

چکیده مراجع دندانپزشکی CDR

مقدمه‌ای بر مواد دندان

ون نورت ۲۰۱۳

با مقدمه:

دکتر حسین باقری

به کوشش:

دکتر مریم پیرمراذیان

دکتر ستوده دوایی

دکتر عطیه هاشمیان

سرشناسه	: پیرمردیان، مریم، ۱۳۶۴ -، گردآورنده
عنوان و نام پدیدآور	: چکیده مراجع دندانپزشکی CDR مقدمه‌ای بر مواد دندانی ون نورت ۲۰۱۳/بسه کوشش مریم پیرمردیان، ستوده دوایی، عطیه هاشمیان؛ با مقدمه حسین باقری گرگانی.
مشخصات نشر	: تهران: شایان نمودار، ۱۳۹۷
مشخصات ظاهری	: ۲۵۰
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۳۷-۴۰۱-۴
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتاب حاضر خلاصه‌ی کتاب "Introduction to dental materials , 4rd.ed, 2013" اثر ریچارد ون نورت است.
موضوع	: دندانسازی -- مواد
موضوع	: Dental materials
شناسه افزوده	: دوایی، ستوده، ۱۳۶۳ -، گردآورنده
شناسه افزوده	: هاشمیان، عطیه، ۱۳۶۹ -، گردآورنده
شناسه افزوده	: باقری گرگانی، حسین، ۱۳۵۷ -، مقدمه‌نویس
شناسه افزوده	: نورت، ریچارد ون
شناسه افزوده	: Noort, Richard Van
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۷/۶۵۲ چ۹/پ/RK۵
رده بندی دیویی	: ۶۱۷/۶۹۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۵۱۴۹۸۲

نام کتاب: چکیده مراجع دندانپزشکی CDR مقدمه‌ای بر مواد دندانی ون نورت ۲۰۱۳

به کوشش: دکتر مریم پیرمردیان، دکتر ستوده دوایی، دکتر عطیه هاشمیان

با مقدمه: دکتر حسین باقری

ناشر: انتشارات شایان نمودار

مدیر تولید: مهندس علی خزعلی

طرح جلد: آتلیه طراحی شایان نمودار

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

حروف چینی و صفحه آرایی: انتشارات شایان نمودار

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: زمستان ۱۳۹۷

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۳۷-۴۰۱-۴

قیمت: ۶۲۰،۰۰۰ ریال



انتشارات شایان نمودار

دفتر مرکزی: تهران/ میدان فاطمی/ خیابان چهلستون/ خیابان دوم/ پلاک ۵۰/ بلوک B/ طبقه همکف/ تلفن: ۸۸۹۸۸۸۶۸



وب سایت: shayannemoodar.com



اینستاگرام: Shayannemoodar

(تمام حقوق برای ناشر محفوظ است. هیچ بخشی از این کتاب، بدون اجازه مکتوب ناشر، قابل تکثیر یا تولید مجدد به هیچ شکلی، از جمله چاپ،

فتوکپی، انتشار الکترونیکی، فیلم و صدا نیست. این اثر تحت پوشش قانون حمایت از مولفان و مصنفان ایران قرار دارد.)

مقدمه

امروزه پیشرفت روشهای درمانی در دندانپزشکی پیوند ناگسستنی با شناخت ما از مواد دندانی دارد. در این راستا، علم زیستمواد دندانی به عنوان شاخه ای از علم زیست مواد (Biomaterials Science) سالهاست که در حیطه علوم پایه دندانپزشکی تاثیر چشمگیری در حوزه آموزش، پژوهش و فناوری در دندانپزشکی در سطح جهان داشته است. آگاهی دندانپزشکان و متخصصین علوم دندانپزشکی از ویژگیها و رفتار مواد در محیط دهان تاثیری مستقیم بر میزان موفقیت درمانهای دندانپزشکی دارد. با توجه به اهمیت موضوع، زیست مواد دندانی بعنوان یکی از رشته های تخصصی دندانپزشکی چند سالی است که مورد توجه سیاستگذاران آموزش دندانپزشکی قرار گرفته است. کتاب "مقدمه ای بر مواد دندانی" تالیف پروفسور ریچارد ون نورت از پیشگامان علم زیست مواد دندانی در جهان، اثر ارزشمندی است که از نظر محتوا و سبک تالیف، آن را به منبعی مفید در حیطه دندانپزشکی عمومی درآورده است.

با توجه به اینکه این کتاب به عنوان مرجع آزمون دستیاری دندانپزشکی از سوی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی اعلام شده است، اثر حاضر که چکیده ای از کتاب یادشده است، توسط جمعی از بهترین همکاران اینجانب در گروه زیست مواد دندانی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران گردآمده است. در این اثر تلاش شده است تا با وفاداری به محتوا، با ساده سازی و بسط مفاهیم، درک مطلب تسهیل و تسریع شود.

امید است این مجموعه، منبعی مفید برای همکاران و داوطلبان آزمون دستیاری باشد.

دکتر حسین باقری DDS, Ph.D

استادیار زیست مواد دندانی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد

مقدمه مؤلف

زیست مواد دندانی، یکی از قدیمی ترین و در عین حال روزآمدترین علوم مرتبط با علم و هنر دندانپزشکی است. سالهاست که این علم، برای نیل به نتایج بهتر به کمک درمانگران آمده است. در حقیقت در هر موقعیت درمانی، درک شرایط و اتخاذ طرح درمان مناسب با توجه به مواد و تکنیک‌های در دسترس، کلید موفقیت خواهد بود. در این میان اطلاع از ویژگی‌های هر ماده و پیش بینی رفتار احتمالی آن در شرایط خاص محیط دهان می‌تواند رمز گشای نتایج درمانی باشد. علم زیست مواد دندانی تلاش دارد به این موضوعات در چهارچوب درمانهای دندانپزشکی بپردازد.

کتاب حاضر یکی از جامع ترین کتب مرتبط با این رشته در دنیا است که با همکاری تعدادی از دانشجویان رشته زیست مواد دندانی دانشکده دندانپزشکی دانشگاه تهران ترجمه و خلاصه سازی شده است. سعی تمام همکاران در این مجموعه بر این بوده است که هیچ جزئی از مفاهیم کتاب در اثر خلاصه‌سازی حذف یا مخدوش نشود و در عین حال به ساده ترین زبان ممکن بازگردانی شود. نتیجه حاصل ادای دینی است به تمام اساتید و پیشکسوتان این رشته در ایران که با تحمل دشواری‌های فراوان، همچنان بر عزم خود مبنی بر حفظ و پیشبرد این رشته تا رسیدن به جایگاه حقیقی‌اش استوار هستند.

دکتر مریم پیرمردیان

دکتر ستوده دوایی

دکتر عطیه هاشمیان

فهرست مطالب

بخش اول

فصل ۱-۱: زیست مواد، زیست سازگاری و بیومکانیک.....	۷
فصل ۱-۲: واحدهای ساختار اتمی.....	۱۱
فصل ۱-۳: ساختار سرامیکها.....	۱۷
فصل ۱-۴: ساختار فلزات و آلیاژها.....	۲۳
فصل ۱-۵: ساختار پلیمرها.....	۳۰
فصل ۱-۶: خواص مکانیکی.....	۴۰
فصل ۱-۷: خواص فیزیکی.....	۴۸
فصل ۱-۸: خواص شیمیایی.....	۵۸
فصل ۱-۹: مبانی چسبندگی.....	۶۵

بخش دوم

فصل ۲-۱: آمالگام دندان.....	۷۵
فصل ۲-۲: کامپوزیت و کامپومر.....	۸۸
فصل ۲-۳: گلاس آینومر و رزین مدیفاید گلاس آینومر.....	۱۰۶
فصل ۲-۴: مواد ترمیمی بینابینی.....	۱۱۷
فصل ۲-۵: باند به مینا و عاج.....	۱۲۵
فصل ۲-۶: مواد اندودنتیک.....	۱۳۹
فصل ۲-۷: مواد قالب گیری.....	۱۵۳
فصل ۲-۸: نانو تکنولوژی در مواد دندان.....	۱۶۹

بخش سوم

فصل ۳-۱: مدل‌ها، دای‌ها و دیرگدازها.....	۱۷۹
فصل ۳-۲: رزین‌های بیس دنچر.....	۱۸۸
فصل ۳-۳: آلیاژهای ریختگی برای ترمی مه‌ای فلزی.....	۲۰۰
فصل ۳-۴: سرامیکهای دندان.....	۲۱۰
فصل ۳-۵: سرامیکهای باند شونده به فلز.....	۲۱۴
فصل ۳-۶: رستوریشن‌های تمام سرامیکی: کوره‌های سرامیکی با استحکام بالا.....	۲۲۱
فصل ۳-۷: رستوریشن‌های تمام سرامیکی: سرامیکهای باندشونده با رزین.....	۲۲۵
فصل ۳-۸: مواد لوتینگ.....	۲۳۱
فصل ۳-۹: استیل‌های زنگ نزن.....	۲۴۴

بخش اول

زیست مواد، زیست سازگاری و بیومکانیک

زیست مواد

مواد بازسازی کننده دندان، زیر مجموعه ای از زیست مواد به شمار می روند. وقتی ماده ای در بدن انسان یا در تماس با بدن انسان قرار می گیرد، زیست ماده¹ نامیده می شود. یک زیست ماده ترکیبی است که برای عملکرد با سیستم های زیستی طراحی شده است.

