار می دهند.



شکل: کاربرد هرم مهندسی و علم مواد برای پلیمرهای نیمه هادی مورد استفاده در میکروالکترونیک



شکل: کاربرد هرم مهندسی و علم مواد برای فوق رساناهای سرامیکی

نکته این که ریزساختار–سنتز و فرآوری به همدیگر متصل شده و نسبت کارایی به هزینه را تحت تاثیر قرار می دهند.

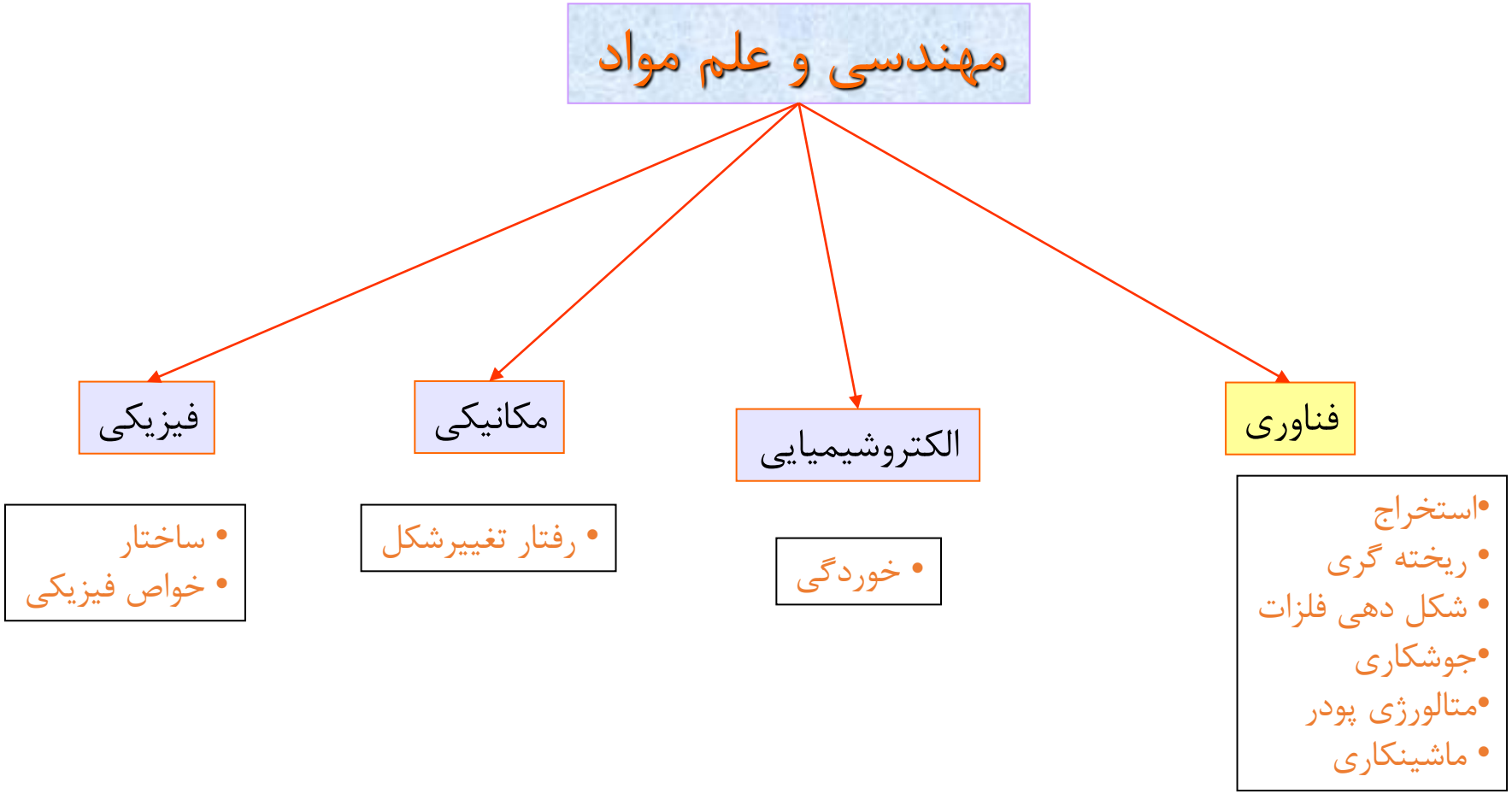
۲. علم مواد

- تاکید آن بر روی روابط اساسی بین سنتز و فرآوری، ساختار، و خواص مواد می باشد.

۳. مهندسی مواد

- **بر روی اینکه چطور مواد را به ساختار یا وسیله مفیدی تبدیل کند متمرکز است.**

- بخشهای گسترده علمی و فناوری علم مواد در دیاگرام زیر نشان داده شده است.
- برای کسب درک جامع از علم مواد، همه جنبه های زیر باید مطالعه شوند.



