

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مواد اولیه سرامیک

رشته سرامیک

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه ای

شماره درس ۲۵۰۴

کشمیری، مهرداد	۶۶۶
مواد اولیه سرامیک/ مؤلف: مهرداد کشمیری. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی	م ۵۷۹ ک
ایران، ۱۳۹۴.	۱۳۹۴
۱۲۰ ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۵۰۴)	
متون درسی رشته سرامیک، زمینه صنعت.	
برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی	
رشته سرامیک دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.	
۱. سرامیک - مصالح. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. دفتر تألیف کتاب‌های درسی	
فنی و حرفه‌ای و کاردانش. ب. عنوان. ج. فروست.	

همکاران محترم و دانش آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی
تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و
حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

info@tvoccd.sch.ir

پیام‌نگار (ایمیل)

www.tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت)

این کتاب با توجه به برنامه سالی - واحدی و براساس نظرات هنرآموزان با تصویب توسط
اعضای کمیسیون تخصصی رشته سرمایه‌گری در تابستان ۱۳۸۵ و مجدداً در سال ۱۳۸۷ بررسی و مورد
اصلاح قرار گرفته است.

وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : مواد اولیه سرمایه‌گری - ۳۵۸/۵۶

مؤلف : مهرداد کنشمیری

اعضای کمیسیون تخصصی : حسین قضاعی، جمشید علی‌محمدی، حسن خوشبخت، مریم ابراهیمی و

نادر پناهی گل‌تپه

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن : ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار : ۹۲۶۶-۸۸۳۰، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب‌سایت : www.chap.sch.ir

رسام کامپیوتری : فاطمه رئیس‌یان فیروزآباد

صفحه‌آرا : خدیجه محمدی

طراح جلد : طاهره حسن‌زاده

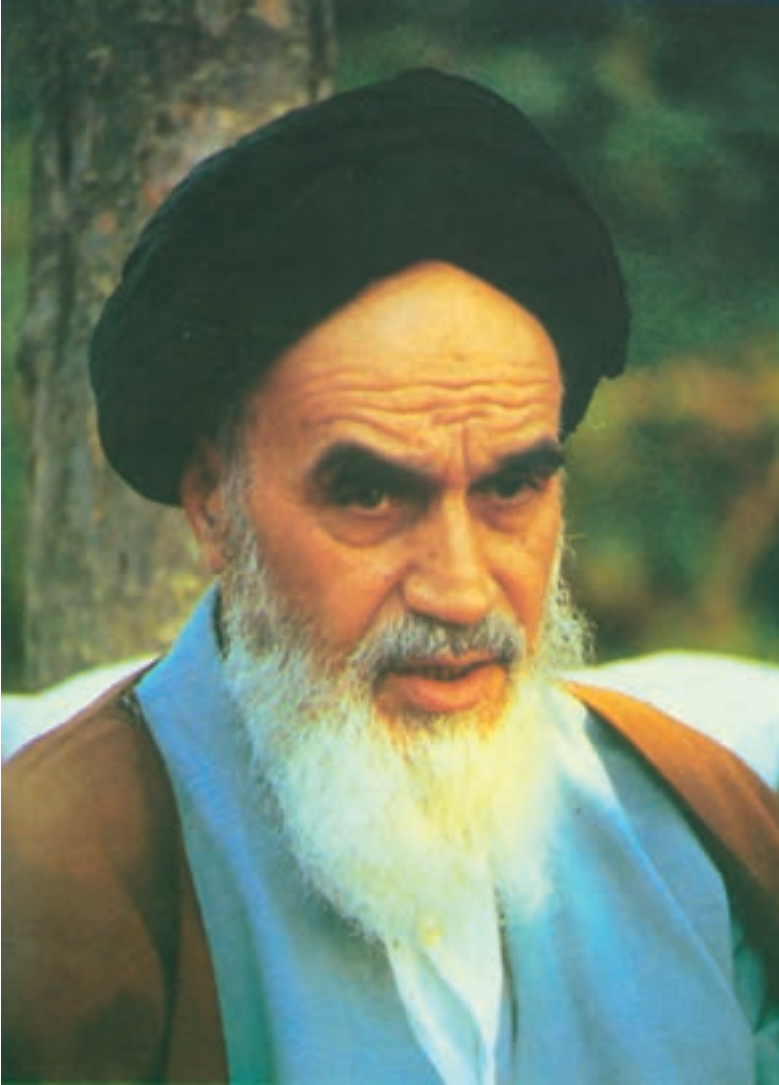
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن : ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار : ۱۳۹۴

حق چاپ محفوظ است.



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتکای به اجانب پرهیزید.

امام خمینی «قدس سرّه الشریف»

فهرست

۱	فصل اوّل
۱	۱- زمین شناسی
۱	۱-۱- زمین شناسی چیست؟
۳	۱-۲- ساختار درونی زمین
۴	۱-۳- موادّ تشکیل دهنده ی پوسته ی زمین
۵	۱-۴- طرز تشکیل سنگ های پوسته ی زمین
۶	۱-۴-۱- ماگماتیسم و سنگ های آذرین
۶	الف - ولکانیسم
۷	ب - پلوتونیسم
۷	۱-۴-۲- سنگ های آذرین
۱۰	الف - ترکیب شیمیایی سنگ های آذرین
۱۱	ب - کانی های سنگ های آذرین
۱۲	۱-۵- هوازدگی
۱۲	۱-۵-۱- هوازدگی مکانیکی
۱۳	۱-۵-۲- هوازدگی شیمیایی
۱۵	۱-۵-۳- مقاومت سنگ ها در برابر هوازدگی
۱۷	۱-۵-۴- تدریجی بودن هوازدگی
۱۸	۱-۶- سنگ های رسوبی
۱۸	۱-۶-۱- رسوب گذاری
۱۹	۱-۶-۲- کانی های موجود در سنگ های رسوبی
۲۶	۱-۶-۳- سنگ شدن (دیازتزی)
۲۶	الف - سیمان شدن
۲۶	ب - متراکم شدن و خشک شدن
۲۶	ج - تبلور مجدّد

۳۰	۱-۷- متامورفیزم - سنگ های دگرگون شده
۳۱	۱-۷-۱- عوامل دگرگون ساز
۳۴	۱-۷-۲- انواع سنگ های دگرگون شده
۳۴	الف - سنگ لوح
۳۴	ب - شیست
۳۵	ج - گنایس
۳۵	د - مرمر
۳۵	هـ - کوارتزیت
۳۹	خودآزمایی

۴۰	فصل دوم
۴۰	۲- کانی شناسی
۴۱	۲-۱- کانی چیست؟
۴۲	۲-۲- بلورها
۵۱	۲-۳- خواص کانی ها
۵۲	۲-۳-۱- شکل بلور
۵۴	۲-۳-۲- رخ (کلیواژ)
۵۵	۲-۳-۳- رنگ
۵۷	۲-۳-۴- رنگ خاکه (خط اثر)
۵۷	۲-۳-۵- جلا
۵۸	۲-۳-۶- کدر بودن
۵۸	۲-۳-۷- وزن مخصوص
۵۹	۲-۳-۸- سختی
۵۹	۲-۳-۹- ایزوتروپی همسانگردی و آنیزوتروپی ناهمسانگردی
۶۱	۲-۳-۱۰- مشاهده با میکروسکوپ پلاریزان
۶۲	۲-۳-۱۱- خواص دیگر
۶۵	خودآزمایی

۶۶	فصل سوم
۶۶	۳- آشنایی با موادّ اولیّه ی سرامیک
۶۷	۳-۱- آشنایی با خواص مواد اولیه ی سرامیک
۶۹	۳-۲- موادّ اولیّه ی پلاستیک
۷۰	۳-۲-۱- ساختمان گونه های اصلی کانی های رسی
۷۹	۳-۲-۲- گروه کائولین
۸۱	۳-۲-۳- بالکلی ها
۸۲	۳-۲-۴- رُس های پخت قرمز
۸۳	۳-۲-۵- رُس های نسوز یا فایر کلی
۸۴	۳-۲-۶- بتونیت ها
۸۴	۳-۳- پلاستیسیتنه
۸۷	خودآزمایی

۸۸	فصل چهارم
۸۸	۴- مواد اولیه ی غیرپلاستیک و نیمه پلاستیک
۸۹	۴-۱- انواع مواد اولیه ی غیرپلاستیک
۸۹	۴-۱-۱- سیلیس آزاد
۹۲	۴-۱-۲- فلدسپات ها
۹۶	۴-۲- مواد اولیه ی نیمه پلاستیک
۹۶	۴-۲-۱- تالک
۹۸	خودآزمایی

۹۹	فصل پنجم
۹۹	۵- سایر مواد اولیه سرامیک (افزودنی ها)
۹۹	۵-۱- کربنات ها
۱۰۰	۵-۱-۱- منیزیت

