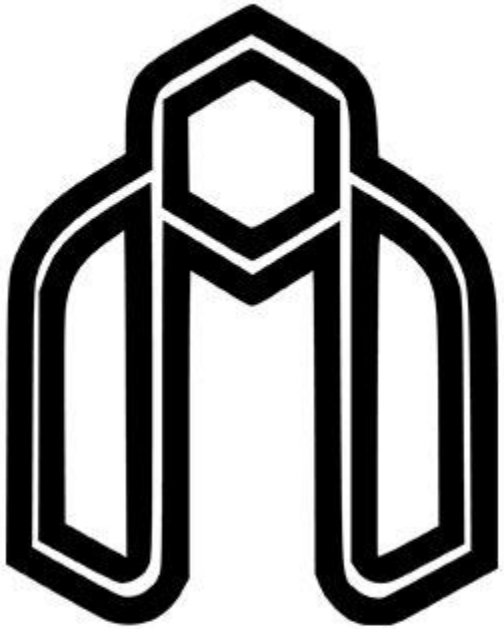


دانشگاه صنعتی شاهرود

Shahrood University of Technology

انواع عیوب کریستالی

عیوب نقطه ای

- اتم های جا خالی
- اتم های بین نشین
- اتم های جانشین

عیوب خطی

- نابجایی ها

عیوب سطحی

- مرزهای دانه

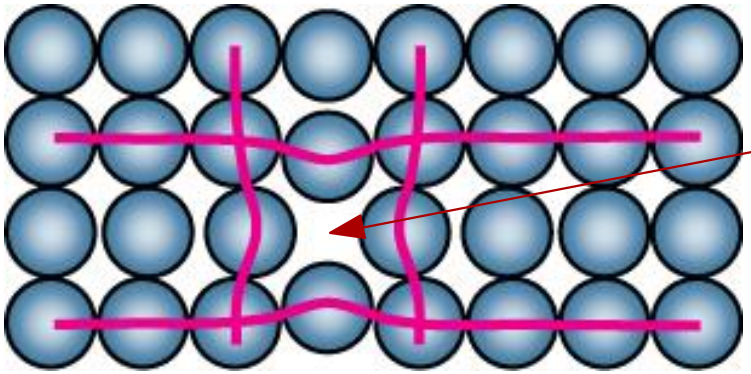
عیوب حجمی

- فاز ثانویه ، حفره ها، آخال ها

عیوب نقطه ای

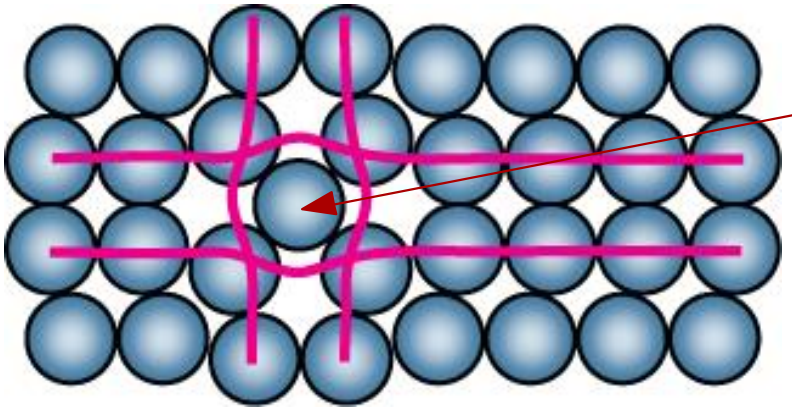
• جای خالی :

مکان های اتم های جا خالی در یک ساختار



• بین نشینی

اتم های اضافی بین مکان اتم ها قرار می گیرد



غلظت تعادل:
عیوب نقطه ای

غلظت های تعادلی با دما تغییر می کند

تعداد عیوب

انرژی اکتیواسیون

$$\frac{N_v}{N} = \exp\left(\frac{-Q_v}{kT}\right)$$

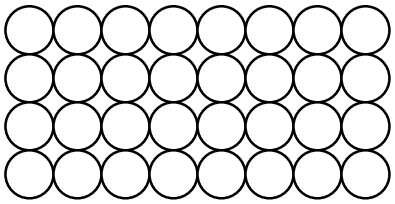
تعداد احتمالی
مکان های عیوب

دما

ثابت بولتزمن

$(1.38 \times 10^{-23}\ J/atom\text{-}K)$

$(8.62 \times 10^{-5}\ eV/atom\text{-}K)$



هر مکان شبکه یک پتانسیلی از مکان خالی هست

یک الکترون ولت انرژی جنبشی است که یک الکترون در حین شتاب گرفتن تحت اختلاف پتانسیل الکتریکی یک ولت دریافت می‌کند

.

$$1\ \mathrm{eV} = 1.60217653(14) \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$$

تخمین زدن غلظت جاهای خالی

- غلظت تعادلی جاخالی ها در ۱ متر مکعب مس در ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد.
- مفروضات

$\rho = 8.4\ g/cm^3$ $A_{Cu} = 63.5\ g/mol$

$Q_V = 0.9\ eV/atom$ $N_A = 6.02 \times 10^{23}\ atoms/mol$

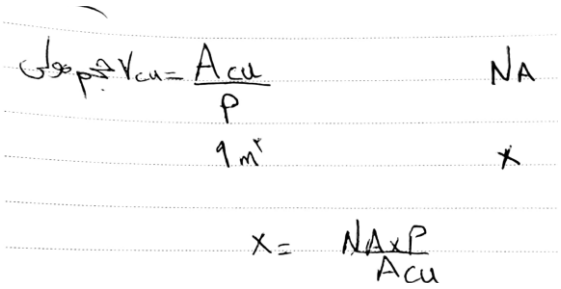
$$\frac{N_V}{N} = \exp\left(\frac{-Q_V}{kT}\right) = 2.7 \times 10^{-4}$$

0.9 eV/atom

1273K

8.62×10^{-5} eV/atom-K

برای یک متر مکعب, $N = \rho \times \frac{N_A}{A_{Cu}} \times 1\ m^3 = 8.0 \times 10^{28}$ مکان ها



جواب:

$N_V = (2.7 \times 10^{-4})(8.0 \times 10^{28})\ sites = 2.2 \times 10^{25}$ جا های خالی

غلظت تعادلی جاهای خالی در ۱/۵ متر مکعب آهن در ۲۰۰ درجه سانتیگراد چقدر است؟
انرژی اکتیواسیون:۱/۲ الکترون ولت
دانسیته: ۷/۸ گرم بر سانتی مترمکعب
جرم مولی: ٥٦ گرم

