

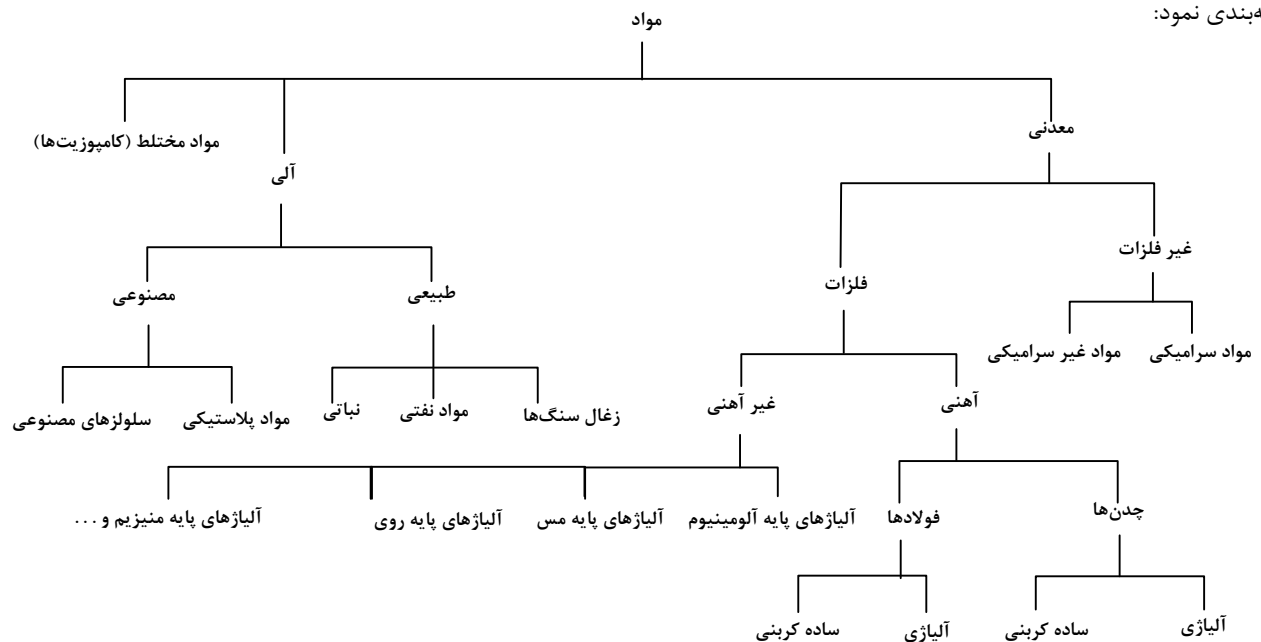
فصل اول

« شناخت علم مواد »

طبقه‌بندی مواد

با توجه به تعریف و آنچه که در تشخیص مواد برداشت می‌شود، مواد را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم کرد: مواد معدنی، مواد آلی و مواد مختلط (کامپوزیت‌ها)

در دسته‌بندی فوق، مواد با توجه به خصوصیات منحصر به فرد در شرایط وجودی و کاربردی تقسیم‌بندی شده‌اند. به طور کلی مواد را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی نمود:



مثال ۱: سلولزهای مصنوعی بیشتر در کدام دسته‌بندی مواد قرار می‌گیرند؟

- (۱) آلی - طبیعی (۲) آلی - مصنوعی (۳) سرامیک‌ها (۴) طبیعی - نباتی

پاسخ: گزینه «۲» سلولزهای مصنوعی زیر شاخه مصنوعی مواد آلی هستند.

مثال ۲: کدام مواد در دسته غیر فلزات قرار می‌گیرند؟

- (۱) چدن‌ها (۲) فولادها (۳) مواد سرامیکی (۴) برنزها

پاسخ: گزینه «۳» مواد سرامیکی از غیر فلزات معدنی هستند.

علم مواد دانشی است که به ترکیب شیمیایی، ساختار، تغییر شکل مواد و ارتباط آن‌ها با خواص مواد می‌پردازد، تا به خواص مورد نظر و نحوه کاربرد آن‌ها دست یابد. عناصر شناخته شده تا امروز که به طور خالص یا ترکیبی یافت می‌شوند، در طبیعت حدود ۱۰۴ عنصر هستند که به فلزات، غیر فلزات و نیمه فلزات (شبه فلزات) تقسیم می‌شوند، از بین عناصر کشف شده که قبلاً یاد شده حدود ۴۰ عنصر در دسترس صنایع قرار گرفته و کاربرد بیشتری دارند. این عناصر یا به طور خالص و یا به صورت آلیاژ یا مخلوطی از آن‌ها در صنعت و در زندگی روزمره بکار می‌روند و نیازهای متنوع بیشتری را تأمین می‌کنند.

کره‌ی زمین شامل عناصر فوق و یا ترکیب یا مخلوطی از ترکیب مواد فوق می‌باشد و به طور متوسط چگالی کره‌ی زمین حدود $\frac{5}{5} \frac{g}{cm^3}$ می‌باشد. بدین ترتیب که مرکز زمین را گدازه‌ای از فلزات سنگین مثل آهن، نیکل، کبالت، طلا و... و یا ترکیباتی از آن‌ها، تشکیل می‌دهد. در صورتی که پوسته‌ی زمین شامل ترکیبات عناصر سبکتری نظیر آلومینیوم و منیزیم... می‌باشد.

کانی‌ها و انواع آن

به طور کلی کانی یا سنگ معدنی (ore)، ماده طبیعی است که در آن، یک یا چند عنصر فلزی با کیفیت و کمیتی وجود دارد که استخراج آن از نظر اقتصادی به صرفه باشد. مثلاً آهن موقعی جهت استخراج به صرفه است که مقدار درصد آهن سنگ معدن بیش از حدود ۳۵٪ باشد و ناخالصی‌های مضر آن مثل فسفر و گوگرد بسیار کم باشد.

نکته ۱: البته ارزش اقتصادی و قابلیت بهره‌برداری و استخراج مواد معدنی بستگی به چند عامل متغیر دارد.

که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

۱- عدم وجود عناصر و ناخالصی‌های مضر صنعتی دیگر

۲- مقدار ذخیره و محل جغرافیایی معادن

۳- دسترسی به وسایل و تسهیلات حمل و نقل از معدن تا محل مصرف

کانی‌ها از نظر کلی به چهار دسته‌ی مهم تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

۱- خالص طبیعی ۲- اکسید ۳- کربنات ۴- سیلیکات

تمام کانی‌ها به عنوان مواد اولیه در استخراج مواد فلزی و غیر فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. درصد بیشتر این کانی‌ها به صورت اکسید است و بعد از آن سولفورها از فراوانی بیشتری در استخراج برخوردارند و عناصر خالص که گاهی در قشر زمین یافت می‌شوند، عبارتند از: طلا و نقره، مس، روی و نیکل، سرب و... که احتمالاً از گدازه‌های آتشفشانی از عمق زمین به قشر سطحی آن رسیده‌اند. در جدول زیر عناصر و فراوانی آن‌ها در زمین و جو آن به صورت درصد مشخص شده است.

نام عنصر	علامت اختصاری	مقدار درصد فراوانی در کره‌ی زمین	نام عنصر	علامت اختصاری	مقدار درصد فراوانی در کره‌ی زمین
اکسیژن	O	۴۶/۴۶	هیدروژن	H	۰/۱۴
سیلیسیم	Si	۲۷/۶۷	فسفر	P	۰/۱۲
آلومینیوم	Al	۸/۰۷	کربن	C	۰/۰۹
آهن	Fe	۵/۰۶	منگنز	Mn	۰/۰۹
کلسیم	Ca	۳/۶۴	گوگرد	S	۰/۰۶
سدیم	Na	۲/۷۵	کلر	Cl	۰/۰۵
پتاسیم	K	۲/۵۸	فلوئور	F	۰/۰۳
منیزیم	Mg	۲/۰۷	استرانسیم	Sr	۰/۰۲
تیتانیوم	Ti	۰/۶۲	بقیه عناصر		۰/۵

به طور کلی می‌توان گفت که عمده اختلاف بین فلزات و غیر فلزات روی نوع پیوند آن‌هاست. در این راستا فلزات دارای پیوند فلزی بوده در حالی که غیر فلزات پیوند فلزی ندارند. زمینه‌های بحث علم مواد بسیار وسیع بوده و تمامی موارد مندرج در تعریف فوق را در بر می‌گیرد. در زیر ابتدا به طور مختصر مواد را شناسایی می‌کنیم. سپس بر حسب نیاز رشته‌های مختلف به بحث درباره‌ی بعضی شاخه‌ها به طور کامل می‌پردازیم.

فرق اصلی فلزات و غیر فلزات در نوع پیوند آن‌هاست، به طور کلی پیوند غیر فلزات خطی بوده و جهت حرکت الکترون‌های پیوندی مشخص و معین و محدود به چند اتم می‌باشد، در حالی که فلزات پیوند فلزی داشته و جهت حرکت الکترون‌های پیوندی نامشخص می‌باشند و این الکترون‌ها در سه بعد حرکت می‌کنند و همین عامل باعث می‌شود که الکترون‌های آزاد در حال حرکت حامل انرژی بوده و هدایت الکتریکی و حرارتی بسیار خوبی داشته باشند. پیوند فلزی، پیوندی شبیه پیوند کووالانسی می‌باشد، با این تفاوت که پیوندهای فلزی شامل الکترون‌های آزاد حامل انرژی می‌باشند. ولی پیوندهای کووالانسی، الکترون‌های آزاد ندارند. یکی از دلایل هدایت الکتریکی و حرارتی و تغییر رنگ فلزات همین وجود الکترون‌های آزاد در آن‌هاست. غیر فلزات چون در حالت انجماد پیوند خطی دو بعدی دارند و الکترون‌ها بین اتم‌های محدود در پیوند، به اشتراک گذاشته می‌شود و آزاد نیستند، بنابراین حامل انرژی الکتریکی و حرارتی نبوده و عایق الکتریکی و حرارتی خوبی می‌باشند. بنابراین غیر فلزات عموماً به عنوان عایق الکتریکی و حرارتی عمل می‌کنند، در حالی که برای هدایت الکتریکی و حرارتی عمدتاً فلزات مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در زیر به شرح مختصری درباره‌ی انواع مواد فلزی و غیر فلزی و معدنی غیر آلی می‌پردازیم:

مواد فلزی، غیر فلزی، سرامیکی

مواد فلزی

مواد فلزی معمولاً هدایت الکتریکی و حرارتی خوبی دارند. بسیاری از این مواد به طور توأم استحکام مکانیکی و انعطاف‌پذیری مناسبی را شامل می‌شوند در حالی که عمدتاً این مشخصه در غیر فلزات دیده نمی‌شود. به دلیل توأم بودن استحکام و انعطاف‌پذیری مناسب مواد فلزی گستره وسیعی از خواص مکانیکی از قبیل مقاومت کششی، مقاومت فشاری، مقاومت به پیچش، مقاومت به خمش یا مقاومت به برش در فلزات دیده می‌شود. فلزات می‌توانند به صورت خالص یا آلیاژی باشند که در این میان آلیاژها در صنایع از کاربرد بیشتری برخوردارند. در حالی که فلزات خالص در صنعت کاربرد محدودی دارند و بیشتر در صنایع الکتریکی و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی کاربرد دارند. در فصل‌های بعدی در مورد آلیاژها، نحوه ساخت، انتخاب و کاربرد آن‌ها در صنایع به طور مفصل بحث خواهد شد.

نکته ۲: معمولاً در شرایط دمایی مختلف، فلزات دارای شبکه‌های کریستالی متفاوتی می‌باشند. تغییرات شبکه کریستالی در اثر تغییرات درجه حرارت را در مواد فلزی آلوتروپی «Alotropy» می‌نامند.

مواد غیر فلزی

مواد غیر فلزی همان طوری که در نمودار طبقه‌بندی مواد مشخص کردیم، وسیع‌اند، دسته‌ای از این مواد معدنی غیر آلی هستند و قسمت عمده آن‌ها مواد سرامیکی‌اند که در صنعت کاربرد وسیعی دارند.

مواد سرامیکی

سرامیک به کلیه «مواد جامد، معدنی و غیر فلزی» گفته می‌شود.