۱۰۱	۵-۱-۲- کربنات کلسیم
۱۰۲	۵-۱-۳- دولومیت
۱۰۲	۵-۱-۴- کربنات سدیم
۱۰۳	۵-۲- ترکیبات بُر
۱۰۴	۵-۳- سولفات‌ها
۱۰۵	۵-۴- اکسیدها
۱۰۵	۵-۴-۱- آلومینا
۱۰۶	۵-۴-۲- زیرکُتیا
۱۰۶	۵-۴-۳- اکسید آهن
۱۰۷	۵-۴-۴- منیزیا
۱۰۷	۵-۴-۵- اکسید قلع
۱۰۷	۵-۴-۶- اکسید روی
۱۰۸	۵-۴-۷- اکسید سرب
۱۰۸	۵-۵- مواد افزودنی
۱۰۹	۵-۶- آب
۱۱۰	۵-۷- رنگ
۱۱۳	خودآزمایی

۱۱۴ واژه‌نامه

۱۱۹ منابع و مراجع

مقدمه

شاید بتوان گِلِ رُسی را که توسط انسان‌های نخستین شکل داده شده، اولین ماده‌ی سرامیکی به حساب آورد. با وجود آن که شناخت بسیاری از افراد، از سرامیک، محدود به ظروف سفالین، کاشی، چینی و حدّا کتر گِج و سیمان و شیشه می‌شود، بر شما هنرجویان رشته‌ی سرامیک، کاملاً آشکار است که موارد مطرح در این شاخه از علم، بسیار بیشتر از این عنوان می‌باشد:

از ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد تا امروز، از نزدیکی‌های صفر مطلق تا ۴۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، به نرمی گرافیت، به سختی الماس، به سفیدی گِج، به سیاهی کربن، به همواری شیشه‌ها، به زبری ساینده‌ها، بهترین عایق‌ها، بهترین ابررساناها (در عین حال بهترین نیمه‌رساناها) به ارزانی ماسه سنگ، به گرانی تراشه‌های الکترونیکی کوارتز، مضرّ برای سلامتی چون آبست و دریچه‌ای به سوی ادامه‌ی زندگی چون دریچه‌ی مصنوعی قلب، به...

آنچه که ذکر شد، در یک کلمه خلاصه می‌شود: «سرامیک». این خانواده‌ی گسترده و بی‌انتهای که تضادها و پیچیدگی‌های خاصّ خود را دارد، همه بر اساس موادّی غیرفلزی و غیرآلی ساخته شده است. این مواد یا در محیط اطراف ما به صورت طبیعی موجودند و یا برای کاربردهای نوین صنعتی، به صورت موادّی ساختگی و مصنوعی وجود دارند؛ هدف از نگارش این کتاب نیز ذکر شد، سعی بر آن است تا در یک سیر تکاملی از طرز تشکیل سنگ‌ها و کانی‌ها و خواصّ آن‌ها، به موادّ اولّیه‌ی صنایع سرامیک و کاربردشان در این صنایع برسیم.

هدف کلی

«آشنایی با اصول زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و مواد اولیه‌ی مورد استفاده در صنایع سرامیک»



فصل اوّل

زمین شناسی

آشنایی با کلیات زمین شناسی

اهداف رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

- ۱- زمین شناسی را تعریف کند.
- ۲- اطلاعات مختلف مربوط به زمین را بررسی کند.
- ۳- عناصر و ترکیبات عمده‌ی تشکیل دهنده‌ی سطح زمین را نام برد.
- ۴- روش‌های مختلف تشکیل سنگ‌های سطحی زمین را بیان کند.
- ۵- خواصّ مواد موجود پوسته‌ی زمین را با یکدیگر مقایسه کند.
- ۶- هوازگی و آثار آن را بیان نماید.
- ۷- کاربرد مواد مختلف مورد مصرف در صنعت سرامیک را بیان نماید.

۱- زمین شناسی

مقدمه

زمین، این کره‌ی آبی رنگ منظومه‌ی شمسی، قطره‌ای بسیار کوچک در دریای سیارات و ستارگان است. با این وجود، با گذشت هزاران سال از تاریخ بشر و تلاشی که انسان در راه شناخت زمین داشته است، هنوز بسیاری ناشناخته‌های این سیاره در پیشِ رو می‌باشد.

۱-۱- زمین شناسی چیست؟

علم و شناخت زمین که درباره‌ی منشأ تشکیل این سیاره، موادّ به‌وجودآورنده، سنّ زمین،

اشکال و تغییر و تحولات داخلی و خارجی زمین و دلایل به وجود آمدن این تغییرات و هم چنین بررسی جاندارانی است که روزگاری بر روی آن می زیسته اند «زمین شناسی» نامیده می شود. در این علم از سنگ شناسی، کانی شناسی، رسوب شناسی و دیرین شناسی گرفته تا مسائل مربوط به آب و هوا، اقیانوس ها، آتشفشان ها، یخچال ها و حتی مطالعه ی تغییرات و آشفته گی های آب و هوا و اوضاع و احوال کره ی زمین توسط ماهواره ها (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- تصویر ماهواره ای از کره ی زمین

مطالعه ی سنگ های تشکیل دهنده ی زمین، نحوه ی به وجود آمدن آن ها، رسوبی بودن، تشکیل از مذاب و یا تغییر شکل یافتگی آن ها، همه نشانه هایی برای محققان این علم است تا تغییر و تحولات و آنچه را که می توان مورد بهره برداری قرار داد بهتر بشناسند و در نهایت، آینده را قابل پیش بینی تر نمایند.

شاید بتوان ترس از حوادث طبیعی چون آتشفشان، زمین لرزه، سیل و وزش بادهای ویرانگر را از نخستین دلایل توجه انسان به آنچه که در محیط اطراف او می گذرد، دانست. تلاش در شناسایی بهتر این پدیده ها و طرق مبارزه با آن ها بوده که انسان را مجبور به شناخت بیشتر و بهتر از دنیای اطراف خود کرده است.

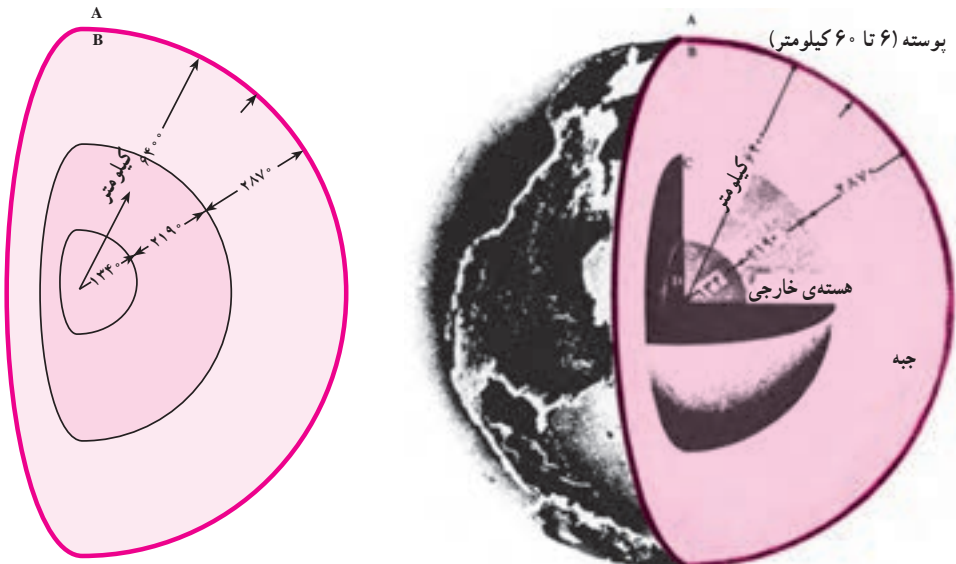
۲-۱- ساختار درونی زمین

در صورتی که از فضای اطراف زمین به طرف آن حرکت کنیم اولین لایه‌ای که به آن وارد می‌شویم، جو یا اتمسفر است.

پس از لایه‌ی جو که شامل گازهای ازت، اکسیژن، گازهای بی‌اثر (Ne, Ar)، گاز کربنیک و سایر گازها و رطوبت هوا، اعم از ابر، مه، باران و برف می‌شود، به سطح زمین می‌رسیم که از آب‌ها (اقیانوس‌ها، دریاها، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و یخچال‌ها) و خشکی‌ها تشکیل شده است. از آنجایی که مطالعه‌ی مستقیم مواد داخل زمین و پوسته‌های تشکیل دهنده‌ی آن به‌طور مستقیم میسر نیست (طولانی‌ترین چاه مطالعاتی که تاکنون انسان حفر نموده، ۱۲ کیلومتر است در حالی که شعاع زمین ۶۴۰۰ کیلومتر می‌باشد) با بررسی دقیق امواج حاصل از زمین‌لرزه‌های طبیعی و مصنوعی و سرعت و چگونگی رفت و برگشت این امواج، می‌توان تا حدود زیادی به ساختار لایه‌های زیرزمین و ماهیت مواد تشکیل دهنده‌ی آن‌ها پی برد.