ارتباط علم مواد با مهندسی مکانیک

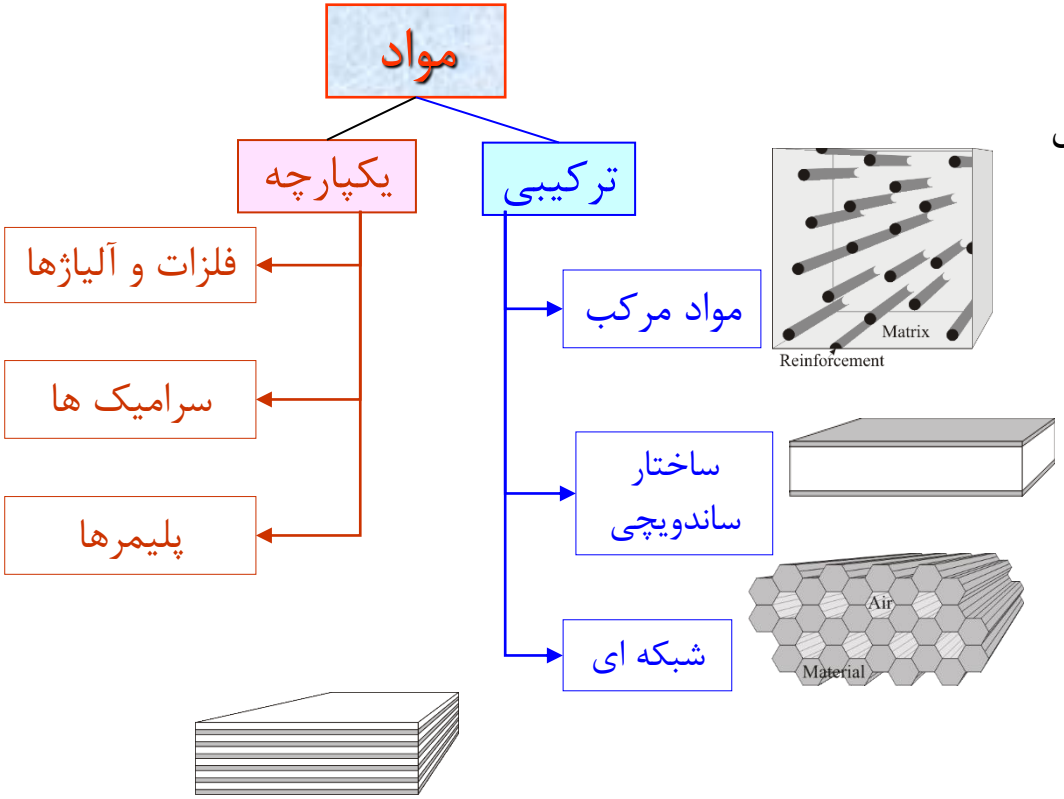
1. فرآیند طراحی
2. مهندسی مجدد
3. مهندسی معکوس

۲-۱ طبقه بندی مواد

- براساس خواص مختلف
- طبقه بندی عملکردی مواد
- طبقه بندی مواد براساس ساختار (ریزساختار)

۱. براساس خواص مختلف

طبقه بندی	خواص	کاربرد
فلزات و آلیاژها (فولاد، آلومینیوم، برنج، ..)	هدایت خوب حرارتی و الکتریکی، استحکام و سفتی نسبتاً بالا، انعاف پذیری و شکل پذیری	صنایع هوایی، خودرو، ساختمان، الکتریکی
سرامیک ها (Si , SiO_2 ,Al_2O_3 , Si_3N_4 ,SiC ,MgO,)	سختی، استحکام و دمای ذوب بالا	عایق حرارتی و الکتریکی، ابزار برش تراشه کامپیوتر و ذرات ساینده
پلیمرها	عایق حرارت و الکتریسیته، استحکام کم، سبک، فراوری راحت	صنایع بسته بندی، نساجی، لوازم خانگی، نمایشگرهای LCD
نیمه هادیها (سیلیکون، ژرمانیوم)	سیگنالهای الکتریکی را به نور تبدیل می کند	ترانزیستورها، دیودها، مدارهای جمعی
مواد مرکب	سختی بالا، نسبت استحکام به وزن بالا، ترکیبی از خواص مختلف	صنایع هوایی، خودرو، ورزشی
بایو مواد (مواد سرامیکی، فلزی و پلیمری)	قابلیت عملکرد بیولوژیکی زیست سازگار	صنایع پزشکی- محیط زیست



مواد مرکب: از دو یا چند جزء جامد تشکیل شده اند که معمولاً یکی از آنها ماتریس (زمینه) و بقیه تقویت کننده می باشند.