به طور عمده، مواد سرامیکی از ترکیب شیمیایی فلزات با بعضی مواد غیر فلزی به خصوص اکسیژن تشکیل شده‌اند که بیشتر آن‌ها تمایل به ایجاد ترکیبات اکسیدی مثل Fe_2O_3 ، $(Fe_2O_3, 3H_2O)$ ، Al_2O_3 ، MgO ، SiO_2 ، Na_2O ، K_2O و CuO ... دارند که سیمان، بتن، آجر، سنگ‌های مختلف و آجرهای نسوز و شیشه‌های سرامیکی از آن جمله‌اند و نیز موادی مثل کاربیدها، نیتريد‌ها و سولفیدها مانند VC (کاربید وانادیم)، TiC (کاربید تیتانیوم) و SiC (کاربید سیلیسیم) که در ساخت سنگ سنباده‌ها و نیز ساخت فرزهای انگشتی و ابزارهای برشی و آجرهای نسوز مورد استفاده قرار می‌گیرند و Mg_3N_2 (نیتريد منیزیم) و FeS_2 (سولفید آهن) از آن جمله می‌باشند.

بعضی از این مواد در درجه حرارت‌های مختلف، شکل و ساختمان‌های مختلف پیدا می‌کنند که به آن‌ها چند شکلی (Polymorph) گویند به این شکل‌ها، مدیفیکاسیون نیز گفته می‌شود. به عنوان نمونه، می‌توان از SiO_2 یا سیلیس نام برد که دارای چهار شکل: کوارتز، تری‌دی‌میت، کریستوبالیت و فاز شیشه می‌باشد.

همین طور کربن دارای دو مدیفیکاسیون آرایش می‌باشد و یک مدیفیکاسیون کربن بی‌شکل که عبارتست از: الماس با پیوند کووالانسی و با سختی حدود 2000 برینل و گرافیت با پیوند فلزی با سختی حدود 20 برینل می‌باشد. هرگاه کربن در فشار بسیار بالا و درجه حرارت بالای $3000^\circ C$ قرار گیرد، تبدیل به الماس می‌شود که دارای پیوند کووالانسی بسیار قوی است. از این رو الماس دارای سختی بسیار بالا و نیز نقطه‌ی ذوب بالایی است. تمام اجسام سخت را معمولاً به الماس تشبیه می‌کنند. گرافیت نوعی فاز پایدار کربن می‌باشد که هدایت الکتریکی دارد در حالی که الماس فاقد هدایت الکتریکی است. کربن به صورت گرافیت به علت ساختار فلزی لایه‌ای که دارد، و نیز به دلیل داشتن تنش برشی بسیار پایین به عنوان ماده روانکار جهت کاهش اصطکاک در سطوح تماس قطعات کاربرد وسیعی دارد و به دلیل نقطه‌ی ذوب بالا در راکتورهای هسته‌ای ترمز کننده و غلاف سوخت و نیز در ساخت بوته‌های ذوب کاربرد دارد. نوع دیگر ساختار کربن، ساختار بی‌شکل (Amorph) یا شیشه‌ای می‌باشد، که به نام زغال شیشه‌ای معروف است و از تجزیه و تخریب ترکیبات آلی مثل سلولزها ساخته می‌شود که محصول آن به صورت رشته‌های کربن بوده و تحت فشار و درجه حرارت حدود $3000^\circ C$ بدست می‌آید. این زغال در حرارت محیط به صورت شیشه می‌شکند و در صنایع شیمیایی کاربرد وسیعی دارد. در ترکیباتی با فرمول SiO_2 بدلیل چهار ظرفیتی بودن سیلیسیم (Si) پیوندهای کووالانسی و پیوند یونی (الکترووالانسی) در آن‌ها هر دو با هم دیده می‌شوند و دارای چهار مدیفیکاسیون با تعدادی آلوتروپی می‌باشند. در مواد سرامیکی ضریب هدایت الکتریکی بسیار کم و حتی منفی است. در حالی که در فلزات هدایت الکتریکی و حرارتی مثبت است. در مواد سرامیکی استحکام فشاری ۵ تا ۱۰ برابر استحکام کششی است. موادی هستند ترد و شکننده و عایق خوبی برای حرارت و هدایت الکتریکی می‌باشند، نقطه ذوب بسیاری از مواد سرامیکی بالا بوده و کاربرد وسیعی در صنایع نسوز و دیرگداز دارند. از دیگر مواد سرامیکی اکسید مواد سیلیکاتی می‌باشد که انواع سیلیکات‌ها و مخلوط آن با سیلیس و اکسید آلومینیوم خاک رس را تشکیل داده و در ساخت آجرهای ساختمانی کاربرد دارد. سیمان نیز از سرامیک‌های اکسیدی است. که ترکیبات عمده آن SiO_2 ، Al_2O_3 و CaO و Fe_2O_3 است. این اکسیدها پس از پخت در کوره در اثر حرارت به اکسیدهای مرکب مثل: دو کلسیم سیلیکات ($2CaOSiO_2$) و سه کلسیم سیلیکات ($3CaOSiO_2$)، سه کلسیم آلومینات ($3CaO, Al_2O_3$)، چهار کلسیم آلومینوفریت ($4CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3$) تبدیل می‌شوند که همان سیمان است.



مهمترین خصوصیات سیمان پرتلند نرمی ذرات، گیرش، درجه حرارت هیدراتاسیون، مقاومت مکانیکی و سلامت سیمان است. ترکیب منیزیم و فعل و انفعال سولفات کلسیم با ترکیبات یاد شده باعث تهدید سلامت سیمان می‌شود که همان ترک و انقباض زیاد در اثر ترکیبات فوق می‌باشد.

نکته ۳: گاهی مواد سرامیکی به صورت تک عنصری ظاهر می‌شوند که از اتمهای ۴ ظرفیتی کربن (C) و سیلیسیم (Si) و ژرمانیم (Ge) تشکیل شده‌اند.

شیشه‌های سیلیکاتی

شیشه‌های سیلیکاتی نور را به خوبی و به طور مرئی در تمام جهات می‌توانند به صورت یکنواخت عبور دهند یعنی خاصیت ایزوتروپ ساختاری دارند و به همین علت در ساخت شیشه‌های در و پنجره ساختمان‌ها، عینک، عدسی، فلزات نوری در صنایع نوری (اپتیکی) مورد استفاده قرار می‌گیرند. شبکه‌ی اصلی شیشه‌های سیلیکاتی از شبکه‌ی نامنظم $(\text{SiO}_2)^{4-}$ تشکیل شده است. شیشه‌ی کریستوبالیت به راحتی تولید نمی‌شود. برای کاهش حرارت ذوب مواد اولیه‌ی تهیه شیشه، اکسیدهای کاهنده حرارت ذوب بآن اضافه می‌کنند، مثلاً شیشه‌ی پنجره‌ی منزل از:

SiO_2 و Na_2O و CaO تشکیل شده است. که مقدار اکسید سدیم و کلسیم به ترتیب ۱۵ و ۱۰ درصد می‌باشد. شیشه‌های رنگی با افزایش عناصر CO و Cr و Mn و Cu، به شیشه مذاب به دست می‌آیند. مقدار درصد افزایش عناصر فوق برای رنگی کردن شیشه کم است. مثلاً برای آبی کردن رنگ شیشه ۵/۰ درصد CaO به آن اضافه می‌کنند. یون‌های آهن رنگ نامطلوب به شیشه می‌دهند. برای بدست آوردن شیشه شفاف، بایستی از سنگ‌های کوارتزی استفاده کرد.

گاهی مواد سرامیکی به صورت تک عنصری ظاهر می‌شوند. اهم آن‌ها نیمه فلزها (شبه فلزات) مثل کربن (C) و سیلیسیم (Si) و ژرمانیم (Ge) و بُر (B) می‌باشند. بُر دارای نقطه ذوبی حدود 2000°C بوده و به صورت الیاف در تقویت مواد (تهیه‌ی مواد مختلط یا کامپوزیت) کاربرد دارد و ژرمانیم و سیلیسیم نیز در تهیه‌ی نیمه هادی‌ها کاربرد زیادی دارند.

کج مثال ۳: علم مواد درباره بحث می‌کند.

(۱) شناخت مواد (۲) انتخاب مواد (۳) رابطه مواد و کاربرد آن‌ها (۴) رابطه بین ترکیب مواد مختلف

پاسخ: گزینه «۳» علم مواد دانشی است که به رابطه مواد و کاربرد آن‌ها می‌پردازد.

کج مثال ۴: شرایط استخراج معادن کدام است؟

(۱) بالا بودن درصد عنصر مورد نظر (۲) وجود چند عنصر در یک معدن
(۳) بالا بودن درصد عنصر موردنظر و دسترسی معدن (۴) وجود عنصر موردنظر به صورت خالص

پاسخ: گزینه «۳» بالا بودن درصد عنصر مورد نظر و دسترسی به معدن از عوامل مهم استخراج در معادن است.

کج مثال ۵: کدام مطالب درباره‌ی وجود عناصر صحیح است؟

(۱) فلزات به صورت خالص در معادن وجود دارند. (۲) فلزات سنگین در مرکز زمین به طور طبیعی وجود دارند.
(۳) محل‌هایی که فلزات یافت می‌شوند، معادن نام دارند. (۴) معادن قابل استخراج دارای تنوع عناصر است.

پاسخ: گزینه «۲» عناصر فلزی سنگین در مرکز زمین به صورت طبیعی یافت می‌شوند.

فرق بین فلزات و غیر فلزات

عناصر شیمیایی بر حسب خواص و مشخصات مختلف به فلزات (Metals) و غیر فلزات (Non-Metals) تقسیم می‌شوند. بعضی عناصر نیز بین خواص فلزی و غیر فلزی قرار دارند که آن‌ها را شبه فلز (Metalloids) گویند.

فلزات عناصر شیمیایی هستند که در فعل و انفعالات می‌توانند جانشین هیدروژن در اسیدها شوند و در تجزیه الکتریکی، بار الکتریکی مثبت را شامل شده و بر روی قطب منفی (کاتد) می‌نشینند. غیر فلزات در هنگام تجزیه الکتریکی بار منفی را شامل شده و روی قطب مثبت (آند) می‌نشینند.

انواع پیوندهای شیمیایی

اتم‌ها و مولکول‌های مواد در موقع انجماد به روش‌های مختلف می‌توانند با هم پیوند شیمیایی برقرار کرده و جامد شوند. که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از: پیوند یونی (والانسی یا ظرفیتی) - پیوند کووالانسی (اشتراکی) - پیوندهای واندروالسی (ثانویه) و پیوند فلزی.

پیوند یونی یا الکترووالانسی

پیوندهای یونی که به آن‌ها پیوندهای ظرفیتی نیز گفته می‌شود، در نتیجه جاذبه بین یون‌های با بار مخالف (مثبت و منفی) بوجود می‌آیند. اصولاً اتم‌ها تمایل دارند به صورت خنثی یا پایدار درآیند، بدین معنی که اتم‌هایی شامل الکترون‌های مدار خارجی کمی هستند تمایل دارند، این تعداد الکترون را در مقابل اتم‌هایی که الکترون‌های مدار خارجی آن‌ها تقریباً پر بوده و فقط تعداد کمی الکترون کمبود دارند، از دست بدهند و به صورت یون مثبت درآیند و

در مقابل اتم‌های دریافت کننده الکترون به یون منفی تبدیل شوند. از طرفی باتوجه به جاذبه بین بارهای مثبت و منفی این یونها همدیگر را جذب کرده و در مجموع به صورت خنثی درمی‌آیند، این نوع پیوند به پیوند یونی یا الکترووالانسی معروف است.

به طور مثال: در تشکیل ترکیب نمک طعام (NaCl)، فلز سدیم (Na) در مدار خارجی خود دارای یک الکترون است (الکترون ظرفیت) در حالی که کُلر (Cl) در مدار خارجی خود دارای ۷ الکترون است (الکترون ظرفیت) که به شدت کلر در مواجهه با سدیم خاصیت جذب الکترون داشته و به همین نسبت سدیم تمایل به دفع الکترون دارد و در نتیجه کلر تشکیل یون منفی (Cl^-) و سدیم تشکیل یون مثبت (Na^+) داده و ترکیب خنثی کلریدسدیم ($NaCl$) را بوجود می‌آورند.