در مطالعاتی که با اندازه‌گیری درجه‌ی حرارت چاه‌های حفر شده به‌عمل آمده، مشاهده گردیده که به‌ازای هر ۱۰۰ متر که به‌طرف مرکز زمین پیش می‌رویم، گرما به‌اندازه‌ی سه درجه‌ی سلسیوس زیاد می‌شود که البته میزان این تغییر در اعماق، بیشتر است.

همان‌گونه که ذکر شد براساس ویژگی‌های امواج زلزله (و یا انفجارات مصنوعی) می‌توان به ساختمان درونی زمین پی برد (شکل ۲-۱). با اندازه‌گیری سرعت عبور این امواج از داخل سنگ‌ها

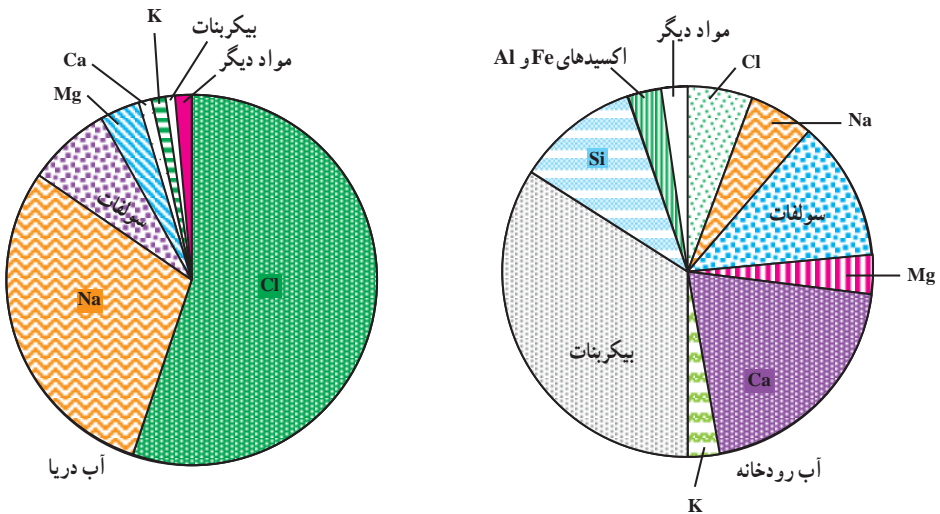


شکل ۲-۱- ساختار درونی زمین

می توان میزان تراکم و یا سختی سنگ را تعیین کرد. امواج زلزله از سنگ های سخت تر و متراکم تر با سرعت بیشتری عبور می کند. مشاهدات نشان داده که در پاره ای از نقاط داخل زمین، تغییراتی ناگهانی در سرعت سیر امواج پدید می آید.

۳-۱- مواد تشکیل دهنده پوسته زمین

پوسته زمین علاوه بر بخش جامد، شامل آب های روزمینی و زیرزمینی نیز می شود. آب های روزمینی بسته به شور و شیرین بودن و یا به عبارتی چگونگی و منشأ به وجود آمدنشان، دارای املاح متنوعی هستند که درجه ی شوری آب براساس میزان آن ها مشخص می شود. به عنوان مثال در صورتی که یک کیلوگرم از آب دریا را تبخیر کنیم، حدود ۳۵ گرم نمک های مختلف از آن به دست می آید. پس می توان گفت که درجه ی شوری آب دریا، ۳۵/۰ است. در شکل (۳-۱)، مقایسه ی میزان یون های مختلف، در آب دریا و آب یک رودخانه نشان داده شده است.

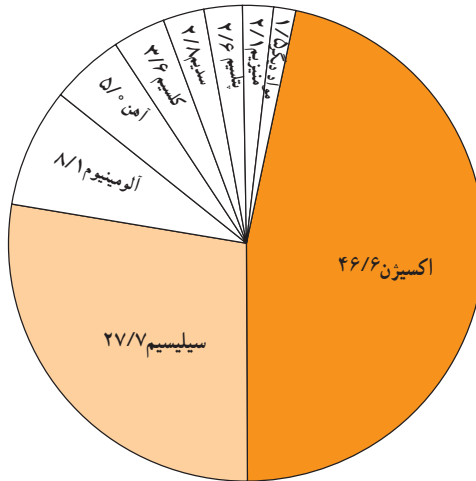


شکل ۳-۱- مقایسه ی میان ترکیب یونی آب دریا و آب رود معمولی

آزمایش های دقیق شیمیایی، وجود حدوداً ۶۰ عنصر مختلف را در آب دریاها ثابت کرده است که تنها یون های ۶ عنصر از ۶۰ عنصر، بیش از ۹۹٪ نمک های دریاها را تشکیل می دهد. این یون ها به ترتیب فراوانی عبارتند از:

کلر (۲/۵۵٪)، سدیم (۴/۳۰٪)، سولفات (۷/۷٪)، منیزیم (۷/۳٪)، کلسیم (۲/۱٪) و پتاسیم (۱/۱٪).

عناصر اصلی تشکیل دهنده ی پوسته ی جامد زمین، اکسیژن و سیلیسیم می باشد که بر روی هم حدود ۷۰٪ عناصر را تشکیل می دهند. به همین دلیل، سیلیکات ها یعنی موادی که جزء اصلی آن ها سیلیسیم و اکسیژن است، فراوان ترین مواد معدنی پوسته ی زمین را تشکیل می دهند. میزان فراوانی نسبی عناصر اصلی تشکیل دهنده ی پوسته ی جامد زمین در شکل (۴-۱) نشان داده شده است.



شکل ۴-۱- نسبت فراوانی عناصر در پوسته ی جامد زمین

ترکیب سنگ های به وجود آورنده ی پوسته در زیر خشکی ها، گرانیته و بازالت و در زیر اقیانوس ها، بازالت است. به طور کلی قسمت های خارجی را خانواده های کوارتز و فلدسپات های اسیدی تشکیل می دهند که با زیاد شدن عمق از میزان کوارتز کاسته می شود و سنگ ها خواص بازی پیدا می کنند و فلدسپات های بازی را تشکیل می دهند.

۴-۱- طرز تشکیل سنگ های پوسته ی زمین

سنگ، جسمی است که از اجتماع یک یا چند نوع ماده ی معدنی (کانی) تشکیل شده باشد به نحوی که در سطح وسیعی از زمین گسترش یافته و در صورت تخریب و تجزیه، کانی های مختلف از آن ها آزاد بشود. بررسی بیشتر کانی ها و انواع مختلف آن ها را به فصل دوم کتاب ماکول می کنیم و در ادامه ی این فصل از انواع مختلف سنگ ها و چگونگی تشکیل آن ها صحبت می کنیم. سنگ ها را از روی خواص و منشأ تشکیل آن ها به سه دسته ی بزرگ تقسیم می نمایند:

۱- سنگ های آذرین

۲- سنگ های رسوبی

۳- سنگ‌های متامورفیک یا دگرگونه

۱-۴-۱- ماگماتیسیم و سنگ‌های آذرین : همان گونه که پیش از این نیز گفته شد، هر قدر

که به عمق زمین پیش برویم دما بالاتر می‌رود و در اعماق زیاد به حدی می‌رسد که برای ذوب بسیاری از سنگ‌ها در شرایط عادی کافی و حتی بالاتر از آن است و لیکن امروزه برخلاف گذشته که تصور می‌شد که به دلیل دمای بالا، قسمت‌های زیر پوسته‌ی زمین تماماً حالتی مذاب داشته باشد، می‌دانیم که با وجود این دمای بالا، فشار لایه‌های بالاتر به قدری زیاد است که اجازه‌ی ذوب را به این سنگ‌ها نمی‌دهد مگر در مواردی که مانند پیدایش گسل و یا ایجاد شکستگی در پوسته‌ی زمین، از میزان این فشار کاسته شود و مواد تحت دمای بالا به حالت مذاب درآیند.

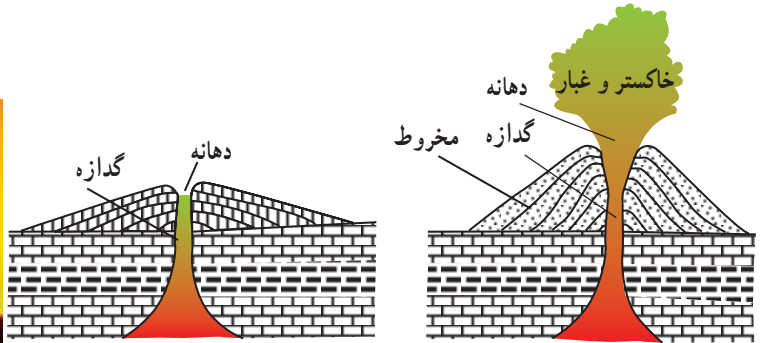
در هر جا که این سنگ‌های تحت دمای بالا، ذوب شوند، ماده‌ی مذاب به وجود آمده، به دلیل سیال بودن، به سمت بالا حرکت کرده راه خود را به بیرون از پوسته باز می‌کند و گدازه را به وجود می‌آورد. در صورت انجماد ماگما (مواد مذاب و گازی درون و سطح زمین) که به بیرون راه پیدا کرده و دمای حدود ۱۲۰۰ درجه‌ی سلسیوس را دارد، سنگ‌های «بیرونی» و یا آذرین را تشکیل می‌دهد. در صورتی که این ماده‌ی مذاب بتواند به سطح زمین برسد، در داخل پوسته‌ی زمین منجمد می‌شود و تشکیل سنگ‌های آذرین «درونی» را می‌دهد.