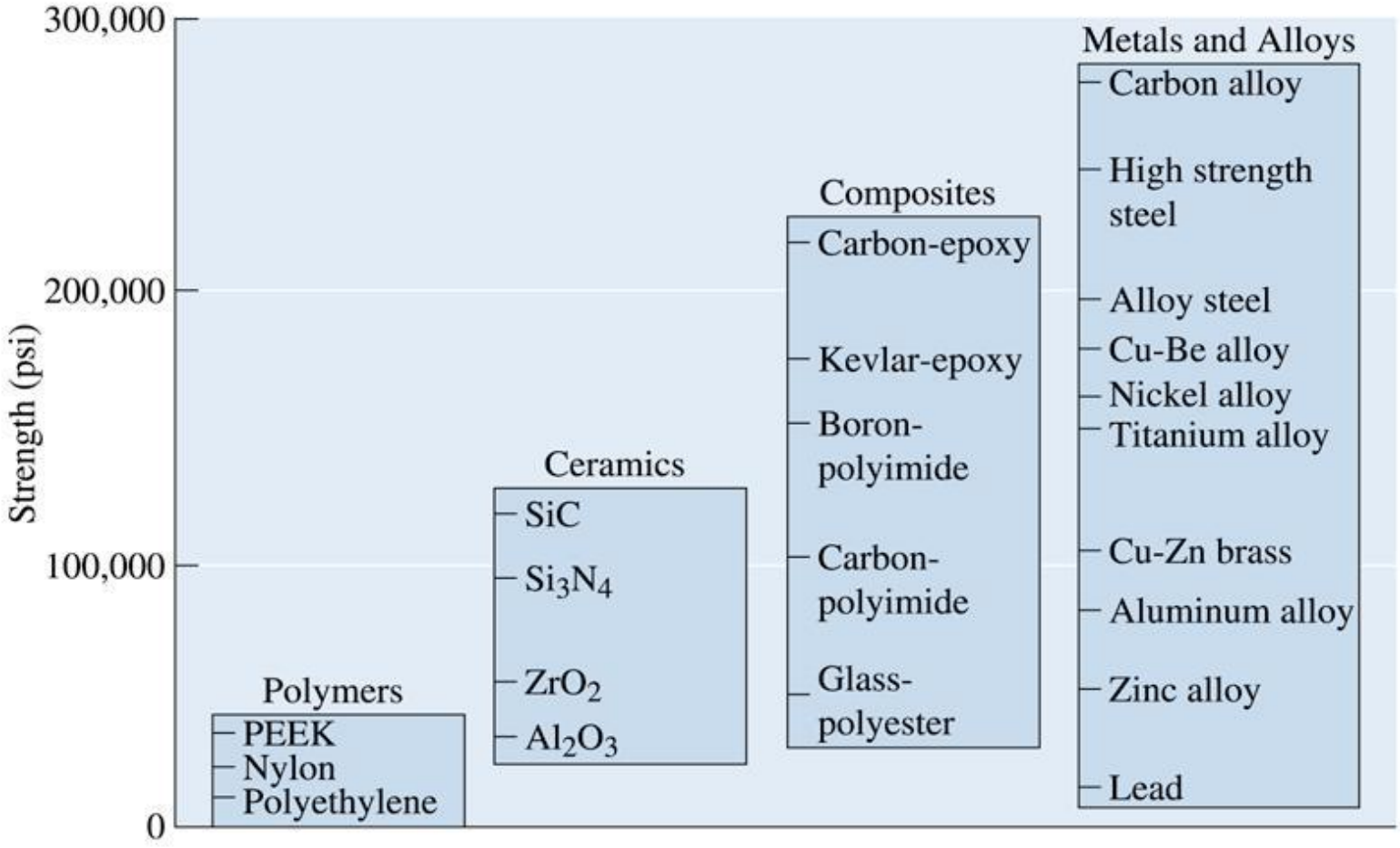
ساختارهای ساندویچی: دارای یک ماده در مرکز و یک ماده روی سطح

ساختارهای شبکه ای: معمولاً ترکیبی از مواد و هوا هستند. مانند آیروژل ها

مواد مرکب برای این منظور طراحی می شوند که خواص مشخصی از ماده یکپارچه را بهبود دهند.