کلمه مثال ۶: تمایل به پیوند شیمیایی بین کدام دو عنصر به طریق یونی بیشتر است؟

- (۱) کلر و کلسیم (۲) کلر و پتاسیم (۳) گوگرد و آهن (۴) گوگرد و سدیم
- پاسخ: گزینه «۲» زیرا اختلاف الکترون‌های ظرفیت کلر و پتاسیم نسبت به بقیه زیادتر است.

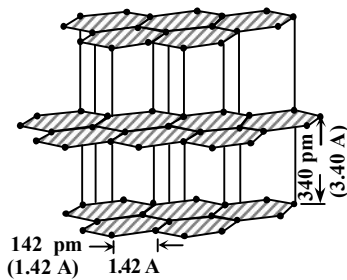
نکته ۴: پیوندهای یونی بین عناصر چند ظرفیتی، قوی‌تر از پیوند یونی بین عناصر یک ظرفیتی است. چنان که اکسیدهای فلزات که بیشتر ترکیبات سرامیکی را شامل می‌شوند، سخت‌تر بوده و دارای نقطه‌ی ذوب بسیار بالاتر و همچنین عایق‌تر نیز هستند.

کلمه مثال ۷: کدام ترکیب قوی‌تر بوده و دارای سختی و حرارت ذوب بالاتری است؟

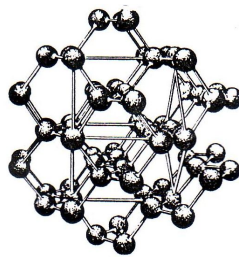
- (۱) MgO (۲) SFe (۳) Mg_۲Pb (۴) NaCl
- پاسخ: گزینه «۱» اکسیدها دارای پیوند قوی‌تری نسبت به سایر ترکیبات می‌باشند.

پیوند کووالانسی یا اشتراکی

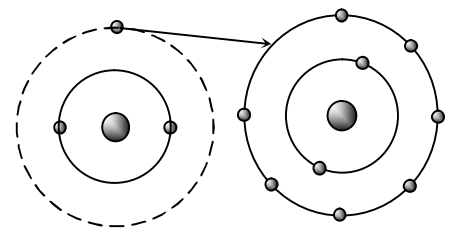
پیوند اشتراکی نتیجه به اشتراک گذاشتن الکترون‌های اتم‌های مجاور و نزدیک به یکدیگر می‌باشد، که به این ترتیب مجموع ترکیب خنثی می‌گردد. این پیوند در نتیجه‌ی جذب الکترون‌های اشتراکی بوسیله‌ی هسته‌های مثبت که ترکیبی بسیار قوی بوجود می‌آورد، حاصل می‌گردد. مثلاً در الماس هر اتم کربن با چهار اتم همسایه که به صورت آرایش چهار وجهی دیده می‌شود، احاطه می‌گردد (در شرایط فشار و حرارت بالا) بدین ترتیب که هر اتم کربن با هر اتم مجاورش دو الکترون به اشتراک می‌گذارند و پیوند بسیار سخت و قوی را بوجود می‌آورند، در حالی که در شرایط دیگر اتم‌های کربن با هم پیوندی تشکیل می‌دهند که شکل آن به صورت منشور با قاعده شش ضلعی ساده می‌باشد و بسیار نرم بوده و دارای الکترون آزاد است. در الماس بلورها با بدست آوردن هشت اتم موردنیاز منجمد می‌شوند که ترکیبی پیچیده و خنثی است و باتوجه به اینکه شبکه سه بعدی حاصل به طور کامل با جفت‌های کووالانسی پیوند یافته است این ماده بسیار سخت و شکننده می‌باشد.



ساختار کریستالی گرافیت
«هگزگونال ساده» یا S.H



پیوند اشتراکی در تشکیل الماس



انتقال اتم در تشکیل فلورید لیتیم (LiF)

پیوندهای ثانویه (واندروالسی)

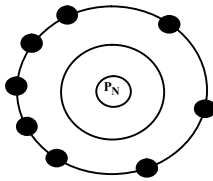
پیوند ثانویه (واندروالسی) در نتیجه‌ی نیروهای جاذبه‌ی بسیار ضعیف اتم‌هایی بوجود می‌آید، که از نظر الکتریکی خنثی می‌باشند. مانند گازهای خنثی یا بی‌اثر (مثل آرگن و ...) و جامدات گازی بی‌اثر.

نکته ۵: انرژی پیوندی گاز بی‌اثر مثل آرگن و نئون حدود یکصدم ($\frac{1}{100}$) انرژی پیوندی بلورهای یونی است.

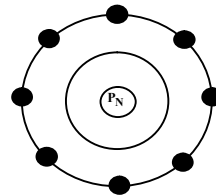
معمولاً گازهای بی‌اثر در حالت جامد دارای ساختمان مکعبی با وجوه مرکزدار هستند. این نوع پیوندها معمولاً در درجه حرارت‌های پایین که نیروهای جاذبه می‌توانند بر تحرک حاصل از گرمای اتم‌ها فایق آیند، بوجود می‌آیند.

علاوه بر اتم‌های خنثی مولکول‌ها نیز بلورهای تشکیل می‌دهند که به وسیله‌ی نیروهای واندروالسی بهم نزدیک شده و پیوند حاصل می‌کنند مثل N_2 ، H_2 ، CH_4 و ... وقتی اتم‌ها به یکدیگر نزدیک می‌شوند، نیروی جاذبه‌ی بین آن‌ها بوجود می‌آید که بر انرژی داخلی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. نیروی جاذبه‌ی بین اتم‌ها موجب نزدیک‌تر شدن اتم‌ها به یکدیگر می‌شود. در حالی که نیروی دافعه حاصل از برخورد لایه‌های خارجی باعث می‌شود تا آن‌ها در فاصله‌ی معینی از یکدیگر قرار گیرند. این فاصله‌ی معین را که از خصوصیات ویژه‌ی اتم‌ها به حساب می‌آید، قطر اتمی آن اتم و آن نوع عنصر می‌نامند.

یکی از فرق‌های بسیار مهم بین عناصر مختلف فرق بین قطر اتمی آن‌هاست. این قطر اتمی در عناصر بین ۲ تا ۶ آنگسترم متغیر است (هر آنگسترم 10^{-7} میلیمتر است)



ب) آرایش الکترونی غیر متقارن در اتم نئون



الف) آرایش الکترونی متقارن

کدام پیوند قوی‌تر است؟ پیوند بین ...

- (۱) مولکول‌های هیدروژن (۲) مولکول‌های آب (۳) اتم‌های هیدروژن (۴) اتم‌های هلیوم

پاسخ: گزینه «۳» پیوند بین اتم‌های هیدروژن که به وسیله نیروهای واندروالس (ثانویه) به هم نزدیک شده‌اند. قوی‌تر است.

پیوند فلزی

پیوند فلزی عبارتست از ترتیب منظمی از یون‌های فلزی با بار مثبت که توسط ابر الکترونی منفی الکترون‌های مدار خارجی فلزات (الکترون‌های ظرفیت یا الکترون‌ها پیوندی آزاد) احاطه شده‌اند.

این الکترون‌های آزاد ظرفیت مربوط به هیچ فلز یا اتم خاصی در فلز یا آلیاژ نبوده بلکه مربوط به همه‌ی آن‌ها می‌باشند و در فلزات با سرعت بسیار زیاد و به صورت آزادانه حرکت می‌کنند.

پیوندهای فلزی بسیار شبیه به پیوند کووالانسی است. به طوری که می‌توان پیوند فلزی را به صورت توسعه پیوند کووالانسی به تعداد زیادی از اتم‌ها تصور کرد. تفاوت‌های فلزها و پیوند فلزی با پیوند کووالانسی عبارتند از:

- در پیوند فلزی الکترون‌های پیوندی کاملاً آزادند در حالی که در پیوند کووالانسی الکترون‌های پیوندی متعلق به اتم‌های خاصی در پیوند هستند.
- الکترون‌های آزاد در پیوند فلزی در تمام جهات و در سه بعد حرکت می‌کنند که جهت حرکت آن‌ها قابل کنترل نیست. در حالی که در پیوند کووالانسی جهت حرکت الکترون‌های پیوند، خطی بوده و جهت حرکت آن‌ها مشخص است.
- در فلزات ابر الکترونی آزاد سراسر قطعات فلزی را در حالت جامد فرا گرفته در حالی که در قطعات غیر فلزی چنین ابر الکترونی آزاد وجود ندارد. بنابراین به دلیل وجود الکترون‌های آزاد در فلزات، این مواد حامل انرژی الکتریکی و حرارتی هستند و هادی یا رسانای خوبی می‌باشند. در حالی که قطعات غیر فلزی مثل قطعات سرامیکی یا پلاستیکی کاملاً عایق الکتریسته و حرارتند. فلزات عموماً پیوندهای فلزی دارند و دارای خواص عمومی بسیار متنوع می‌باشند.

کدام مثال ۹: علت هدایت حرارتی بهتر فلزات نسبت به غیر فلزات چیست؟

- (۱) الکترون‌های ترکیبی در فلزات و آلیاژها (۲) الکترون‌های ترکیبی در غیر فلزات
(۳) الکترون‌های پیوندی در آلیاژها (۴) الکترون‌های آزاد در آلیاژها و فلزات

پاسخ: گزینه «۴» در فلزات و آلیاژها الکترون‌های آزاد حامل انرژی بوده و باعث هدایت حرارتی و الکتریکی می‌شوند.

نکته ۶: پیوند فلزی ضعیف‌تر از پیوند کووالانسی است و می‌توان آن را با پیوند یونی مقایسه کرد.

نکته ۷: یکی از فاکتورهای مهم متغیر بودن رنگ انواع فلزات مربوط به سرعت حرکت الکترون‌ها در آن‌هاست که باعث تغییر سختی یا تغییر رنگ در آن‌ها می‌شود.

نکته ۸: برخلاف فلزات، کریستال‌های یونی سخت، ترد و در عمل قابلیت تغییر شکل پلاستیکی ندارند.

نکته ۹: پیوندهای یونی عناصر چند ظرفیتی قوی‌تر از پیوندهای یونی بین عناصر یک ظرفیتی است.

کدام پیوند شیمیایی قابلیت شکل‌پذیری قطعات تولیدی بیشتر است؟

- (۱) کووالانسی (۲) یونی تک ظرفیتی (۳) یونی چند ظرفیتی (۴) فلزی

پاسخ: گزینه «۴» چون فلزات بدلیل داشتن الکترون‌های پیوندی آزاد انعطاف‌پذیرترند.

کدام قطعات با کدام پیوند شیمیایی سختی (شکنندگی در برابر ضربه) بیشتری دارند؟

- (۱) اشتراکی (کووالانسی) (۲) یونی (۳) فلزی (۴) واندروالسی

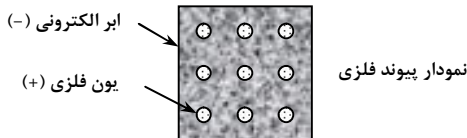
پاسخ: گزینه «۱» پیوندهای اشتراکی (کووالانسی) سختی (شکنندگی در برابر ضربه) بیشتری نسبت به سایر پیوندها دارند.

ساختمان اتمی فلزات

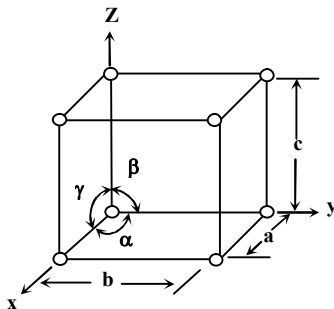
در بحث‌های قبلی فلزات را با خواصی که دارند (مهمترین آن‌ها پیوند فلزی و وجود الکترون‌های آزاد در آن‌ها و در نتیجه هدایت الکتریکی و حرارتی آن‌ها می‌باشند) از غیر فلزات جدا کردیم. ولی چرا بعضی عناصر در حالت فلزی هستند، بایستی در ساختمان آن‌ها جستجو کرد. اتم‌ها از یک هسته که شامل پروتون (دارای بار الکتریکی مثبت)، نوترون (که از نظر بار الکتریکی خنثی بوده ولی جرمی تقریباً به اندازه پروتون دارد) و نیز الکترون (که دارای جرمی باندازه‌ی $\frac{1}{1840}$ پروتون ولی از نظر الکتریکی دارای بار الکتریکی به اندازه‌ی ذره‌ی پروتون ولی منفی می‌باشد)، تشکیل شده‌اند. لازم به ذکر است که

الکترون‌ها با سرعت زیاد به دور هسته در گردش می‌باشند، قطر هر اتم حدوداً به اندازه ۵ آنگسترم است. ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$)

به طوری که گفته شد اتم‌های موجود در حجم قطعه فلزی در دریایی از الکترون‌های آزاد پیوندی غرق می‌باشند.