زیست مواد در ۳ حوزه مورد استفاده هستند:

- ۱- مواد باز سازی کننده دندان (فلزات، کامپوزیت های دندان، آلیاژهای ریختگی و سرامیک ها)
- ۲- ایمپلنت های قلبی-عروقی (کاتترها، دریچه های مصنوعی، رگ های مصنوعی و غشاهای دیالیز)
- ۳- ایمپلنت های ساختاری (ایمپلنت های دهان، فک و صورت و پروتزهای مفصلی)

وقتی یک زیست ماده در تماس با بافت ها و مایعات فیزیولوژیک قرار می گیرد واکنش های متنوعی بین ماده و محیط روی می دهد. این واکنش ها در موضوع زیست سازگاری مورد بحث قرار می گیرند. یک ماده زمانی زیست سازگار است که به تخریب یا آسیب در محیط بیولوژیک منجر نشود. (این تخریب هم شامل ماده بیولوژیک و هم محیط فیزیولوژیک پیرامونی می شود) آنچه اهمیت دارد مصونیت بیمار از آسیب است. واکنش های زیستی می تواند در همان محل زیست ماده یا در محلی دورتر (واکنش های سیستمیک) روی دهند. واکنش های سیستمیک می توانند به علائم کلینیکی حاد مثل علائم پوستی موضعی و یا واکنش های عصبی منجر شوند. هم بیماران و هم پرسنل دندان پزشکی، بطور روزانه،

1- biomaterial.



اوژنول در تست‌های سلولی سمیت بالایی از خود نشان می‌دهد با این حال توانایی‌اش در کشتن باکتری‌ها این ماده را به یک ماده مناسب برای ترمیم‌های موقت تبدیل کرده است. برای نشان دادن موادی با چنین ویژگی، در اروپا از توصیف *fit for purpose* استفاده می‌شود تا مصرف کننده از عوارض احتمالی ماده در صورت کاربرد در محل غیر اختصاصی‌اش مطلع باشد. در حال حاضر ۱۴۰ ماده مرتبط با مواد دندان‌سازی به عنوان عوامل مسبب آلرژی شناخته شده‌اند. اما نسبت بروز این واکنش‌های آلرژیک بین ۱:۷۰۰ تا ۱:۱۰۰۰۰ تخمین زده می‌شود که در عمل بسیار ناچیز است. با این حال برخی از مواد به صورت شایع‌تر باعث چنین واکنش‌هایی می‌شوند (پلی متیل متاکریلات در بیس دنچر و لاتکس در دستکش‌ها) با وجود عوارض احتمالی فراوان در این دست مواد تنها یک مرکز استاندارد برای ارزیابی مواد پس از ورود به بازارهای تجاری وجود دارد: واحد واکنش‌های نامطلوب به بایومترال‌های دندان‌سازی در دانشگاه Bergen در نروژ

با بسیاری از این مواد سروکار دارند و می‌توانند جامعه هدف به حساب آیند. امروزه شرکت‌های سازنده مواد دندان‌سازی - خصوصاً در مرحله بسته بندی- تلاش‌های زیادی برای کاهش تماس‌های غیر ضروری پرسنل، با مواد صورت می‌دهند. تفاوت *safty* یک ماده و زیست‌سازگار بودن آن در این است که ماده امن، ماده ای است که اثرات مخرب و مضر به همراه نداشته باشد اما ماده زیست‌سازگار نه تنها باعث ایجاد عوارض مضر نمی‌شود بلکه قابلیت ایجاد پاسخ‌های مثبت و مفید را نیز دارد. برای دانستن عوارض مضر احتمالی یک ماده مصرفی، دو بخش مورد توجه قرار دارند: ۱- ارزیابی‌های بنیادین در مورد مواد، پیش از ورود به بازارهای مصرفی و ۲- ارزیابی‌های بالینی پس از ورود یک محصول به بازار، برای ارزیابی‌های پیش از ورود به بازار، با استفاده از ISO ۱۰۹۹۳ تست‌های سیتوتوکسیسیته و موتازنیستی در لابراتوارها انجام می‌شود. با این حال نباید فراموش کرد که بسیاری از مواد دندانپزشکی در این ارزیابی‌ها سمی تشخیص داده می‌شوند! اما مزایای آنها به عوارضشان اولویت دارد. برای مثال زینک اکساید

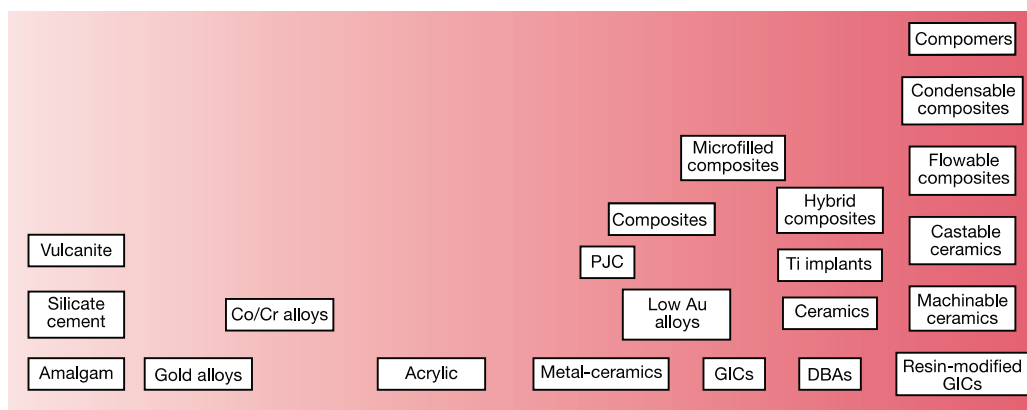


Figure 1.1.1 The changing face of dentistry. DBA, dentine-bonding agents; GIC, glass-ionomer cements; PJC, porcelain jacket crowns



Figure 1.1.3 Irritant contact dermatitis due to resin contact

علاوه بر سمیت، عوارض احتمالی دیگر متعج از مواد دندانپزشکی عبارتند از:

درماتیت تماسی التهابی^۱ (واکنش‌های سمی حاد، پاراستزی^۲، درمات افزایشی^۳)، درماتیت تماسی آلرژیک^۴، واکنش‌های لیکنوئید دهانی^۵، واکنش‌های آنافیلاکتیک^۶، کهیر تماسی^۸ و واکنش‌های^۹ intolerance

خوردگی یک واکنش ناخواسته بین محیط بیولوژیک و زیست‌ماده است. برای مثال خوردگی آمالگام که باعث تغییر رنگ بافت‌های دندانی و شکست لبه‌ای ترمیم‌های آمالگام می‌شود. کامپوزیت‌ها نیز به دنبال واکنش خوردگی، در محیط دهان تغییر رنگ می‌دهند و این موضوع از دلایل تعویض این ترمیم‌ها به شمار می‌رود. خوردگی در محیط بیولوژیک می‌تواند منجر به آزاد شدن محصولات خوردگی در بافت‌های بیولوژیک موضعی و واکنش‌های مضر موضعی و سیستمیک شوند. برخی از بیماران حتی به مقادیر بسیار اندک جیوه، نیکل و کبالت واکنش‌های

- 1- irritant contact dermatitis
- 2- acute toxic reaction
- 3- paraesthesia
- 4- cumulative insult dermatitis
- 5- allergic contact dermatitis
- 6- oral lichenoid reactions
- 7- anaphylactoid reactions
- 8- contact urticaria
- 9- intolerance reactions.

واکنش‌های احتمالی بین مواد بازسازی کننده دندان و محیط بیولوژیک عبارتند از: حساسیت پس از کار، سمیت، خوردگی و آلرژی. حساسیت پس از درمان یک واکنش موضعی در برابر فرآیند ترمیم است. این حساسیت معمولاً مربوط به مواد ترمیمی است که باعث واکنش نامساعد پالپی به دنبال فرآیند ترمیم دندان می‌گردند. امروزه عقیده بر این است که این واکنش‌ها بیش از زیست‌سازگاری ضعیف ماده به نفوذ باکتری‌ها در درز بین ماده ترمیمی و بافت دندان مربوط می‌شود. اگر ماده ترمیمی توانایی ایجاد یک درز غیرقابل نفوذ را داشته باشد این حساسیت بعد از بازسازی، به حداقل می‌رسد. البته اگر ماده بازسازی کننده سمی باشد نیز واکنش پالپی امکان وقوع دارد. بنابراین یک موضوع مهم در تکامل مواد چسبنده، جلوگیری از تهاجم باکتری‌ها است. بعضی مواد اثرات مثبتی روی پالپ دارند. برای مثال کلسیم هیدروکساید تولید عاج ثانویه را تحریک می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد زیست‌سازگاری به معنی عدم فعالیت یک ماده در محیط بیولوژیک نیست بلکه به طور ایده‌آل باید باعث پاسخی متناسب با موقعیت کاربردی‌اش شود.