الف - ولکانیسم : ولکانیسم و یا به عبارتی فعالیت‌های آتشفشانی زمین هنگامی رخ می‌دهد که ماده‌ی مذاب به سطح زمین برسد. در صورتی که راهیابی این ماده‌ی مذاب به سطح زمین به آرامی صورت گیرد به آن آتشفشان آرام، و در صورتی که خروج، با انفجار همراه باشد به آن، آتشفشان انفجاری می‌گویند (شکل ۵-۱).

بخار و گازهای دیگر



(ج)



(ب)

(الف)

شکل ۵-۱- آتشفشان انفجاری (الف) و آرام (ب) و تصویر آتشفشان واقعی (ج)

آتشفشان‌های آرام بیشتر در اقیانوس‌ها وجود دارند. گدازه‌ای روان با حرارت زیاد و گازهای محلول در مذاب، از مشخصات بارز این نوع آتشفشان‌هاست. در مقابل، آتشفشان‌های انفجاری، در خشکی‌ها، به‌خصوص حاشیه‌ی آن‌ها، وجود دارد. برخلاف نوع آرام، گدازه‌های این نوع آتشفشان از روانی کمتری برخوردارند (ویسکوزیته‌ی بالا) و با سرعت نسبتاً زیاد بر روی زمین به‌صورت جامد درمی‌آیند. علت انفجار، در این نوع آتشفشان‌ها، بسته شدن دهانه‌ی آن‌ها توسط گدازه‌های قدیمی و مسدود شدن راه خروج گازهاست. هنگامی که فشار گازهای محبوس و متراکم شده به حدی برسد که دهانه‌ی منجمد، قدرت نگهداری آن‌ها را نداشته باشد، دهانه منفجر شده و گازها به‌همراه مواد دیگر، خارج می‌شوند. این مواد ممکن است کیلومترها در هوا صعود کنند. در این نوع آتشفشان‌ها میزان گدازه کم است و مواد خارج شده از دهانه می‌توانند به‌سه حالت جامد، مایع و یا گاز باشند.

ب – پلوتونیسیم: از آن جایی که فعالیت‌های درونی کره‌ی زمین (پلوتونیسیم) در زیر پوسته‌ی آن انجام می‌شود، اطلاع از آن (نسبت به چگونگی فعالیت‌های بیرونی) کمتر است. لذا در این زمینه ناچاریم با توجه به شواهد و مشاهدات غیرمستقیم که همانا ماگمای سرد شده و منجمد در اعماق زمین است استناد کنیم؛ شواهدی که گاه ممکن است میلیون‌ها سال از عمر آن‌ها گذشته باشد.

۲-۴-۱- سنگ‌های آذرین: همان گونه که متوجه شدید، پدیده‌ی ولکانیسم و پلوتونیسیم – که هر دو منشأ ماگمایی دارند تفاوت اساسی آن‌ها در راهیابی و عدم راهیابی ماگمای آن‌ها به خارج از پوسته‌ی زمین و سرد شدن مذاب است. لذا می‌توان نتیجه گرفت که میان سنگ‌های حاصل از این فعالیت‌ها که به‌طور عمومی «آذرین» نامیده می‌شوند منشأ ماگمایی (شکل ۶-۱) دارند.



شکل ۶-۱- تصویر ماگمای واقعی

سنگ‌های آذرینی که در روی زمین تشکیل شده‌اند و مواد اولیه‌ی آن‌ها، گدازه‌های آتشفشانی می‌باشند را سنگ‌های آذرین بیرونی (Volcanic) می‌گویند و آن‌هایی که حاصل فعالیت‌های درونی زمین و در درون پوسته سرد و سخت شده‌اند، سنگ‌های آذرین درونی (Plutonic) می‌نامند. به‌عنوان مثال، بازالت یکی از اصلی‌ترین و عمده‌ترین سنگ‌های آذرین بیرونی است که از سرد شدن مواد مذاب خارج شده از دهانه‌ی آتشفشان‌ها تشکیل شده است. به‌طور متوسط ۹۵٪ سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی پوسته‌ی زمین را از نظر وزنی، سنگ‌های آذرین تشکیل می‌دهد.

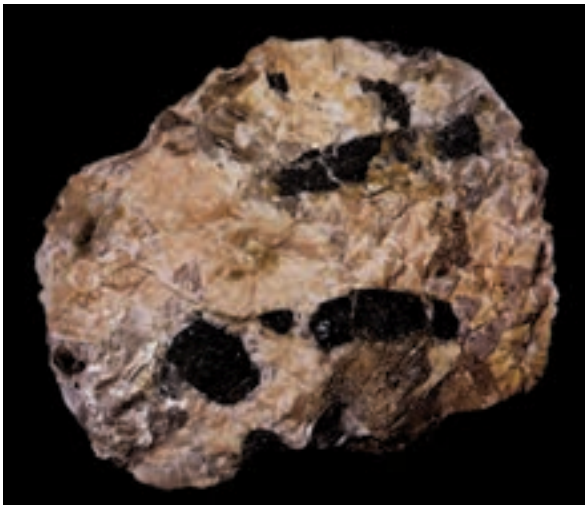
نحوه‌ی انجماد ماگما به‌صورت بلور (کریستال) یا بی‌شکل (آمورف) حاصله بستگی به ۱- ترکیب شیمیایی ۲- نحوه و سرعت سرد شدن مذاب دارد. در صورتی که سرعت سرد شدن ماگما کند باشد بلورهای درشت و در صورتی که سرعت سرد شدن مذاب سریع باشد بلورهای ریز تشکیل می‌شود. اگر مذاب در زیر پوسته‌ی زمین منجمد شود (سنگ‌های آذرین درونی) از آن‌جایی که انتقال حرارت به‌کندی انجام می‌شود و در نتیجه سرعت انجماد کم است، به بلورهای به‌وجودآمده از مذاب، فرصت کافی جهت رشد داده می‌شود، لذا ماده‌ای منجمد با بلورهای درشت به‌وجود خواهد آمد. گرانیت یا سنگ خارا از بلورهای درشت کوارتز، فلدسپات و میکای سیاه تشکیل شده که نمونه‌ای از این نوع سنگ‌هاست.

اگر ماگما در حین عبور از پوسته‌ی زمین منجمد شده باشد فرصت کمتری برای رشد کافی بلورها در اختیار داشته، لذا بلورهای آن نسبتاً کوچک‌تر است و در صورتی که ماگما به‌طور کامل به سطح زمین رسیده باشد و سپس شروع به انجماد کرده باشد، از آن‌جایی که ماده‌ی مذاب سریعاً خنک شده است، با بلورهای بسیار ریز که فرصت کافی برای رشد نداشته‌اند، تشکیل می‌شوند مانند بازالت (شکل ۷-۱) و چه بسا که اصلاً بلوری تشکیل نشود و ماده، کاملاً بی‌شکل و شیشه‌ای باشد.



شکل ۷-۱- بازالت

ابسیدین، و سنگ پا مثال‌هایی از سنگ‌های آذرین بی‌شکل هستند (شکل ۸-۱). علاوه بر انواع حالت‌های بلوری و غیربلوری که ذکر شد، حالت و یا اصطلاحاً بافتی تحت عنوان «پورفیری» هم وجود دارد که در آن بلورهایی درشت در زمینه‌ای بی‌شکل و یا ریزبلور قرار دارند؛ وجود این بافت حاکی از آن است که سنگ در دو مرحله، سرد شده است، یعنی ماگمایی که در حال سرد شدن آهسته و تدریجی در اعماق بوده است، ناگهان به بیرون ریخته شده و منجمد گشته است (شکل ۹-۱).



شکل ۹-۱- بافت پورفیری در نوعی سنگ آذرین



شکل ۸-۱- افسیدین

به‌طور کلی مهم‌ترین مواد تشکیل‌دهنده‌ی ماگما منشأ سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی هستند، سیلیکات‌های فلزاتی چون آلومینیوم، آهن، کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم همراه سیلیس آزاد می‌باشند که حدوداً ۹۹٪ حجم سنگ‌های آذرین را تشکیل می‌دهند. مواد غیرسیلیکاتی چون فسفات‌ها، سولفات‌ها، اکسیدها و سولفیدها و چند عنصر آزاد و نیز به مقدار بسیار جزئی در سنگ‌های آذرین وجود دارد که در مبحث مربوط به کانی‌ها به‌طور مفصل در مورد آن‌ها صحبت خواهیم کرد.