فلزات نیز از اتمهایی تشکیل شده‌اند که در حالت جامد پیوند فلزی تشکیل می‌دهند و پس از انجماد پیوند سه بعدی را بوجود می‌آورند که نظم خاصی دارند و این نظم خاص در تمام حجم جسم تکرار می‌شود و بلور را تشکیل می‌دهند. بنابراین کوچکترین حجم جسم که تمام خصوصیات موجود در کل بلور را داراست واحد سل (Cell) یا سلول یا کریستال گویند. کریستال عبارتست از مجموعه‌ای از اتم‌ها یا یون‌ها که یک شکل خاص هسته سه بعدی را تشکیل می‌دهند و این شکل هندسی در حجم جسم یا قطعه تکرار می‌شود. ساده‌ترین نوع آن کریستال مکعبی (واحد سل) می‌باشد.



نکته ۱۰: هر واحد سل یا کریستال دارای اعدادی است که به آنها اعداد ثابت واحد سل شبکه‌ی فضایی گویند. که با حروف a و b و c (طول و عرض و ارتفاع) نمایش داده می‌شوند و اندازه‌های آن‌ها حدود آنگسترم است. همچنین زاویه‌ی بین a و b (طول و عرض) را α و زاویه‌ی بین b و c (عرض و ارتفاع) را β و نیز زاویه‌ی بین a و c (طول و ارتفاع) را γ می‌نامند.

سیستم کریستالی (واحد سل)، شبکه چهارده گانه براوه

تابحال دانشمندان به این نتیجه رسیده‌اند که انواع کریستال‌هایی که به طور طبیعی وجود دارند و فلزات و آلیاژهایی که با آن‌ها کریستاله (جامد) می‌شوند، ۷ نوع هستند و مشخصات کلی آن‌ها بشرح زیر است:

$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = b = c$	Cubic	۱- مکعبی
$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = b \neq c$	Tetragonal	۲- تتراگونال
$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a \neq b \neq c$	Orthrhombic	۳- ارتورومبیک
$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	$a = b = c$	Rombohedral	۴- رومبوهدرال
$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	$a = b \neq c$	Hexagonal	۵- هگزاگونال
$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$	$a \neq b \neq c$	Monoclinic	۶- مونوکلینیک
$\alpha \neq \gamma \neq \beta \neq 90^\circ$	$a \neq b \neq c$	Triclinic	۷- تری کلینیک

این شبکه‌ها را می‌توانند از حرکت اتم‌ها در سه جهت فضایی و نیز از حرکت سلول‌های ابتدایی بوجود آورند.

نکته ۱۱: از کنار هم قرار گرفتن سلول‌های ابتدایی شبکه‌ی کریستالی بوجود می‌آید که تمام خواص واحد سل (Cell) را از نظر نظم و قرینه و ترتیب اتم‌ها داراست.

از مجموعه شبکه کریستالی که به وسیله سطحی از بقیه مجموعه‌های شبکه کریستالی جدا شده باشد دانه فلزی بوجود می‌آید. سطح بوجود آمده بدین وسیله را مرز دانه‌ها می‌نامند.

مرز دانه‌ها محل تجمع ناخالصی‌ها در حین انجماد است و محل شکست و مرکز ضعیف قطعات در معرض نیرو و ضربه می‌باشد.

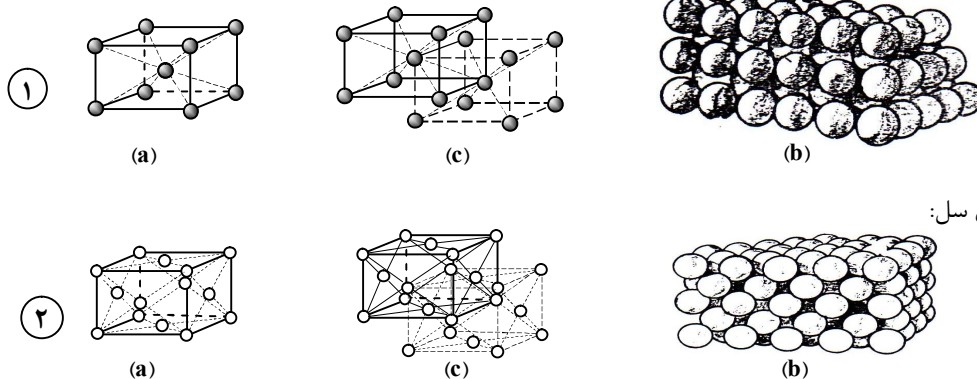
دانشمندی بنام «براه» در تحقیقات خود باین نتیجه رسید که در ۷ نوع شبکه‌ی کریستالی ذکر شده تغییراتی از نظر فشردگی اتمی و شکل ساختمانی پدید می‌آید که مجموعاً از نظر جزئیات جمعاً به ۱۴ نوع شبکه قابل تقسیم است که به این مجموعه شبکه‌ی ۱۴ گانه براوه (Bravis) گویند. که شکل ساختمانی آن‌ها به شرح زیر است.

۱۴ شبکه‌ی فضائی که به وسیله واحدهای ساختمانی نشان داده شده‌اند:

(۱) مونوکلینیک ساده	(۲) مونوکلینیک پایه‌دار	(۳) تری کلینیک	(۴) هگزاگونال	(۵) رمبوهدرال
(۶) ارتورومبیک ساده	(۷) ارتورومبیک مرکزدار	(۸) ارتورومبیک با پایه مرکزدار	(۹) ارتورومبیک با وجوه مرکزدار	
(۱۰) مکعب ساده	(۱۱) مکعب مرکزدار (B.C.C)	(۱۲) مکعب با وجوه مرکزدار (F.C.C)	(۱۳) تتراگونال ساده	(۱۴) تتراگونال مرکزدار

نکته ۱۲: به طوری که در شکل C مشخص است اتم در مرکز یک واحد سل می‌تواند اتم در گوشه مکعب و واحد سل دیگری باشد و برعکس.

(شکل‌های ردیف ۱)



و عده‌ای از واحدهای سل:

فلزات با ساختمان کریستالی مکعب مرکزدار یا (Bcc) Base Centered cubic برای عناصر Na و W و Fe و بعضی از عناصر دیگر صادق است. تشخیص موقعیت‌های اتم‌ها در قسمت‌های (a) و (c) از قسمت (b) ساده‌تر است. همان‌طور که در قسمت (b) دیده می‌شود کلیه اتم‌ها دارای همسایگان یکسان هستند و تعدادی از فلزات نیز با شبکه کریستالی مکعب با وجوه مرکزدار (FCC) یا (Face Centered Cubic) کریستالی می‌شوند که شامل عناصر Al, Ni, Au, Cu, Ag می‌باشند. (شکل‌های ردیف ۲)

تعدادی از فلزات می‌توانند با یک نوع شبکه جامد شوند. خصوصیت متمایز آن‌ها مقدار ثابت شبکه می‌باشد که هیچ یک از انواع فلزات که با یک نوع شبکه جامد می‌شوند، دارای ثابت شبکه یکسان نیستند.

در اشکال بالا انواع شبکه‌های کریستالی که فلزاتی با آن‌ها تشکیل کریستال (جامد) را می‌دهند، مشخص شده است.

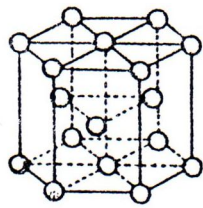
مثال ۱۲: فلزات مختلف با کدام فاکتورها تمیز داده می‌شوند؟

- (۱) اندازه‌ی شعاع اتمی
(۲) نوع ساختمان کریستالی
(۳) اندازه‌ی شعاع اتمی و نوع ساختمان
(۴) مقدار سرعت حرکت الکترون‌های آزاد
- پاسخ: گزینه «۳» اندازه شعاع اتمی و نوع شبکه کریستالی انواع فلزات و یا حداقل یکی از این دو فاکتور فلزات مختلف با هم فرق دارند.

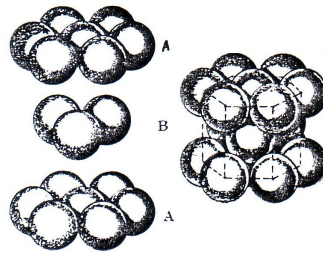
مثال ۱۳: کدام مطلب درباره شبکه کریستالی صحیح است؟

- (۱) کل مواد بوسیله شبکه‌ی ۱۴ گانه انجماد حاصل می‌کنند.
(۲) کل فلزات بوسیله شبکه‌ی ۱۴ گانه برآه انجماد حاصل می‌کنند.
(۳) فلزات با یک نوع شبکه انجماد حاصل می‌کنند.
(۴) غیر فلزات با یک نوع شبکه انجماد حاصل می‌کنند.
- پاسخ: گزینه «۲» طبق تحقیقات برآه کل فلزات و آلیاژها با ۱۴ نوع شبکه کریستالی جامد می‌شوند.

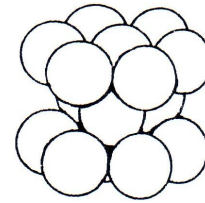
در شکل‌های زیر:



(ج)



(ب)



(الف)

«ساختمان کریستالی هگزاگونال با سطوح مرکزدار (HCP) که ساختمان Zn ، Be ، Mg و تعدادی دیگر از عناصر از این نوع است»

الف) شبکه فشرده هگزاگونال (Closed Packed Hexagonal) یا H.C.P

ب) هر یک از لایه‌های A و B جداگانه نشان داده شده است.

ج) تکرار ساختمان کریستالی هگزاگونال با سطوح مرکزدار (HCP) که ساختمان لایه‌های اتمی در سیستم هگزاگونال Be و Mg و Zn و تعدادی دیگر از عناصر از این نوع است.

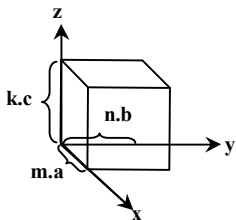
مختصات فضایی کریستال‌ها

هر نقطه در فضا به وسیله‌ی تصاویر نقطه بر روی سه محور مختصات فضایی یعنی Z و Y و X به ترتیب طول، عرض، ارتفاع مشخص می‌گردد. طول نقطه (X) عبارتست از فاصله تصویر نقطه روی محور Xها تا مبدأ مختصات و عرض نقطه (Y) عبارت است از فاصله‌ی تصویر نقطه‌ی روی محور Yها تا مبدأ مختصات و ارتفاع نقطه (Z) نیز فاصله تصویر نقطه روی محور Zها تا مبدأ مختصات می‌باشد. حال اگر طول و عرض و ارتفاع واحد شبکه‌ی فضائی را بترتیب a و b و c بگیریم (در مکعب B . C . C و F . C . C) $a = b = c$ فاصله‌ی تصویر نقطه روی محورها تا مبدأ مختصات عبارت بود از:

$$z = k.c \quad y = n.b \quad x = m.a$$

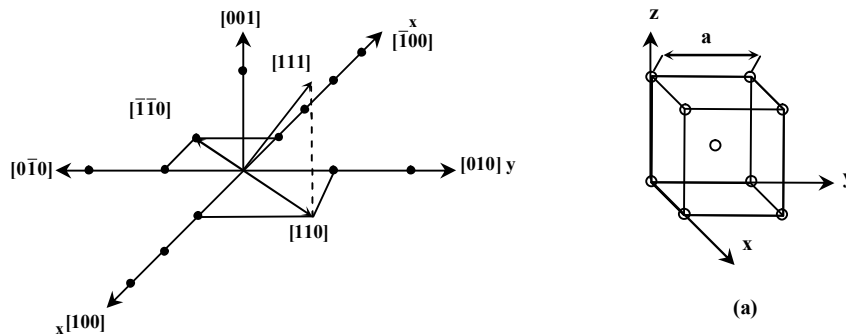
که m و n و k می‌توانند اعدادی صحیح یا کسری باشند. ضمناً سه محور X، Y، Z با جهات اصلی کریستال‌ها موازی رسم می‌گردند.

شکل فوق این مطلب را مشخص می‌کند.



