

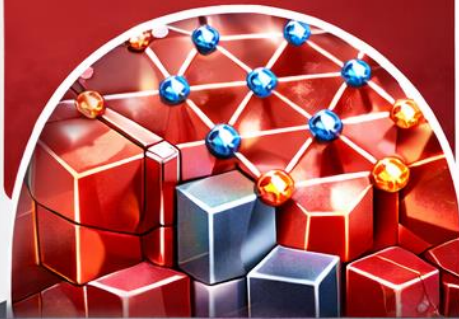
علم مواد

Materials Science

زمستان ۱۴۰۴

دسته‌بندی مواد مهندسی

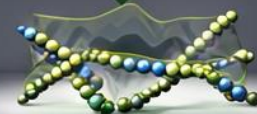
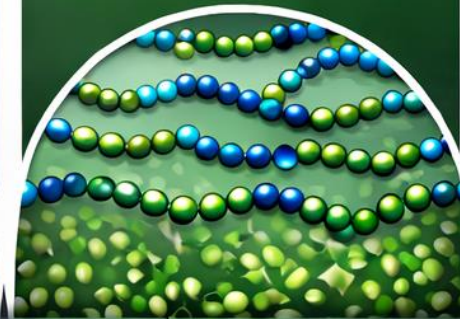
فلزات



سرامیک‌ها



پلیمرها



کامپوزیت‌ها



دسته بندی مواد مهندسی

● فلزات Metals

تعریف

فلزات موادی هستند که اتم‌های آن‌ها با پیوند فلزی به هم متصل شده و دارای الکترون‌های آزاد در ساختار خود هستند.

♦ ویژگی‌ها

- رسانایی الکتریکی و حرارتی بالا
- شکل پذیری و چکش خواری
- معمولاً ساختار بلوری منظم (FCC, BCC, HCP)
- چقرمگی نسبتاً بالا

● سرامیک‌ها Ceramics

تعریف

سرامیک‌ها موادی غیرآلی و غیرفلزی هستند که پیوند غالب در آن‌ها یونی یا کووالانسی قوی است.

♦ ویژگی‌ها

- سختی بالا
- تردی زیاد (شکل پذیری کم)
- مقاومت حرارتی بالا
- عایق الکتریکی

دسته بندی مواد مهندسی

● پلیمرها Polymers

تعریف

پلیمرها از زنجیره‌های بلند مولکولی تکرارشونده (مونومرها) تشکیل شده‌اند و پیوند اصلی آن‌ها کووالانسی است.

♦ ویژگی‌ها

- چگالی پایین
- انعطاف‌پذیری بالا
- مقاومت حرارتی کمتر نسبت به فلز و سرامیک
- عایق الکتریکی (اغلب)

● کامپوزیت‌ها Composites

تعریف

کامپوزیت‌ها موادی مهندسی هستند که از ترکیب دو یا چند فاز متمایز با مرز مشخص تشکیل شده‌اند و هر فاز هویت خود را حفظ می‌کند.

♦ ویژگی‌ها

- ترکیب خواص چند ماده
- استحکام ویژه بالا
- طراحی‌پذیری خواص
- معمولاً شامل زمینه Matrix و تقویت‌کننده Reinforcement

دسته‌بندی کامپوزیت‌ها بر اساس نوع زمینه

کامپوزیت‌های زمینه پلیمری PMC – Polymer Matrix Composites

تعریف

کامپوزیت‌هایی که زمینه آن‌ها یک پلیمر (معمولاً رزین اپوکسی یا پلی‌استر) است.

ویژگی‌ها

- وزن کم
- مقاومت به خوردگی
- کاربرد گسترده در هوافضا و خودرو

مثال

فایبرگلاس، کامپوزیت الیاف کربن-اپوکسی

دسته‌بندی کامپوزیت‌ها بر اساس نوع زمینه

کامپوزیت‌های زمینه فلزی MMC – Metal Matrix Composites

تعریف

کامپوزیت‌هایی که زمینه آن‌ها یک فلز (مثل آلومینیوم) است و با ذرات یا الیاف تقویت می‌شود.

ویژگی‌ها

- مقاومت دمایی بالاتر از PMC
- استحکام و سختی بیشتر
- مقاومت سایشی خوب

مثال

Al-SiC

دسته‌بندی کامپوزیت‌ها بر اساس نوع زمینه

کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی CMC – Ceramic Matrix Composites

تعریف

کامپوزیت‌هایی که زمینه آن‌ها سرامیکی است و با الیاف یا ذرات تقویت می‌شود.