مزایای جای خالی

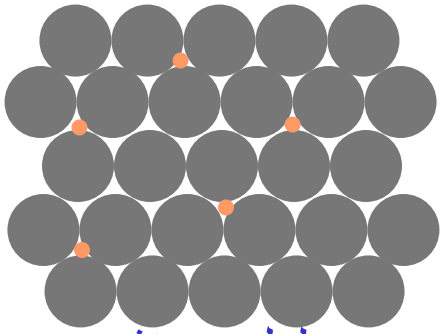
۱. سهولت در قرارگیری اتمهای سایر مواد و آلیاژسازی
۲. سهولت در جابجایی اتم ها در داخل شبکه بلوری (پدیده نفوذ) در حالت جامد

عوامل ایجاد عیب جای خالی

۱. در ضمن انجماد
۲. افزایش دما
۳. تغییرشکل پلاستیک
۴. بمباران با ذرات پرانرژی مثل نوترون ها
۵. انجماد بسیار سریع

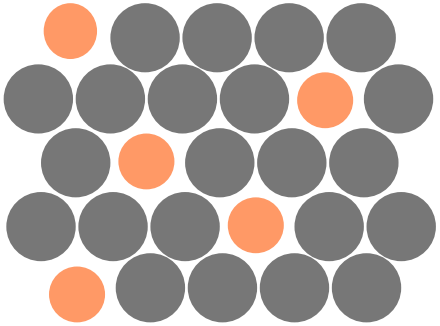
عیوب اتم جانشینی و یا بین نشین

اگر نا خالصی B به اتم A اضافه شود دونوع حالت ایجاد می شود



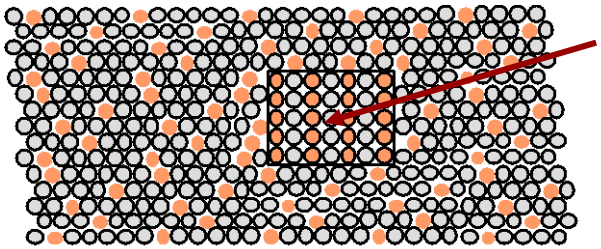
محلول بین نشین
(اتم کربن در آهن)

یا



محلول جامد جانشین
(اتم مس در نیکل)

برای مقادیر زیاد B تشکیل محلول جامد به اضافه تشکیل یک فاز جدید



ذرات فاز دوم
- ترکیب متفاوت
- ساختار متفاوت

شرایط برای تشکیل محلول جامد جانشین

قانون رتری هوم

۱- اختلاف شعاع اتمی کمتر از ۱۵ درصد باشد.

۲- در جدول تناوبی از نظر الکترونگاتیویته مشابه باشد.

۳- ساختار کریستالی مشابه برای فلزات خالص

٤- لایه ظرفیت

- یک فلز تمایل به حل یک فلز با لایه ظرفیت بیشتر دارد تا نسبت به یک فلز با لایه ظرفیت کمتر

کاربردهای قانون رتری هوم - محلول جامد

۱ – کدام بیشتر رخ میدهد؟

حل اتم های آلومینیم در روی یا حل اتم های نقره در روی؟

آلومینیم

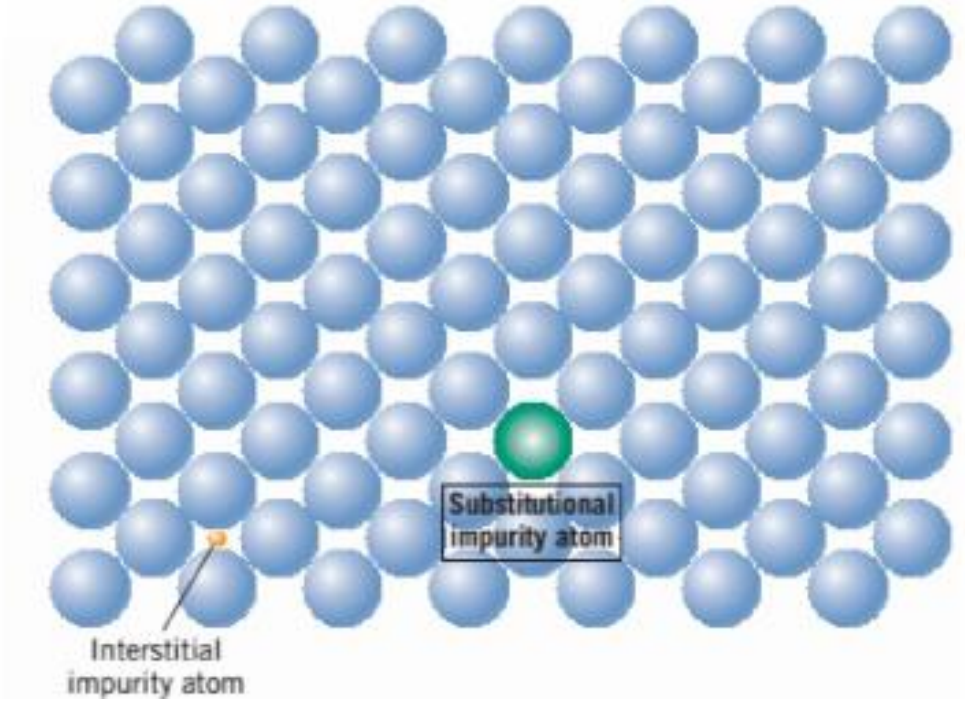
۲– حل اتم های روی در مس یا حل اتمهای روی در آلومینیم ؟

حل اتم های روی درمس

Element	*Atomic Radius (nm)*	*Crystal Structure*	*Electro-nega-tivity*	*Valence*
Cu	0.1278	FCC	1.9	+2
C	0.071			
H	0.046			
O	0.060			
Ag	0.1445	FCC	1.9	+1
Al	0.1431	FCC	1.5	+3
Co	0.1253	HCP	1.8	+2
Cr	0.1249	BCC	1.6	+3
Fe	0.1241	BCC	1.8	+2
Ni	0.1246	FCC	1.8	+2
Pd	0.1376	FCC	2.2	+2
Zn	0.1332	HCP	1.6	+2

مثالی کاربردی از عیوب بین نشین وجانشینی

- در این نوع عیب یک اتم از جبس دیگر بین اتمهای شبکه (بین نشینی به جای یکی از اتمهای شبکه (جانشینی) قرار می گیرد. اتمهای بین نشین اتمهای کوچک C، O و N هستند.
- کاربرد مهم این عیب در آلیاژسازی است.



یک مثال از عیب بین نشینی آلیاژ فولاد است.
و یک مثال از عیب جانشینی برنج (مس+روی) است.

عیوب خطی

عیوب خطی (نابجایی)

– عیوب یک بعدی در اطراف اتم هایی که به صورت بینظم قرار گرفتند وجود دارد.