الف – ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین : موادی که سنگ‌های آذرین را پدید آورده‌اند شباهت زیادی به نوع موادی دارد که در پوسته‌ی زمین مشاهده می‌شوند. این مواد پس از آزمایش کردن سنگ‌های مختلف و تعیین میانگین آن‌ها، بدین صورت مشخص شده است (جدول ۱-۱).

همان‌گونه که در جدول دیده می‌شود ۹۹٪ حجم سنگ‌های آذرین از اکسیدهای موجود در جدول می‌باشد که در این میان SiO_2 فراوان‌تر است. به همین دلیل میانگین ترکیب سنگ‌های آذرین را با توجه به درصد سیلیس آن‌ها به چهارگروه طبقه‌بندی می‌کنند :

SiO_2 بیشتر از ۶۶٪ : اسیدی
 SiO_2 بین ۵۲٪ تا ۶۶٪ : خنثی
 SiO_2 بین ۴۵٪ تا ۵۲٪ : بازی
 SiO_2 کمتر از ۴۵٪ : بازی شدید

جدول ۱-۱ – مقایسه‌ی ترکیب شیمیایی پوسته‌ی زمین و سنگ‌های آذرین

نوع مواد	میانگین در ترکیب سنگ‌های آذرین	میانگین در ترکیب پوسته‌ی زمین
SiO_2	۵۹/۱۲	۵۵/۲
Al_2O_3	۱۵/۳	۱۵/۳
Fe_2O_3	۳/۰۸	۲/۸
FeO	۳/۸	۵/۸
MgO	۳/۴۹	۵/۲
CaO	۵/۰۸	۸/۸
Na_2O	۳/۸۴	۲/۹
K_2O	۳/۱۳	۱/۹
H_2O	۱/۱۵	-
TiO_2	۱/۰۵	۱/۶
P_2O_5	۰/۳	۰/۳
MnO	۰/۱۲	۰/۲

ب - کانی‌های سنگ‌های آذرین : کانی به مواد طبیعی جامد و معمولاً متبلوری گفته می‌شود که دارای ترکیب شیمیایی ثابتی است و یا در حدّ معینی تغییر می‌کند (در مورد کانی‌ها به‌طور کامل در فصل دوم شرح داده خواهد شد). یک سنگ می‌تواند از یک و یا ترکیبی از چند کانی مختلف تشکیل شده باشد. نوع کانی‌هایی که در سنگ‌های آذرین یافت می‌شود کاملاً بستگی به ترکیب شیمیایی این سنگ‌ها دارد.

سیلیکات‌ها که در واقع خانواده‌ی گسترده‌ای از ترکیبات سیلیس (SiO_2) اند، عمده‌ترین کانی‌های سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی می‌باشند. همان‌گونه که پیش از این ذکر شد هنگامی که میزان (SiO_2) ماده در ترکیب سنگ، نسبتاً زیاد باشد سنگ آذرین را اسیدی می‌نامند که دارای رنگ روشنی می‌باشد. گرانیته یکی از مثال‌های بارز این نوع سنگ است. هنگامی که میزان سیلیس در سنگ، بسیار کم و رنگ آن تیره باشد، این سنگ‌ها را سنگ‌های آذرین قلیایی می‌نامند که پری‌دوتیت از این جمله می‌باشد. سینیت، گابرو و دیوریت، سنگ‌های حدّ واسط بین دو دسته‌ی تیره و روشن می‌باشند. هنگامی که در ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین میزان آهن و منیزیم فراوان باشد مانند آمفیبول و پیروکسن، رنگ‌های تیره‌ی سیاه، قهوه‌ای، سبز و یا سبز زیتونی ایجاد می‌شود و در صورتی که میزان این مواد، به‌خصوص آهن، کم باشد رنگ سنگ‌ها روشن‌تر شده و به سفید، گلی، کرم و خاکستری متمایل می‌شود. برای مثال کوارتز و سیلیکات‌های قلیایی محتوی پتاسیم، سدیم، کلسیم و یا میکای سفید را می‌توان نام برد.

درواقع سیلیس موجود در ماگما، نوع کانی‌هایی را که تشکیل می‌شوند، در کنترل دارد. مثلاً ماگمایی که SiO_2 کم دارد، الیون را که در سنگ‌های بازی و بازی شدید دیده می‌شود، می‌سازد. مهم‌ترین کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌های آذرین عبارتند از : کوارتز، ارتوکلاز و پلاژیوکلاز، میکاها، آمفیبول‌ها، پیروکسن‌ها و الیون.

قبلاً گفته شد، ظاهر سنگ‌های آذرین، تحت تأثیر فراوانی کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن است. لذا می‌توان با توجه به رنگ و وزن سنگ تا حدّی درباره‌ی نوع کانی‌های آن قضاوت کرد. مثلاً کوارتز عموماً بی‌رنگ و شفاف است ولی فلدسپات‌ها کدر و دارای رنگ روشنی می‌باشند. سنگ‌هایی که از اجتماع این نوع کانی‌ها تشکیل شده باشند، (سنگ‌های اسیدی و خشتی) دارای رنگ روشن و نسبتاً سبک وزن می‌باشند. در عوض کانی‌های آهن و منیزیم‌دار در سنگ‌های باز و بازی شدید، تیره‌رنگ و با وزن نسبتاً زیاد مثل الیون، پیروکسن و آمفیبول، یافت می‌شوند.

۵-۱- هوازدگی

عوامل مهم تغییر شکل دهنده‌ی سطح کره‌ی زمین عبارتند از ۱- فرسایش ۲- هوازدگی، که عوامل فرسایش عبارتند از وزش باده‌ها و طوفان‌ها، امواج کوبنده‌ی دریاها، حرکت یخچال‌ها، جاری شدن آب‌ها و رودخانه‌ها که سبب فرسودگی و جابه‌جایی مواد سطحی زمین می‌شود. عامل دوم تغییردهنده سطح کره‌ی زمین هوازدگی که بدون آن که سبب جابجایی مواد حاصل از فرسایش شود، تأثیر به‌سزایی بر روی تغییرات سطحی کره‌ی زمین دارد، «هوازدگی» در نتیجه‌ی تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بر روی سنگ‌ها به‌وجود می‌آید. صاف و هموار شدن خطوط و برجستگی‌ها و نقوش آثار باستانی و فرسوده‌شدن دیوارهای سنگی قدیمی، از نشانه‌های تأثیر همیشگی و بی‌وقفه‌ی عوامل هوازدگی است (شکل ۱-۱۰).



شکل ۱-۱۰- ساختمان آتشکده‌ای در نزدیکی تخت جمشید، نمونه‌ای از فرآیند هوازدگی است.

هوازدگی با دو روش عمده بر روی سنگ‌های سطح زمین اثر می‌گذارد:
هوازدگی مکانیکی و شیمیایی.

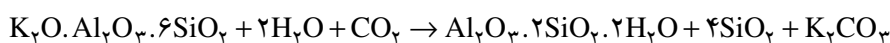
۵-۱-۱- هوازدگی مکانیکی: در طی این فرآیند، قطعات بزرگ سنگ‌ها به قطعات

کوچک تری که دارای همان ساختمان و ترکیب هستند شکسته و خرد می شوند. خرد شدن سنگ گرانیت و تبدیل آن به دانه های ریزتر، مثال بارزی از این مورد است. هواز دگی مکانیکی، در اثر تغییراتی که در اتمسفر زمین پیش می آید مانند تغییرات دما و یا رطوبت هوا، اتفاق می افتد. تأثیر تغییرات دما بر روی سنگ های بدون پوشش مناطق کوهستانی و دشت ها، به صورت خرد شدن و از هم پاشیدگی آن ها است. از آن جایی که معمولاً در این مناطق، اختلاف دمای روز و شب نسبتاً زیاد است، گرمای روز، سبب انبساط و سرمای شب، سبب انقباض سنگ ها می گردد و چون انبساط حرارتی کانی های تشکیل دهنده ی یک سنگ به دلیل تفاوت های ساختاری، یکسان نیست، از یکدیگر تبعیت نکرده در نهایت سست و متلاشی شدن سنگ را به دنبال خواهد داشت. البته این عمل به تنهایی اهمیّت زیادی ندارد و تأثیر آن در تخریب سنگ ها جزئی است. ولی رطوبت هوا از عوامل مهمّ هواز دگی مکانیکی است که در اثر انجماد آب در درون شکاف ها، درزها و تخلخل های سنگ ها سبب تخریب آن ها می شود. وقتی که آب یخ می بندد، افزایش حجمی خواهد داشت. این افزایش حجم، موجب وارد آمدن فشار بسیار زیاد به دیواره های شکاف ها و تخلخل هایی می شود که آب به داخل آن ها نفوذ کرده و در نهایت سبب خرد شدن و متلاشی شدن این سنگ ها می شود.