آلرژیک نشان می‌دهند. بنابراین مقاومت زیست ماده نسبت به خوردگی بسیار مهم است.

دندانپزشکان در مورد موادی که برای هر بیمار استفاده می‌کنند مسئول هستند و باید آگاهی و درک کاملی از ترکیب مواد مصرفی و اثرات احتمالی آنها داشته باشند. دانستن خواص فیزیکی و مکانیکی مواد نیز در کاربری‌های زیستی، اهمیت بالایی دارد. کارکرد رستوریشن‌های دندانی (ترمیم‌ها)، روکش‌ها و بریج‌ها) نه تنها به خواص مواد بستگی دارد بلکه به طراحی آنها نیز بستگی دارد. رفتار مواد در موقعیت‌های واقعی، مکانیک نامیده می‌شود. وقتی مکانیک برای زیست‌مواد بکار گرفته می‌شود، تحت عنوان بیومکانیک خوانده می‌شود و به معنی بکارگیری اصول مهندسی در بدن انسان است.

دو سطح در تماس با هم تمایل به سایش یکدیگر دارند که باعث از دست رفتن ماده از سطح یکی یا هردوی آنها می‌شود. این فرایند سایش نام دارد و از مشکلات عمده در رستوریشن‌های کامپوزیتی به شمار می‌رود. مهمترین عامل در سایش، میزان نیروی وارده به سطح است. بنابراین مهم است که بدانیم یک نیرو چگونه به سطح آسیب می‌رساند. روابط میان خواص مواد، طراحی ساختاری و محیط بیولوژیک اساس بیومکانیک را تشکیل می‌دهد.

در کل عملکرد کلینیکی رستوریشن‌های دندانی به ۳ عامل بستگی دارد:

- انتخاب مناسب ماده بر اساس آگاهی از خواص آن
- طراحی مناسب ترمیم
- آگاهی از چگونگی واکنش مواد با محیط بیولوژیک

واحدهای ساختار اتمی

تمام مواد، از اتم‌ها و مولکول‌ها ساخته شده‌اند و ارتباط نزدیکی بین ساختار اتمی و خصوصیات آنها وجود دارد. برای درک خواص مواد، لازم است نحوه ترکیب مواد برای ساخت جامدات را درک کنیم. هر نوع پیوندی که بین دو اتم مجاور تشکیل شود، باند اولیه نامیده می‌شود. بر حسب واکنش بین اتم‌ها سه حالت: جامد، مایع و گاز شکل می‌گیرد که فازهای اصلی به شمار می‌روند. (فاز، یک ساختار یکنواخت از یک سیستم است که ساختار و خواص منحصر به فردی دارد.) این فازها بر حسب آزادی واحدهای سازنده از قابلیت حرکت و لغزیدن بر روی هم، تعریف می‌شوند. برای مثال در حالت جامد حرکت اتم‌ها و مولکول‌ها محدود به ارتعاشات موضعی است هرچند حرکاتی در سطح اتمی از طریق انتشار نیز امکان پذیر است. فاکتور اثرگذار در تشکیل یک پیوند، انرژی است. در واقع تنها زمانی پیوندی شکل می‌گیرد که انرژی کلی مولکول از مجموع انرژی هریک از اتم‌ها، کمتر باشد. به فاصله بین اتم‌ها -در این انرژی حداقلی- طول پیوند گفته می‌شود.

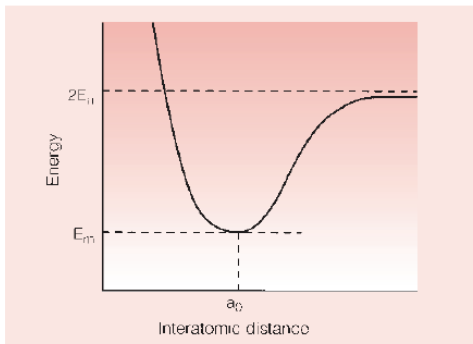


Figure 1.2.1 Energy separation curve for two atoms, each of energy E_0

باند اتم‌ها با یکدیگر به آرایش فضایی الکترون‌های آنها بستگی دارد و همین امر فعالیت شیمیایی اتم را

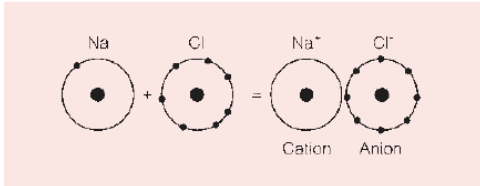


Figure 1.2.3 Formation of an ionic bond between sodium and chlorine

تفاوت مهم پیوند یونی با کووالانسی، جهت دار نبودن پیوندهای یونی است. زیرا پیوندهای یونی نتیجه یک میدان الکترواستاتیکی هستند که یون را احاطه کرده است و این میدانها با هر یونی که در مجاورت آنها باشد واکنش می دهند.

پیوند فلزی

وقتی تعداد زیادی از اتمها (اغلب در جامدات) الکترونهای لایه ظرفیتشان را براحتی رها می کنند، پیوند فلزی شکل می گیرد. الکترونها تقریباً آزادانه در جامد حرکت می کنند و از اتمی به اتم دیگر می روند. از آنجایی که در پیوند فلزی الکترونهای والانس نسبت به وقتی که در یک اتم تنها قرار دارند، به هسته اتمها نزدیکترند، اوربیتال الکترونی در پیوند فلزی سطح انرژی پایینتری نسبت به اوربیتالهای هر اتم به تنهایی دارد. این پیوند نیز غیر جهت دار است.

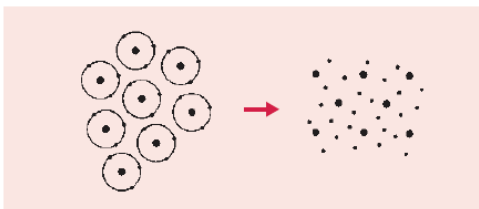


Figure 1.2.4 Formation of a metallic bond, showing a cloud of electrons surrounding the nuclei

تعیین می کند. هرچه آرایش فضایی اتم با ثبات تر باشد، اتم فعالیت کمتری خواهد داشت. مثل گازهای نجیب (آرگون، هلیوم و نئون) که اوربیتالهای الکترونی لایه خارجی کاملی دارند.

همه اتمها برای رسیدن به سطح انرژی پایین تلاش می کنند که با داشتن لایه الکترونی خارجی کامل، محقق می شود. تشکیل باند، فقط خارجی ترین الکترونهای لایه ظرفیت را دربر می گیرد. (لایه والانس)

انواع پیوندهای اولیه

پیوند کووالانسی

ساده ترین و قوی ترین پیوندی که در نتیجه ی به اشتراک گذاشتن الکترونهای لایه ی آخر حاصل می شود، پیوند کووالانسی نامیده می شود. جایی که دو الکترون بین دو هسته به اشتراک گذاشته شده اند، اوربیتال مولکولی شکل می گیرد. الکترونها بیشتر در این ناحیه حضور دارند و به همین دلیل این باند، به شدت جهت دار است.

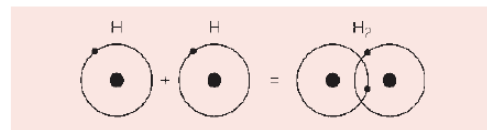


Figure 1.2.2 Two hydrogen atoms combine through covalent bonding to form hydrogen gas

پیوند یونی

به پیوندی که در اثر جاذبه میان یک اتم دهنده الکترون (دارای بار مثبت) و یک اتم گیرنده الکترون (دارای بار منفی) ایجاد می شود پیوند یونی گفته می شود. مثل سدیم و کلر. به اتمهایی که با جذب یک الکترون به ساختار گاز خنثی می رسند هالوژن گفته می شود (فلورین، کلرین، برمین و ید)

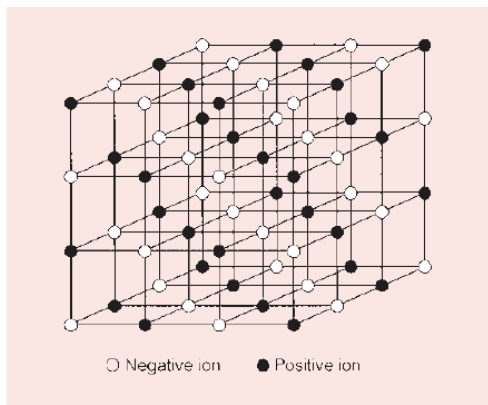


Figure 1.2.5 Formation of a bulk solid, through the ionic bonding of sodium (●) and chlorine ions (○).