- نابجایی لبه ای:

یک نیم صفحه اضافی در یک ساختار کریستالی قرار می گیرد

بردار برگر عمود بر خط نابجایی

- نابجایی پیچی
- پیچش مارپیچی صفحه در نتیجه تغییر شکل برشی
- بردار برگرموازی با خط نابجایی
- بردار برگرb : اعوجاج شبکه اندازه گیری می کند

نابجایی لبه ای

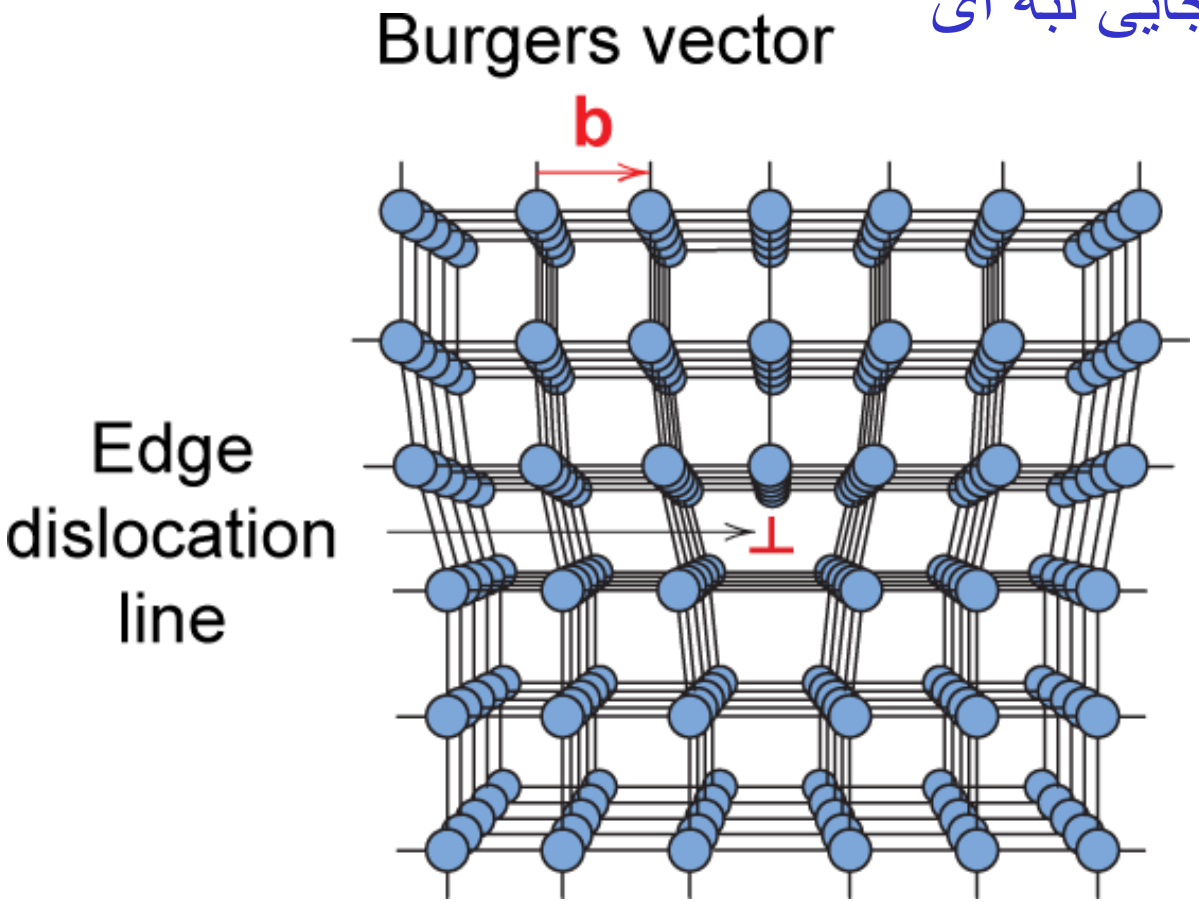
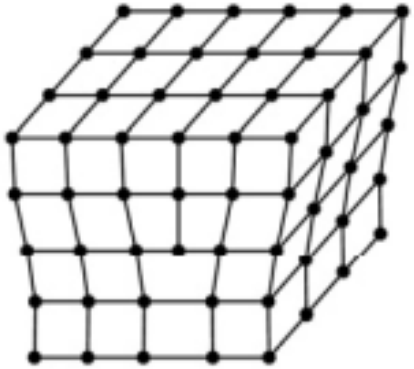
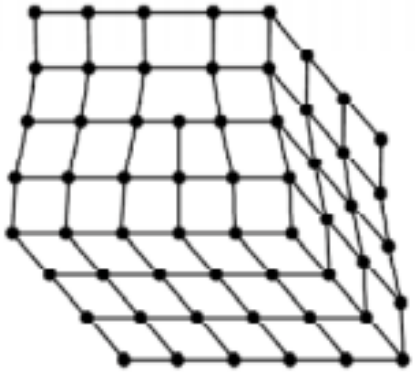


Fig. 4.3, *Callister 7e.*





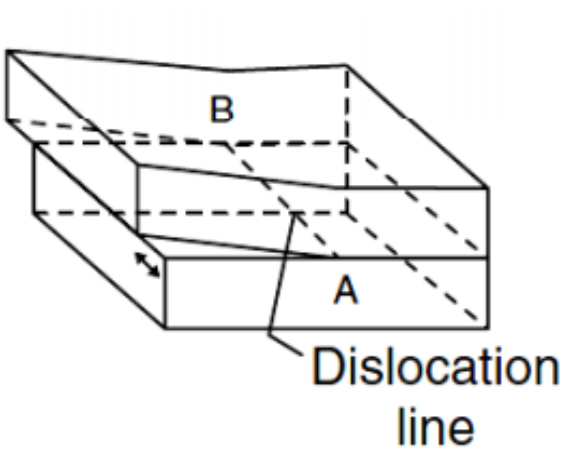
- انواع نابجایی لبه ای

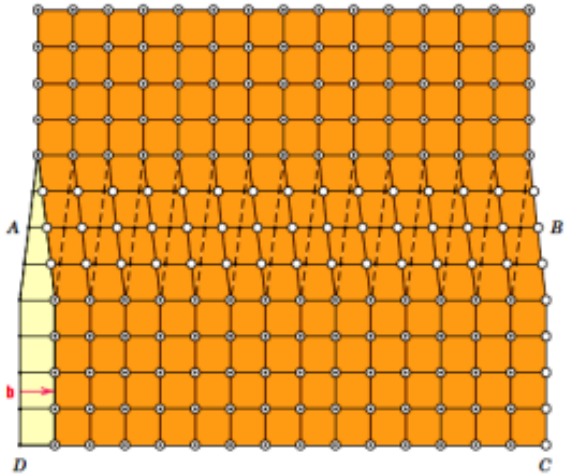
– نابجایی لبه ای مثبت که در آن نیم صفحه اضافی در بالای صفحه لغزش قرار دارد.

