علم مواد

عیوب کریستالی

سروش پرویزی

پاییز ۹۵

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

عیوب کریستالی

عیوب کریستالی را می توان براساس ابعاد آنها به ۴ دسته تقسیم کرد:

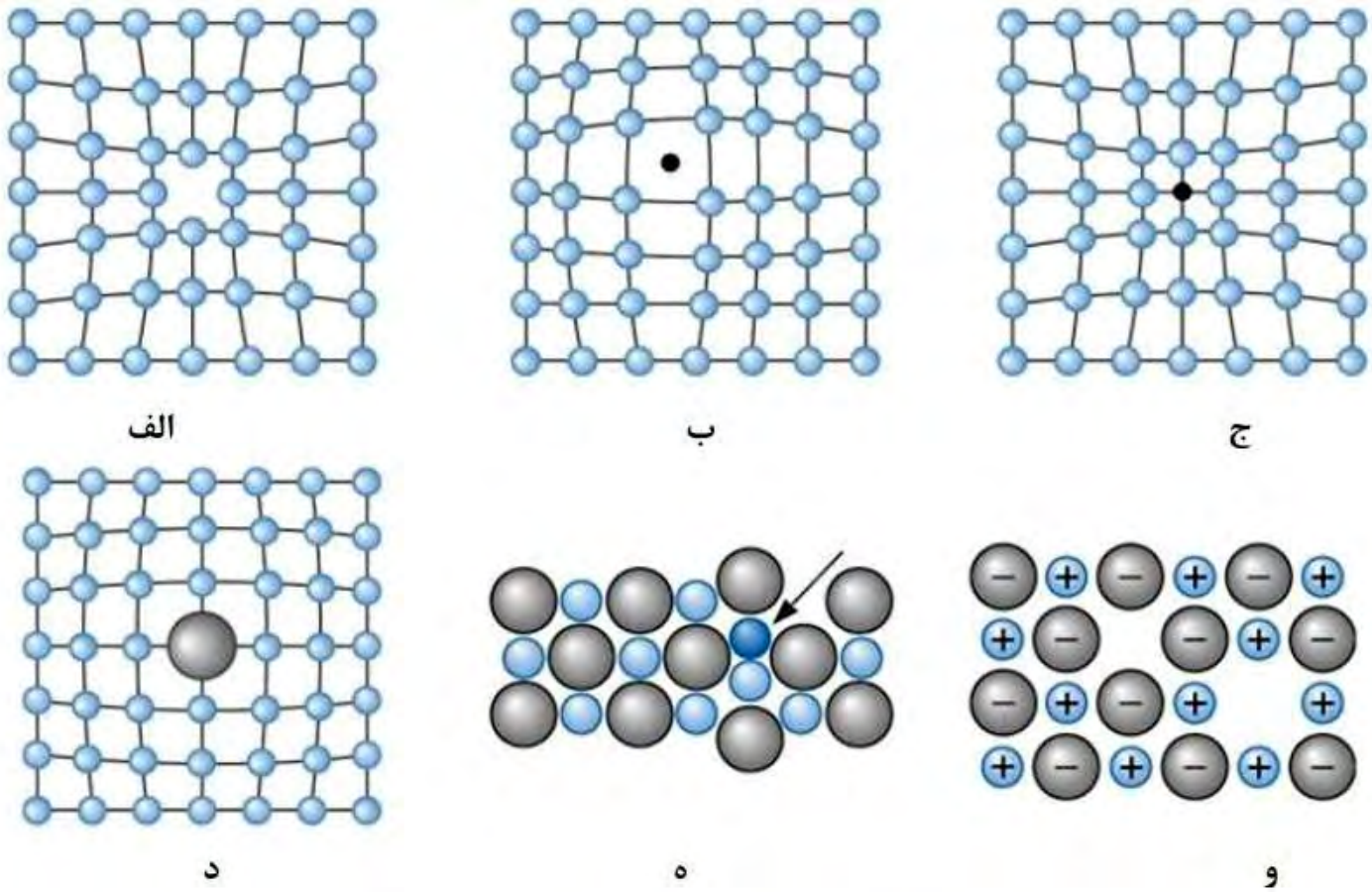
۱- عیوب نقطه ای (صفر بعدی) :برای مثال جاهای خالی و اتم های محلول