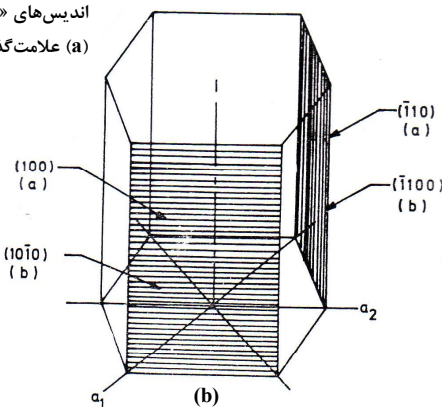
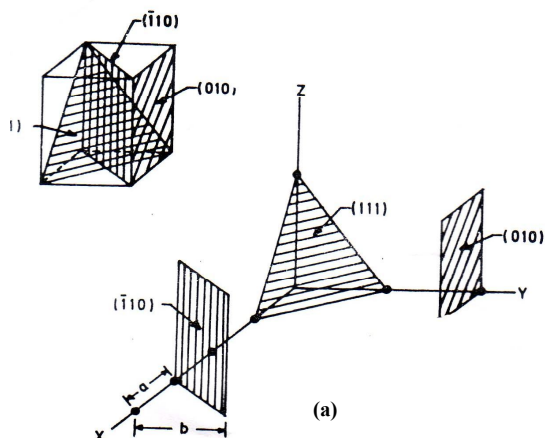
از این به بعد مختصات صفحات معادل در داخل کریستال را داخل پرانتز ()، مختصات جهات در کریستال را داخل کروشه [] و مختصات نقاط معادل را در آکولاد { } قرار می‌دهیم. در شکل فوق مختصات نقاط واقع در گوشه‌ها و مرکز سطوح یک سلول ساده مکعبی شکل نشان داده شده است.

نکته ۱۳: مختصات یک جهت عبارت است از مختصات دو نقطه از پاره‌خطی در آن جهت روی محورهای مختصات و یا مختصات تصاویر آن جهت روی صفحات تشکیل دهنده محورهای مختصات مثل صفحه‌ی (n) یا صفحه‌ی (X و Z) یا صفحه‌ی (Y و Z)، ضمناً ثابت شبکه یعنی a را می‌توان واحد (۱) در نظر گرفت.



نمونه‌هایی از فهرست‌های جهت‌ی، توجه شود که [100] و $\bar{1}00$ یک خط می‌باشد. در نتیجه $\bar{1}00 \equiv [100]$ در یک امتدادند.

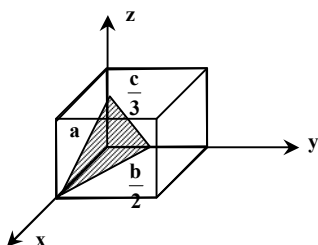
اندیس‌های «میلر» صفحات مشابه در کریستال شش وجهی،
(a) علامت گذاری سه محوری، (b) علامت گذاری چهار محوری.



صفحاتی که دارای فهرست «میلر» (010)، (110)، و (111) هستند
بر روی واحد ساختمانی و محورهای مختصات نشان داده شده‌اند.

مختصات میلر (Miller) شبکه‌های کریستالی

در کریستالوگرافی مختصات سطح یا صفحه عبارتست از مختصات محل برخورد صفحه با محورهای مختصات. یک سطح در شبکه‌ی کریستالی می‌تواند سه محور مختصات را قطع کند. در این شرایط اگر به جای نشان دادن فاصله‌ی نقاط تقاطع صفحه‌ی محورهای مختصات از معکوس اندازه‌های این فاصله‌ها استفاده نمائیم، نتیجه بهتری به دست خواهد آمد.



اعدادی که از معکوس مختصات نقاط تقاطع صفحات با محورهای مختصات پس از هم منفرجه کردن آن‌ها بدست می‌آید به اندیس‌های میلر معروفند. اگر

مختصات تقاطع سطحی با محورهای مختصات به ترتیب: h, k, l نشان داده شود. مختصات میلر این صفحه به ترتیب عبارت خواهد بود از: $\frac{c}{l}, \frac{b}{k}, \frac{a}{h}$

مثلاً در شکل فوق، صفحه‌ی محورها را در نقاط $\frac{c}{3}, \frac{b}{2}, \frac{a}{1}$ قطع می‌کند و چون $a = b = c$ و نیز چون مختصات میلر یعنی $(h k l)$ معکوس اعداد بدست

آمده روی محورهاست. بنابراین: $(h k l) = (1 \ 2 \ 3)$

در کل برای به دست آوردن اندیس میلر به صورت عدد صحیح بدین ترتیب عمل می‌کنند، ابتدا اعداد به دست آمده روی محورهای مختصات را عکس می‌کنند و سپس منفرجه مشترک کسرها را حاصل را تعیین می‌نمایند. یا به عبارت دیگر کسرها را به دست آمده را هم منفرجه می‌کنند، یعنی ابتدا اعدادی به

صورت $\frac{c}{L}, \frac{b}{k}, \frac{a}{h}$ داریم که پس از هم منفرجه کردن به صورت $\frac{l}{n}, \frac{k}{n}, \frac{h}{n}$ بدست می‌آید که $(h k l)$ به ترتیب مختصات میلر می‌باشد.

مثال ۱۴: اگر مختصات نقاط تقاطع صفحه‌ای با محورهای مختصات کریستالی $\frac{1}{2}, \frac{2}{5}, \frac{4}{5}$ باشد، مختصات میلر این صفحه کدامست؟

- (۱) (۱۲۴) (۲) (۴۲۱) (۳) (۸۱۰۵) (۴) (۴۵۵)

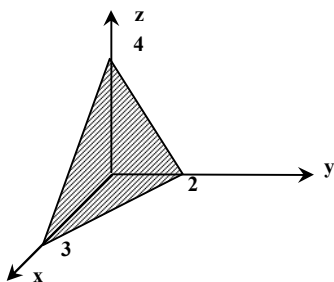
$$\frac{2 \times 4}{4}, \frac{5 \times 2}{4}, \frac{5}{4}$$

پاسخ: گزینه «۳» ابتدا این عددها را معکوس می‌کنیم: $\frac{2}{1}, \frac{5}{2}, \frac{5}{4}$ و سپس منفرجه‌ها را یکی می‌کنیم:

در نتیجه $(h k l) = (8 \ 10 \ 5)$.

مثال ۱۵: اندیس میلر صفا نمایش داده شده مقابل کدام است؟

- (۱) (۴۶۳) (۲) (۳۶۴) (۳) (۳۲۴) (۴) (۴۲۳)



پاسخ: گزینه «۱» معکوس این اعداد عبارتست از: $\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}$

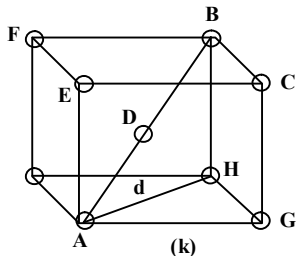
و منفرجه مشترک این اعداد عبارتست از: $\frac{4}{12}, \frac{6}{12}, \frac{3}{12}$ و اندیس‌های میلر عبارت خواهد بود: $(h k l) = (4 \ 6 \ 3)$

صفحات، جهات انواع شبکه‌های کریستالی

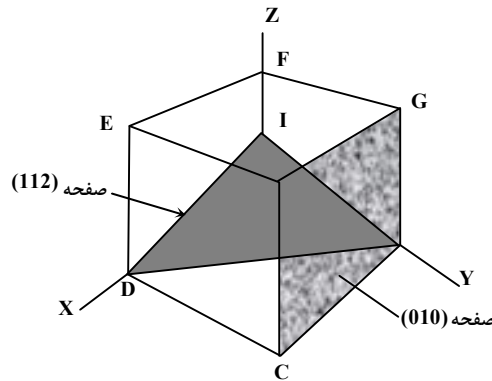
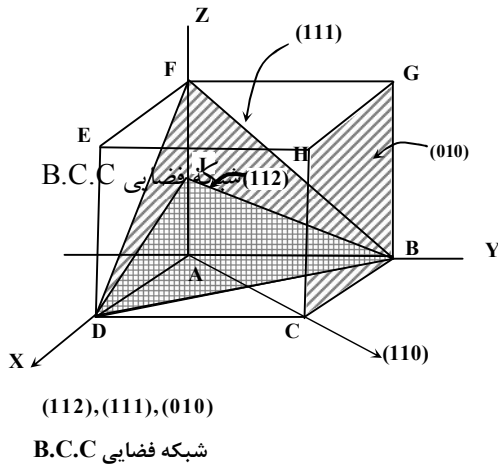
بسیاری از خواص مکانیکی فلزات و آلیاژها بستگی به فشردگی اتمی در یک امتداد یا واحد سطح یا واحد حجم دارد. به گونه‌ای که به طور نسبی هر چه تعداد اتم‌های موجود در یک امتداد فشردتر باشد (مماس باشند) در آن صورت مقاومت کششی در آن امتداد بیشتر خواهد بود و همین طور در یک صفحه هرگاه به طور نسبی تعداد اتم‌های واقع در آن سطح بیشتر باشد، این صفحات در موقع شکل‌پذیری از بین نرفته بلکه صفحات با اتم کمتر از بین می‌روند و این صفحات روی آن‌ها می‌لغزند و به همین ترتیب هر چه تراکم اتمی در یک حجم بیشتر باشد، به طور نسبی، دارای استحکام و سختی بیشتری است. بنابراین لازم است، فشردگی جهات و صفحات و واحدهای مختلف سل محاسبه گردد.

در سلول ساده B.C.C در جهت قطر (A تا B) تعداد اتم‌های موجود $2 = (1 + 2 \times \frac{1}{2})$ خواهد بود. در حالی که تعداد اتم‌های موجود در امتداد BC و نیز

d برابر با: $(2 \times \frac{1}{2} = 1)$ می‌باشد.

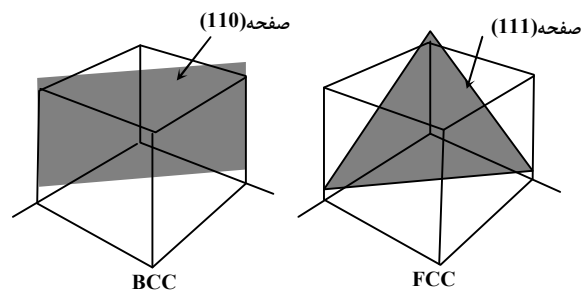


بنابراین می‌گوئیم جهت قطر فشردتر از جهت BC یا جهت d می‌باشد که به فشردترین جهات، جهات لغزش گویند. زیرا در جهت AB اتم‌ها با هم مماس‌اند در حالی که در جهت BC یا d اتم‌ها با هم مماس نیستند.

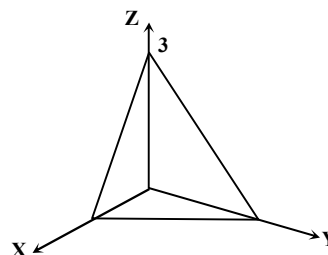
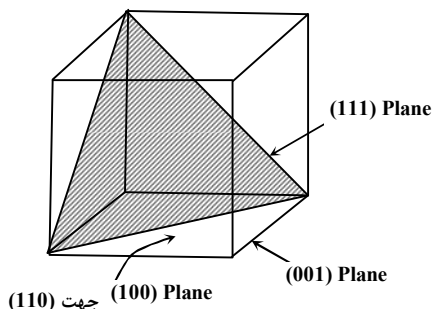


سلول واحدی که صفحات بلوری و اندیس‌های میلر را نشان می‌دهد.

	X	Y	Z
Intersection	∞	1	∞
Reciprocal	$\frac{1}{\infty}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{\infty}$
Miller indices	0	1	0



صفحه‌های لغزشی بلوری مهم در سیستم مکعب B.C.C و F.C.C



نکته ۱۴: فلزات و آلیاژها در جهات اتم‌های فشرده استحکام بیشتری دارند.