جامدات فلزی

در جامدات فلزی آرایش اتمی شبیه جامدات یونی مشاهده می‌شود. هرچند جاذبه الکترواستاتیک قوی بین یونها، در این پیوند مشاهده نمی‌شود و اتم‌های فلزی توسط ابر الکترونی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند.

جامدات کوالانسی

وقتی اتم‌ها به واسطه پیوندهای کوالانسی به یکدیگر متصل شوند، یک جامد کوالانسی شکل می‌گیرد. اساس تشکیل پیوند در این جامدات به اشتراک گذاشتن الکترون تا رسیدن به آرایش الکترونی یک گاز نجیب است. نمونه‌های محدودی از ایجاد یک جامد کوالانسی از یک نوع اتم وجود دارد مثل: کربن، سیلیکون و ژرمانیوم.

جهت‌دار بودن پیوندهای کوالانسی، آرایش قرارگیری اتم‌ها در این جامدات را شدیداً محدود کرده‌است. در این جامدات اوربیتال‌های الکترونی هم‌پوشانی پیدا کرده و الکترون‌های به اشتراک گذاشته شده، سبب ایجاد اوربیتال‌هایی کامل و بسیار باثبات می‌شوند. از این رو اتم‌های درگیر در یک

انرژی پیوندها

انرژی پیوند (انرژی لازم برای جدا کردن دو اتم در حالت پیوند) از خصوصیات مهم هر پیوند است. ترتیب قدرت پیوند: کوالانسی < یونی < فلزی

Table 1.2.1 Typical bond energies for the three bond types

Atoms bonded	Bond type	Bond energy (eV)
C-C	Covalent	6.3
C-F		5.6
H-H		4.5
H-O		4.4
C-Cl		4.0
Na-Cl	Ionic	4.2
K-Br		3.9
Na-I		3.2
Au-Au	Metallic	2.3
Cu-Cu		2.0
Ag-Ag		1.8
Pb-Pb		0.8
Hg-Hg		0.2

البته پیوند فلزی، طیف وسیعی از انرژی دارد. از مقادیری برابر با پیوند یونی تا مقادیر بسیار پایین. مثل جیوه که به همین دلیل در دمای اتاق مایع است.

تشکیل توده‌های جامد

جامدات یونی

هرگاه یون‌های مثبت و منفی در موقعیت‌های خاص و تکرار شونده قرار گیرند و شبکه سه بعدی منظمی را تشکیل دهند جامد یونی خواهیم داشت. مثل: سدیم کلراید (شکل ۵-۲-۱).

مواد یونی (کلرید، نیتريد و اکسیدهای فلزی) گروهی از مواد به نام سرامیک‌ها را شکل می‌دهند که شیشه‌ها نوع خاصی از آنها هستند. این مواد به علت پیوند یونی بسیار قوی بین اجزایشان، بسیار با ثبات هستند.

قطبی‌های لحظه‌ای که اثر پراکندگی لاندن^۳ نیز نامیده می‌شود و در اثر برهمکنش ارتعاشات اتفاقی الکترون‌ها، وقتی دو مولکول، یون یا اتم در تماس نزدیک باشند، ایجاد می‌شود.

پیوند هیدروژنی نمونه خاصی از برهمکنش دو قطبی-دو قطبی است: اتم هیدروژن در پیوند با اتم‌های با الکترونگاتیویته بالا، مثل یک پروتون (یون با بار مثبت) متصل رفتار می‌کند و به سمت الکترون‌های سایر اتم‌ها در مولکول‌های دیگر جذب می‌شود. شرط لازم برای شکل‌گیری پیوند هیدروژنی، حضور یک اتم الکترونگاتیو در مجاورت اتم هیدروژنی است که به یک اتم الکترونگاتیو باند شده باشد. استحکام این پیوند تنها 0.4 eV می‌باشد و به راحتی با حرارت می‌شکند. پیوند هیدروژنی، عامل جذب سطحی مولکول‌های ارگانیک، از جمله پروتئین‌ها است و از اینرو برای فرآیندهای زیستی ضروری به شمار می‌آید.

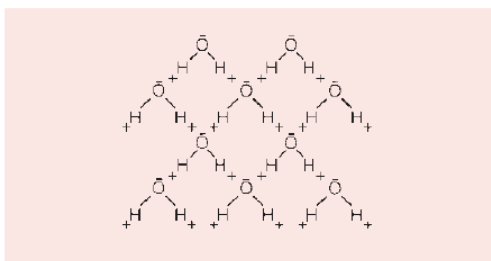


Figure 1.2.7 Hydrogen bond formation in ice

جامدات مولکولی

این جامدات استحکام پیوند و نقطه ذوب بسیار پایینی دارند. بالاترین نقطه ذوب جامدات مولکولی حدود 100°C ثبت شده است. آلکان‌های خطی یکی از

جامد کووالانسی، واکنش پذیری بسیار پایینی دارند. بیشتر این ترکیبات بصورت گاز یا مایع در طبیعت وجود دارند (آب: اکسیژن + هیدروژن) اما می‌دانیم که آب در صفر درجه منجمد می‌شود و بدین منظور باید جاذبه‌های بیشتری بین مولکول‌های آب وجود داشته باشد، اما این جاذبه از نوع پیوندهای اولیه نمی‌باشد.

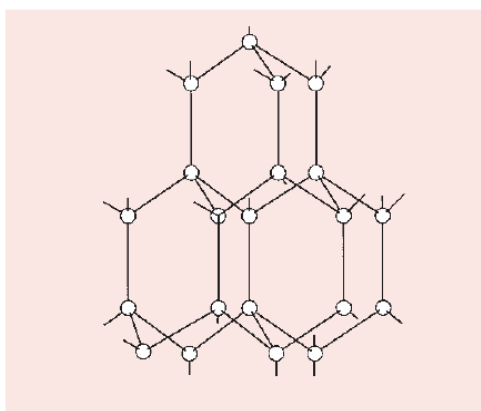


Figure 1.2.6 The structure of diamond, showing the three-dimensional network built up from the tetrahedral arrangement of the carbon bonds

پیوندهای ثانویه

اساس پیوندهای ثانویه وجود دو قطبی‌های الکتریکی^۱ است که در نتیجه حضور غیریکخواخت الکترون‌ها در قسمت‌های مختلف یک مولکول، ایجاد می‌گردد. این دو قطبی‌ها به مولکول‌ها اجازه می‌دهند تا بر یکدیگر تاثیر گذاشته و پیوندهای ضعیفی به نام پیوند واندروالس^۲ شکل گیرد. این پیوندها اساس جاذبه مولکولی در جامدات مولکولی هستند.

سه فاکتور اصلی در این تعامل ضعیف شرکت می‌کنند که عبارتند از: ۱- برهمکنش دو قطبی‌های دائم ۲- برهمکنش دو قطبی‌های القاء شده ۳- برهمکنش دو

- 1- electric-dipole
- 2- van der waals bonds

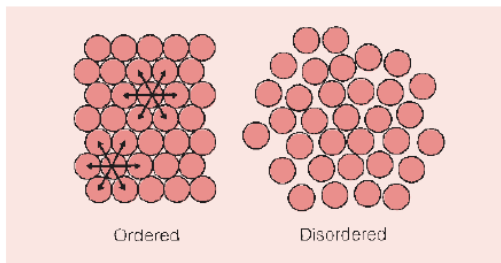


Figure 1.2.9 Ordered and disordered arrangements of atoms

ساختارهای کریستالی

با قرار گرفتن اتم‌ها در یک ساختار منظم، واحد سلولی واحد شکل می‌گیرند و ساختارهای کریستالی از کنار هم قرار گیری این واحدهای سلولی تشکیل می‌شوند که در نهایت یک جامد سه بعدی را شکل می‌دهد. بر اساس شکل واحد سلولی اولیه، سیستم‌های کریستالی مختلفی وجود دارد: مکعبی ساده^۱، مکعبی مرکز پر^۲، مکعبی مرکز وجوه پر^۳ و ... اتم‌ها همه فضاهای یک واح را اشغال نمی‌کنند و کسری از فضا که توسط اتم‌ها اشغال شده است فاکتور انباشتگی^۵ نامیده می‌شود که به راحتی قابل محاسبه است:

$$\text{فاکتور انباشتگی} = \frac{(\text{واحد سلول داخل اتم حجم})}{(\text{واحد سلول حجم})}$$

فاکتور انباشتگی برای هر سلول واحد مکعب ساده (Simple Cubic) تقریباً ۵۰٪ (۰.۵۴) است و ممکن است اتم‌های کوچکتر این فضاهای خالی را بدون برهم زدن زیاد ساختار کریستالین اشغال کنند که در آلیاژها این حالت قابل مشاهده است. آرایش

- 1- Unite Cell
- 2- Simple Cubic
- 3- Body Centered Cubic(BCC)
- 4- Face Centered Cubic (FCC)
- 5- Packing Factor

انواع این جامدات مولکولی هستند که رفتار آنها با بزرگ شدن مولکول پلیمر به شدت تحت تاثیر قرار می‌گیرد. (شکل ۱.۲.۸)