۲-عیوب خطی (یک بعدی) :نابجایی ها

۳-عیوب صفحه ای (دو بعدی) :مرزدانه ها، نقص در چیده شدن و دو قلویی

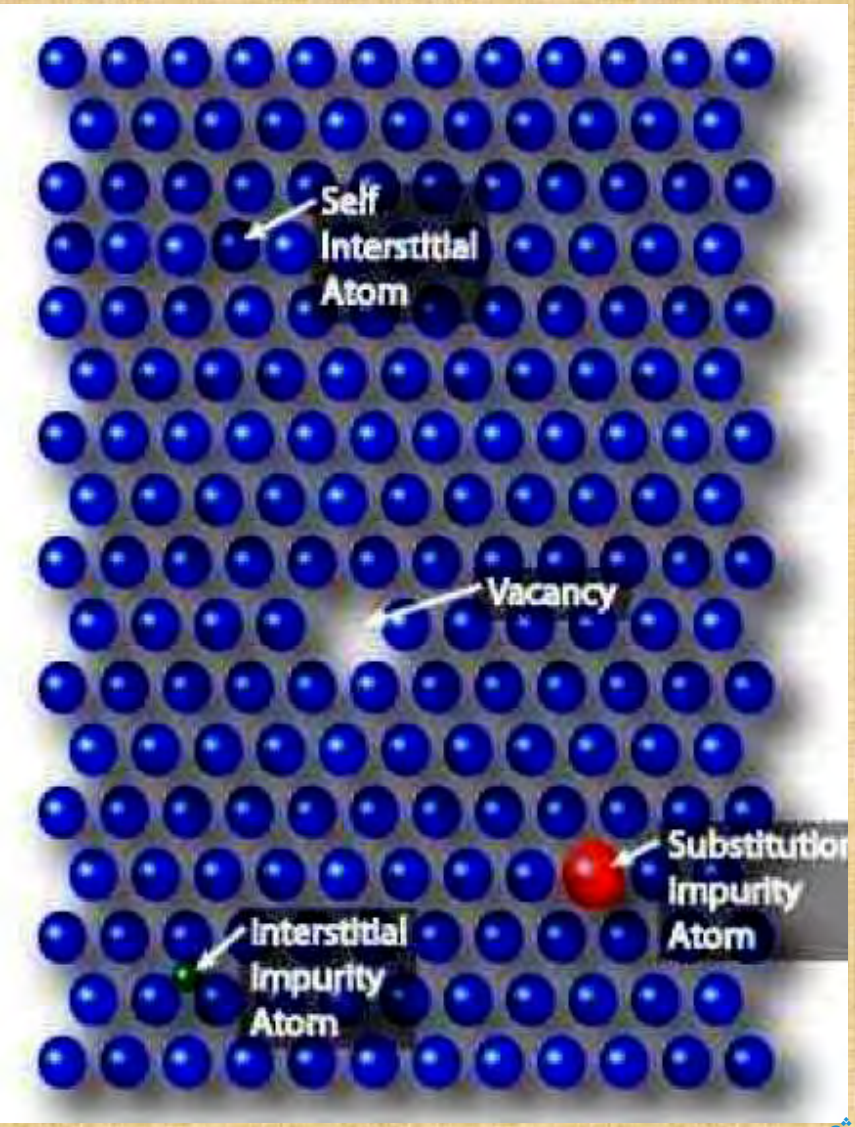
۴-عیوب حجمی (سه بعدی) :آخال، حفره، مک.

عیوب نقطه ای



عیوب نقطه‌ای در کریستال‌ها: الف) جای خالی ب) اتم بین نشین ج) اتم جانشین با اندازه‌ی کوچکتر از اندازه‌ی اتم‌های میزبان د) اتم جانشین با اندازه‌ی بزرگتر از اندازه اتم‌های میزبان ه) عیب فرانکل و) عیب شاتکی. همه‌ی عیوب موجب به هم خوردن نظم کریستالی و ایجاد اعوجاج در شبکه‌ی اتمی می‌شوند.

عیوب نقطه ای


Self
Interstitial
Atom
Vacancy
Substitution
Impurity
Atom
Interstitial
Impurity
Atom

عیوب نقطه ای

۱- جای خالی

۱-به یک مکان تعادلی خالی، جای خالی گویند

۲-عیوب جای خالی می تواند در حین فرایند انجماد، تغییر فرم پلاستیک، صعود نابجایی ها و یا در اثر تشعشعات اتمی به وجود آید.

۳ -جاهای خالی از نوع عیوب تعادلی در ماده هستند بدین معنی که از نظر ترمودینامیکی همواره باید یک غلظت تعادلی جای خالی در ماده وجود داشته باشد.

۴-غلظت تعادلی جای خالی در هر دما از رابطه آرنیوسی زیر پیروی می کند:

$$N= N_0 \exp(-Q/RT)$$

که درآن:

N:تعداد جای خالی در دمای T

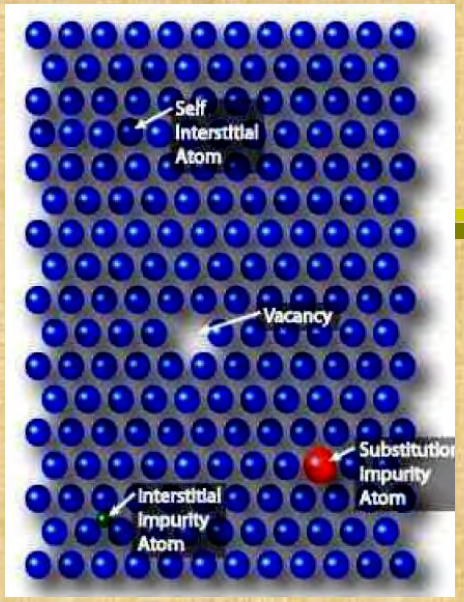
N_0:تعداد اتم موجود در شبکه کریستالی در حالت کامل

Q: انرژی لازم برای تشکیل ۱ مول جای خالی

R: ثابت گازها

T: دمای مطلق

بنابراین با افزایش دما، کسر جاهای خالی به صورت نمایی افزایش می یابد.