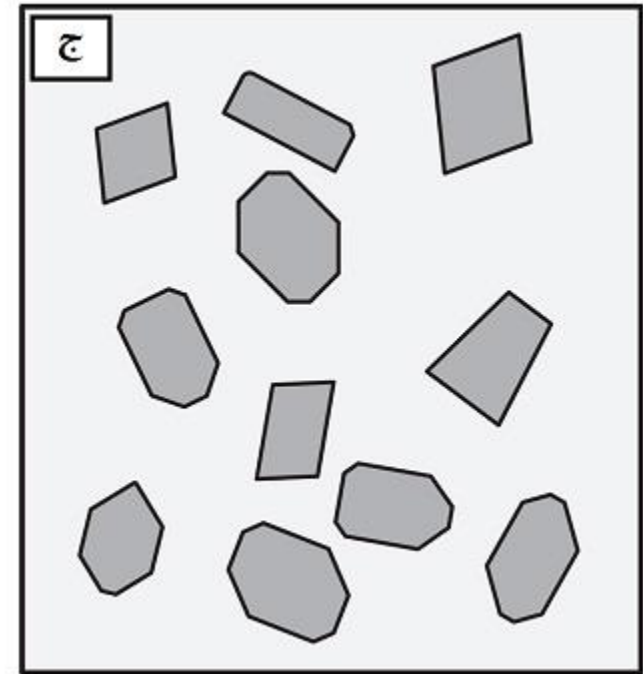
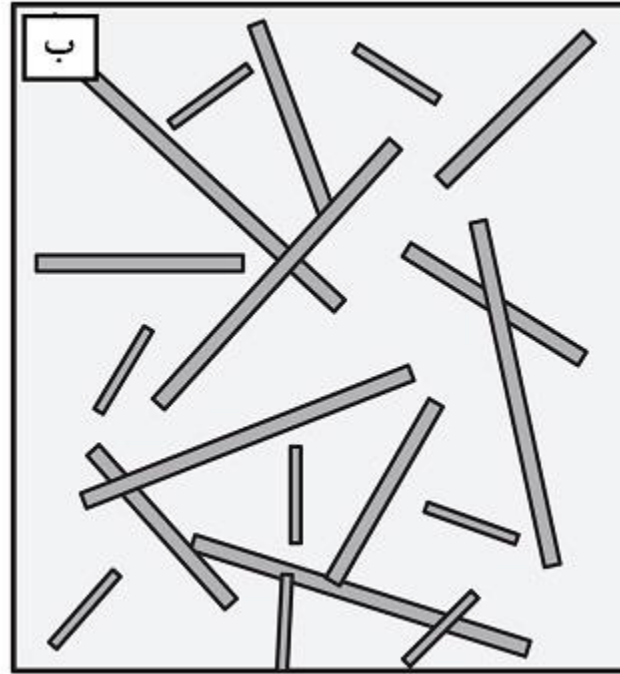
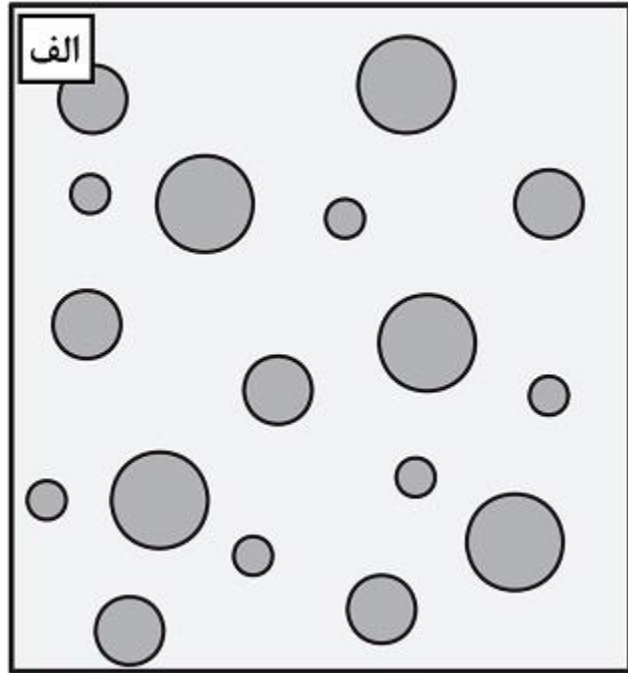
ویژگی‌ها

- مقاومت حرارتی بسیار بالا
- کاهش تردی نسبت به سرامیک خالص
- مناسب دماهای بسیار بالا

مثال

کامپوزیت آلومینا/ زیرکونیا

انواع کامپوزیت با تقویت کننده متفاوت



مواد پیشرفته Advanced Materials

تعریف

مواد پیشرفته به موادی گفته می‌شود که برای کاربردهای خاص با عملکرد بالا طراحی یا مهندسی شده‌اند و معمولاً دارای ویژگی‌های کنترل‌شده در مقیاس ریزساختاری یا نانومقیاس هستند.

۱. نیمه‌رساناها Semiconductors

موادی که رسانایی الکتریکی آن‌ها بین رسانا و عایق قرار دارد و با تغییر دما، ناخالصی یا میدان الکتریکی قابل کنترل است.

مثال: سیلیکون، ژرمانیوم

۲. مواد زیستی Biomaterials

موادی که برای تعامل با سیستم‌های زیستی طراحی شده‌اند و باید با بدن سازگار (Biocompatible) باشند.

مثال: تیتانیوم ایمپلنت، پلیمرهای پزشکی

۳. نانومواد Nanomaterials

موادی که حداقل یکی از ابعاد ساختاری آن‌ها در مقیاس نانو (کمتر از ۱۰۰ نانومتر) قرار دارد. در مقیاس نانو، خواص ماده می‌تواند به‌طور چشمگیری تغییر کند.