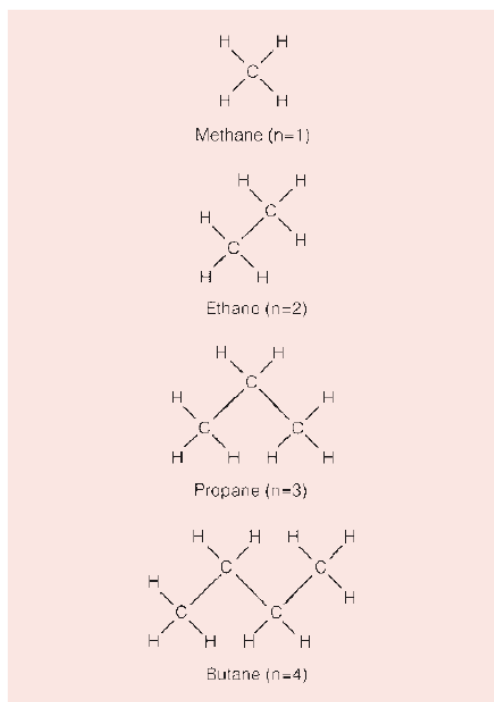


Figure 1.2.8 The first four members of the alkane family, which are straight-chain hydrocarbons, following the general formula C_nH_{2n+2}

آرایش ساختاری اتم‌ها در جامدات

اتم‌ها در حالت جامد می‌توانند به شکل منظم (جامدات بلوری-کریستالین) یا نامنظم (جامدات آمورف) در کنار یکدیگر قرار گیرند. در ساختارهای بلوری، هر اتم دارای اتم‌های مجاور مشابهی است. فلزات و جامدات یونی معمولاً در دمای اتاق کریستالین هستند. (شکل ۱-۲-۹)



کردن فضاهای خالی توسط اتم‌های کوچکتر، بدون بر هم زدن ساختار، دشوارتر می‌شود.

فضایی BCC و FCC که در فلزات رایج هستند دارای فاکتور انباشتگی برابر 0.68 و 0.74 هستند. قابل پیشبینی است که با افزایش فاکتور انباشتگی پر

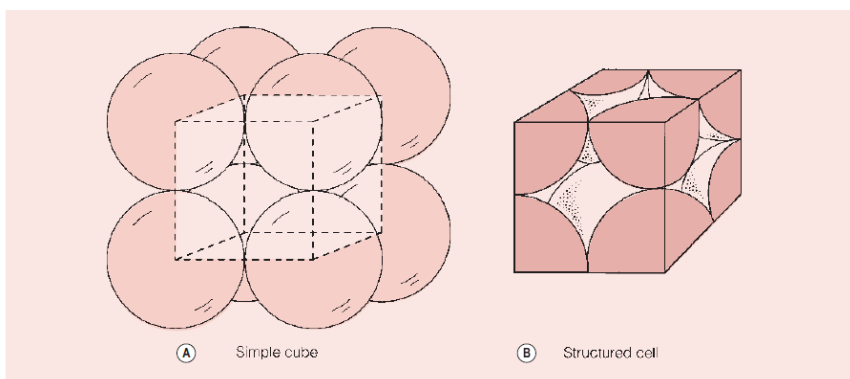


Figure 1.2.10 The simple cubic structure (a) and its structured cell (b)

اثر ترکیب دو یا چند نوع از این جامدات حاصل می‌شوند. استخوان و عاج کامپوزیت‌های طبیعی هستند، که ماده اصلی آنها کلاژن (پلیمر) و آپاتیت (سرامیک) است. از کامپوزیت‌های مصنوعی می‌توان پلیمرهای تقویت شده با فایبر گلاس، پلیمرهای حاوی ذرات سرامیکی و رزین کامپوزیت‌ها را نام برد.

پس در کل سه گروه اصلی جامدات وجود دارند: ۱- سرامیک‌ها، بر پایه پیوند یونی که می‌توانند کریستالین یا آمورف (شیشه‌ها) باشند. ۲- فلزات، که بر پایه پیوند فلزی هستند و ۳- جامدات مولکولی که بر پایه پیوند کوالانسی و پیوندهای ثانویه هستند و پلیمرها را شکل می‌دهند. گروه مهم دیگری نیز وجود دارد که کامپوزیت نامیده می‌شوند و بر

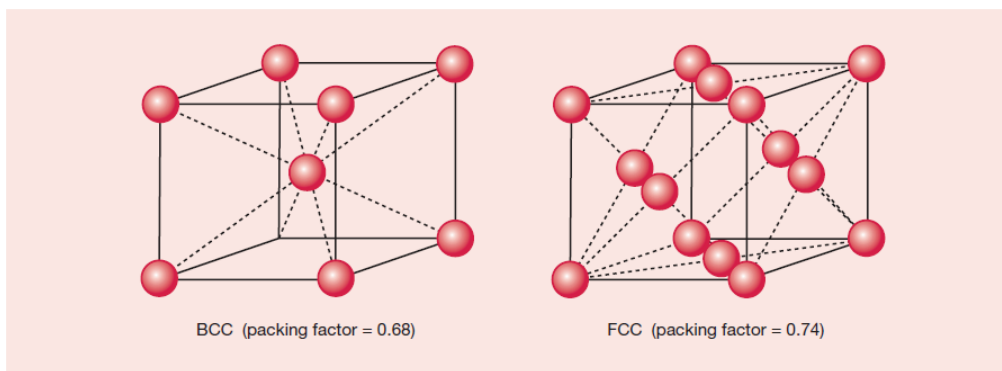
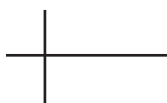


Figure 1.2.11 Atomic arrangements for body-centred cubic (BCC) and face-centred cubic (FCC) structures



ساختار سرامیک‌ها

سرامیک‌ها ترکیبی از عناصر فلزی و غیرفلزی هستند. مانند اکسیدها، نیتrideها و سیلیکات‌ها که به هر دو صورت کریستالین و آمورف (گلاس) وجود دارند. در سرامیک‌ها به دلیل بزرگتر بودن شعاع آيون‌ها نسبت به کاتيون‌ها شاهد جایگاه‌های بینابینی^۱ هستیم. مثلاً در شبکه FCC سدیم کلراید، يون‌های کلر جایگاه‌های اصلی و يون‌های سدیم جایگاه‌های بینابینی را اشغال می‌کنند.

موارد کاربرد سرامیک‌ها در دندانپزشکی: زینک اکساید، فیلرها در کامپوزیت‌های دندان‌سازی، سمان‌های گلاس آینومر، اینوستمنت‌ها و پرس‌لن‌ها و ... هستند.

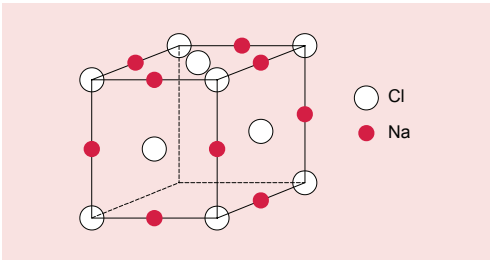


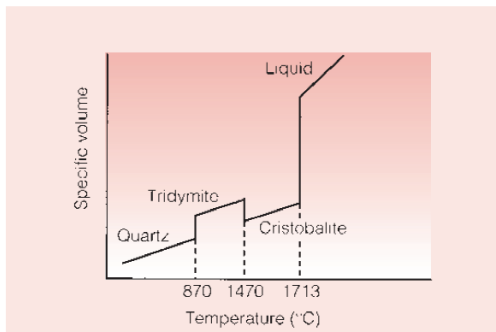
Figure 1.3.1 Face-centred cubic structure of sodium chloride

مواد خام سرامیک‌ها

بسیاری از سرامیک‌ها از سیلیکا (SiO_2) تشکیل شده‌اند. سیلیکا در سه فرم کریستالین کوارتز^۲، کریستوبالایت^۳ و تری‌دیمیت^۴ و یک فرم گلاسی (Fused silica) وجود دارد. شکل‌های مختلف یک ساختار، با ویژگی‌های متفاوت را پلی‌مرفیسم^۵ می‌نامند. سیلیکا اساس بسیاری از سرامیک‌های پیچیده است. به ویژه در ترکیب با اکسید آلومینیوم و تولید آلومینوسیلیکات گلاس (در گلاس آینومرها) و فلدسپاتیک گلاس‌ها (در سرامیک‌ها)

- 1- interstitial positions
- 2- Quartz
- 3- Crystobalite
- 4- Tridymite
- 5- Polymorphism



Figure 1.3.3 Solid-solid transitions for silica (SiO_2)

تحولات گلاس (شیشه)^۴

بر اساس نمودار جامد آمورف در زمان اعمال حرارت تبدیل جامد - مایع را به صورت مشخص و واضح از خود نشان نمی‌دهد و در مقابل افزایشی در شیب نمودار حجم ویژه‌اش مشاهده می‌شود. (شکل ۳-۴) محدوده دمایی که این تغییر در شیب حجم ویژه روی می‌دهد دمای تبدیل شیشه‌ای^۵ (T_g) نامیده می‌شود. این حالت گاهی (نه همیشه) در جامدات مولکولی نیز دیده می‌شود.