عیوب نقطه ای

۲-اتم بین نشین

۱-اتم بین نشین خودی به اتمی گفته می شود که از جای خود در شبکه خارج شده و در یک مکان بین نشین قرار می گیرد.

۲-در فلزات حضور یک اتم خودبین نشین، منجر به ایجاد اعوجاج نسبتا زیادی در شبکه می شود زیرا اندازه اتم به طور قابل توجهی بیشتر از مکان بین نشین است. بنابراین تشکیل این عیب زیاد محتمل نیست.

عیوب نقطه ای

۳-عیب فرانکل

۱-این عیب در مواد یونی رخ می دهد.

۲-عیب فرانکل به یک جفت کاتیون - جای خالی یا کاتیون- بین نشین گفته می شود. در واقع عیب فرانکل با ترک کردن یک کاتیون از مکان معمولی خود در شبکه و قرارگیری آن در یک مکان بین نشین تشکیل می شود

۳-حضور عیب فرانکل موجب تغییر در بار الکتریکی ماده نمی شود.

۴-حضور عیب فرانکل در شبکه کریستالی، دانسیته ماده را تغییر نمی دهد.

عیوب نقطه ای

۴-عیب شاتکی

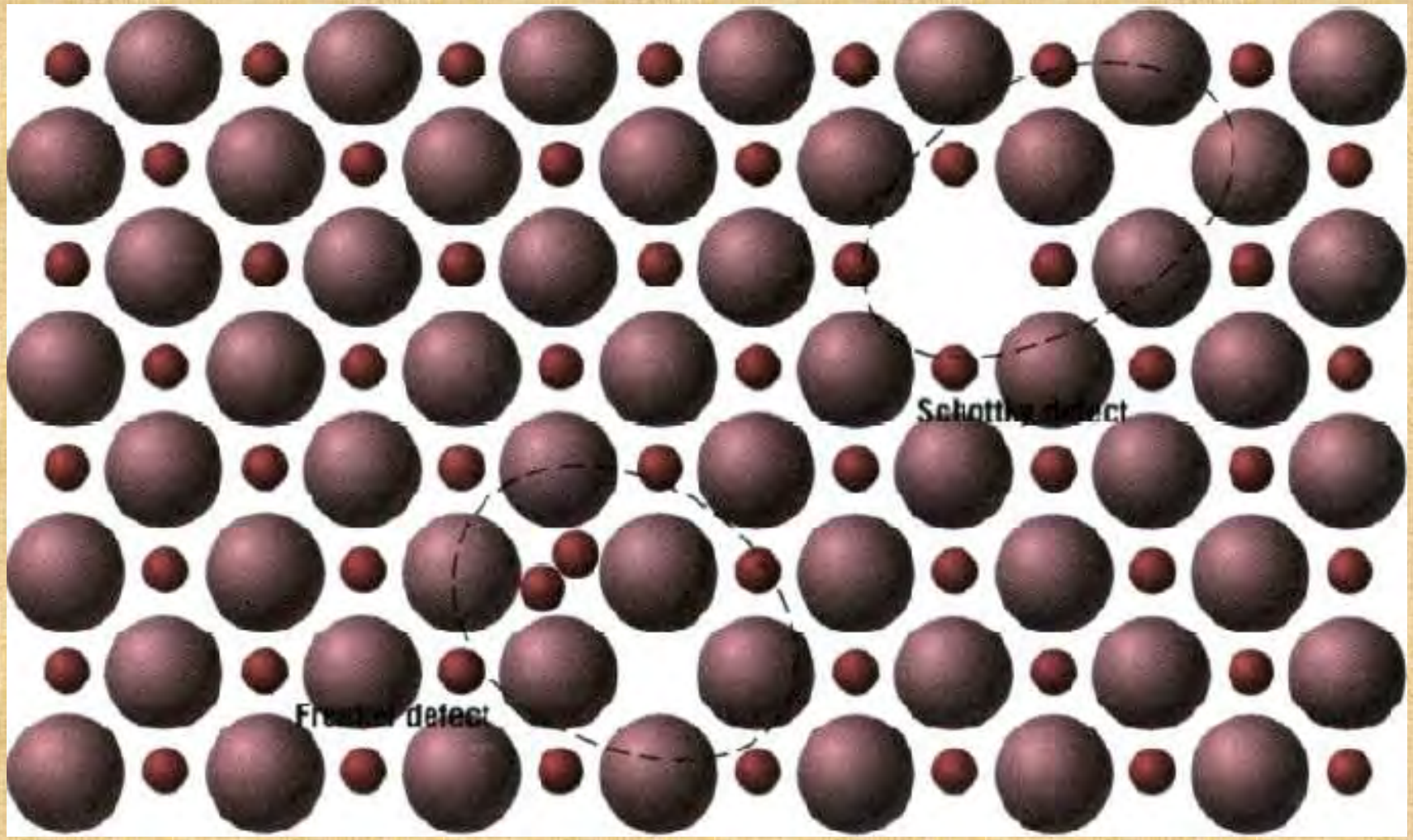
۱-این عیب در مواد یونی رخ می دهد.