طبقه بندی مواد مرکب:

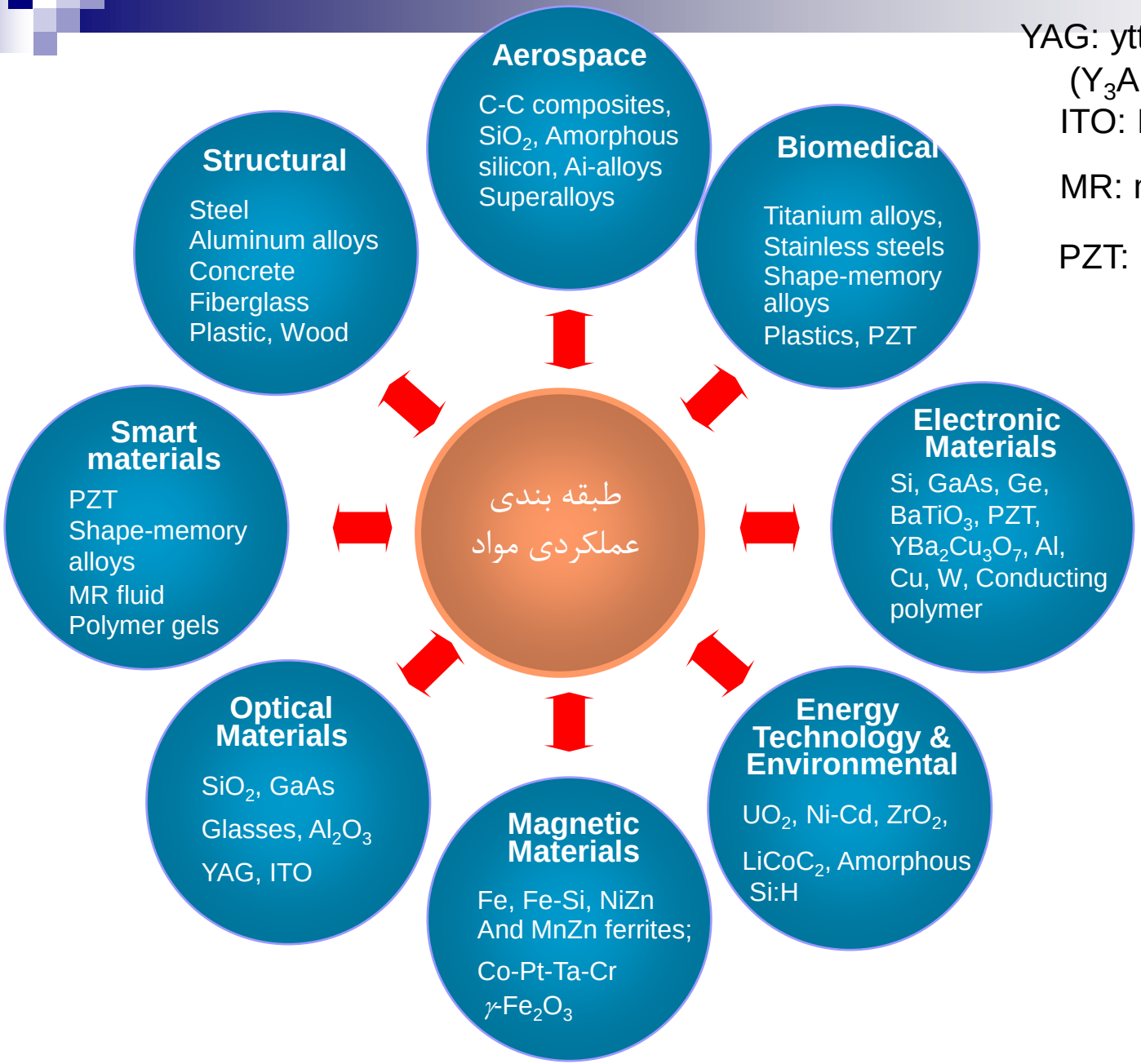
- براساس نوع زمینه (ماتریس): زمینه پلیمری، زمینه فلزی و زمینه سرامیکی
- براساس شکل هنسی تقویت کننده: صفر بعد (کروی)، یک بعدی (الیاف)، دو بعدی (صفحه ای)



استحکام مواد مختلف

۲. طبقه بندی عملکردی مواد

- هوافضا-مواد سبک
- مواد پزشکی
- مواد الکترونیکی
- تکنولوژی انرژی و محیطی
- مواد مغناطیسی
- مواد نوری
- مواد هوشمند
- مواد ساختمانی



YAG: yttrium aluminum garnet ($Y_3Al_5O_{12}$)