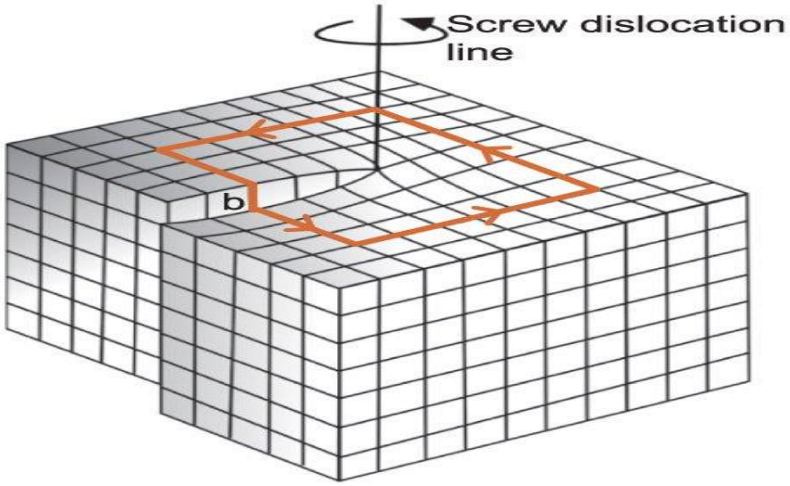
– نابجایی لبه ای منفی که در آن نیم صفحه اضافی در پایین صفحه لغزش قرار دارد.

نا بجایی پیچی

- میتوان فرض کرد که نابجایی پیچی حاصل از پیچش کریستال در اثر اعمال یک تنش برشی فرضی است.

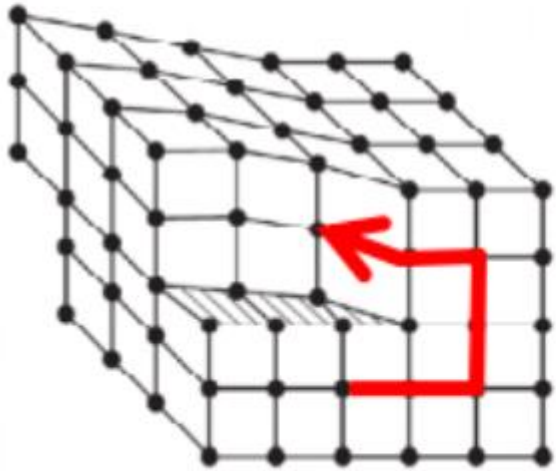




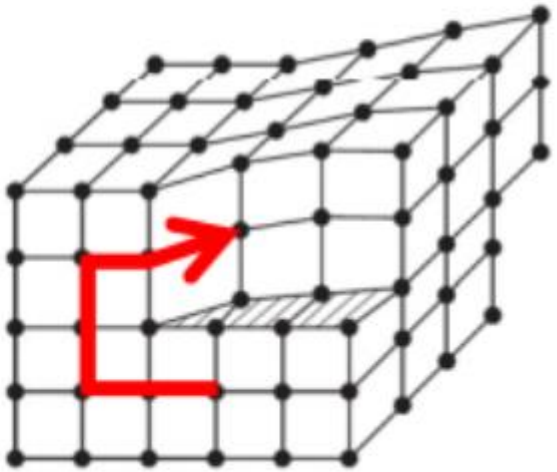


- انواع نابجایی پیچی

نابجایی پیچی راست گرد



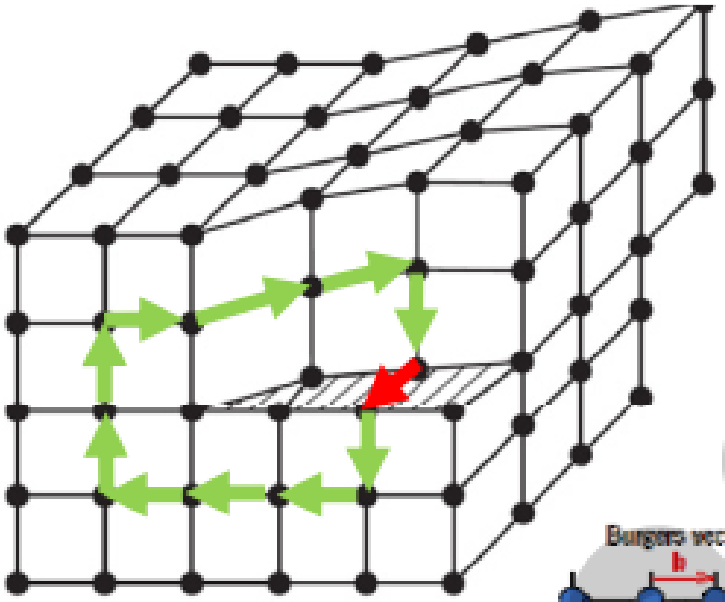
نابجایی پیچی چپ گرد



بردار برگرز

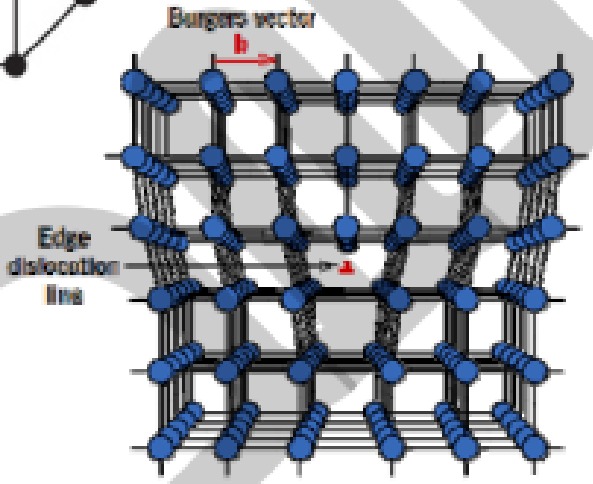
- بردار برگرز برداری است که جهت و مقدار لغزش مربوط به نابجایی را مشخص میکند.

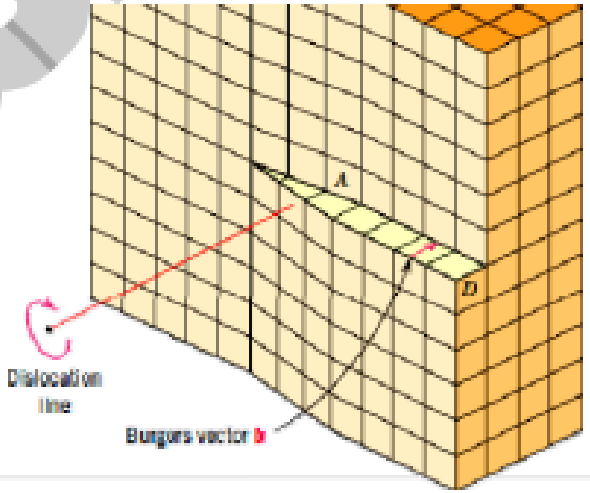
- بردار برگرز با رسم مدار برگرز بدست می آید. بردار برگرز برداری است که نقطه پایان را به نقطه شروع مدار برگرز وصل می کند.