۲- در مواد یونی از جنس AX یک عیب شاتکی عبارتست از یک زوج جای خالی کاتیون – جای خالی آنیون. در واقع عیب شاتکی با خروج یک کاتیون و یک آنیون از شبکه کریستالی تشکیل می شود.

۳- در مواد یونی AX_2عیب شاتکی عبارتست از دو جای خالی آنیون و یک جای خالی کاتیون.

۴- حضور عیب شاتکی در شبکه کریستالی، دانسیته ماده را کاهش می دهد.

عیوب نقطه ای



عیوب نقطه ای

۵- اتم های ناخالصی

افزودن اتم های ناخالص و یا اتم های میهمان به شبکه کریستالی عنصر میزبان بسته به نوع ناخالصی ها، غلظت آنها و دما می تواند منجر به تشکیل یک محلول جامد و یا یک فاز ثانویه جدید شود.

محلول جامد

۱-یک محلول جامد هنگامی تشکیل می شود که با افزودن عنصر حل شونده (اتم های عنصر میهمان) به عنصر میزبان ، ساختارکریستالی حفظ شده و ساختار جدیدی تشکیل نشود.

۲-یک محلول جامد از نظر ترکیب شیمیای همگن است و اتم های حل شونده به طور رندوم و یکنواخت در آن توزیع شده اند. آلیاژ های محلول جامد آلیاژهایی تک فاز هستند.

۳-افزودن عنصر حل شونده بیش از یک مقدار مشخص به یک عنصر منجر به تشکیل یک ساختار چند فازی می شود. به این مقدارمشخص ، حد حلالیت گویند.

۴-بسته به محل قرارگیری اتم های میهمان در شبکه کریستالی اتم های میزبان، دو نوع محلول جامد تعریف می شود:

الف- محلول جامد های جانشین: اتم های میهمان جایگزین اتم های میزبان می شود
ب- محلول جامد های بین نشین: اتم های میهمان بین اتم های میزبان در مکا نهای بین نشین قرار می گیرد

- اتم های بین نشین دارای اندازه بسیار کوچکتری نسبت به اتم های میزبان هستند.
- عناصری که می توانند به طور بین نشین با عناصر دیگر محلول جامد تشکیل دهند عبارتند از O , B , N, C
- حد حلالیت محلول جامد های بین نشین محدود است .

محلول جامد

شرایط تشکیل محلول جامد کامل (قوانین هیوم- روتاری)

۱) فاکتور اندازه اتمی: فاکتور اندازه نسبی به صورت زیر تعریف می شود:

$$\text{فاکتور اندازه نسبی} = \left|\frac{r_A - r_B}{r_A}\right| \times 100$$

r_A: شعاع اتمی اتم میزبان

r_B: شعاع اتمی اتم میهمان

هر چه مقدار این فاکتور کمتر باشد، حد حلالیت بیشتر خواهد بود:

در صورتی که مقدار نسبی اختلاف شعاع اتمی دو عنصر بیشتر ٪ ۱۵-۱۴ باشد، مقدار حلالیت محدود خواهد بود.

در صورتی که مقدار نسبی اختلاف شعاع اتمی دو عنصر کمتر از ٪۸ باشد، احتمال تشکیل محلول جامد کامل زیاد خواهد بود.

در صورتی که مقدار نسبی اختلاف شعاع اتمی دو عنصر بین این دو حد باشد، حلالیت متوسط خواهد بود.

۲) فاکتور ساختار کریستالی: برای حلالیت بالای دو عنصر لازم است ساختار کریستالی مشابهی داشته باشند.

۳) اختلاف الکترو نگاتیویته: هرچه اختلاف الکترونگاتیویته بیشتر باشد تمایل به تشکیل ترکیب شیمیایی یا ترکیب بین فلزی بیشتر خواهد بود.

۴) فاکتور ظرفیت نسبی: دو عنصر با ظرفیت یکسان تمایل بیشتری به تشکیل محلول جامد دارند. در شرایطی که تمامی دیگر فاکتورها یکسان باشد، عناصر تمایل بیشتری به حل کردن عنصر با ظرفیت بالاتر از خود را دارند.