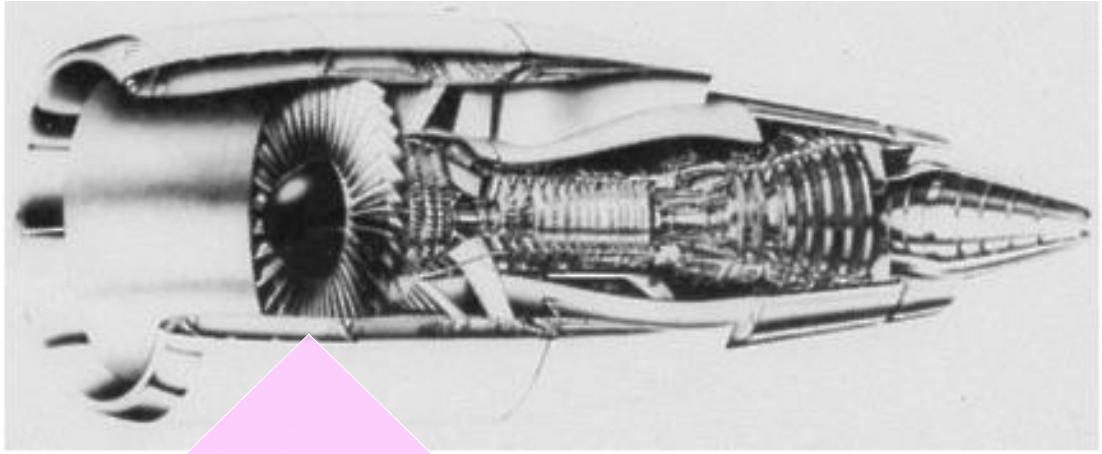
ITO: In_2O_3-SnO_2

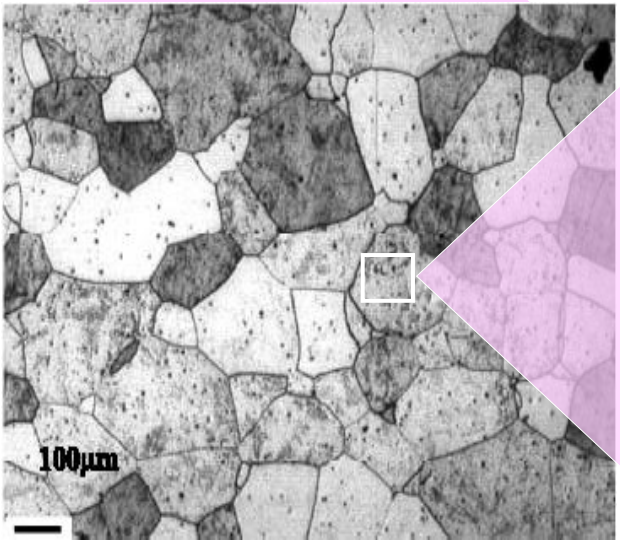
MR: magnetorheology

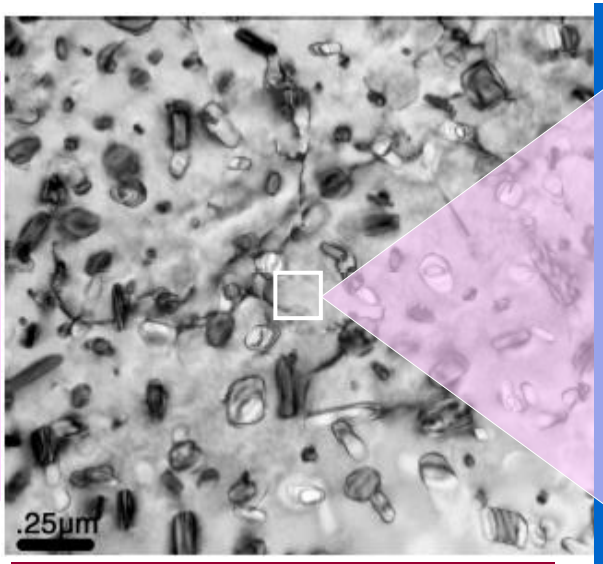
PZT: lead zicornium titanate

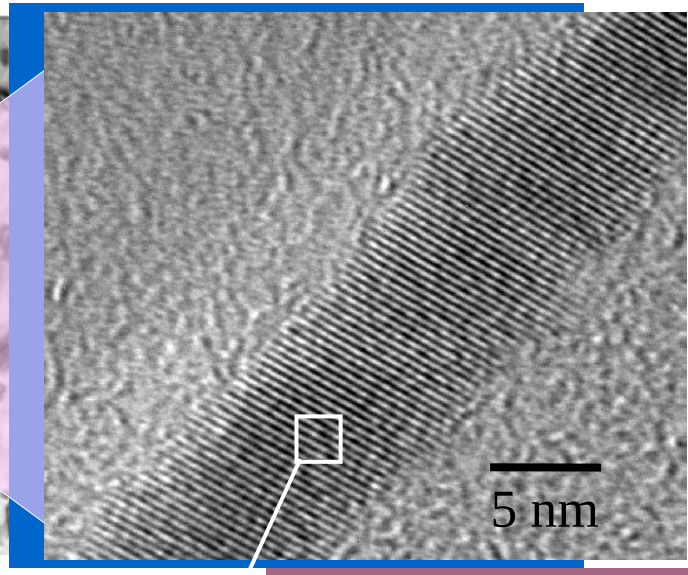
۳. طبقه بندی مواد بر اساس ساختار (ریزساختار)

- کریستالی (بلورین): اتمهای مواد بصورت متناوب آرایش بندی می شوند.
- بی شکل: اتمهای مواد در دامنه بلند آرایش (نظم) خاصی ندارند.
- تک کریستال (بلور): اندازه دانه های کریستالی به اندازه خود قطعه می تواند باشد.
- بسبلور: تعداد دانه های بلوری ماده خیلی زیاد است.