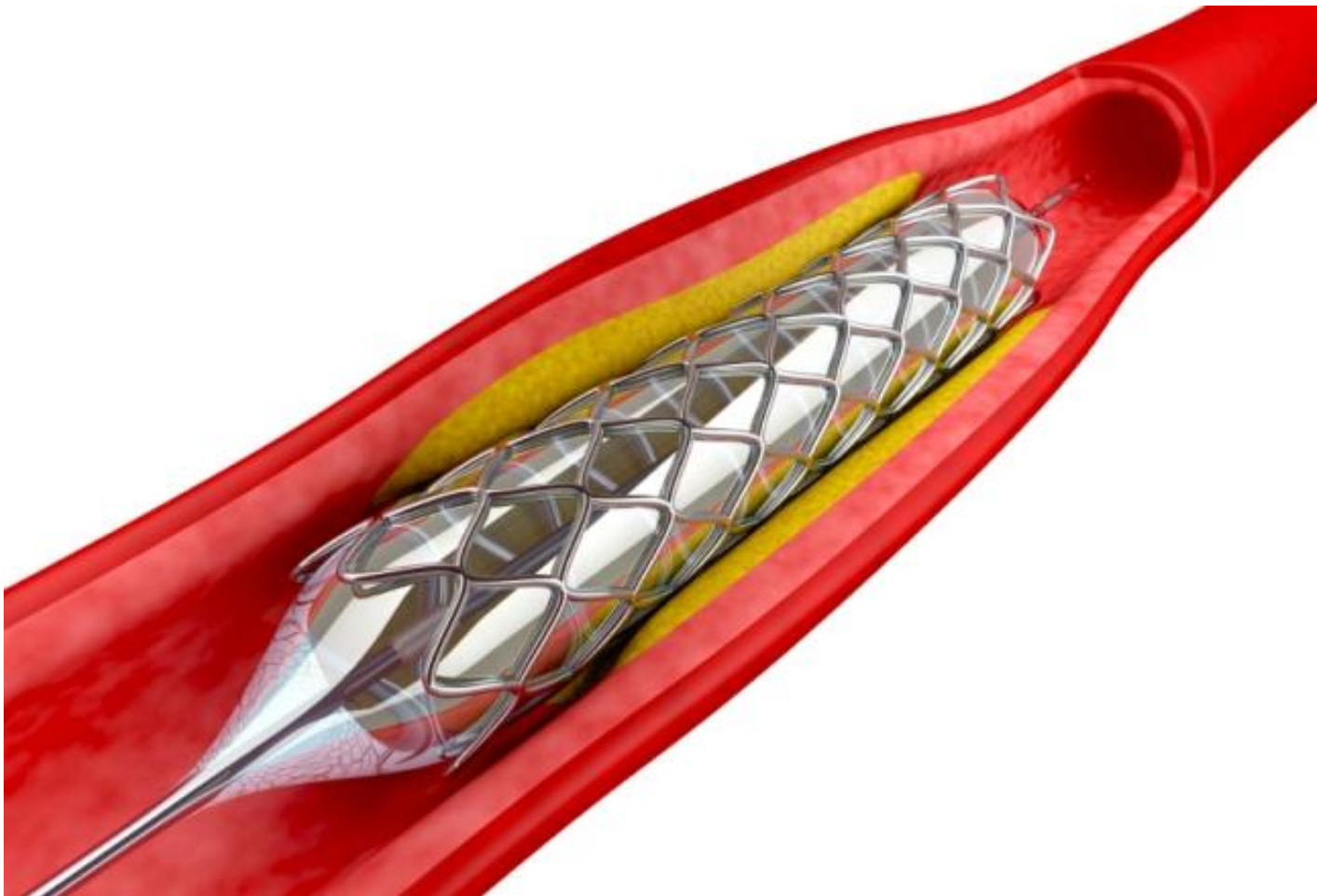
مثال: نانولوله کربنی، گرافن

۴. مواد هوشمند Smart Materials

موادی که در پاسخ به یک محرک خارجی (دما، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی، تنش و...) تغییر قابل برگشت در خواص یا شکل خود ایجاد می‌کنند.

مثال: آلیاژهای حافظه‌دار، مواد پیزوالکتریک

مواد پیشرفته Advanced Materials



استنت فلزی NiTi

دسته بندی مواد از نظر ساختار

تعریف

واژه ساختار به معنی نوع و نظم و چینش اتم‌های ماده است و در مقیاس میکروسکوپی ریزساختار نامیده می‌شود.

۱. مواد بلوری Crystalline Materials

تعریف

موادی که اتم‌های آن‌ها دارای آرایش منظم و تکرارشونده بلندبرد Long-range order هستند.

مثال

فلزات، بیشتر سرامیک‌ها، برخی پلیمرهای نیمه‌بلوری

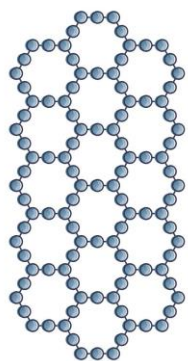
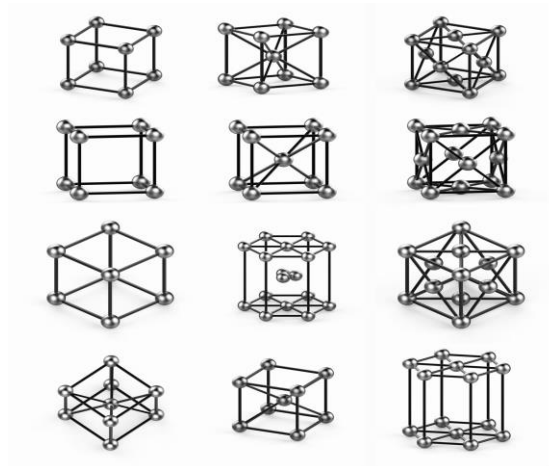
۲. مواد آمورف Amorphous Materials

تعریف

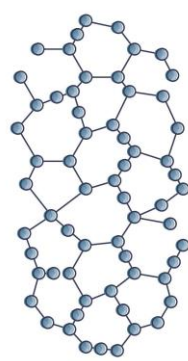
موادی که نظم ندارد در واقع میتوان گفت فاقد نظم بلندبرد هستند و فقط نظم کوتاه‌برد Short-range order دارند.

مثال

شیشه، برخی پلیمرها



CRYSTALLINE
SOLIDS



AMORPHOUS
SOLIDS

Engineering Properties & Requirements خواص و الزامات مهندسی

Mechanical Properties خواص مکانیکی

1 استحکام Strength

 تعریف علمی

استحکام بیشترین تنش است که یک ماده می تواند قبل از تسلیم یا شکست تحمل کند.

 انواع مهم:

- استحکام تسلیم Yield Strength
- استحکام کششی نهایی Ultimate Strength

2 مدول الاستیسیته Elastic Modulus / Young's Modulus

 تعریف علمی

مدول الاستیسیته نسبت تنش به کرنش در ناحیه الاستیک نمودار تنش-کرنش است.

 نکته مهم:

مدول به نوع پیوند اتمی وابسته است، نه به عملیات حرارتی.