کدام مثال ۱۶: کدام جهت در واحد سل فلز سدیم فشرده تر است؟ (شکل k)

FG (۴)

FE (۳)

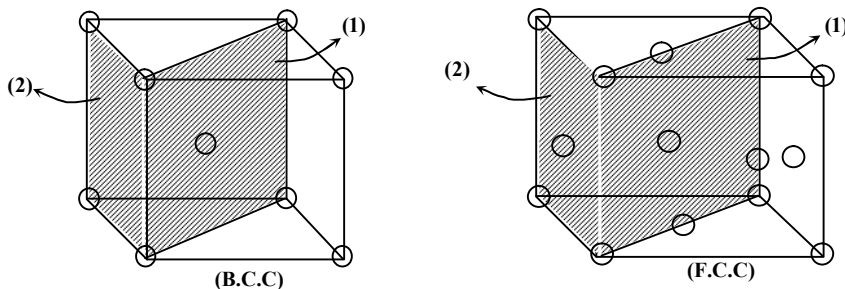
AH (۲)

CH (۱)

پاسخ: گزینه «۴» زیرا امتداد FG شامل شعاع دو اتم در واحد طول کمتری است.

فشرده‌گی صفحات

در سلول ساده شکل مقابل صفحات ۱ و ۲ را در نظر می‌گیریم در شبکه B.C.C صفحه‌ی (۱) شامل ۵ اتم تشکیل دهنده است که ۴ اتم به یک اتم مرکز صفحه مماس‌اند این صفحه شامل قطر اصلی مکعب و قطر سطوح بالایی و پائینی است در حالی که صفحه‌ی (۲) شامل ۴ اتم تشکیل دهنده است که با هم مماس نیستند. بنابراین صفحه‌ی (۱) فشرده‌تر از صفحه‌ی (۲) است. به صفحه‌ی (۱) که فشرده‌تر است، صفحه‌ی لغزش گویند. مجموع صفحات لغزش و جهات لغزش را سیستم لغزش گویند. که در علم مکانیک و خواص مکانیکی قطعات صنعتی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.



صفحات مشابه در سیستم F.C.C، برعکس صفحه‌ی ۲ فشرده‌تر از صفحه‌ی (۱) است، زیرا در صفحه‌ی (۲) اتم‌ها با هم مماس‌اند ولی در صفحه‌ی (۱) اتم‌ها مماس نیستند.

$$4 \times \frac{1}{4} + 1 = 2$$

تعداد اتم موجود در صفحه‌ی (۱) در سیستم B.C.C عبارتست از:

$$4 \times \frac{1}{4} = 1$$

و تعداد اتم موجود در صفحه‌ی (۲) در سیستم B.C.C برابر با:

$$4 \times \frac{1}{4} + 2 \times \frac{1}{2} = 2$$

در حالی که در صفحه‌ی (۱) در سیستم F.C.C تعداد اتم‌های موجود برابر است با:

$$4 \times \frac{1}{4} + 1 = 2$$

و در صفحه‌ی (۲) در سیستم F.C.C تعداد اتم‌های موجود برابر است با:

اما در صفحه‌ی (۲) همان تعداد اتم صفحه‌ی (۱) اما با سطحی کوچکتر وجود دارد. بنابراین فشرده‌گی اتمی در صفحه‌ی (۲) فشرده‌تر از صفحه‌ی (۱) در همان سیستم است.

نکته ۱۵: فشرده‌گی صفحات در هر سیستمی نسبت به همان سیستم سنجیده می‌شود.

کدام مثال ۱۷: در سیستم F.C.C کدام صفحه فشرده‌تر است؟

(۲) صفحه‌ای که شامل هر وجه آنست.

(۱) صفحه‌ای که از سه گوشه‌ی آن می‌گذرد.

(۴) صفحه‌ای که موازی با افق است.

(۳) صفحه‌ای که از قطر آن می‌گذرد.

پاسخ: گزینه «۱» زیرا اتم‌ها در امتدادهای مختلف با هم مماس‌اند.

محاسبه تعداد اتم‌های تشکیل دهنده و موجود در واحد سل

در واحد سل B.C.C تعداد اتم‌های تشکیل دهنده‌ی واحد سل $N = 9$ و تعداد اتم‌های موجود در واحد سل BCC برابر $N' = 8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ می‌باشد و

در واحد سل F.C.C تعداد اتم‌های تشکیل دهنده‌ی واحد سل $N = 14$. در حالی که تعداد اتم‌های موجود در واحد سل F.C.C برابر با

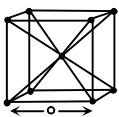
$N = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ می‌باشد. همین‌طور در واحد سل H.C.P تعداد اتم‌های تشکیل دهنده‌ی واحد سل $N = 17$ و تعداد اتم‌های موجود در واحد

$$\text{سل } N' = 12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 3 = 6$$

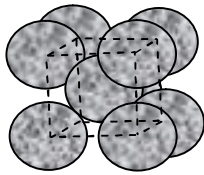
فشردگی حجمی، ضریب فشردگی و محاسبه آن

گاهی در واحدهای سل (cell) تعداد زیادی از اتم‌های پیوندی با هم فاصله دارند. به عبارت دیگر فضای خالی بین آن‌ها زیاد است. در این صورت می‌گویند فشردگی نسبی در این واحد سل و شبکه‌ی کریستالی متشکل از آن کم است و گاهی نیز در واحدهای سل اتم‌ها به هم نزدیک‌ترند و فشردگی بیشتری در واحد سل و شبکه‌ی کریستالی دیده می‌شود. هرگاه در انواع شبکه‌های کریستالی تعداد اتم‌های در حداقل فاصله (مماس) بیشتر باشند شبکه فشرده‌تر است.

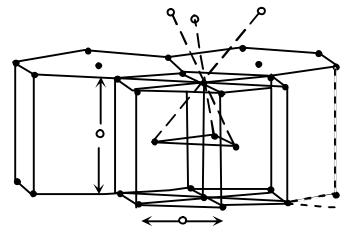
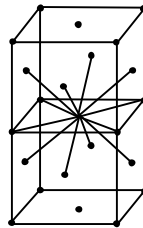
نکته ۱۶: تعداد اتم‌هایی که در فاصله‌ی مساوی و حداقل فاصله نسبت به یک اتم در شبکه‌ی کریستالی قرار دارند را عدد همسایگی یا (Cordination Number) گویند و به صورت C.N نمایش می‌دهند. مثلاً عدد کئوردیناسیون یا همسایگی برای F.C.C برابر ۱۲ و برای B.C.C برابر ۸ است بنابراین با افزایش عدد همسایگی در شبکه‌ی کریستالی می‌توان گفت شبکه‌ی کریستالی فشرده‌تر می‌شود و برای شبکه H.C.P برابر ۱۲ می‌باشد. و تعداد اتم‌های موجود در واحد سل $N' = 12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 3 = 6$ و عدد همسایگی در این شبکه بین ۶ تا ۱۲ می‌باشد.



نمایش عدد همسایگی در B.C.C



نمایش عدد همسایگی در F.C.C



نمایش عدد همسایگی در h.c.p

کلمه مثال ۱۸: کدام شبکه کریستالی فشرده‌تر است؟

S.H (۴)

F.C.C (۳)

S.C (۲)

B.C.C (۱)

پاسخ: گزینه «۳» زیرا در سیستم F.C.C تعداد اتم‌های مماس بر یک اتم نسبتاً بیشتر است. گاهی بعضی از عناصر و فلزات و آلیاژها در اثر حرارت تغییر شبکه‌ی کریستال می‌دهند و شبکه‌های آن‌ها مثلاً از B.C.C به F.C.C و یا شبکه‌های دیگر تبدیل می‌شود.

نکته ۱۷: تغییرات شبکه‌ی کریستالی یک فلز یا آلیاژ در اثر تغییرات درجه حرارت را آوتروپی می‌گویند. مثلاً فلز آهن دارای سه آوتروپی، تیتانیوم دو آوتروپی (B.C.C و H.C.P)، منگنز ۴ آوتروپی (C و C' و B.C.T و H.C.P که به ترتیب α ، β ، γ ، δ)، کبالت ۲ آوتروپی (H.C.P و F.C.C)، و قلع دو آوتروپی (قلع سفید B.C.T (β) و قلع خاکستری (d) یا (α)) می‌باشند و الماس و گرافیت نیز دو آوتروپی کربن هستند.

محاسبه ضریب فشردگی در سیستم‌های B.C.C و F.C.C

فشردگی عبارت است از مقدار حجم اشغال شده توسط اتم‌ها در واحد سل و یا شبکه‌ی کریستالی و یا حجمی از فلز و آلیاژ. همانطور که گفتیم در انواع واحدهای سل و شبکه‌های کریستالی مقدار حجم اشغال شده توسط اتم‌ها با هم تفاوت دارد. برای محاسبه و نمایش این تفاوت‌ها ضریب فشردگی آن‌ها را بدست می‌آوریم. بنا به تعریف، ضریب فشردگی در واحد سل عبارتست از حجم اشغال شده توسط اتم‌ها در واحد سل به کل حجم سلول و این ضریب را به η (اتا) نمایش می‌دهیم.

$$\eta = \frac{\text{حجم اشغال توسط اتم‌ها در واحد سل}}{\text{کل حجم سلول}}$$

مثلاً در محاسبه ضریب فشردگی شبکه‌ی B.C.C به شرح زیر عمل می‌کنیم.

«محاسبه ضریب فشردگی در شبکه کریستالی B.C.C»

۱- حجم اشغال شده توسط اتم‌ها را در واحد سل بدست می‌آوریم:

$$N' = 8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$$

تعداد اتم‌های موجود در واحد سل:

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 \times 2$$

اتم‌ها را کروی فرض کرده و حجم اشغال شده توسط اتم در واحد سل برابر است با:

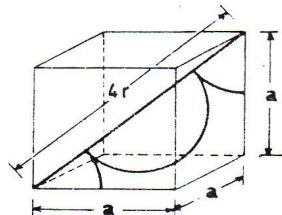
$$(i) \eta = \frac{2 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{a^3}$$

پس:

برای بدست آوردن رابطه‌ی بین a (ثابت شبکه) و R (شعاع اتمی) می‌دانیم که در شبکه‌ی B.C.C در امتداد قطر اصلی مکعب (D) سه اتم مماسند که: $D = 4R$ است. اگر رابطه‌ی فیثاغورث بین قطر اصلی مکعب، ثابت شبکه و قطر یک وجه که اضلاع مثلث قائمه زاویه را تشکیل می‌دهند، بنویسیم:



(b)



(a)

$$D^2 = a^2 + d^2 \Rightarrow D^2 = a^2 + 2a^2 \Rightarrow D^2 = 3a^2$$

$$d^2 = a^2 + a^2 = 2a^2 \quad \boxed{D = a\sqrt{3}} \Rightarrow a = \frac{D}{\sqrt{3}}$$

$$\eta = \frac{2 \times \frac{4}{3} \pi r^3}{\left(\frac{4r}{\sqrt{3}}\right)^3} = 0.68$$

و از آنجا بجای a در فرمول (۱) $\frac{4r}{\sqrt{3}}$ را جاگذاری کنیم، داریم:

یعنی ۶۸٪ از ساختمان کریستالی B.C.C را حجم اتم تشکیل داده و $\eta' = 0.32$ یعنی ۳۲ درصد حجم آن فضای خالی می‌باشد که برای اتم‌های انحلالی در تشکیل آلیاژ مناسب است.

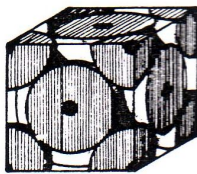
نکته ۱۸: برای بدست آوردن ضریب فشردگی در واحدهای سل و شبکه‌های کریستالی بایستی به صفحات و جهاتی توجه کرد که ارتباطی بین ثابت‌های شبکه‌ها و شعاع اتمی اتم‌های تشکیل دهنده واحد سل وجود دارد. مثلاً در B.C.C این ارتباط بین قطر اصلی و ثابت شبکه و در F.C.C این ارتباط بین قطر هر سطح و ثابت شبکه است.

نکته ۱۹: مکعب با اتم در مرکز (Base Centered Cubic) را به اختصار B.C.C و مکعب با اتم در سطوح (Face Centered Cubic) را به اختصار F.C.C گویند.

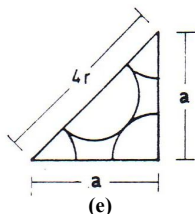
۲- محاسبه‌ی ضریب فشردگی (Packing Factor) و به اختصار (P.F) در شبکه‌ی کریستالی مکعب با اتم در سطوح (F.C.C)

تعداد اتم‌های موجود در واحد شبکه‌ی کریستالی F.C.C برابر

$$6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{4} = 3 + 2 = 4 \text{ می‌باشد.}$$



(d)



(e)

$$\mu = \frac{A}{B} = \frac{\frac{4}{3} \pi \times r^3 \times 4}{a^3}$$

ساختمان کریستالی مکعب با وجوه مرکزدار که Al, Ni, Cu و Au و Ag و تعدادی دیگر از عناصر از این نوع است.