عیوب خطی

۱- مهمترین عیب خطی در شبکه های کریستالی، عیب نابجایی است. بسته به زاویه ی بین بردار برگرز (b) و بردار خط نابجایی (l) ، نوع نابجایی متفاوت خواهد بود:

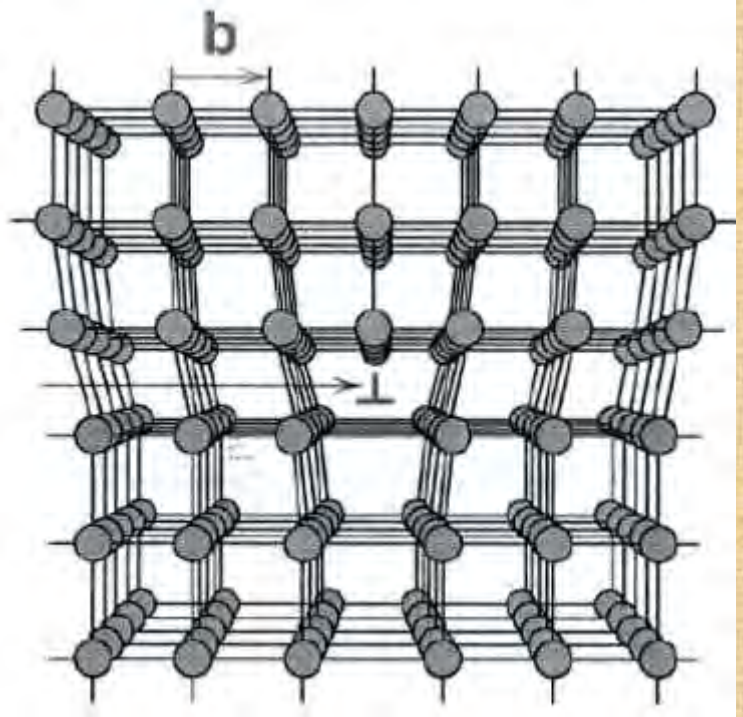
الف- در صورتی که بردار برگرز بر بردار خط نابجایی عمود باشد، نابجایی از نوع لبه ای است.

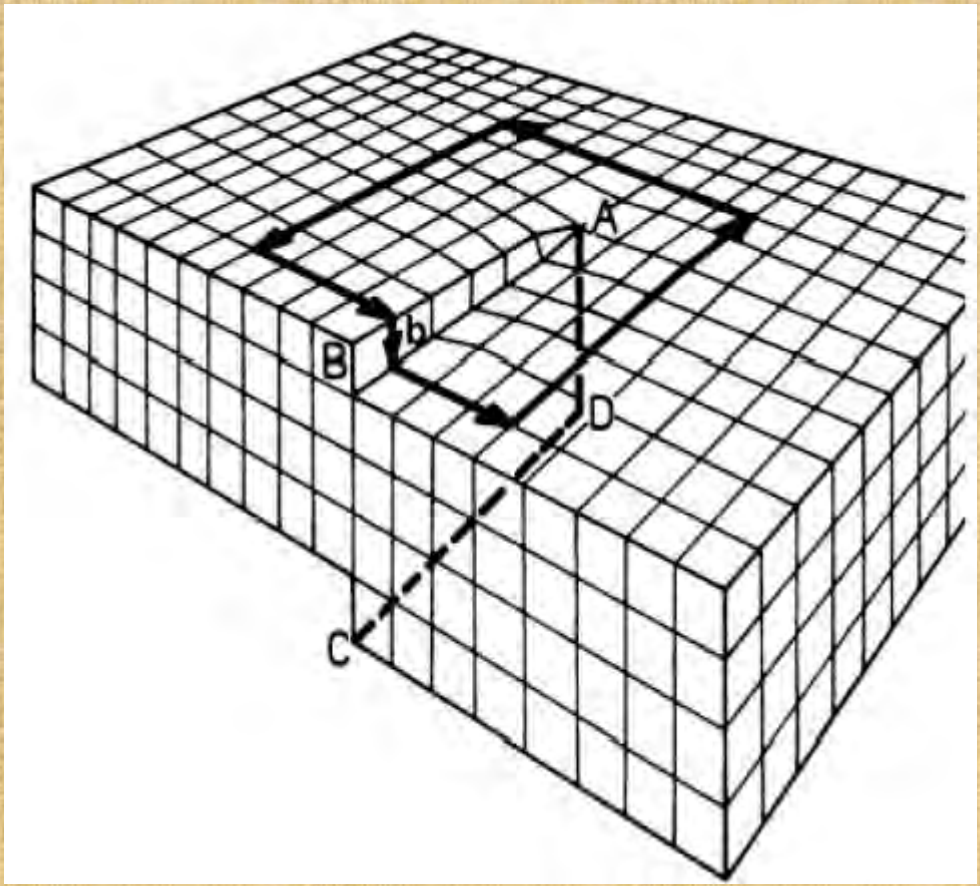
ب- در صورتی که بردار برگرز با بردار خط نابجایی موازی باشد، نابجایی از نوع پیچی است.

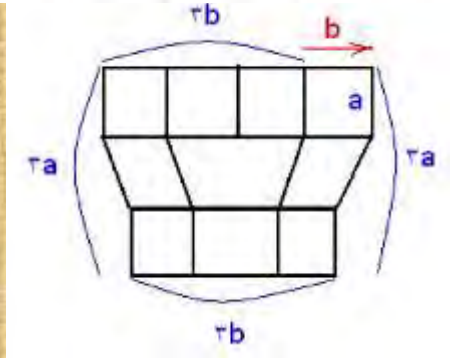
پ- در صورتی که بردار برگرز و بردار خط نابجایی نه بر هم عمود باشند نه با هم موازی، نابجایی از نوع مختلط است.