میزان این فشار گاه در دماهای زیر صفر به هزاران کیلوگرم بر سانتی متر مربع می رسد. در نقاط سردسیر و سنگ های پرحفره، این عامل هواز دگی، تخریب بیشتری را نسبت به عوامل دیگر در پی خواهد داشت. ریزش خرده سنگ ها از قلل کوه ها در اثر همین پدیده ی هواز دگی به وقوع می پیوندد.

۲-۵-۱- هواز دگی شیمیایی: در این فرآیند ترکیب شیمیایی سنگ تغییر پیدا کرده، و موادّ جدیدی به وجود می آید. مثلاً از هواز دگی فلدسپات ها، خاک رُس (و یا مشخصاً کانی کائولینیت) به وجود می آید که در جای خود به تفصیل در مورد آن بحث خواهد شد. تأثیر آب، اکسیژن و دی اکسید کربن از عوامل مؤثر در هواز دگی شیمیایی است.

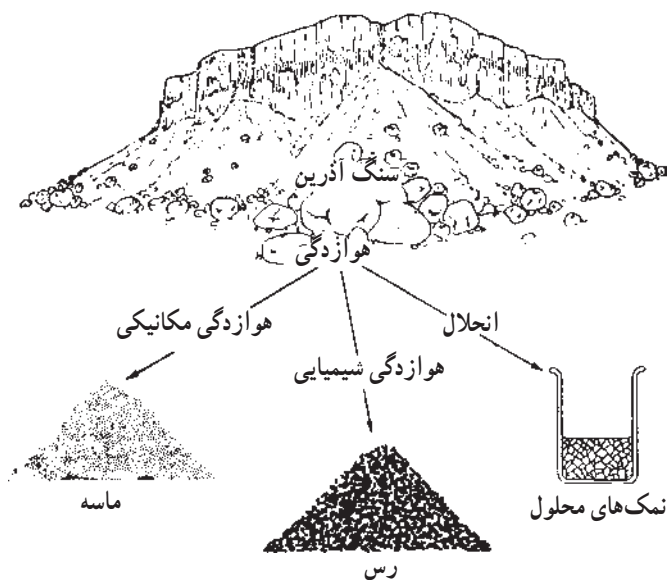
اگرچه کوارتز به تنهایی تحت تأثیر هواز دگی شیمیایی قرار نمی گیرد ولیکن کانی های سیلیکاتی کمایش تحت اثر فرایند هیدرولیز (آبگیری) تجزیه می شوند. در صورتی که کانی هایی که تحت تأثیر هیدرولیز قرار می گیرند، در ساختار خود علاوه بر سیلیس، آلومینیوم هم داشته باشند (آلومینوسیلیکات ها)، از تجزیه ی آن ها کانی های رسی حاصل می آید که مورد زیر یک مثال مشخص و با اهمیّت از این حالت است:



ارتوکلاز

کائولینیت

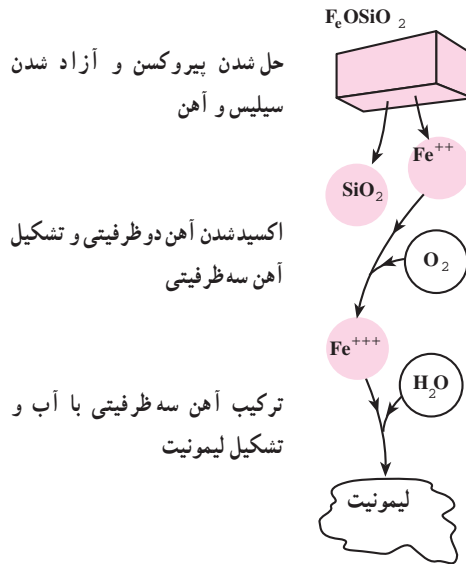
وجود CO_2 و قابلیت حل آن در آب، سبب تسریع واکنش، در اثر افزایش خاصیت اسیدیته آب می‌شود. «اکسیداسیون» (که عبارت است از ترکیب اکسیژن با یک ماده‌ی دیگر) نیز از عوامل مؤثر در هوازدگی برخی سنگ‌هاست. ترکیبات آهن‌دار مانند پیریت و منیتیت بیش از سایر کانی‌ها تمایل به ترکیب با اکسیژن دارند. در صورتی که عمل ترکیب تنها بین آهن و اکسیژن باشد، رنگ ماده‌ی حاصل، قرمز رنگ است، مانند هماتیت. اما در صورتی که علاوه بر اکسیداسیون، عمل آگیری نیز انجام شود، اکسید آبدار آهن که زرد رنگ است، (لیمونیت) حاصل می‌شود. رنگ زرد و یا قرمز اغلب خاک‌ها، به علت وجود همین دو ماده است. دی‌اکسید کربن نیز از عوامل مؤثر در هوازدگی شیمیایی است که اگرچه به تنهایی تأثیری بر سنگ‌ها ندارد ولیکن در ترکیب با آب و حل شدن در آن، تولید اسید کربنیک ضعیف می‌کند که بر فلدسپات‌ها، آمفیبول، پیروکسن و میکای سیاه، اثر دارد. هم‌چنین دی‌اکسید کربن (CO_2) با کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم حاصل از تجزیه‌ی سنگ‌ها ترکیب می‌شود و کربنات‌های مربوط را ایجاد می‌کند. اثر اسید کربنیک بر کلسیت شدیدتر بوده آن را به طور کامل در خود حل می‌کند (شکل‌های ۱-۱۱ و ۱-۱۲).



شکل ۱-۱۱- تأثیر هوازدگی مکانیکی و شیمیایی بر روی گرانیت

«باران اسیدی» واژه‌ای که در چند سال اخیر متداول گشته و از مشکلات کشورهای صنعتی به شمار می‌آید، در اثر آلودگی بیش از حد هوا به گازهایی چون H_2S ، CO_2 ، SO_2 ، SO_3 ، HCl

پدید می‌آید. حل شدن این گازها در آب باران، سبب اسیدی شدن آن شده و علاوه بر اینکه لطمه‌ی فراوان به محیط زیست و درختان و موجودات زنده‌ی آبرزی می‌زند سبب خوردگی فلزات نیز می‌گردد. این پدیده که بشر مسبب آن است نیز خود یک هوازدگی است. گرما و رطوبت، دو عامل مهم، در تسریع هوازدگی شیمیایی هستند لذا تأثیر این دو عامل در مناطق گرم و مرطوب، بیشتر مشاهده می‌شود.



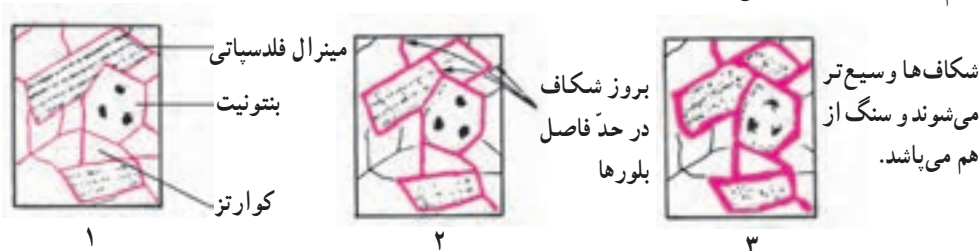
شکل ۱۲-۱. مراحل تجزیه‌ی یک آهن‌دار مانند پیروکسن و تبدیل آن به مینرال جدید لیمونیت

۳-۵-۱. مقاومت سنگ‌ها در برابر هوازدگی: سنگ‌ها و کانی‌های گوناگون در برابر هوازدگی شیمیایی و مکانیکی مقاومت یکسانی ندارد. به عنوان مثال کوارتز، هم در برابر آب و اسیدها (هوازدگی شیمیایی) و هم به علت سختی زیاد، در برابر هوازدگی مکانیکی مقاوم است. لذا بلورها، ذرات و یا توده‌های کوارتز در میان دانه‌های ماسه، هم‌چنان بدون تغییر باقی می‌مانند و تنها ممکن است در اثر عوامل فرسایشی به ذرات ریزتر تبدیل گردند. اما در عوض کانی‌هایی مانند ارتوکلاز، آلبیت، هورن‌بلاند، میکا، اوریت و کلسیت، همگی تحت تأثیر عوامل هوازدگی مکانیکی و شیمیایی قرار می‌گیرند. هوازدگی مکانیکی سبب ریزش آن‌ها و تبدیل شدن به سنگ ریزه و ماسه می‌شود و هوازدگی شیمیایی آن‌ها را به دانه‌های ریزتری در حد رُس تبدیل می‌کند. کلسیت تقریباً در آب حل می‌شود و توسط آب‌های سطحی و زیرزمینی به دریاچه‌ها و دریاها برده می‌شود.