در اینجا نیز a ضلع ثابت واحد شبکه‌ی کریستالی و r شعاع اتمی است. حال اگر a را بر حسب r بدست آورده و در فرمول قرار دهیم، نتیجه به دست می‌آید.

برای محاسبه a بر حسب r قطر یکی از سطوح مکعب را در نظر می‌گیریم، می‌بینیم که: $D = 4r$

$$(P.F) \eta = \frac{\frac{4}{3} \pi \times r^3 \times 4}{\left(\frac{4r}{\sqrt{2}}\right)^3} = \frac{\pi \sqrt{2}}{6} = 0.74 \quad D^2 = a^2 + a^2 = 2a^2 \Rightarrow D = a\sqrt{2}$$

$$D = a\sqrt{2} = 4r \Rightarrow a = \frac{4r}{\sqrt{2}}$$

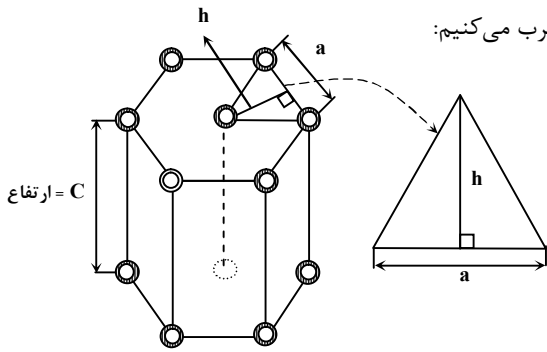
۳- محاسبه‌ی ضریب فشردگی در منشور ساده:

$$(P.F) \eta = \frac{A}{B}$$

در این شرایط $a = c$ است. فرمول عمومی فشردگی عبارت است از:

با توجه به این مطلب که تعداد اتم‌ها در منشور ساده برابر: $3 = 12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2}$ می‌باشد، فرمول ضریب فشردگی در منشور ساده به این صورت است:

$$\eta = \frac{\frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot 3}{B}$$



برای محاسبه ی B یعنی حجم سلول مساحت قاعده منشور را محاسبه کرده و در ارتفاع ضرب می کنیم:

$$h^2 = a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2 = \frac{3a^2}{4} \Rightarrow h = \frac{a\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{مساحت یک مثلث} = \frac{a}{2} \times h = \frac{a}{2} \times \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a^2\sqrt{3}}{4}$$

$$\text{مساحت قاعده} = \frac{6 \times a^2\sqrt{3}}{4} = \frac{6\sqrt{3}a^2}{4}$$

$$\text{حجم منشور} = \text{ارتفاع (C)} \times \text{مساحت قاعده} = \frac{6\sqrt{3}a^2 \times a}{4}$$

$$B = \frac{6\sqrt{3}a^3}{4}$$

$$(P.F) \eta = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \times 3}{\frac{6\sqrt{3}}{4} \times a^3} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \times 3}{\frac{(2r)^3 \times \sqrt{3} \times 6}{4}} = \frac{4\pi r^3 \times 3 \times 4}{(2r)^3 \sqrt{3} \times 6 \times 3} = \eta = \frac{4\pi r^3 \times 3 \times 4}{8 \times 3 \times 6 \times r^3 \times \sqrt{3}} \Rightarrow \eta = 0.74$$

۴- ضریب فشردگی، منشور فشرده (Closed Packed Hexagonal) یا H.C.P

در این شرایط $a = c$ نبوده و اتم در سطوح قاعده به هر سه اتم که در مرکز منشور قرار دارد، مماس می باشد. در این حال نیز فرمول ضریب فشردگی

$$(P.F) \eta = \frac{A}{B} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \times n}{v}$$

عبارتست از:

در آن v حجم واحد سل می باشد. ولی برای محاسبه ی η بایستی v را بر حسب r بدست آورده و این مستلزم این است که a و c را بر حسب r شعاع اتمی بدست آوریم. (شکل زیر را در نظر بگیرید).

$$v = \text{ارتفاع} \times \text{مساحت قاعده} \quad n = 12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 3 = 2 + 1 + 3 = 6$$

H.C.P : حجم اتم های اشغال شده در واحد سل v

$$v = \frac{6a^2\sqrt{3}}{2} c = \frac{6a^2\sqrt{3}}{2} \times \frac{4\sqrt{2}r}{\sqrt{3}} \quad k^2 = (2r)^2 - r^2 = 3r^2 \Rightarrow k = r\sqrt{3}$$

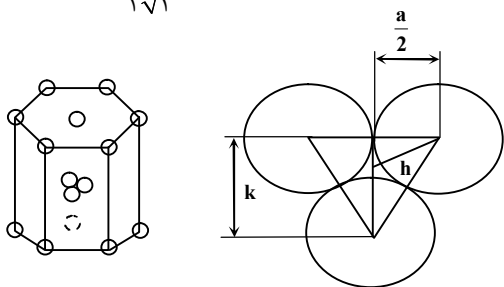
$$v = \frac{6(2r)^2\sqrt{3} \times 4 \times \sqrt{2} \times r}{2\sqrt{3}}$$

$$h^2 = r^2 + \left(\frac{k}{3}\right)^2 = r^2 + \left(\frac{r\sqrt{3}}{3}\right)^2 \Rightarrow h = \frac{2r}{\sqrt{3}}$$

$$\left(\frac{c}{2}\right)^2 = (2R)^2 - h^2 \Rightarrow \left(\frac{c}{2}\right)^2 = 4r^2 - \left(\frac{2r}{\sqrt{3}}\right)^2$$

$$\left(\frac{c}{2}\right)^2 = \left(\frac{4r^2}{3}\right) \Rightarrow c = \frac{4r\sqrt{3}}{\sqrt{3}}$$

$$(P.F) \eta = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \times 6}{v} = 0.74 \text{ (H.C.P)}$$



$$\text{ارتفاع} \times \text{مساحت قاعده} = \text{حجم H.C.P} : v = 12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 3 = 2 + 1 + 3 = 6$$

چگالی اتمی

صفحات کریستال از نظر تراکم اتمی متفاوتند، مهمترین این صفحات، صفحاتی هستند که چگالی اتمی بیشتری دارند. یعنی مقدار اتم واحد سطح آنها بیشتر است.

مثال: در سیستم F.C.C صفحه (۱۰۰) دارای ۲ اتم است چون $\frac{1}{4}$ از ۴ اتم هر گوشه به صفحه تعلق دارند و یک اتم هم در مرکز صفحه می باشد که

مجموعشان $2 = 4 \times \frac{1}{4} + 1$ اتم خواهد بود. در حالی که صفحه مذکور (۱۰۰) در سیستم B.C.C دارای ۱ اتم می باشد. یعنی متراکم ترین صفحه در

سیستم F.C.C متعلق به صفحه (۱۱۱) می باشد و در B.C.C صفحه (۱۱۰) است.

تعیین وزن مخصوص اجسام

وزن مخصوص هر جسم عبارت است از وزن واحد حجم آن جسم.

برای تعیین وزن مخصوص یک جسم، بایستی وزن یک واحد اتم در دسترس باشد، تا بتوان وزن تعداد زیادی اتم را در یک مجموعه محاسبه کرد. سپس برای تعیین وزن مخصوص یک جسم، می‌بایست وزن اتم‌های یک سلول را به حجم سلول تقسیم کرد. یعنی:

$$\text{وزن مخصوص جسم} = \frac{\text{وزن اتم‌های یک سلول}}{\text{حجم سلول}} = \frac{\text{وزن جسم}}{\text{حجم جسم}}$$

که در آن تعداد اتم‌های یک سلول (N) وزن اتمی جسم (M)

(A) عدد آواگادرو 6.02×10^{23}

حجم سلول (V) می‌باشد.

در مورد مس که شبکه آن F.C.C است داریم:

$$\text{وزن مخصوص جسم} = \frac{N \times \left(\frac{M}{A}\right)}{V}$$

$$M = 64 = \text{وزن اتمی مس}$$

$$\text{وزن مخصوص جسم} = \frac{N \times \left(\frac{M}{A}\right)}{\left(\frac{4r}{\sqrt{3}}\right)^3}$$

$$r = 1/278 \times 10^{-8} \text{ cm} = \text{شعاع اتمی مس}$$

$$\text{وزن مخصوص جسم} = \frac{4 \times \frac{64}{6.02 \times 10^{23}}}{\left(4 \times \frac{1}{278} \times 10^{-8}\right)^3} = \frac{64 \times 3 \sqrt{3} \times 10^{24} \times 10 \times 4}{64 \times (1/278)^3 \times 6.02 \times 10^{23}}$$

$$\text{وزن مخصوص مس} = 8/994 \frac{\text{gf}}{\text{cm}^3}$$

آلوتروپی

در ساختمان درونی بعضی فلزات و آلیاژها در هنگام تغییر درجه حرارت تغییراتی انجام می‌پذیرد، یعنی نظم و ترتیب کریستال‌ها تغییر کرده و کریستال جدیدی بوجود می‌آید، این خاصیت را آلوتروپی می‌گویند.

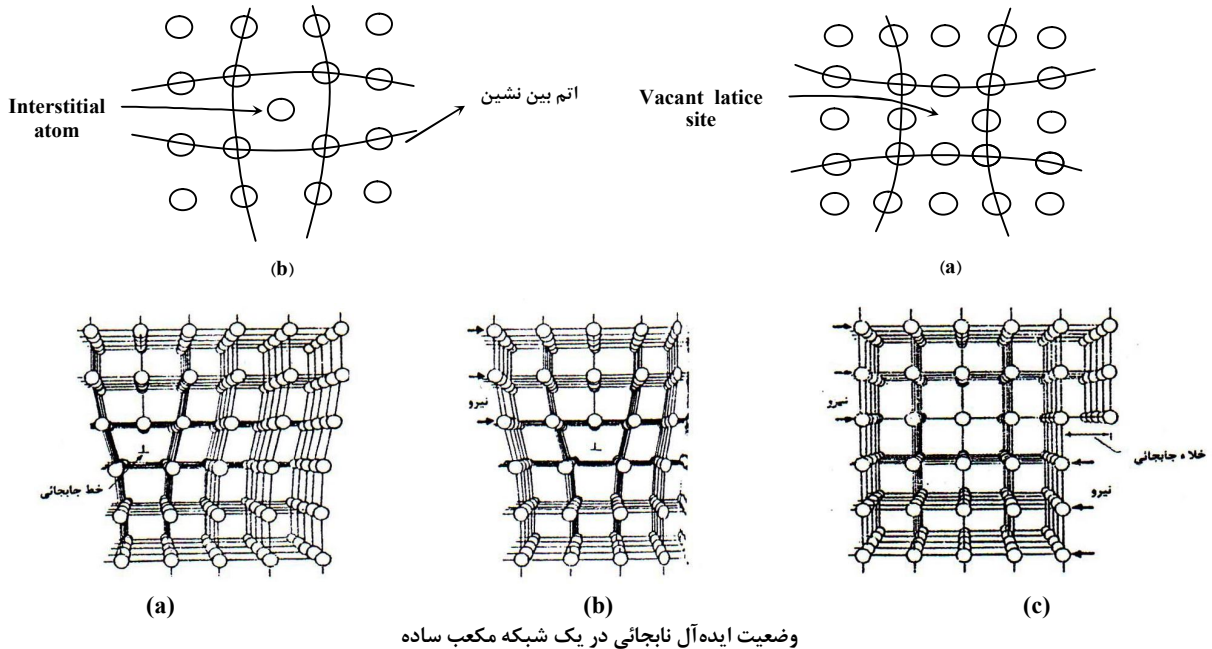
بنابراین آلوتروپی عبارتست از: تغییر ساختمان کریستالی در اثر تغییر درجه حرارت. حالات مختلف این نظم و ترتیب را مدیفیکاشن گویند. در این نوع فلزات به وسیله تغییر درجه حرارت می‌توان به هر مدیفیکاشن دلخواه در حرارت معین رسید. برای فلزات خالص درجه حرارت تشکیل هر یک از مدیفیکاشن محدود است. ولی برای فلزات ناخالص و آلیاژی این درجه حرارت به درجه حرارت فلز بستگی دارد. یعنی هر چه درجه حرارت فلز بیشتر باشد، به عبارت دیگر هر چه ناخالصی کمتر باشد، درجه حرارت تبدیل مدیفیکاشن به درجه حرارت تبدیل فلز خالص نزدیکتر است. آهن به عنوان مهمترین فلز صنعتی دارای چهار مدیفیکاشن (سه آلوتروپی) α ، β ، γ و δ می‌باشد. اگر از درجه حرارت بالای 1539°C (نقطه ذوب آهن خالص) حرارت آن را کم کنیم، در 1536°C اولین نقطه انجماد شروع شده و آهن δ بوجود می‌آید و تا 1392°C این آهن پایدار است، پایین‌تر از 1392°C تا 911°C آهن γ و از 911°C تا 769°C آهن β داریم، که خاصیت آهن ربائی ندارد. در تحولات آهن می‌توان تصور کرد که کریستال آهن به صورت B.C.C می‌باشد. با این استثنا که در درجه حرارت بین 911 تا 1392°C آهن γ با شبکه‌ی کریستالی F.C.C داریم. هرگاه خاصیت مغناطیسی و خواص منشعب از آن کنار گذاشته شود، تمام خواص فیزیکی آهن α ، β و δ یکی هستند. این موضوع را می‌توان به وسیله متالوگرافی و کریستالوگرافی ثابت نمود در جدول زیر هر یک از مدیفیکاشن‌های ایجاد شده در درجه حرارت‌های مختلف برای آهن نشان داده شده است.