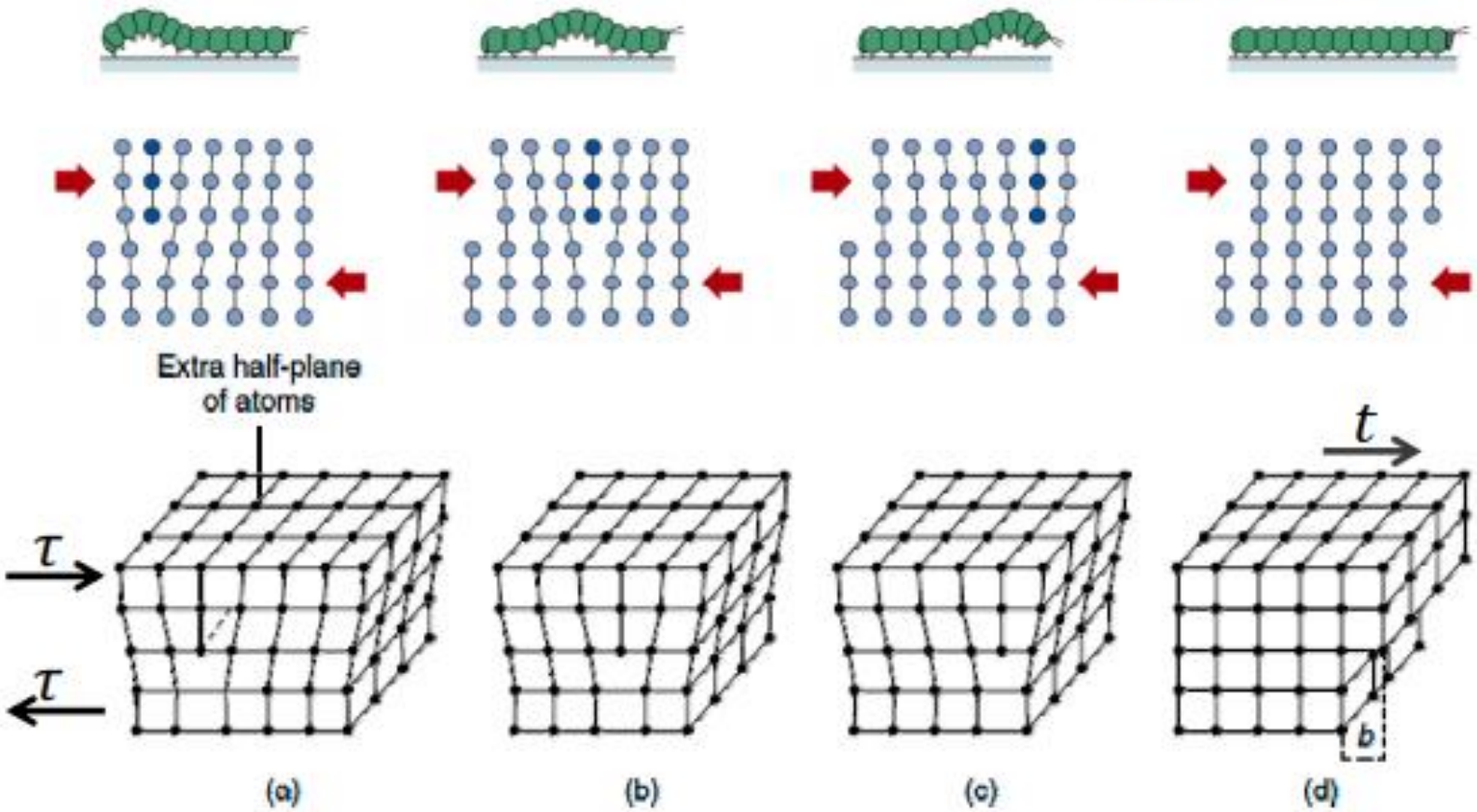
- بردار برگرز نابجایی پیچی

- بردار برگرز نابجایی پیچی با خط نابجایی موازی است.
- بردار برگرز نابجایی لبه ای بر خط نابجایی عمود است.