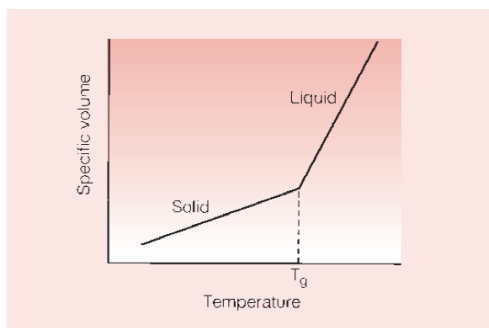


Figure 1.3.4 The variation of specific volume with temperature for an amorphous solid

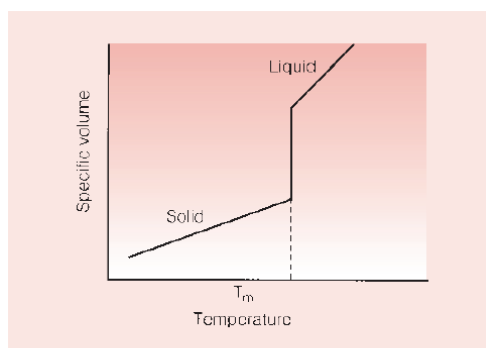
در T_g افزایش ناگهانی در حجم ماده مشاهده نمی‌شود و تنها سرعت افزایش حجم تغییر کرده و بیشتر می‌شود.

که ترکیبی از اکسیدهای آلومینیوم، سیلیکون، پتاسیم، سدیم و یا کلسیم است. (مانند $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)

سرامیک‌های کریستالین و آمورف

تحولات کریستال^۱

یک جامد در معرض حرارت دچار تغییراتی می‌شود. مثل: ذوب جامد یا تبدیل جامد به جامد. به تبدیل کریستال از حالت جامد به مایع، تبدیل ذوب کریستال^۲ گفته می‌شود، که طی آن حجم ماده دچار تغییر می‌شود. در شکل ۲-۳-۱ اثر ذوب یک جامد کریستالین بر افزایش حجم ویژه نشان داده شده است. دلیل این تغییر حجم، تبدیل یک ساختار منظم به یک ساختار بی‌نظم (مایع) است. فشردگی اتم‌ها^۳ در مایعات به طور قابل توجهی کمتر از جامدات کریستالین است.

Figure 1.3.2 Transition from a solid to a liquid, where T_m is the melting temperature

اما در منحنی حجم ویژه - دمای سیلیکا علاوه بر تبدیل جامد به مایع، تعدادی تبدیل جامد به جامد نیز مشاهده می‌شود. کوارتز در ۸۷۰ درجه سانتی‌گراد به تریدیمیت و تریدیمیت در ۱۴۷۱ درجه سانتی‌گراد به کریستوبالایت تبدیل می‌شود و کریستوبالایت در ۱۷۱۳ درجه سانتی‌گراد ذوب می‌شود.

- 1- Crystal Transitions
- 2-crystal melting transition
- 3- packing density

- 4- Glass Transitions
- 5- Glass transition temperature

جامداتی که در زمان سرد شدن به جای عبور از تبدیل ذوب کریستال، از طریق تبدیل گلاس (شیشه)، تشکیل می‌شوند، جامدات آمورف یا گلاسی نامیده می‌شوند.

شکل گیری گلاس

اتم‌ها و حتی مولکول‌های کوچک به علت داشتن شکل منظم تمایل به ایجاد ساختارهای منظم دارند. اما در مولکول‌های بزرگتر و پیچیده‌تر رسیدن به آرایش‌های مولکولی منظم و سازمان یافته دشوارتر است بنابراین احتمال تبدیل مولکول‌های بی‌شکل بزرگ در حین انجماد به گلاس بیشتر است.

برای رشد کریستال، باید هسته کریستالیزاسیون^۱ (مثل ذرات گرد و غبار) وجود داشته باشد. در صورت وجود این هسته‌ها، اگر ماده شانس برای ایجاد ساختار کریستالین داشته باشد این اتفاق خواهد افتاد.

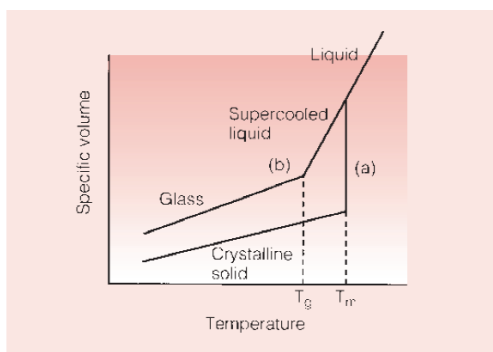


Figure 1.3.5 Cooling curves for a material that can form a crystalline solid (a) or a glass (b)

نکته: ویسکوزیتی که در آن تبدیل شدن به گلاس روی می‌دهد، تقریباً برای تمام گلاس‌ها یکسان و در حدود 10^{12} Pa.s است. اما دمایی که در آن این اتفاق می‌افتد از -89 درجه سانتیگراد (گلسیرین) تا 1500 درجه سانتیگراد (سیلیکای گلاس خالص) متغیر است. تفاوت مایع فوق سرد و گلاس در این است که گلاس ویسکوزیتی بیشتر از 10^{12} Pa.s دارد.

شکل ۱-۳-۵ منحنی حجم ویژه-دمای سیلیکای کریستالین و آمورف را نشان می‌دهد. در منحنی a فرایند کریستالیزاسیون روی می‌دهد: در ابتدا یک انقباض حرارتی در فرم مایع و در ادامه یک کاهش شدید در حجم (در نتیجه انقباض در آرایش فضایی) به دلیل تبدیل مایع آمورف به جامد کریستالین مشاهده می‌شود که انقباض ساختاری^۲ نیز نامیده می‌شود. پس از انجماد، انقباض ماده از طریق انقباض نرمال حرارتی ادامه می‌یابد. در منحنی b کریستالیزاسیون روی نمی‌دهد. در بخش مایع شاهد انقباض حرارتی نرمال و مقداری انقباض ساختاری هستیم. در این حالت مولکول‌های مایع، تنها ساختاری بسته‌تر به خود گرفته و تغییر ناگهانی در حجم ویژه مشاهده نمی‌شود و در دمای T_m ، یک مایع فوق

شکل گیری گلاس

اتم‌ها و حتی مولکول‌های کوچک به علت داشتن شکل منظم تمایل به ایجاد ساختارهای منظم دارند. اما در مولکول‌های بزرگتر و پیچیده‌تر رسیدن به آرایش‌های مولکولی منظم و سازمان یافته دشوارتر است بنابراین احتمال تبدیل مولکول‌های بی‌شکل بزرگ در حین انجماد به گلاس بیشتر است.

برای رشد کریستال، باید هسته کریستالیزاسیون^۱ (مثل ذرات گرد و غبار) وجود داشته باشد. در صورت وجود این هسته‌ها، اگر ماده شانس برای ایجاد ساختار کریستالین داشته باشد این اتفاق خواهد افتاد.

شکل ۱-۳-۵ منحنی حجم ویژه-دمای سیلیکای کریستالین و آمورف را نشان می‌دهد. در منحنی a فرایند کریستالیزاسیون روی می‌دهد: در ابتدا یک انقباض حرارتی در فرم مایع و در ادامه یک کاهش شدید در حجم (در نتیجه انقباض در آرایش فضایی) به دلیل تبدیل مایع آمورف به جامد کریستالین مشاهده می‌شود که انقباض ساختاری^۲ نیز نامیده می‌شود. پس از انجماد، انقباض ماده از طریق انقباض نرمال حرارتی ادامه می‌یابد. در منحنی b کریستالیزاسیون روی نمی‌دهد. در بخش مایع شاهد انقباض حرارتی نرمال و مقداری انقباض ساختاری هستیم. در این حالت مولکول‌های مایع، تنها ساختاری بسته‌تر به خود گرفته و تغییر ناگهانی در حجم ویژه مشاهده نمی‌شود و در دمای T_m ، یک مایع فوق

- 1- Nuclei of crystallization
- 2- Configurational contraction

این ماده را برای مصارف عمومی پرهزینه می‌کند اما برخی اکسیدهای فلزی قادرند دمای ذوب سیلیکا را به طور چشمگیری کاهش دهند. برای مثال ترکیب $\frac{3}{4}$ سیلیکا با $\frac{1}{4}$ اکسید سدیم دمای ذوب ۱۳۳۹ درجه سانتیگراد دارد. به این گلاس‌ها، گلاس‌های مخلوط شده با اکسید^۴ می‌گویند (شکل ۹-۳-۱). در این گلاس‌ها اتم‌های فلز، کاتیون‌هایی ایجاد می‌کنند که سبب از هم گسیختن ساختارهای منظم می‌شوند، در این حالت همه اتم‌های اکسیژن بین اتم‌های سیلیکا به اشتراک گذاشته نمی‌شوند. در این فرم، سیلیکا نقش شکل دهنده گلاس و اکسید فلزی نقش تغییر دهنده گلاس^۵ را ایفا می‌کنند.