۲- حضور نابجایی ها در شبکه ی کریستالی موجب تسهیل تغییر فرم پلاستیک میشود.

عیوب خطی





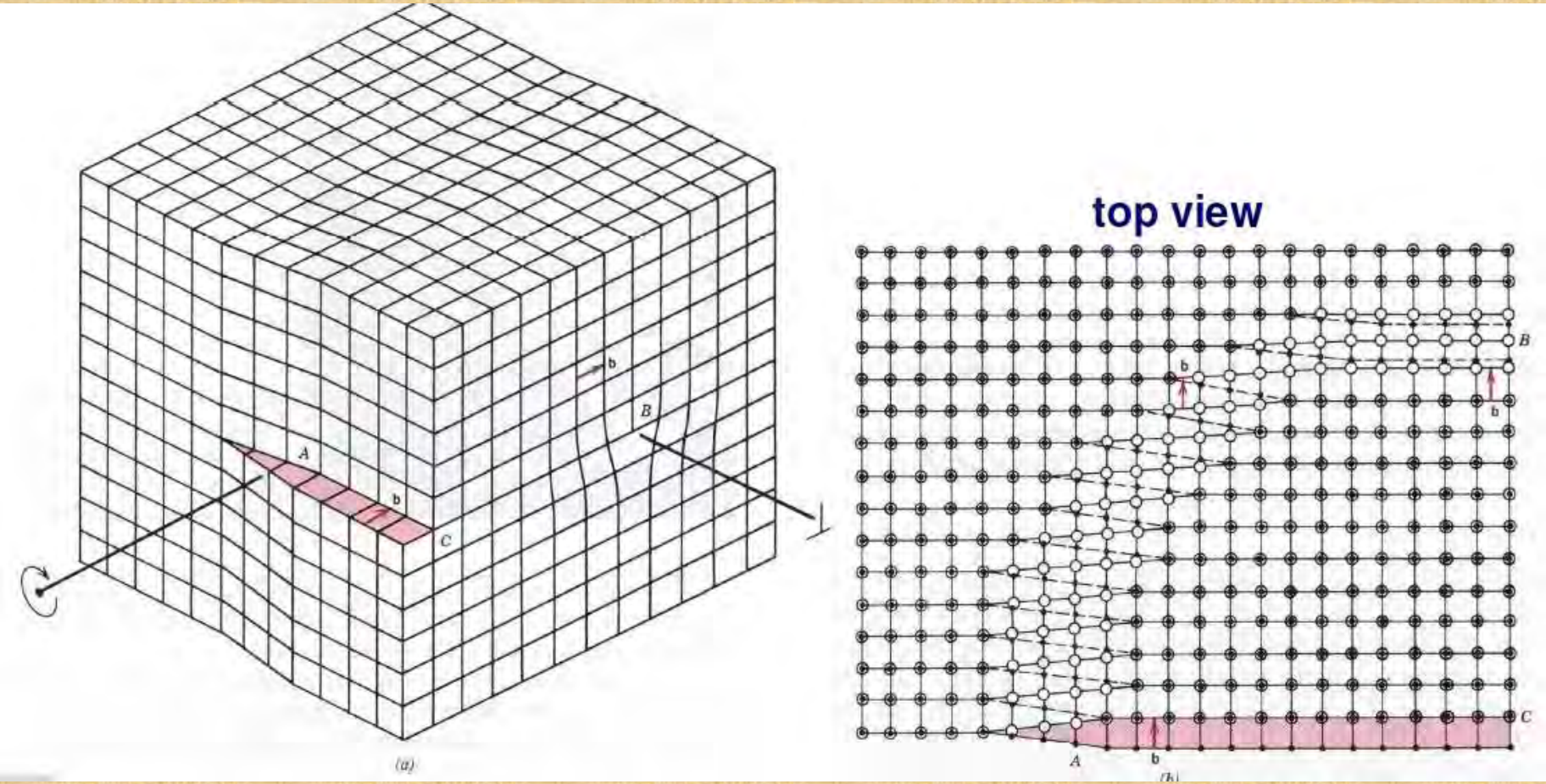


نابجایی لبه ای

نابجایی پیچی

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسی مواد و متالورژی

عیوب خطی



نابجایی مختلط

عیوب سطحی

- عیوب فصل مشترکی، مرز های دو بعدی هستند که معمولا مناطقی از ماده با ساختار کریستالی و/یا جهت گیری کریستالوگرافی متفاوت را از هم جدا می کنند.
- این عیوب شامل سطوح خارجی ماده، مرز دانه ها، مر زهای دو قلویی، نقص های چیده شدن و مرز های فازی هستند.

-سطوح خارجی

اتم های سطحی نسبت به اتم های درون ماده دارای تعداد اتم های همسایه کمتر (تعداد پیوند اتمی کمتر) و بنابراین انرژی بیشتری هستند.