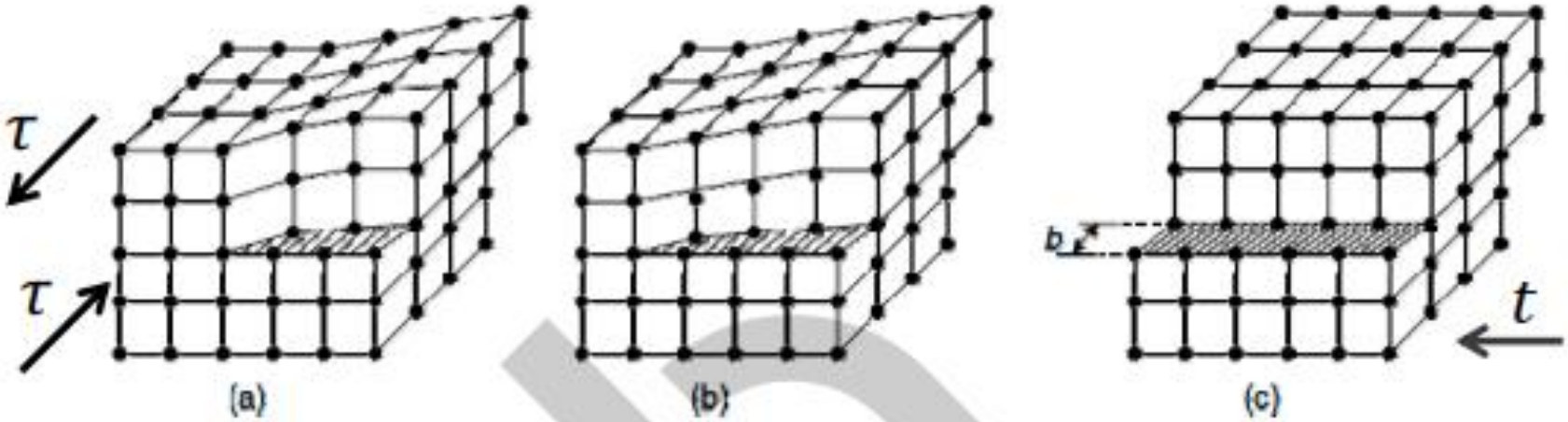




- حرکت نابجایی لبه ای



- حرکت نابجایی پیچی

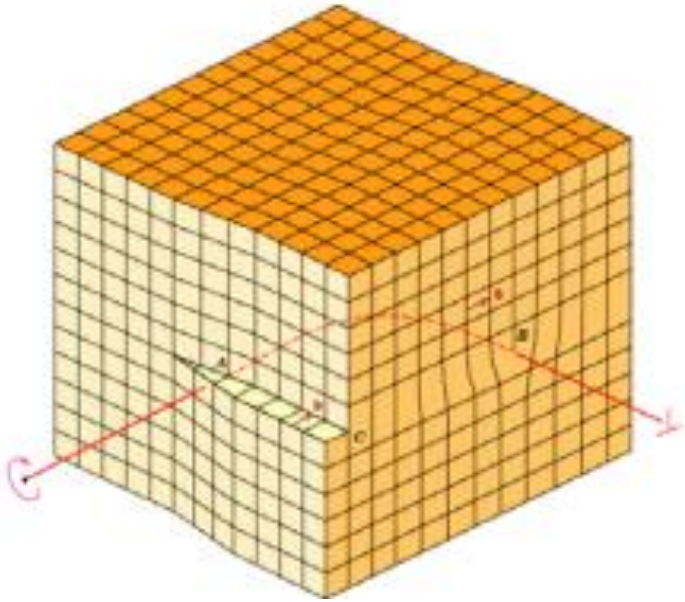


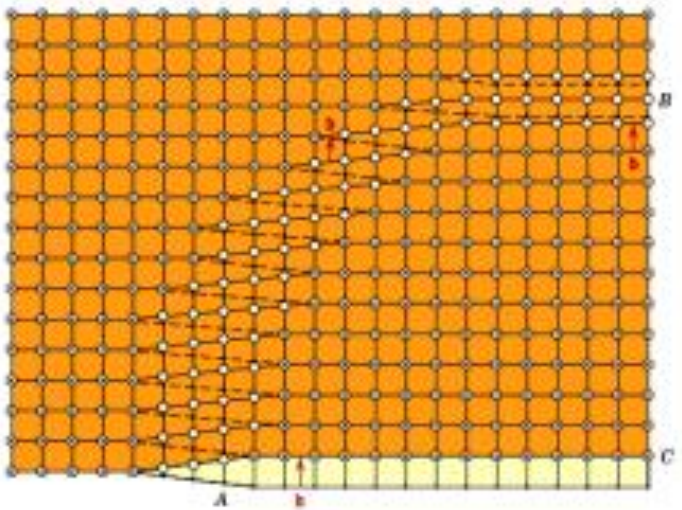
- همواره در پایان لغزش کامل نابجایی ها، یک پله لغزش در جهت بردار برگرز و به ضخامتی برابر با اندازه بردار برگرز بر روی سطح بلور تشکیل خواهد شد.

- نابجایی مرکب / Mixed dislocation

نوعی نابجایی که بردار برگرز آن عمود یا موازی با خط نابجایی نباشد.

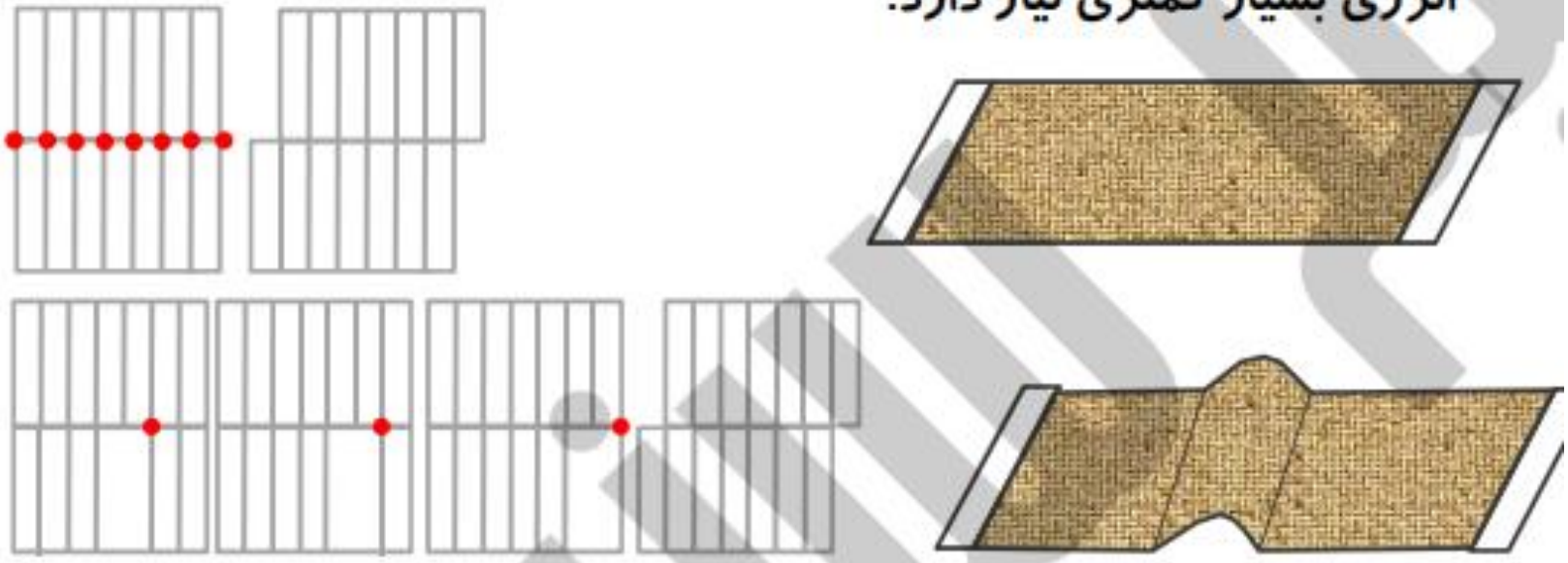
این نوع نابجایی قابل تجزیه به
دو نابجایی لبه ای و پیچی است.





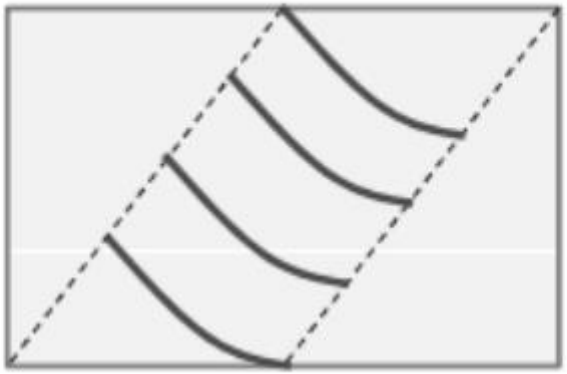
- بسیاری از نابه‌جاییهای موجود در مواد بلوری به صورت کاملاً لبه‌ای یا پیچی نبوده و رفتار مختلطی از هر دو نوع نابه‌جایی را به نمایش می‌گذارند که به این نوع نابه‌جایی‌ها، نابه‌جایی‌های مختلط Mixed Dislocation می‌گویند. مقدار و جهت اعوجاج شبکه‌ای ناشی از حضور یک نابه‌جایی بر حسب بردار برگرز بیان می‌شود و همچنین ماهیت یک نابجایی توسط جهات نسبی خط نابجایی و بردار برگرز تعیین می‌گردد.
- واقعیت آن است که تمامی مواد بلوری حاوی تعدادی نابجایی هستند که در حین انجماد در اثر تنش‌های حرارتی ناشی از سرمایش سریع ایجاد شده‌اند.
- نابجایی هم به هنگام تغییر شکل پلاستیکی مواد بلوری شامل فلزات و سرامیک تولید می شوند