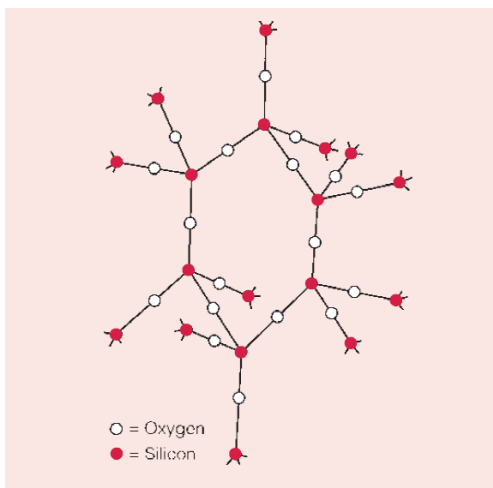


Figure 1.3.6 Crystalline structure of cristobalite

اصطلاح دمای انتقال یا دمای تبدیل^۱ اصطلاح درستی نیست، چون در واقع هیچ تبدیلی در این دما رخ نمی‌دهد بلکه تغییرات در آرایش فضایی در دماهای زیر Tg نیز اتفاق می‌افتد اما سرعت تغییرات به علت ویسکوزیتی بالا آنقدر کم است که به نظر می‌رسد متوقف شده است.

دمای تبدیل گلاس که fictive temperature نیز نامیده می‌شود، دمایی است که در آن، گلاس آنقدر سرد شده که به راحتی دستخوش تغییر در آرایش فضایی نمی‌شود. در زیر این دما گلاس تمایلی برای تراکم بیشتر ندارد.

اما سوال این است که: «در دمای Tm چه عاملی تعیین می‌کند که مسیر به سمت شکل‌گیری گلاس یا کریستال پیش برود؟» سیلیکای مذاب یک مایع بسیار ویسکوز است که مولکول‌های آن تنها می‌توانند به آرامی بر روی یکدیگر بلغزند. اگر این مذاب سریعاً سرد شود، جامد گلاسی تشکیل خواهد شد که دلیل آن زمانبر بودن شکل‌گیری ساختار منظم در یک شبکه کریستالین است در حالی که اگر مذاب به آرامی سرد شود احتمال شکل‌گیری سیلیکای کریستالین وجود دارد. به فرایندی که طی آن یک گلاس شکل می‌گیرد شیشه‌ای شدن^۲ گفته می‌شود.

شکل دهنده‌های گلاس^۳

این دسته از مواد، ترکیبات ضروری برای شکل‌گیری گلاس هستند. سیلیکای آمورف نقطه ذوب بسیار بالایی (۱۷۱۳ درجه سانتی‌گراد) دارد که استفاده از

- 1- transformation temperature
- 2- vitrification
- 3- Glass Formers

4- mixed oxide glass
5- glass modifier

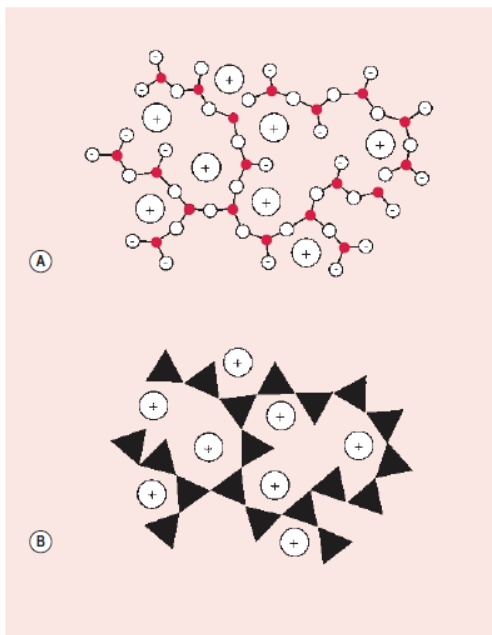


Figure 1.3.9 Two-dimensional representation of a mixed oxide glass: (a) position of atoms, (b) oxygen triangles

اکسیدهای تیتانیوم، روی، سرب، بور و آلومینیوم می‌توانند glass former باشند و ساختارهای شبکه‌ای سفتی تشکیل دهند و سودا (Na_2O) و لایم (CaO) glass modifierهایی هستند که سبب کاهش ویسکوزیته و دمای T_g و ساده سازی فرایند تولید گلاس می‌شوند.

با این حال استفاده از این ترکیبات خالص، برای ساخت گلاس هنوز پرهزینه و استفاده از مواد معدنی (گلاس‌های) موجود در طبیعت مقرون به صرفه‌تر است. با این حال امروزه در برخی کاربری‌های خاص از گلاس‌های سنتتیک نیز استفاده می‌شود. این گلاس‌ها ترکیب و خصوصیات کنترل شده‌تری دارند.

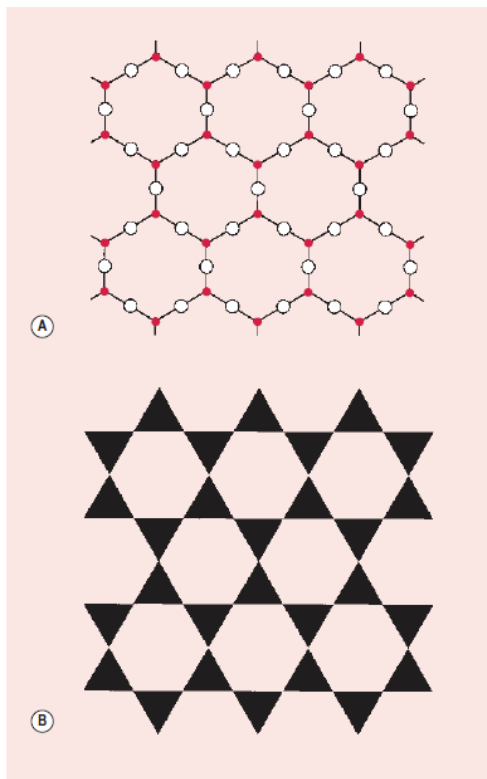


Figure 1.3.7 Two-dimensional representation of crystalline silica: (a) position of atoms, (b) oxygen triangles

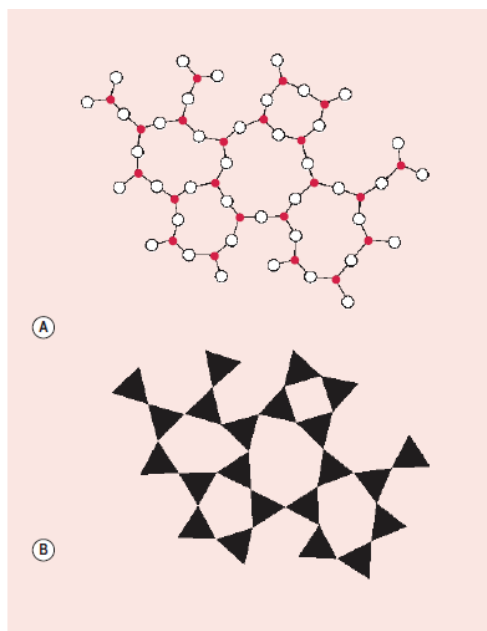
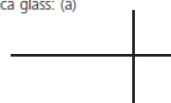


Figure 1.3.8 Two-dimensional representation of a pure silica glass: (a) position of atoms, (b) oxygen triangles



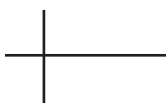
شیشه‌زدایی^۱

وقتی یک گلاس به مدت طولانی در دمای بالا نگه‌داشته شود، مولکول‌ها فرصت سازمان‌یابی مجدد می‌یابند. به فرایندی که طی آن گلاس به کریستال تبدیل می‌شود، شیشه‌زدایی می‌گویند. (اساس تشکیل گلاس سرامیک‌ها). گلاس که ذاتاً ترنسپرنت است پس از شیشه‌زدایی در اثر پخش نور از سطوح کریستال‌های کوچک تمایل به داشتن ظاهری ترانسلسنت پیدا می‌کند.

به عملیات حرارتی که به منظور بازآرایی مولکولی یا اتمی بر روی یک ماده اعمال می‌شود آنیل کردن^۲ می‌گویند.

سرامیک‌ها در محیط بیولوژیکی بسیار پایدارند و به عنوان زیست‌سازگارترین مواد شناخته می‌شوند.