درجه حرارت	مدیفیکاسیون	سیستم کریستالی	اندازه ثابت شبکه‌ی کریستالی در درجه حرارت
$20 - 769^\circ\text{C}$	$\alpha - \text{Fe}$	B.C.C	$a = 2/86 \text{ \AA}$
$769 - 911^\circ\text{C}$	$\beta - \text{Fe}$	B.C.C	$a = 2/90 \text{ \AA}$
$911 - 1392^\circ\text{C}$	$\gamma - \text{Fe}$	F.C.C	$a = 3/63 \text{ \AA}$
$1392 - 1539^\circ\text{C}$	$\delta - \text{Fe}$	B.C.C	$a = 2/93 \text{ \AA}$

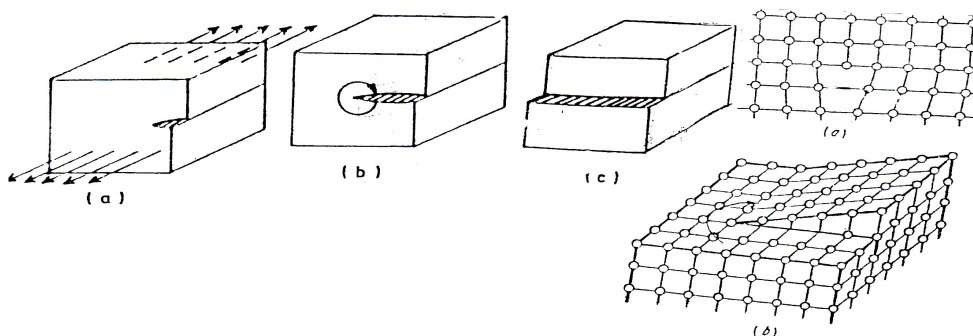
همین طور فلزاتی مانند: تیتانیوم دارای ۲ آلوتروپی (HCP و B.C.C) و منگنز ۴ آلوتروپی با ساختمان‌های کریستالی (H.C.P, B.C.T, C, C') و قلع دارای ۲ آلوتروپی قلع سفید (B.C.T) و قلع خاکستری (d) یا α می‌باشد الماس و گرافیت نیز دو آلوتروپی کربن هستند که گرافیت پیوند فلزی داشته و دارای هدایت الکتریکی خوبی است ولی الماس دارای پیوند کووالانسی بوده و سخت و عایق است. و کبالت ۲ آلوتروپی دارد که ساختمان کریستالی H.C.P و F.C.C دارد.

عیوب کریستالی

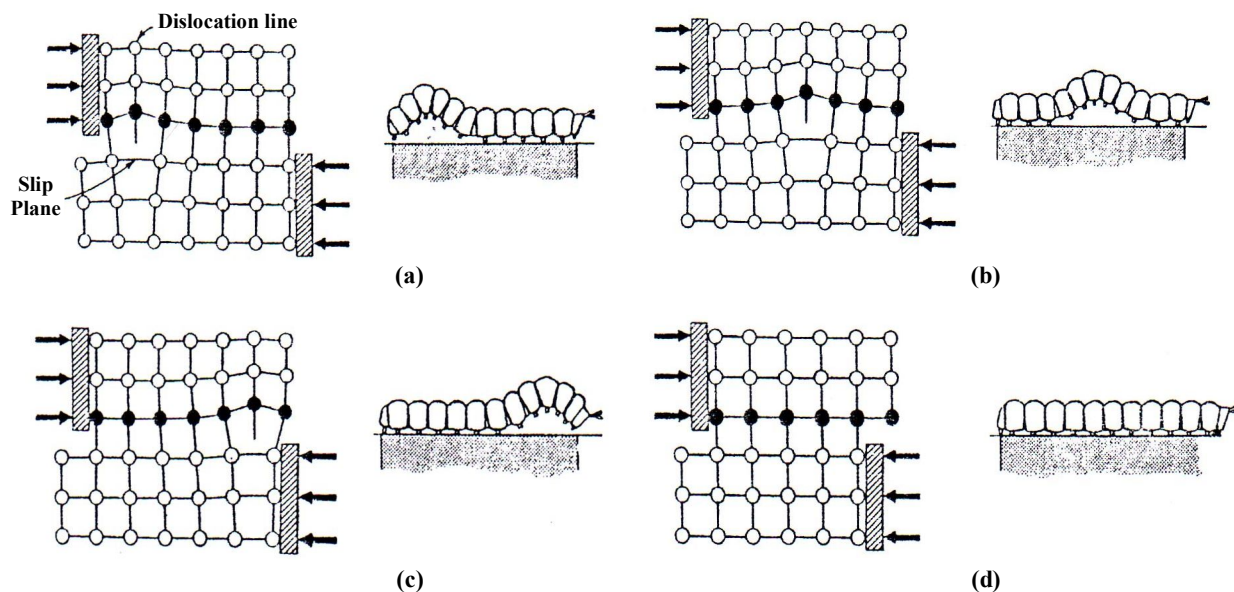
در بررسی کریستالوگرافی ساختمان‌های کریستالی همیشه کریستال کامل و ایده‌آل در نظر گرفته می‌شود یعنی کلیه اتم‌ها در موقع انجماد ساختمان کریستالی معینی را بوجود آورده و انجماد به همین ترتیب ادامه پیدا می‌کند. در حالی که عملاً این طور نیست در مقابل ساختمان کریستالی ایده‌آل ساختمان‌های کریستالی وجود دارند که دارای عیوب کریستالی می‌باشند و این عیوب در ساختمان کریستالی باعث تغییر خواص مکانیکی فلزات می‌گردند که هم می‌توانند باعث کاهش مقاومت لغزشی صفحات کریستالی و هم باعث سخت شدن در اثر سیلان پلاستیکی شوند. مهمترین نواقص بلوری: جاخالی‌ها، بین‌نشینی‌ها، نابجائی‌ها (Dislocation) (دیسلوکاشن) هستند. جای خالی و بین‌نشینی‌ها را در شکل مشاهده می‌نمائید. خلاءهای اتمی محل‌های خالی اتمی ساده‌ای هستند که در هنگام انجماد بوجود می‌آیند در صورتی که مکان‌های بین‌نشینی ممکن است در خلال تغییر شکل پلاستیکی ایجاد شوند. خلاءهای اتمی و نیز بین‌نشینی‌ها تغییر شکل موضعی ایجاد کرده و یکنواختی شبکه‌ی فضائی را از بین می‌برند، این عیوب را **عیوب نقطه‌ای** گویند.



یکی دیگر از عیوب بلوری، نابجائی یا دیسلوکاشن (Dislocation) است که در تشریح اختلاف فاحش بین قسمت‌های سیلان تئوری و عملی اهمیت به سزائی دارد. نابجائی‌ها را می‌توان مجموعه‌ای از نواقص خطی بلوری دانست که از وصلت نامتناسب صفحات درون بلور نتیجه شده‌اند. نابجائی‌های خطی بر دو نوع هستند. نابجائی لبه‌ای و نابجائی پیچی، نمودار این دو نوع در شکل زیر نشان داده شده است. نابجائی (دیسلوکاشن) لبه‌ای مثل این است که یک نیم صفحه وارد شبکه‌ی کریستالی شده یا از آن خارج گردیده باشد. و به شکل \perp یا \parallel نشان داده می‌شود. در نابجائی (دیسلوکاشن) پیچی یک صفحه روی صفحه‌ی دیگر می‌لغزد، به طوری که یک ضلع دو صفحه کاملاً بر هم منطبق باشند. به عبارت دیگر قسمتی از دو صفحه در یک شبکه‌ی کریستالی روی هم می‌لغزند.

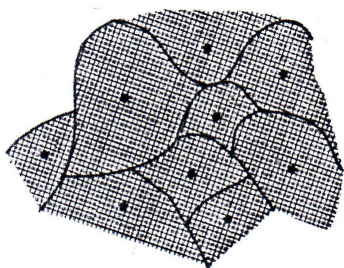


اشکال فوق وضعیت هندسی نابجایی پیچی را نشان می‌دهند. زمانی که ردیف‌های اتمی که با جهت لغزش موازی هستند به طور واحد پیش روند عمل لغزش صورت می‌گیرد. وجود صفحه اضافی یا کمبود نیم صفحه در اینجا مورد ندارد و شباهت آن را به پیچ می‌توان بخوبی از شکل (b) دید. برای درک بیشتر در شکل‌های زیر مقایسه حرکت دیسلوکاشن‌ها با حرکت کرم خاکی نمایش داده شده است.



عیوب سطحی

در انجماد کریستالی، دانه‌ها بترتیبی که می‌دانید بر حسب سرعت سرد شدن پس از تشکیل نطفه انجماد، می‌توانند رشد کنند، هر چه سرعت سرد کردن زیادتر باشد، تعداد مراکز انجماد کریستالی بیشتر و در نتیجه نطفه تشکیل شده انجماد نیز زیادتر می‌گردد. و برعکس هر چه سرعت سرد کردن کمتر باشد تعداد مراکز تشکیل بلور کمتر و نطفه‌ی انجماد نیز کمتر است. اگر تعداد نطفه‌های انجماد در حالت مذاب زیاد باشد، دانه‌ها به خوبی نمی‌توانند رشد کنند و برعکس هرگاه تعداد نطفه‌ها در حالت مذاب کمتر باشد دانه‌ها از رشد بیشتر برخوردارند. به هر حال در اثر رشد دانه‌ها پس از مدتی دانه‌های رشد یافته به هم برخورد کرده و رشدشان متوقف می‌گردد. این دانه‌ها پس از رشد به وسیله‌ی صفحه‌ای از هم جدا می‌گردند.



محل برخورد رشد دانه‌ها را مرز دانه‌ها گویند. دانه‌های فلزی در حین انجماد ناخالصی‌ها را پس زده و به مرز دانه‌ها می‌فرستند. بدین ترتیب مرز دانه‌ها سطحی مملو از ناخالصی‌ها می‌باشند که ارتباط بین دانه‌ها را قطع می‌کنند. بدین جهت نقص یا عیب کریستالی بوجود می‌آورند که به آن‌ها عیوب سطحی گویند.

کلمه مثال ۱۹: عیوب سطحی قطعات در اثر کدام عامل افزایش پیدا می‌کند؟

(۲) ریخته‌گری قطعات در قالب‌های دای کست.

(۱) کاهش سرعت خنک‌کنندگی

(۴) کاهش عناصر آلیاژی در قطعات

(۳) افزایش عناصر آلیاژی در قطعات

پاسخ: گزینه «۲» در اثر افزایش سرعت خنک‌کنندگی قطعات دانه‌های فلزی ریزتر شده و در نتیجه مرزدانه‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه عیوب سطحی زیاد می‌گردد و این عملیات در قالب‌های دای کست که سرعت خنک‌کنندگی آنها به دلیل فلزی بودن و در نتیجه هدایت حرارتی بیشتر قالب انجام می‌شود.