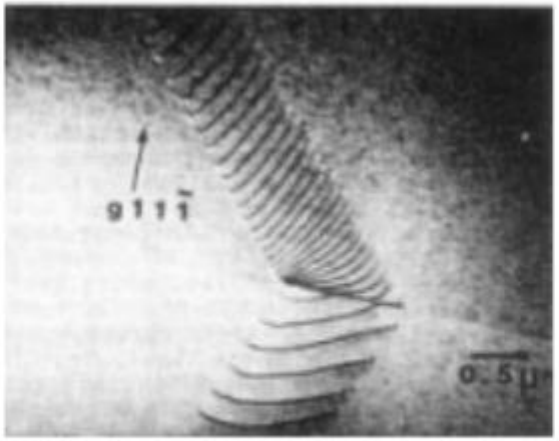
- در بلور کامل برای جابجایی صفحات باید تمام پیوندهای اتمی شکسته شود اما در بلور حاوی نابجایی تنها پیوندهای اطراف نابجایی شکسته میشود که به انرژی بسیار کمتری نیاز دارد.

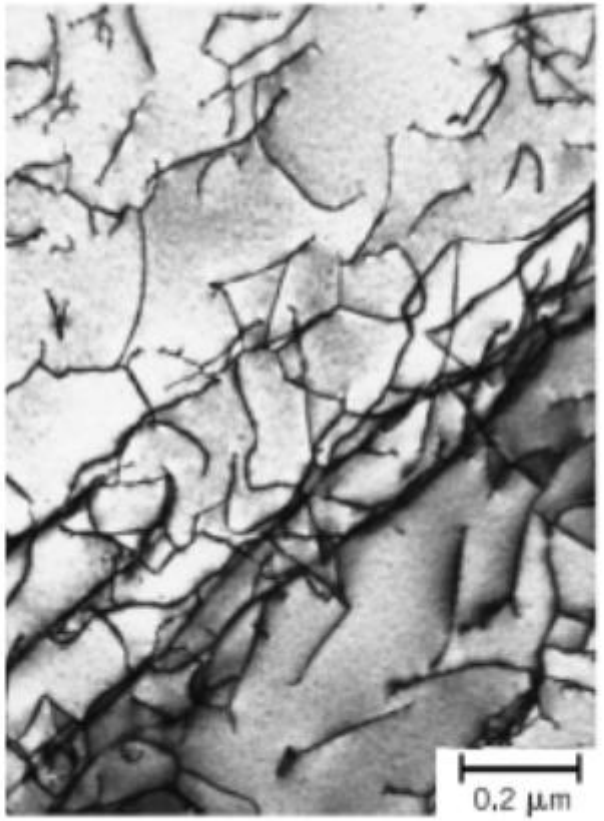


- تفاوت بلورهای فلزی با یونی و کوالانسی وجود نابجایی های متحرک است که قابلیت تغییر شکل در تنش های کم را به بلورهای فلزی میدهد.

- Transmission Electron Microscope / میکروسکپ الکترونی عبوری



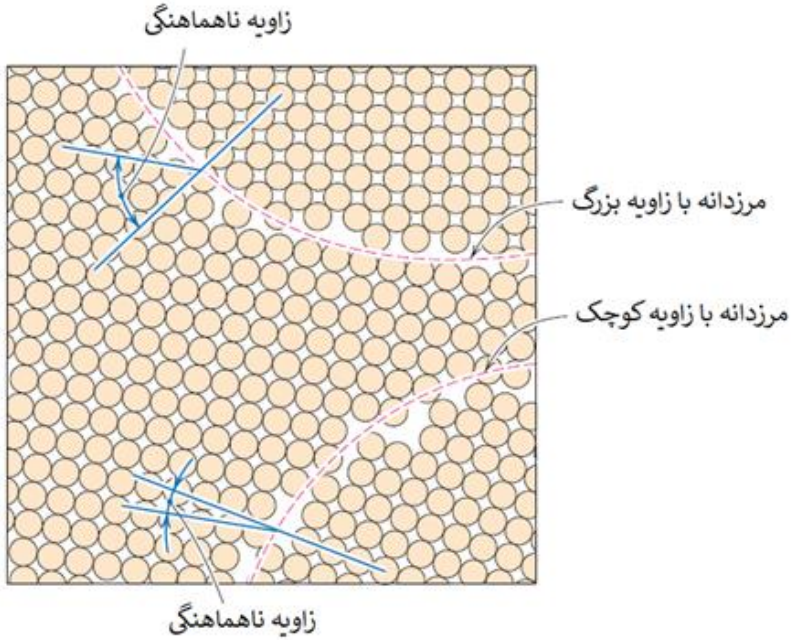




- در این روش دیسک هایی به قطر ٤ mm و ضخامت حدود ۰،۳ mm از قطعه مورد نظر تهیه می کنند. پس از نازک کردن وسط دیسک ها با روش های الکتروپولیش یا پاشش ذرات یون های باردار، آن را در زیر دستگاه میکروسکوپ قرار می دهند. این نمونه حالا در برابر اشعه الکترونی شفاف است. در این حالت اگر چه شبکه کریستالی قابل مشاهده نیست ولی نابجایی ها مشاهده می شوند زیرا میدان کرنش اطراف نابجایی باعث اختلاف شدت اشعه الکترونی تفرق کرده نسبت به جاهایی که نابجایی وجود ندارد می شود.