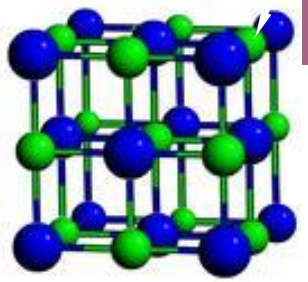




Optical

SEM

XRD, TEM



شفافیت

شفاف (نیمه شفاف) (مات)

۳-۱ اثرات محیطی

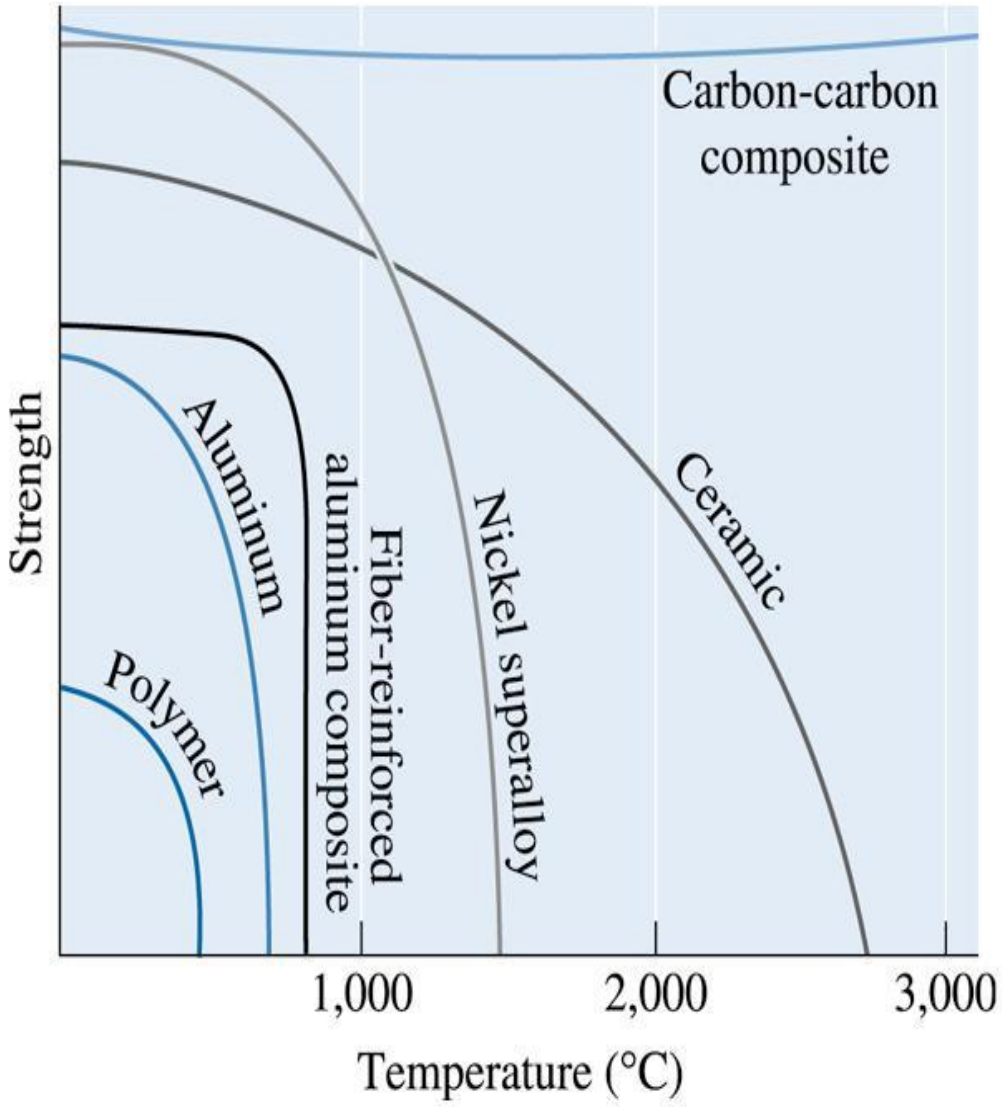
- دما
- خوردگی
- خستگی
- نرخ کرنش

۱. دما

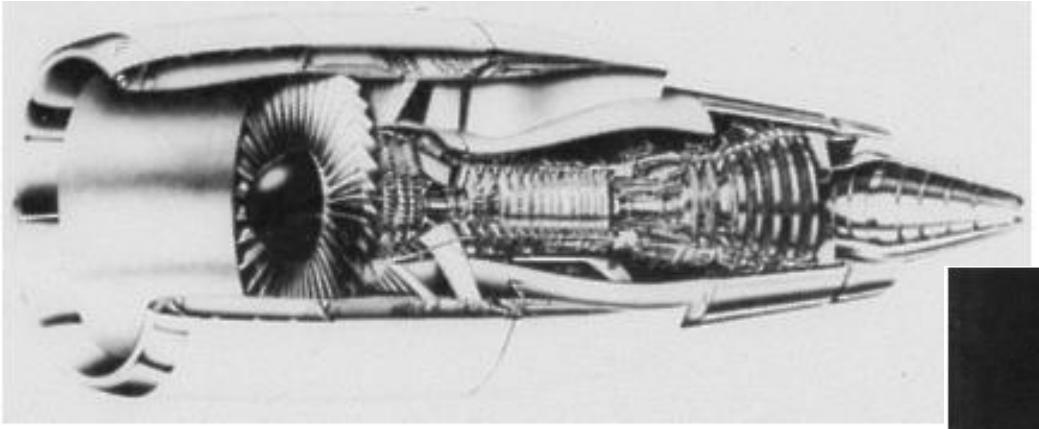
دمای بالا: باعث تغییر در ساختار سرامیکها شده و باعث ذوب یا تجزیه پلیمرها می شود.

دمای پایین: باعث ترد شدن فلزات و پلیمرها می شود بطوریکه در اثر نیروهای کم دچار شکست می شوند.