هوازدگی شیمیایی و مکانیکی بخصوص در حضور اکسیژن و دی اکسید کربن و در هوای گرم و مرطوب (وجود آب) سبب تبدیل سنگ‌ها به قلوه سنگ‌های کوچک‌تر، شن، ماسه و رُس می‌شود. با گذشت زمان قلوه سنگ‌ها و قطعات درشت‌تر هم بالاخره تبدیل به ذرات ریزتر می‌شوند. شن و ماسه تنها در صورتی باقی می‌مانند که در آن‌ها کوارتز یا کانی‌های مقاوم در برابر هوازدگی شیمیایی، موجود باشد. سنگ‌هایی که در آن‌ها ذرات و قطعات، در میان نوعی ماده‌ی زمینه‌ای قرار داشته باشند، تنها تا زمانی پایدار می‌مانند که سیمان (ماده‌ی پیونددهنده) لابلای ذرات و قطعات باقی باشد (شکل ۱۳-۱)؛ هنگامی که این سیمان از جنس سیلیس باشد مسلماً مقدار مقاومت سنگ نیز زیاد خواهد بود. می‌دانیم که سنگ‌های رُسی از جمله سنگ‌های رسوبی است که مقاومتش بسیار کم است لذا به آسانی ورقه‌ورقه می‌شود و از آن مواد اولیه‌ی سازنده‌اش حاصل می‌آید. سنگ مرمر و سنگ آهک، تا حدودی در برابر هوازدگی مکانیکی مقاومند اما کلسیت موجود در آن‌ها به تدریج در آب حل می‌شود لذا این سنگ‌ها هم، در آب و هوای مرطوب، از جمله سنگ‌های کم مقاومت به حساب می‌آیند.

خرد شدن سنگ‌ها، در اثر عوامل هوازدگی، به یک صورت نیست و شدیداً تحت تأثیر ساختار، بافت و اجزای تشکیل دهنده‌ی سنگ می‌باشد. سنگ‌هایی که از بلورهای مختلف تشکیل شده باشند مانند سنگ‌های آذرین درشت بلور، سنگ‌های دگرگون شده و ماسه سنگ‌های دانه درشت، به هنگام خرد شدن، به صورت «دانه دانه» خرد می‌شود اما هم چنان هریک از ذرات جدانشده از سنگ، شکل اولیه خود را محفوظ نگه می‌دارد. برخی از سنگ‌ها با توجه به ساختار بلوری کانی‌های تشکیل دهنده‌شان، به صورت «ورقه‌ورقه» از آن جدا می‌شوند که این ورقه‌ها می‌تواند اندازه‌های مختلفی، از پولک‌های کوچک گرفته تا لایه‌های وسیع را، شامل شود.

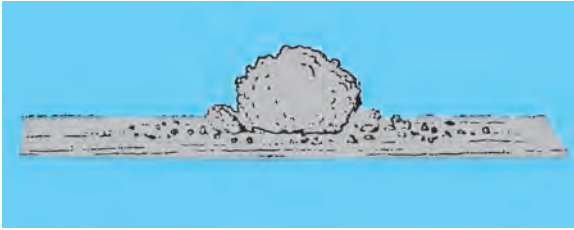
پاره‌ای از سنگ‌های رسوبی دارای درزها و ترک‌های موازی‌اند لذا به صورت «قطعه قطعه» (دارای اشکال منظم) خرد می‌شوند که در کنار آن‌ها ممکن است حالت دانه دانه شدن و یا ورقه شدن هم، مشاهده شود (شکل ۱۳-۱).



شکل ۱۳-۱- مراحل خرد شدن سنگ گرانیت

و بالاخره سنگ‌هایی مانند گرانیت که بسیار سخت هستند اگر تحت فشارهای زیاد حاصل از انجماد آب قرار گیرند، به صورت کاملاً «نامنظم» و به شکل قطعات کوچک و بزرگ بازوای نامساوی خرد می‌شوند.

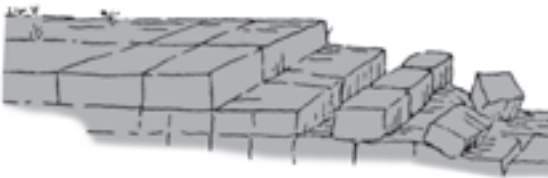
۴-۵-۱- تدریجی بودن هوازدگی: هوازدگی در شرایط طبیعی یک پدیده‌ی کند است و حتی برای تخریب سنگ‌هایی مانند سنگ آهک که از کم‌مقاومت‌ترین سنگ‌ها در برابر هوازدگی می‌باشد، به سال‌ها زمان نیاز است. میزان انحلال این ماده، حتی در هوای مرطوب از نیم سانتی‌متر در صد سال تجاوز نمی‌کند و چندین هزار سال وقت لازم است تا خطوط و نقوش برجسته‌ی آثار باستانی حالت اولیه و تیز خود را از دست بدهند (شکل ۱۴-۱).



دانه‌دانه شدن



ورقه‌ورقه شدن



قطعه قطعه شدن



شکستن نامنظم

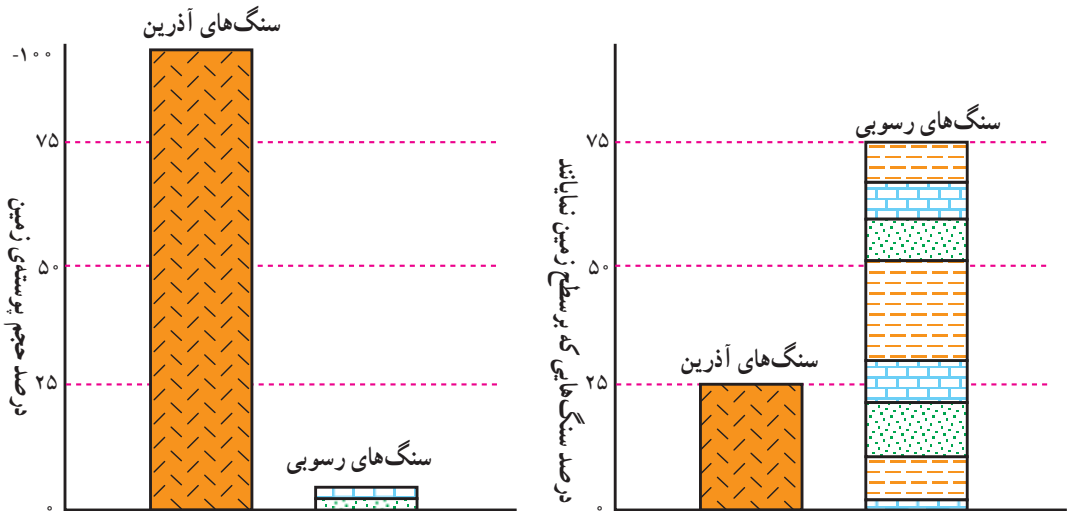
شکل ۱۴-۱- انواع خرد شدن سنگ‌ها در برابر عوامل هوازدگی

۱-۶- سنگ‌های رسوبی

همان‌گونه که در بحث پیشین دیده شد، هوازدگی یکی از اصلی‌ترین عوامل تخریب و از هم‌پاشیدگی سنگ‌هاست. مواد حاصل از هوازدگی عموماً کمتر در محلّ اولیه خود باقی می‌مانند و اکثراً توسط عواملی چون آب، باد، یخچال‌ها و غیره که خود از عوامل فرسایشی به‌شمار می‌روند، حمل‌شده به درون دریاها و دریاچه‌ها و سواحل رودها برده می‌شوند.

پرسش: چرا در طیّ میلیون‌ها سال فرسایش و هوازدگی، دریاها و اقیانوس‌ها از موادّ تخریبی پُر نشده‌اند؟

پاسخ این پرسش در ایجاد سنگ‌هایی جدید از این موادّ است که به آن‌ها سنگ‌های رسوبی می‌گویند. به عبارت دیگر سنگ‌های رسوبی از موادّی حاصل می‌آیند که پیش از آن در سنگ‌های دیگر وجود داشته‌اند. همین نکته می‌تواند توجیهی برای این مسأله باشد که چرا با وجود آن‌که حدود ۹۹٪ سنگ‌های پوسته‌ی زمین را، سنگ‌های آذرین تشکیل می‌دهند، حدود ۷۵٪ سنگ‌هایی که بر روی سطح زمین نمایان است از نوع سنگ‌های رسوبی می‌باشند (شکل ۱۵-۱).