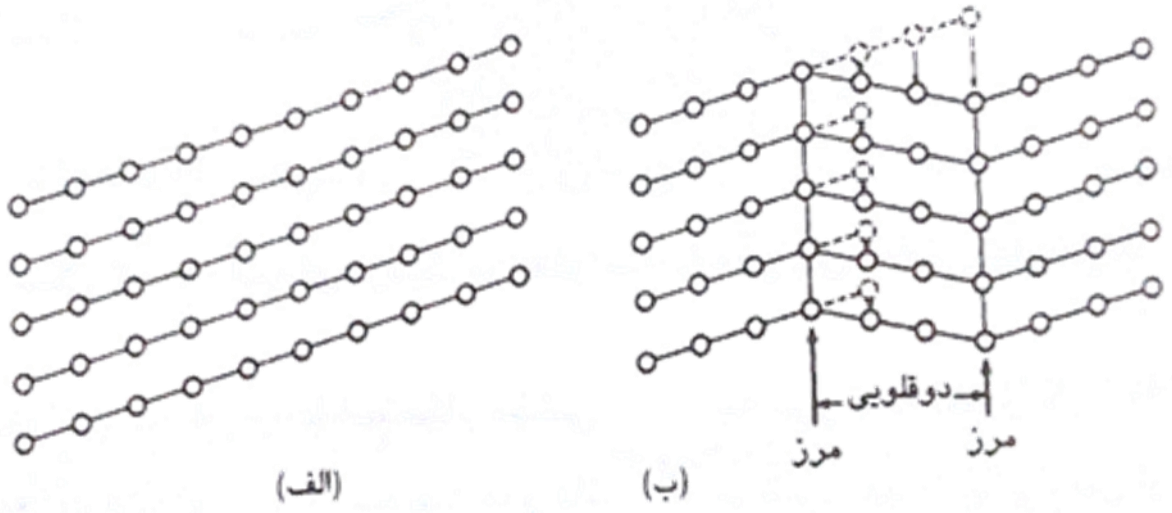
عیوب صفحه ای در جامدات – مرزدانه

- مرزی است که دو دانه یا بلور کوچک با جهت‌گیری بلوری متفاوت را در مواد پلی‌کریستال از یکدیگر جدا می‌کند. یک مرز دانه به صورت شماتیک در شکل زیر نشان داده شده است. در منطقه مرزدانه که ضخامت آن در حد چندین اتم است، یک ناهماهنگی اتمی بین دو دانه وجود دارد؛ چرا که جهت بلوری یک دانه با جهت بلوری دانه مجاور آن متفاوت است. اگر این ناهماهنگی در ساختار بلوری دو دانه مجاور کوچک باشد، از اصطلاح مرزدانه با زاویه کوچک استفاده می‌شود. در حالت مقابل، اگر ناهماهنگی در چینش اتمی بین دو دانه زیاد باشد، از اصطلاح مرزدانه با زاویه بزرگ استفاده می‌شود.

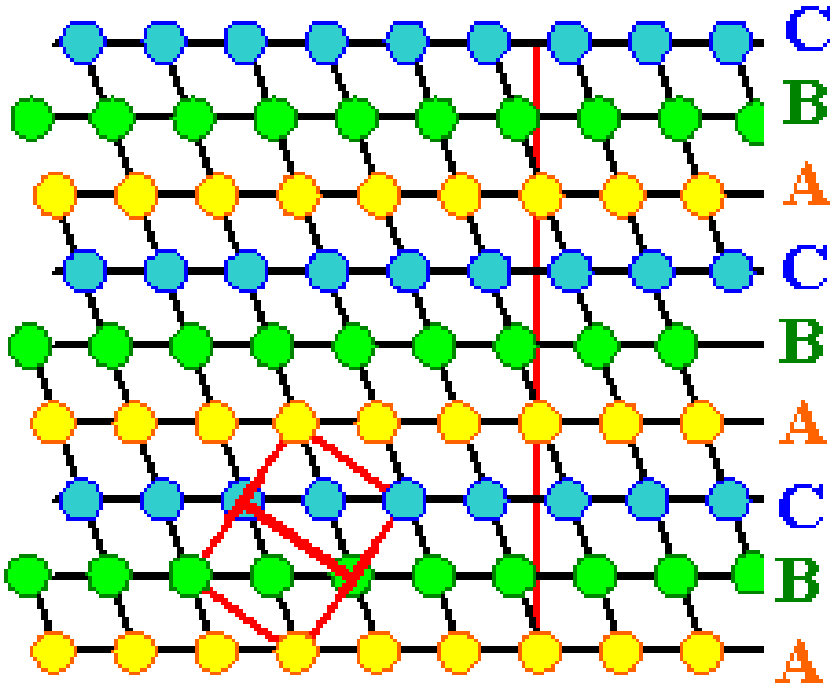


عیوب صفحه ای در جامدات – دو قلویی

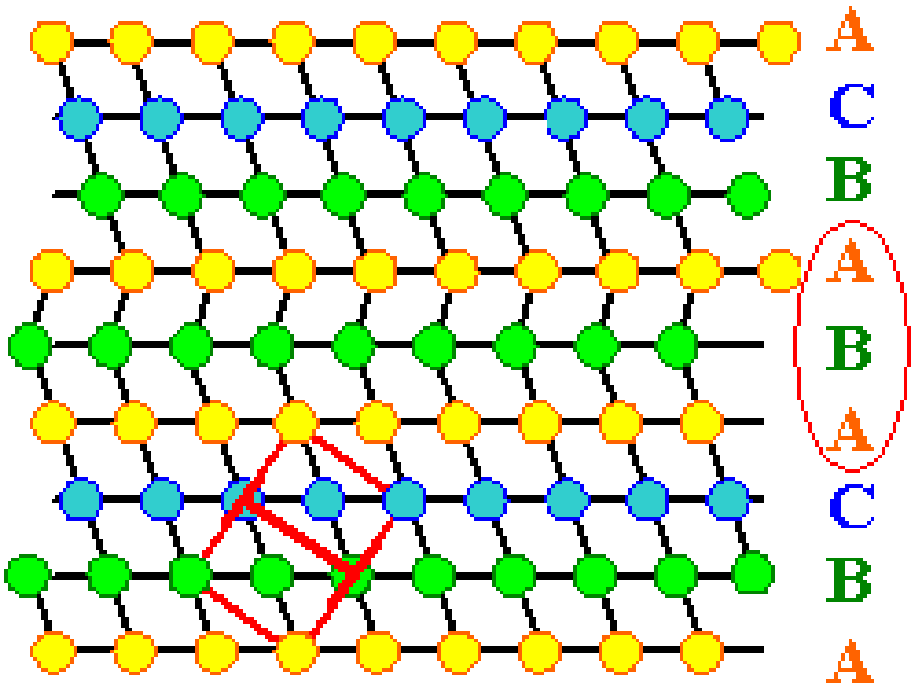
- دوقلویی شدن مکانیزی است که توسط آن قسمتی از یک بلور در جهتی قرار می گیرد که تصویر آینه ای از بلور اصلی است.



- عیوب چینشی
- برای فلزات FCC خطایی در چینش ABCABC وجود دارد
  - مثال ABCABABC :



Perfect Crystal



Stacking Fault

عیوب حجمی

۱. حفرات
۲. ترکها
۳. مواد ناخالص
۴. ذرات فاز ثانوی

انواع عیوب سه بعدی از چند نانومتر تا چند سانتیمتر تغییر می کند و بر خواص فیزیکی و شیمیایی مواد بسیار موثر هستند و در کل در بسیاری از موارد باعث افت خواص می شوند.