دما

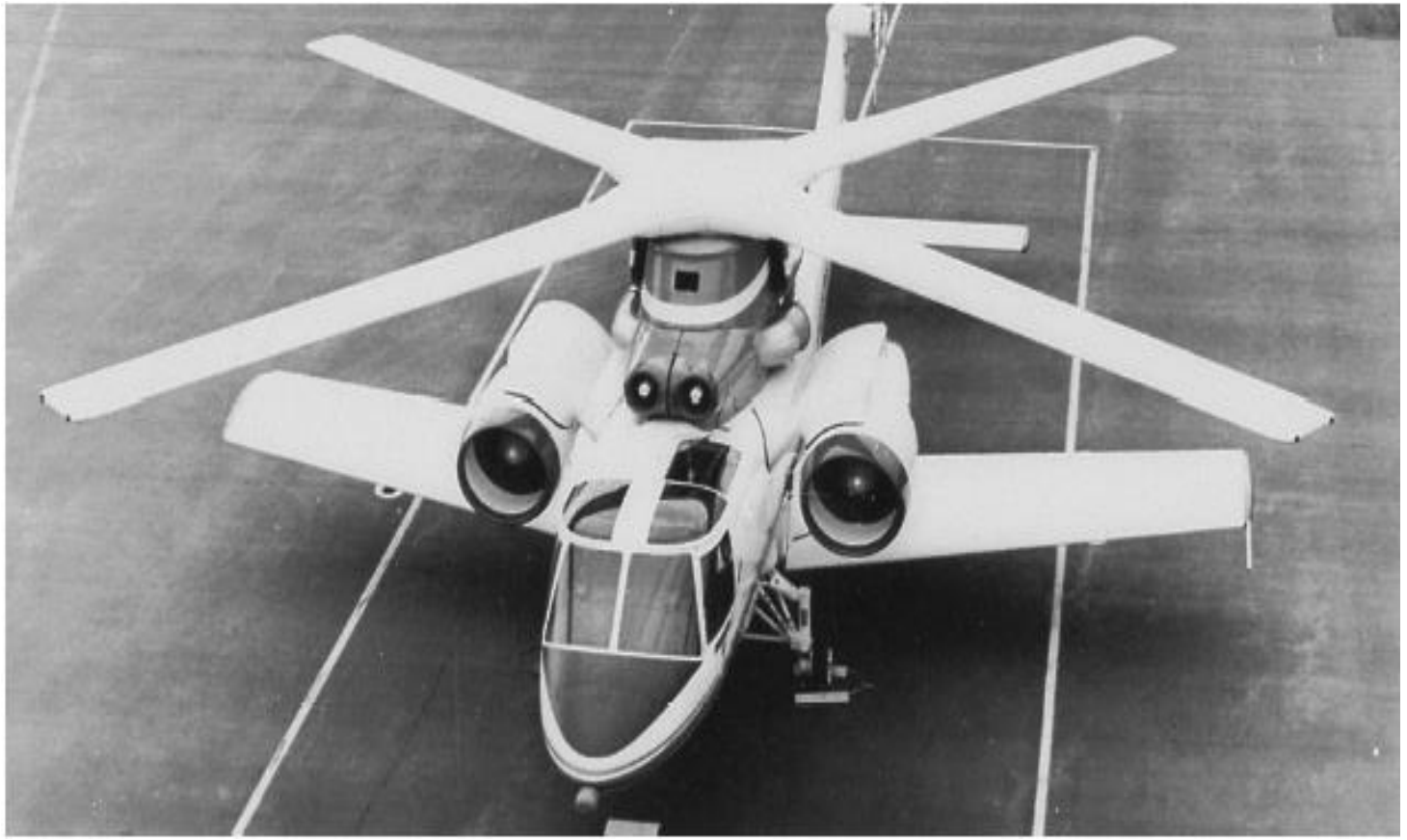


شکل: افزایش دما معمولا استحکام فلزات را کاهش می دهد. پلیمرها تنها در دماهای پایین مناسب هستند. برخی از سرامیکها و آلیاژها خواص خیلی خوبی در دمای بالا دارند.



شکل: نمایی از یک موتور جت. بخش کمپرسور در دمای پایین تا متوسط کار می کند و اغلب از قطعات تیتانیومی برای آن استفاده می کنند. بخش احتراق (عقبی) در دمای بالا کار می کند و از قطعات با جنس سوپرآلیاژ پایه نیکل استفاده می شود. پوسته بیرونی دمای پایینی دارد بنابراین از جنس آلومینیوم یا مواد مرکب ساخته می شود.

شکل: طیف گسترده ای از قطعات پیچیده سرامیکی شامل: پروانه ها، پره ها که در موتورهای توربینی استفاده می شود در دمای بالا عملکرد خیلی بهتری دارند.



شکل: بال X شکل برای هلیکوپترهای پیشرفته از جنس کامپوزیتهای تقویت شده با الیاف کربن هستند.

۲. خوردگی

- اکسیژن یا گازهای دیگر
- مایع
- تشعشع، اکسیژن اتمی (O) و پلیسه های فضایی

۲. خوردگی

- اکسیژن یا گازهای دیگر

(1) بیشتر فلزات و پلیمرها با اکسیژن و گازهای دیگر به خصوص در دماهای بالا

(2) فلزات و سرامیکها ممکن است تجزیه شوند.

(3) سرامیکها و پلیمرهای غیر اکسیدی ممکن است اکسید شوند.

مایع

- اسید، آلکیل و نمک: منجر به شکست زودرس می شوند.

تشعشع، اکسیژن تک اتمی و پلیسه های فضایی

- **در کاربردهای فضایی، باید اثرات وجود تشعشع، اکسیژن تک اتمی و ضربات پلیسه های فضایی را درنظر بگیریم.**