Engineering Properties & Requirements خواص و الزامات مهندسی

Mechanical Properties خواص مکانیکی

3 چقرمگی Toughness

 تعریف علمی

چقرمگی میزان انرژی‌ای است که ماده تا قبل از شکست جذب می‌کند.

 از نظر ریاضی:

مساحت زیر نمودار تنش-کرنش تا نقطه شکست.

4 سختی Hardness

 تعریف علمی

سختی مقاومت ماده در برابر نفوذ یا تغییر شکل موضعی است. سختی یعنی مقاومت ماده در برابر فرو رفتن یک جسم دیگر در آن.

 روش‌های اندازه‌گیری:

برینل، راکول، ویکرز

Engineering Properties & Requirements خواص و الزامات مهندسی

Mechanical Properties خواص مکانیکی

5 داکتیلیته Ductility

 تعریف علمی

داکتیلیته توانایی ماده برای تغییر شکل پلاستیک قبل از شکست است.

 معمولاً با:

درصد ازدیاد طول

درصد کاهش سطح مقطع

اندازه گیری می شود

Engineering Properties & Requirements خواص و الزامات مهندسی

Physical Properties خواص فیزیکی

Thermal Conductivity رسانایی حرارتی [1]

تعریف علمی

رسانایی حرارتی میزان توانایی یک ماده در انتقال گرما از طریق هدایت است.

Density چگالی [3]

تعریف علمی

چگالی جرم واحد حجم ماده است.

Electrical Conductivity رسانایی الکتریکی [2]

تعریف علمی

رسانایی الکتریکی توانایی یک ماده در انتقال جریان الکتریکی است و با نماد σ نشان داده می‌شود.

Coefficient of Thermal Expansion ضریب انبساط حرارتی [4]

تعریف علمی

ضریب انبساط حرارتی میزان تغییر طول نسبی ماده در اثر تغییر دما است.

Engineering Properties & Requirements خواص و الزامات مهندسی

Chemical Properties خواص شیمیایی

- مقاومت به خوردگی
- پایداری شیمیایی
- مقاومت به اکسیداسیون

Structural / Microstructural خواص ساختاری

- نوع فاز
- اندازه دانه
- درصد بلورینگی
- وجود عیوب

نیروی‌های بین اتمی

● نیروی جاذبه Attractive Force

- ناشی از برهم‌کنش هسته مثبت و الکترون‌های منفی
- باعث نزدیک شدن اتم‌ها می‌شود

● نیروی دافعه Repulsive Force

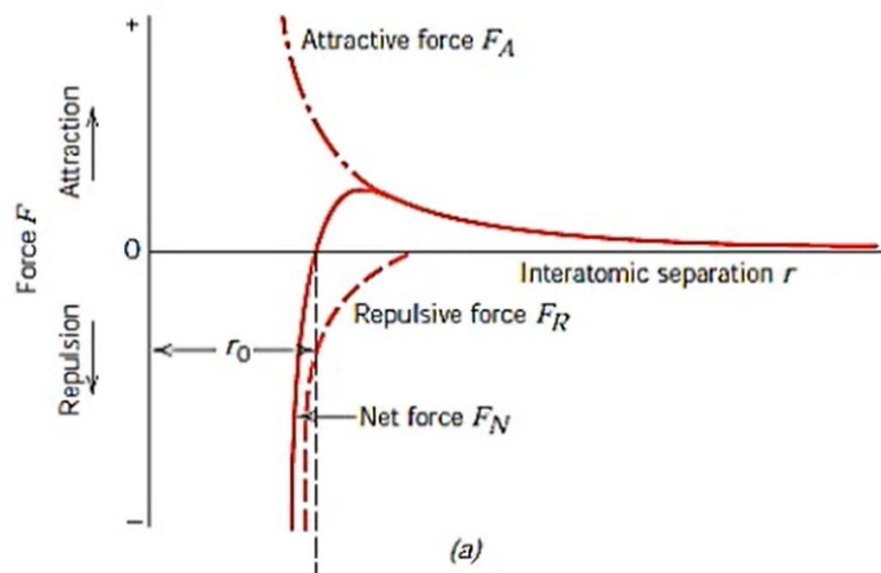
- وقتی ابرهای الکترونی خیلی نزدیک شوند
- به دلیل اصل طرد پائولی
- باعث دور شدن اتم‌ها می‌شود

● اصل طرد پائولی Pauli Exclusion Principle

تعریف علمی 

هیچ دو الکترونی در یک اتم نمی‌توانند چهار عدد کوانتومی یکسان داشته باشند.

ساختمان اتمی فلزات



- با نزدیک شدن اتم‌ها دو نیروی مخالف در انرژی داخلی تاثیر می‌گذارد:

۱- نیروی جاذبه بین الکترون‌ها و دو هسته مثبت اتم‌ها تمایل به کاهش انرژی داخلی

۲- نیروی دافعه بین دو هسته مثبت و بین خود الکترون‌ها تمایل به افزایش انرژی داخلی

$$F_A + F_R = F_N$$

- در یک فاصله معین (r_0) مقدار دو نیرو برابر می‌شود:

$$F_A + F_R = 0$$

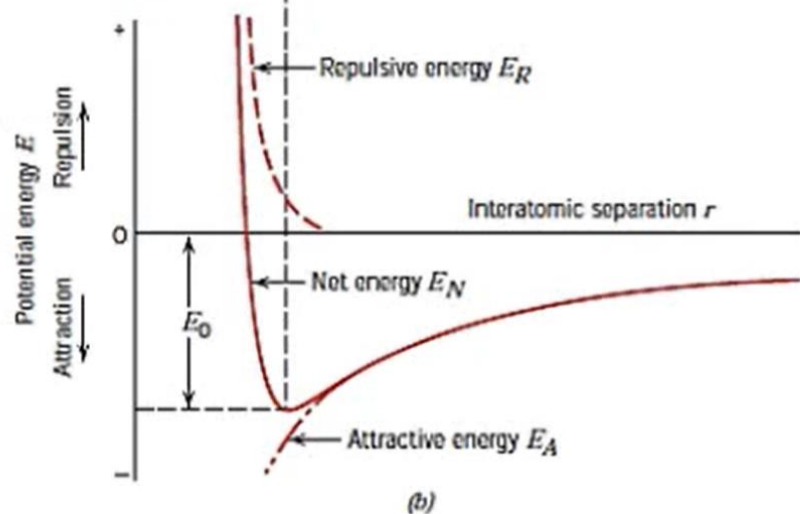
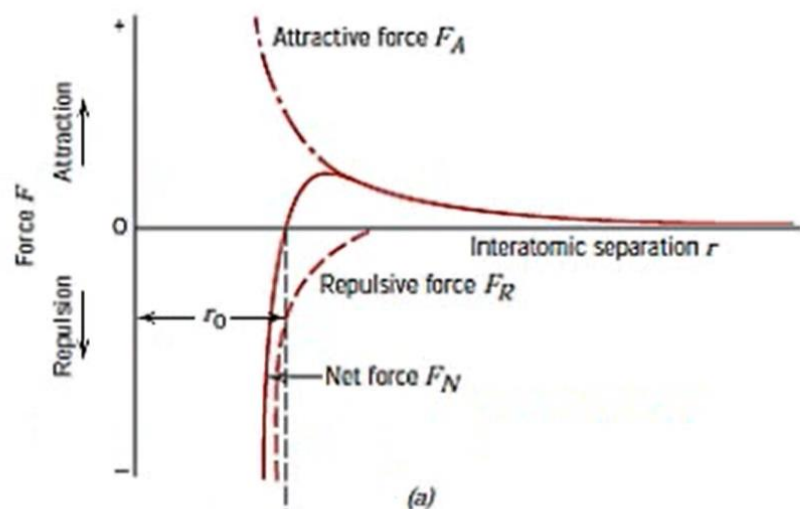
ساختمان اتمی فلزات

- در همین فاصله (r_0) مقدار کل انرژی به حداقل خود می‌رسد.

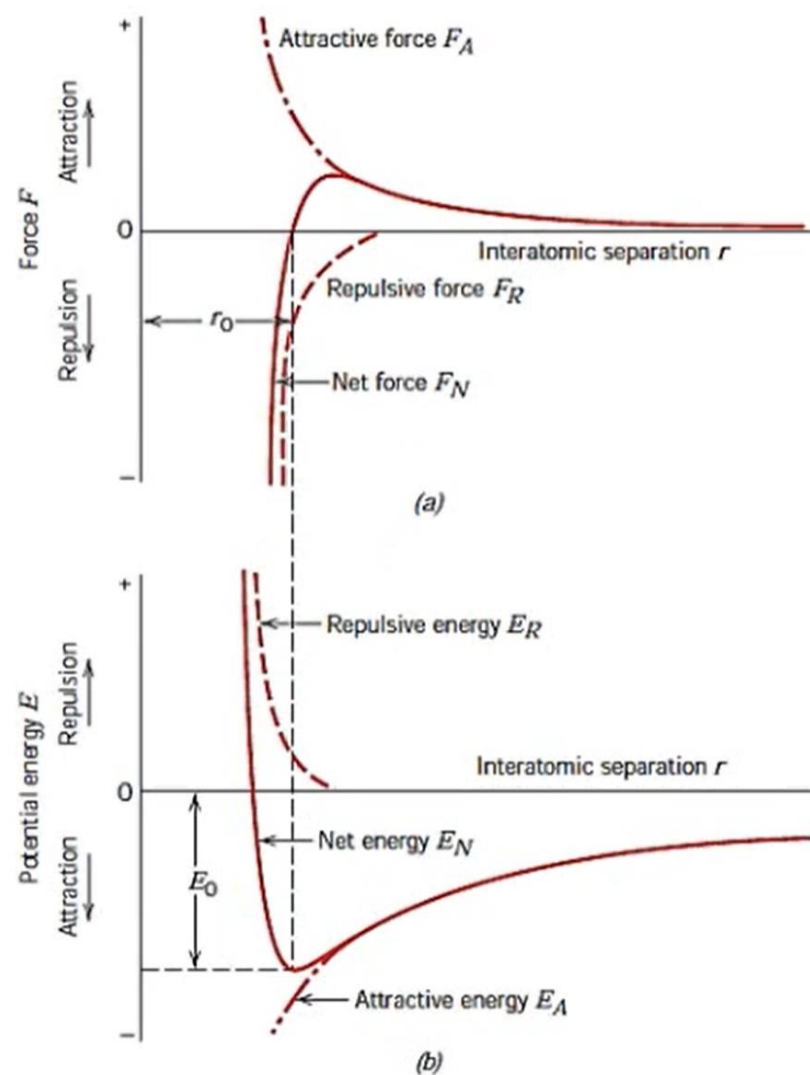
$$E = \int F dr$$

- انرژی پیوند مربوط به مینیمم منحنی است.

- r_0 فاصله بین اتمی یا همان ثابت شبکه در بلورهاست.