1- Devitrification
2- annealing



ساختار فلزات و آلیاژها

ریزساختار فلزات

فلزات توده متراکمی از اتم‌ها هستند که منظم و به صورت یک ساختار کریستالی آرایش یافته‌اند. فلزات با داشتن هسته‌های کریستالیزاسیون متعدد، از تعداد زیادی کریستال‌های کوچک تشکیل می‌شوند. (شکل ۱-۴-۱)

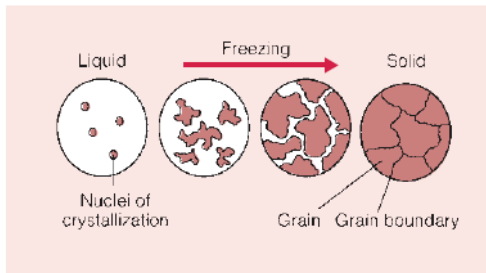


Figure 1.4.1 Solidification of a metal

هسته‌زایی هموزن: اگر تعداد کافی از اتم‌های فلزی به میزان کافی انرژی حرارتی خود را از دست دهند و منجمد شوند به صورت یک واحد سلولی درمی‌آیند و با تداوم این روند، سلول‌ها رشد کرده و کریستال‌ها شکل می‌گیرند. ایجاد یک تک کریستال از کل مذاب، نیازمند تجهیزات ویژه‌ای است.

هسته‌زایی هتروژن: اگر فرآیند انجماد، با تداوم کریستالیزاسیون در اطراف یک ناخالصی انجام شود، رشد هر یک از کریستال‌ها یا grain‌ها تا انجماد کامل فلز و رسیدن کریستال‌ها به هم ادامه می‌یابد. این روش نسبت به روش هموزن معمول‌تر است. در ناحیه مرزی کریستال‌ها، آرایش اتمی بی‌قاعده‌ای شکل می‌گیرد که مرزخانه نام دارد و یک نقص ذاتی در ساختار فلز به شمار می‌رود.

- 1- Homogenous Nucleation
- 2- Heterogeneous Nucleation
- 3- grain boundary

۱-۴

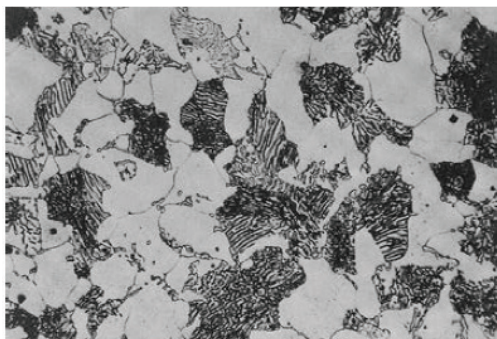


Figure 1.4.3 Grain structures for hypo-eutectoid stainless steel

شکل و اندازه grain ها به روش های بکار رفته برای انجماد فلز بستگی دارد. برای مثال اگر فلز مذاب داخل قالبی با سطح مقطع مربعی یا دایره ای (در دمایی پایین تر از دمای ذوب فلز) ریخته شود، روند رشد کریستال ها از سمت دیواره های قالب به سمت مرکز خواهد بود.

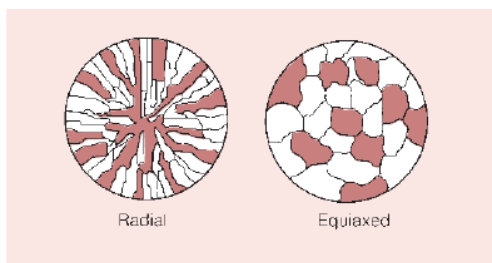


Figure 1.4.4 Grain structures arising from different conditions at solidification

بسیاری از فلزات، بویژه در حالت عنصری، به راحتی تغییر شکل پیدا می کنند و می توان شمش آنها را با چکش کاری، نورد، پرس کردن و یا کشش، تغییر شکل داد. به این قبیل فلزات Wrought می گویند. ریزساختار یک فلز یا آلیاژ Wrought به صورت دانه های کشیده (در جهت کشش سیم) و ساختار لایه ای است.

در فلزات، grain های کوچک تر استحکام تسلیم بالاتری دارند. روش های موجود برای کاهش سایز دانه ها عبارتند از:

۱- انجماد سریع: مثل کستینگ آلیاژهای طلا با استفاده از یک اینوستمنت با دمای پایین تر از دمای ذوب آلیاژ.

۲- افزایش تعداد جایگاه های هسته زایی: مثل استفاده از ایریدیوم در آلیاژهای طلا. از این مواد با عنوان کاهنده اندازه دانه ها یاد می شود.

جزئیات ساختار فلزات با استفاده از یک میکروسکوپ نوری انعکاسی مطالعه می شود. یکی از روش های آماده سازی فلزات برای مطالعه آنها اچ کردن سطح فلز است. کسری از نور تابیده شده به سطح فلزات پالیش شده، به علت بی نظمی های سطحی بازتابش می شود. ترکیبات اچینگ، به طور ترجیحی مناطق تحت تنش موضعی (مثل مرزدانه ها) را مورد حمله قرار می دهد و باعث می شود در سطح فلز، در این نواحی شیاری ایجاد شود که باعث تفرق نور (در زیر میکروسکوپ نوری) می شود و نتیجه آن یک خط تیره در این ناحیه خواهد بود. (شکل ۲-۴-۱)

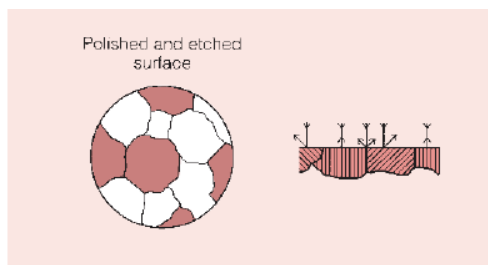


Figure 1.4.2 Reflection of incident light from an etched metal surface

به grain های با اندازه و شکل تقریباً یکسان -equi-axed گفته می شود.

- 1- Yield Strength
- 2- Grain refiner

فازهای جامد

با اختلاط دو عنصر فلزی مختلف، با توجه به میزان حلالیت دو عنصر در یکدیگر، ترکیب حاصل، می‌تواند یک آلیاژ تک‌فازی یا چندفازی باشد. میزان حلالیت، تابع ماهیت کریستالی عناصر و سایز نسبی آنهاست. سه فاز مختلف در آلیاژها امکان شکل‌گیری دارد: فلزخالص، محلول‌های جامد^۳ و یک ترکیب بین فلزی^۴.

محلول جامد، مخلوطی از عناصر فلزی در سطح اتمی است (مشابه مخلوطی از مایعات محلول در یکدیگر). دو نوع محلول جامد وجود دارد:

محلول جامد جانشینی^۵

اتم‌های حل شونده جایگزین اتم‌های حلال در جایگاه‌های شبکه کریستالی می‌شوند. یک محلول جامد جانشینی از دو عنصر، زمانی شکل می‌گیرد که اتم‌های هر یک از عناصر، ظرفیت، ساختار کریستالی و اندازه (±۱۵٪) مشابهی داشته باشند. برای مثال طلا و مس می‌توانند تا ۱۰٪ در یکدیگر حل شوند.

Table 1.4.1 Properties of gold and copper

Element	Atomic diameter (Å)	Crystal structure	Valence
Au	2.882	FCC	1 or 3
Cu	2.556	FCC	1 or 2

سایر فلزاتی که قادرند با طلا محلول جامد ایجاد کنند عبارتند از: پلاتین، پالادیوم و نقره (همگی ساختار شبکه ای FCC دارند).

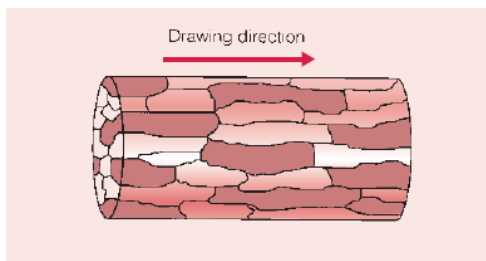


Figure 1.4.5 Elongated grains of a metal drawn into a wire

آلیاژها

فلزات خالص دارای محدودیت‌هایی هستند و به همین دلیل عموماً از آلیاژها (مخلوطی از دو یا چند عنصر فلزی و حتی غیرفلزی) استفاده می‌شود. آلیاژها از اختلاط و امتزاج عناصر در دمایی بالاتر از دمای ذوب تولید می‌شوند. آلیاژ متشکل از دو عنصر، آلیاژ دو تایی^۱ و آلیاژ متشکل از سه عنصر، سه تایی^۲ نامیده می‌شود.

آلیاژها اغلب از تعدادی فاز جامد متمایز تشکیل شده‌اند. فاز عبارتست از بخشی از یک سیستم که از لحاظ ساختاری هموژن بوده و با یک مرز فیزیکی از سایر بخش‌ها جدا شده باشد. هر فاز ساختار و خواص متمایزی دارد. فازهای معمول مایع، جامد و گاز هستند و ماده می‌تواند در فازهای گوناگونی دیده شود. یک فاز می‌تواند از اجزای متفاوتی تشکیل شده باشد (مثل محلول‌ها و آلیاژها). برای مثال مس می‌تواند ۴۰ درصد روی را بدون آنکه ساختار FCC اش دچار تغییر شود در خود جای دهد این حالت مصداق یک محلول جامد است.

3- solid solution
4- Inter-Metallic Compounds.
5- substitutional

1- Binary
2- Ternary