-مرز دانه

مرز دانه محل تلاقی دو دانه با جهت گیری کریستالوگرافی متفاوت است.
در دو طرف مرز، دانه با ساختار کریستالی مشابه اما جهت گیری کریستالی متفاوت است.
اتم ها در منطقه مرزی، نظم کریستالی مشخصی ندارند و فاصله اتم ها از مقدار تعادلی آنها انحراف دارد.

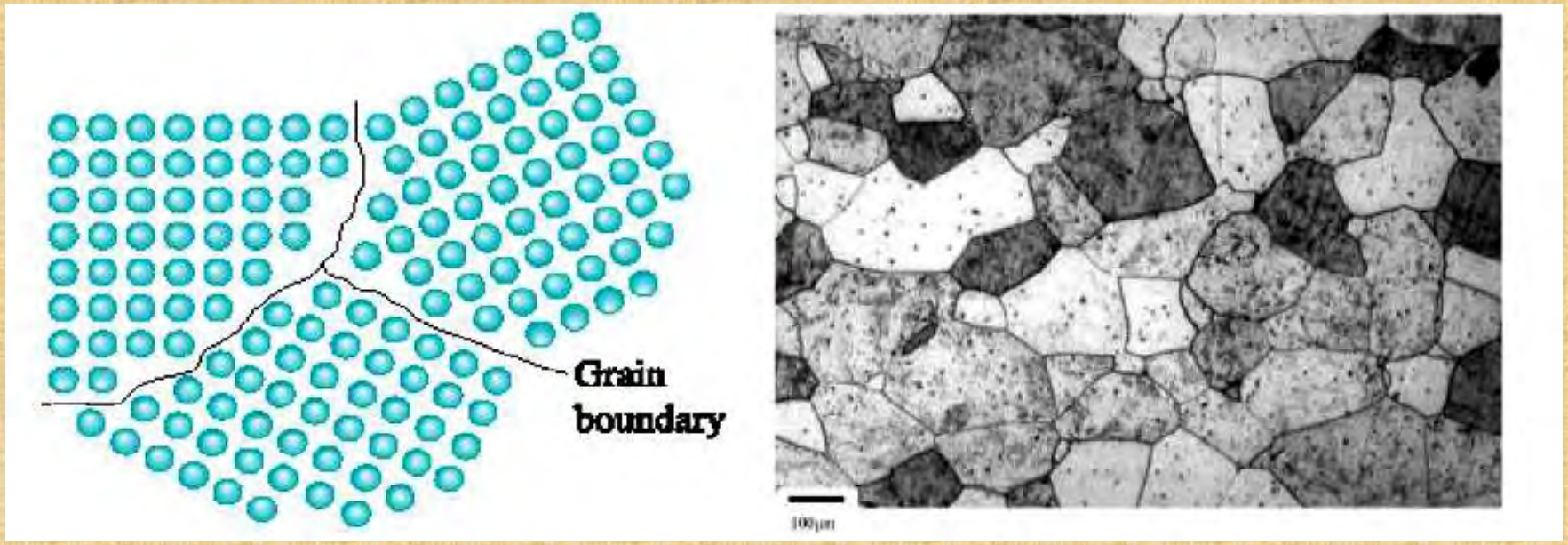
عیوب سطحی

۱- مرز دانه محلی است پر انرژی.

۲- مرزدانه ها به علت انرژی بالای خود محل مناسبی برای جدایش اتم های ناخالصی هستند.

۳- مقاومت به خوردگی مرز دانه کمتر از مقاومت به خوردگی درون دانه است.