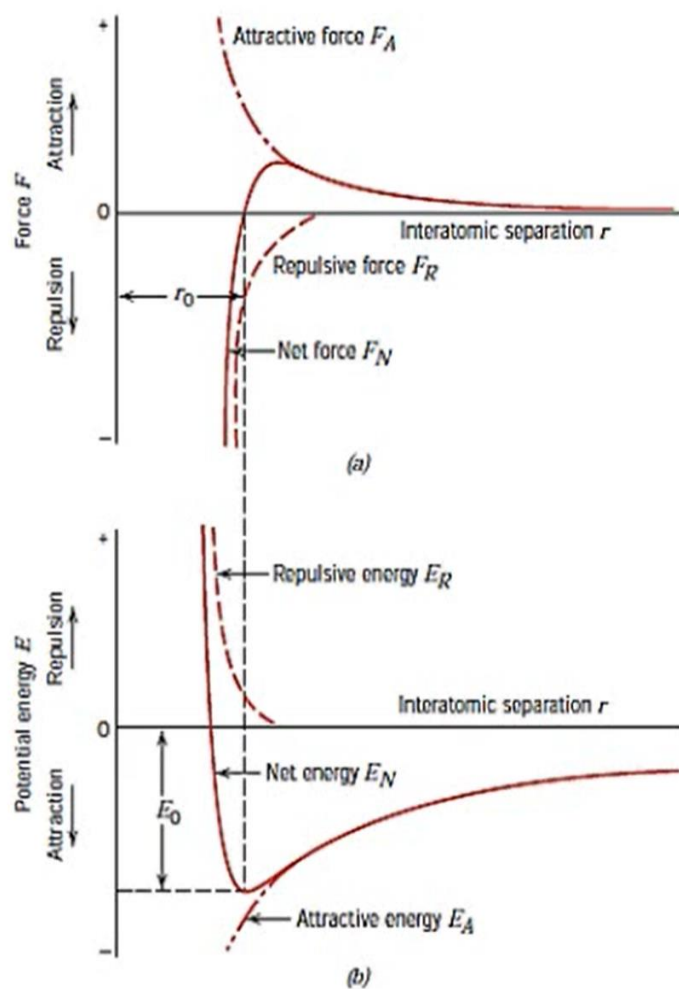


ساختمان اتمی فلزات



- مقدار مینیمم منحنی انرژی و شکل منحنی برای مواد مختلف متفاوت است و هر دو به نوع پیوند بستگی دارد.
- خواص مواد به E_0 ، شکل منحنی و نوع پیوند بستگی دارد.

ساختمان اتمی فلزات



- مواد با انرژی پیوند زیاد نقطه ذوب بالا دارند و به صورت جامد هستند.
- مواد با انرژی پیوند کم به صورت گاز هستند و مایعات انرژی پیوند متوسط دارند.
- سفتی یا مدول الاستیسیته به شکل منحنی نیرو - فاصله اتمی بستگی دارد. شیب منحنی برای مواد سفت در نقطه r_0 تند است و برای مواد انعطاف پذیر شیب منحنی کم است.
- انبساط و انقباض حین گرمایش و سرمایش به شکل منحنی انرژی - فاصله اتمی بستگی دارد. یک چاه عمیق و باریک که معمولا مربوط به مواد با انرژی بالاست ضریب انبساط حرارتی کم است.

دسته بندی کلی پیوندها

پیوندهای اتمی به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

(۱) پیوندهای اولیه (قوی)

یونی

کووالانسی

فلزی

(۲) پیوندهای ثانویه (ضعیف)

واندروالس

هیدروژنی

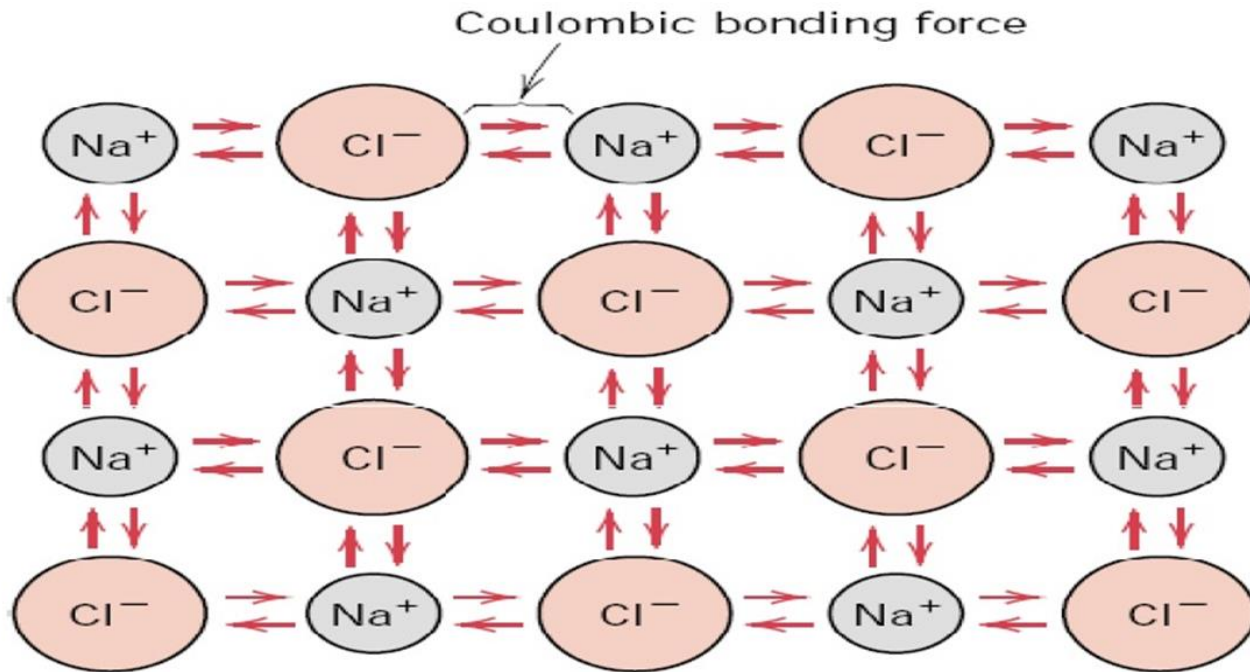
نکته: پیوندهای اولیه مسئول استحکام اصلی مواد هستند.

پیوند یونی Ionic Bond

♦ بین اتم‌هایی با اختلاف الکترونگاتیویته زیاد تشکیل می‌شود.