۳. خستگی

صدها بار بارگذاری و بارداری روی ماده ⟸ تشکیل ترکهای کوچک ⟸ رشد ترک ⟸ شکست ماده

4. نرخ کرنش

- اگر ماده را آرام بکشیم، ماده می تواند به طور قابل توجهی افزایش طول بدهد.
- اگر آنرا سریع بکشیم، ماده قفل می کند.

استراتژی های استفاده مواد

- اساساً سه استراتژی برای استفاده مواد برای هدف مشخص وجود دارد:
  - طراحی یک ماده با خواص بهتر
    (برای مثال: ماده با خواص خزشی بهتر برای دماهای بالا)
  - حفاظت از ماده با پوشش دادن سطح، خنک کاری و غیره
    (مثلاً رنگ کردن ماده برای جلوگیری از خوردگی)
  - استفاده از ماده فدا شونده برای محافظت ازقطعات کلیدی.
    (استفاده از آند فدا شونده برای محافظت خوردگی)

** Note: in a given situation, only one/some of these strategies may work.*

۱-۴ طراحی و انتخاب مواد

طراحی برای یک کاربردخاص ← تعادی از عوامل ←

- خواص فیزیکی و مکانیکی
- راه حل های اقتصادی
- حفاظت محیطی
- بازیافت ماده

←

- ترکیب
- سنتز و فرآوری
- ساختار داخلی

یک مهندس خوب موارد زیر را مورد توجه قرار می دهد:

- نحوه ساخت ماده
- دقیقا ترکیب ماده درنظر گرفته شده برای کاربرد مورد نظر چیست.
- فرآوری که مجبور است برای شکل دادن قطعه استفاده شود.
- ساختار ماده بعد از فرآوری
- محیطی که ماده قرار است در آن استفاده شود.
- نسبت هزینه به کارایی