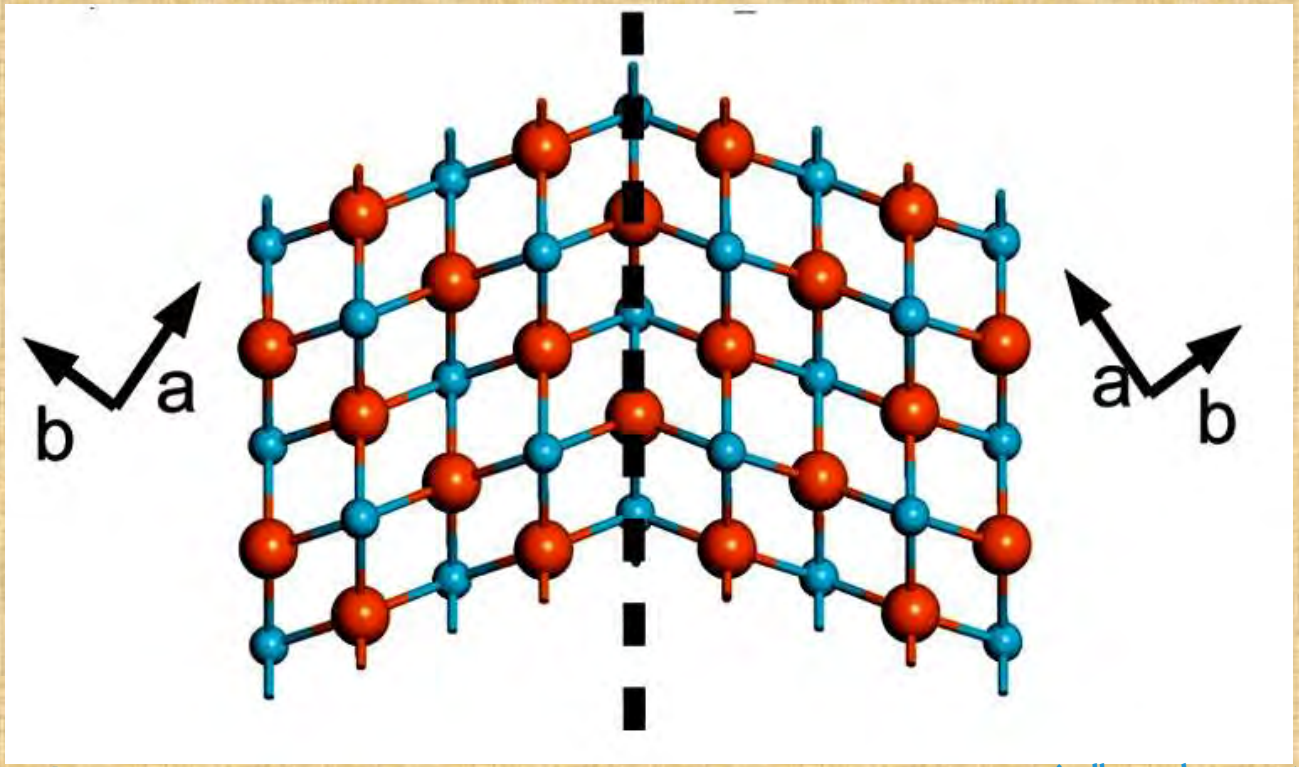
۴- فاکتور تراکم اتمی در مرز دانه کمتر از درون دانه است.

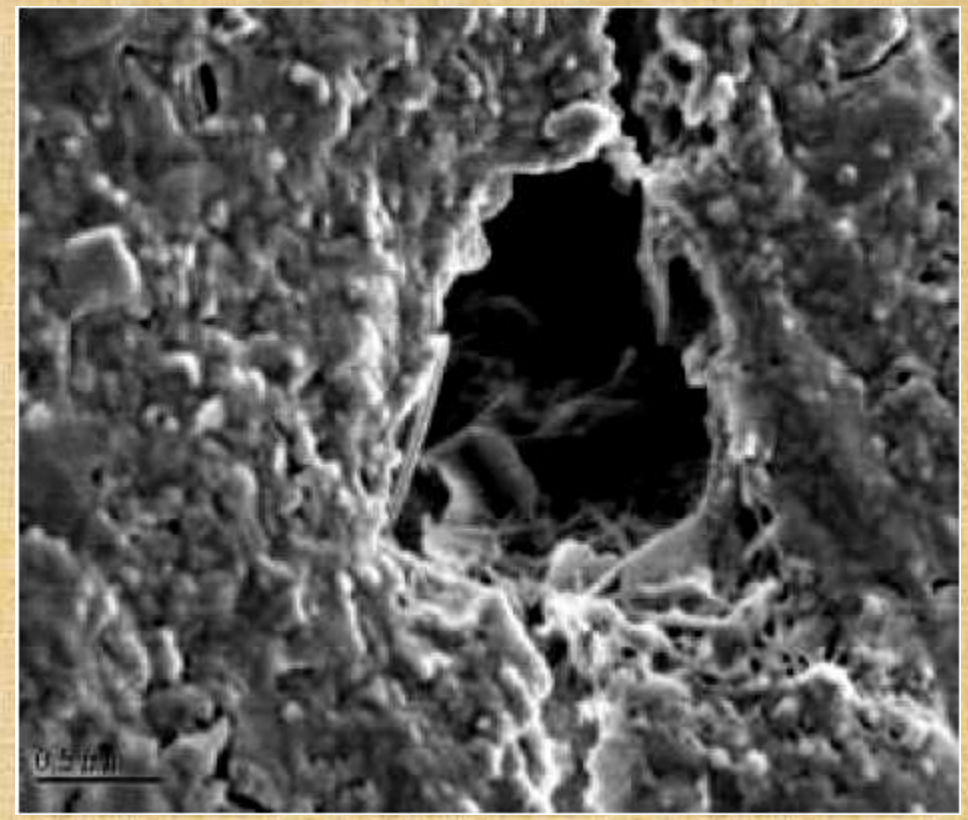


عیوب سطحی

مرز دوقلویی

در صورتی که دو قسمت ار کریستال نسبت به یک سطح طوری تغییر فرم دهند که یکی از آنها نسبت به آن سطح تصویر دیگری باشد، به آن دوقسمت از کریستال دوقلو و به مرز بین آن دو مرز دوقلویی گفته می شود.



عیوب حجمی

حفره، تخلخل، ترک ، آخال و فاز های ثانویه جزء عیوب حجمی محسوب می شود.