♦ یک اتم الکترون از دست می‌دهد و اتم دیگر آن را می‌گیرد.

♦ یون‌های مثبت و منفی تشکیل شده و یکدیگر را جذب می‌کنند.



ویژگی‌ها:

غیرجهتی

نیروی جاذبه کولنی

استحکام بالا

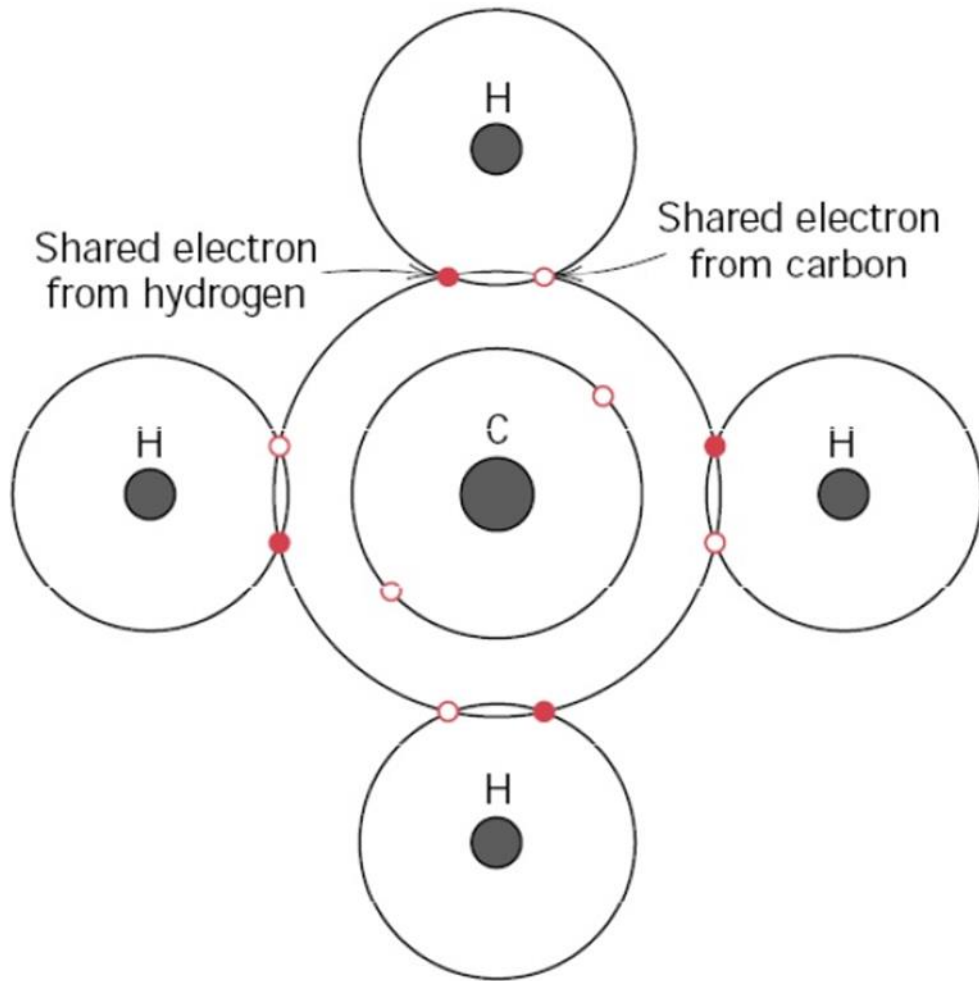
تردی زیاد

نقطه ذوب بالا

رسانایی کم در حالت جامد

✚ مثال: NaCl ، MgO ، Al_2O_3

پیوند کووالانسی Covalent Bond



♦ بین اتم‌هایی با اختلاف الکترونگاتیویته کم تشکیل می‌شود.

♦ اتم‌ها الکترون‌های ظرفیت خود را به اشتراک می‌گذارند.

ویژگی‌ها:

جهت‌دار

بسیار قوی

سختی بالا

تردی زیاد

نقطه ذوب بالا

رسانایی الکتریکی کم (به جز گرافیت)

مثال: الماس، سیلیسیم، SiC

پیوند فلزی Metallic Bond

♦ بین اتم‌های فلزی تشکیل می‌شود.

♦ الکترون‌های ظرفیت آزاد بوده و به صورت "دریای الکترونی" بین یون‌های مثبت حرکت می‌کنند.

ویژگی‌ها:

غیرجهتی

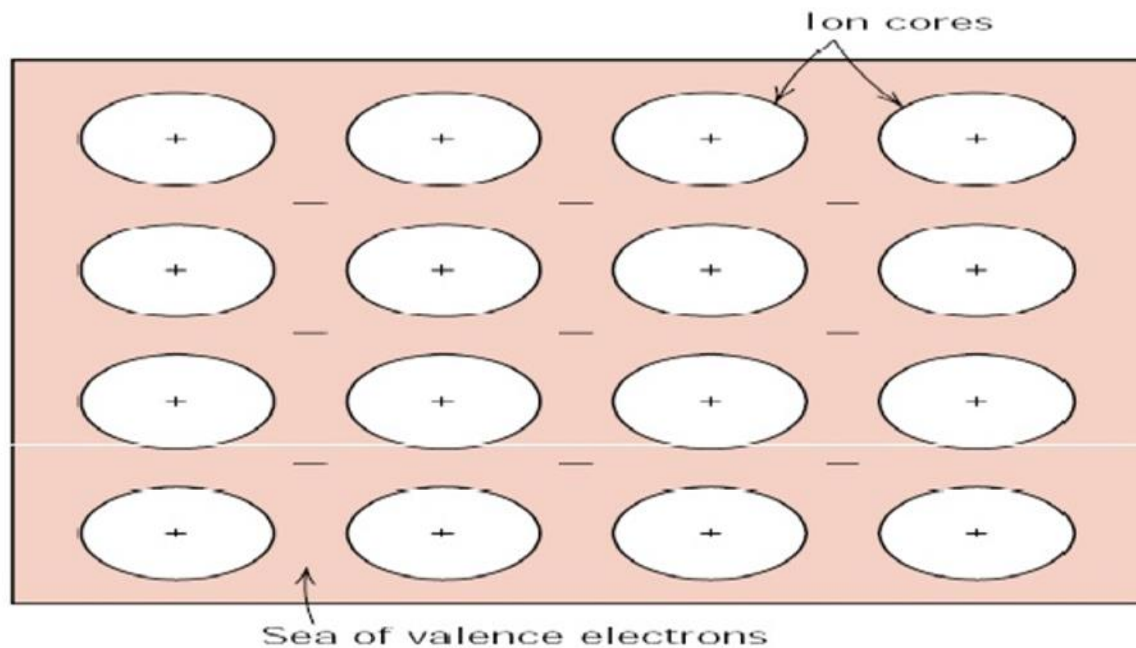
امکان لغزش صفحات اتمی

داکتیلیته بالا

رسانایی الکتریکی و حرارتی زیاد

چکش‌خواری بالا

مثال: Al ، Cu ، Fe 📌



پیوندهای ثانویه

پیوند هیدروژنی Hydrogen Bond

◆ نوع خاصی از پیوند ثانویه

◆ بین هیدروژن متصل به یک اتم الکترونگاتیو قوی (مانند O، N، F) و یک اتم الکترونگاتیو دیگر تشکیل می‌شود.

ویژگی‌ها:

قوی‌تر از واندروالس

نقش مهم در خواص آب و پلیمرها

📌 مثال: مولکول آب

پیوند واندروالس Van der Waals

◆ ناشی از جاذبه بین دوقطبی‌های لحظه‌ای یا دائمی است.

◆ ضعیف‌ترین نوع پیوند بین اتم‌ها و مولکول‌هاست.

ویژگی‌ها:

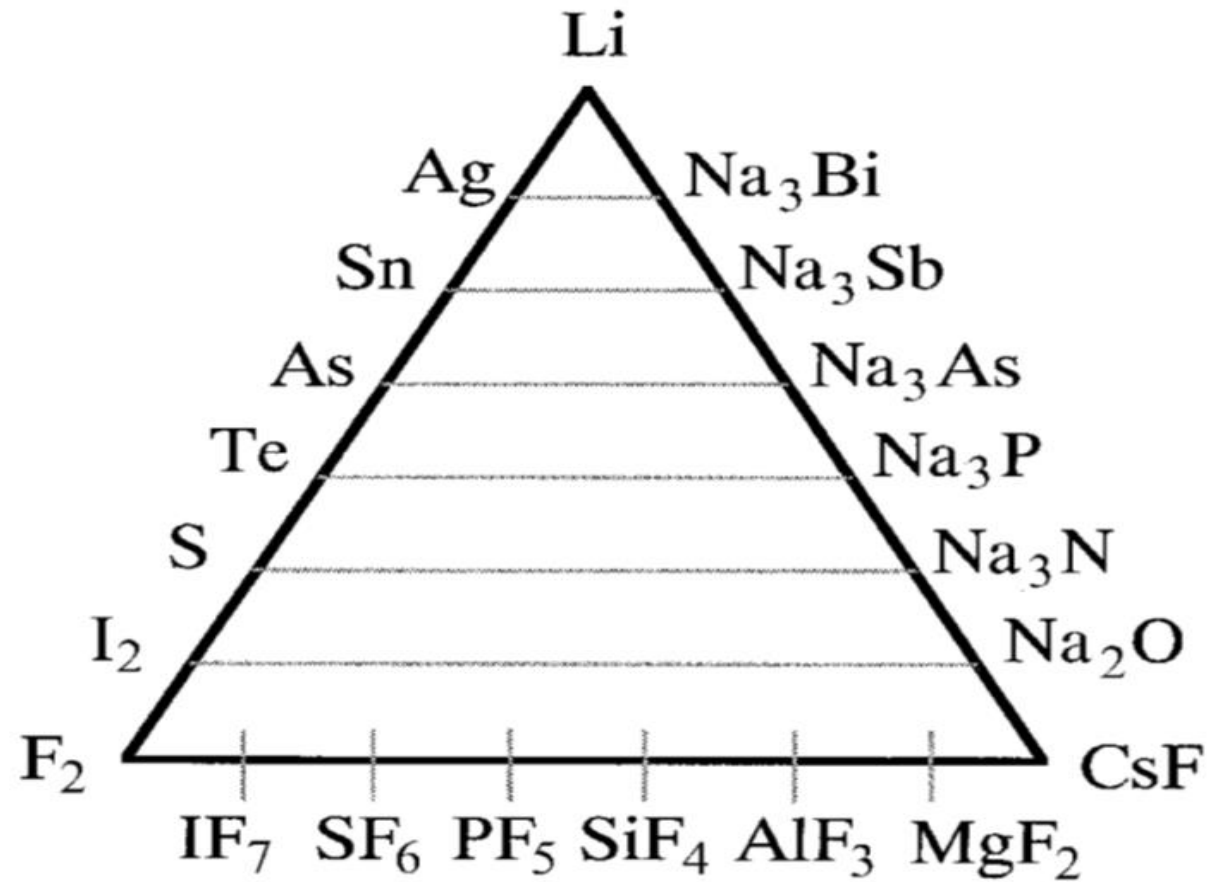
انرژی پیوند کم

نقطه ذوب پایین

استحکام کم

📌 در پلیمرها و گازهای نجیب دیده می‌شود.

مثلت کتلار Ketalaar



مثلت کتلار نشان می‌دهد که بین سه نوع پیوند اولیه‌ی اصلی، انواع پیوندهای ترکیبی به طور پیوسته وجود دارند