شکل ۱۵-۱- مقایسه‌ی نوع سنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی پوسته‌ی زمین و سطح نمایان زمین

۱-۶-۱- رسوب‌گذاری:

رسوب چیست؟ به موادی که توسط عوامل فرسایشی حمل می‌شود و در محیط‌های رسوبی ته‌نشین گردند، رسوب می‌گویند. در واقع رسوب‌گذاری وقتی آغاز می‌گردد که عامل حرکت و حمل

مواد، از حرکت باز ایستد و مواد همراه با خود را برجای گذارد. هنگامی که باد از جریان می افتد و یا آب از حرکت باز می ایستد و یا با سرعت کمتری به حرکت خود ادامه می دهد، مواد همراه آن ته نشین می شوند. از آنجایی که عمل حمل مواد، توسط آب تحت تأثیر نیروی گرانشی زمین است، همیشه از سمت بلندی ها به سوی فرورفتگی ها صورت می گیرد. لذا معمولاً مواد رسوبی درشت و سنگین وزن، در نیمه های راه باقی می مانند و هرچه از مبدأ دور گشته به مقصد رسوب گذاری نزدیک تر شویم، از اندازه و وزن قطعات و ذرات رسوبی کاسته می شود.

مواد دانه درشت و سنگین که ممکن است هرگز به دریاها نرسند، آبرفت های رودخانه ای را پدید می آورند. اما مواد سبک وزن، هم چنان به همراه آب پیش می روند تا به محیط های آرامی مانند دریاها برسند و در آنجا ته نشین شوند. البته ممکن است در مواردی جدایی رسوبات، برحسب درشتی و ریزی آنها، مطابق با آنچه که ذکر شد، نباشد. چون گاهی به همراه قله سنگ ها، ماسه و به همراه ماسه ها، مقداری گل ولای (دانه ریزتر) نیز دیده می شود.

اصلی ترین منشأ رسوبات، همان گونه که گفته شد، مواد حاصل از عوامل تخریبی مانند هوازدگی و فرسایش است که به صورت مقادیر زیادی شن و ماسه و رس از خشکی ها به درون دریاها برده می شوند. علاوه بر این ها، مواد معینی وجود دارند که در روی خشکی ها به صورت محلول در آب درآمده سپس طی فعل و انفعال شیمیایی در زمان خیلی طولانی رسوب می کنند و نمک طعام، کربنات های کلسیم و منیزیم، برخی سولفات ها و ترکیبات آهن از آن جمله اند.

بقایای بدن جاندارانی که برای تشکیل پوشش محافظ بدن (پوسته و صدف) و اسکلت خود، به مواد معدنی از قبیل کربنات های کلسیم، منیزیم، سیلیس و گاهی فسفات ها، سولفیدها و اکسید آهن محتاجند، منشأ دیگری برای تشکیل سنگ های رسوبی است.

رسوبات حاصل از آتشفشان های درون دریاها و هم چنین بقایای غبار مانند حاصل از سوختن و اکسید شدن شهاب سنگ هایی که وارد جو زمین شده اند از عوامل دیگر تشکیل رسوبات بر روی سطح زمین هستند.

۲-۶-۱- کانی های موجود در سنگ های رسوبی: سنگ های رسوبی از کانی هایی مانند کوارتز، کلسیت و کانی های خانواده ی رس ها، تشکیل شده اند (شکل ۱۶-۱) که به ندرت ممکن است در یک سنگ رسوبی، تنها یک نوع کانی یافت شود. به عنوان مثال، سنگ آهک، سنگی است که کانی کلسیت در آن به وفور یافت می شود اما حتی در خالص ترین سنگ های آهک نیز درصدهایی از کانی های دیگر مانند رس ها و یا کوارتز دیده می شود. هم چنین اگرچه ماده ی اصلی تشکیل دهنده ی



شکل ۱۶-۱- توده‌ای از سنگ کالسدون^۱

بسیاری از ماسه‌سنگ‌ها از جنس دانه‌های کوارتز است اما خمیره و یا اصطلاحاً سیمانی که این دانه‌ها را بهم می‌چسباند می‌تواند متفاوت بوده و از جنس سیلیس، کلسیت، دولومیت و یا اکسید آهن باشد.

همان‌گونه که در مبحث هوازدگی عنوان کردیم کانی‌های رُسی (یکی از اصلی‌ترین مواد اولیه در ساخت محصولات سرامیکی) از تجزیه و تخریب سیلیکات‌ها به ویژه فلدسپات‌ها حاصل می‌شوند. در صورتی که این کانی‌های رُسی به وجود آمده در اثر عمل هوازدگی در جای خود باقی بمانند به آن‌ها «رُس‌های اولیه» و یا «برجای مانده» می‌گویند؛ اما در صورتی که این رُس‌های اولیه در اثر عوامل فرسایشی از محل تشکیل خود جدا شده به صورت رسوب درآیند، «سنگ‌های رُسی» و یا «شیل‌ها» را به وجود می‌آورند. در مورد تفاوت‌های اساسی این دو رُس، چگونگی ساختار و کاربرد اصلی هریک از این دو نوع رُس، در فصل سوم کتاب به تفصیل صحبت خواهیم کرد.

کوارتز نیز از تجزیه‌ی سنگ‌های آذرین به وجود می‌آید. زیرا هنگامی که سنگ‌های گرانیتی در اثر هوازدگی مکانیکی و شیمیایی تجزیه می‌شوند، دانه‌های کوارتز موجود در آن‌ها آزاد می‌گردد. بیشتر حجم ماسه‌سنگ‌ها را کوارتز تشکیل می‌دهد.

هم چنین ممکن است مقادیر سیلیس که اندازه‌ی دانه‌های آن بسیار کوچک (در حد کلئیدی) کلئیدها از ذراتی به اندازه‌ی ۱۰ تا ۱۰/۰۰۰ انگستر^۲ تشکیل شده‌اند به صورت محلول درآید

۱- Mineralogy By: Milovsky and Kononov

۲- Shale

۳- انگستر واحد طول، برابر با 10^{-8} سانتی‌متر (10^{-10} متر) است.

دراثر هوازدگی گرانیت) و بعداً با ایجاد پیوندی سیمان مانند، سنگ‌های رسوبی دانه‌درشت را بوجود آورد یا آن‌که به شکل کانی جدیدی به نام اوپال^۱ با فرمول $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ درآید. این ماده متبلور نیست و کمی از کوارتز نرم‌تر است.

از سنگ‌های رسوبی دیگری که منشأ آن‌ها، بلورهای دانه‌ریز سیلیس است می‌توان از فلینت^۲ (سنگ آتش‌زنه) و کالسدون^۳ نام برد (شکل ۱۷-۱).



شکل ۱۷-۱-ب - فلینت



شکل ۱۷-۱-الف - اوپال

اگرچه اشکال مختلف کوارتز یکی از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده‌ی بدنه‌های سرامیکی هستند (چه سنتی و چه نوین) ولیکن به‌طور خاص می‌توان به کاربرد سنگ آتش‌زنه به‌عنوان گلوله‌های بال‌میل در صنایع سرامیک اشاره کرد که این به‌لحاظ سختی بسیار بالای آن است. درعین حال از آن جایی که این سنگ‌ها عمدتاً در رودخانه‌ها یافت می‌شوند، به‌دلیل غلطیدن‌های متمادی و عوامل فرسایشی، همواره به‌شکل کره و یا چیزی نزدیک به آن، بدون وجود لبه‌های تیز هستند. احتمالاً نام بال‌میل^۴ نیز از همین جا مشتق شده است.

سنگ‌های آهک از دیگر سنگ‌های رسوبی هستند که کلسیت، کانی اصلی تشکیل‌دهنده‌ی آن است. کربنات کلسیم که ماده‌ی شیمیایی به‌وجودآورنده‌ی کانی کلسیت است، ازجمله موادی است که می‌تواند در بین ذرات و قطعات سنگ‌ها نفوذ کند و آن‌ها را به‌هم بچسباند.

منشأ تشکیل کلسیت، پلاژیوکلاز کلسیم‌دار و برخی کانی‌های آهن و منیزیم‌دار است. کلسیم، ابتدا به‌صورت محلول بی‌کربنات کلسیم $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ، از فرآیندهای هوازدگی حاصل می‌شود سپس تحت اثر عوامل بیولوژیکی و واکنش‌های شیمیایی، تبدیل به CaCO_3 نامحلول می‌شود.

۱- Opal

۲- Flint

۳- Calcedony

۴- Ballmill

سیمان یکی از عمده‌ترین محصولات سرامیکی است که در ساخت آن از سنگ آهک استفاده می‌شود. به‌طور کلی، سیمان معمولی (سیمان پرتلند) ترکیبی است که آهک و سیلیس، ۸۵٪ حجم آن را تشکیل می‌دهد.

علاوه بر کانی‌های رُسی، کوارتز و کلسیت، سنگ‌های مهم رسوبی دیگری که برخی از آن‌ها از مواد اولیه ضروری برای صنایع سرامیک هستند عبارتند از:

۱- دولومیت $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ که همان کربنات دوگانه (مضاعف) کلسیم و منیزیم است و در صنایع شیشه‌سازی و لعاب‌سازی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (شکل ۱۸-۱).



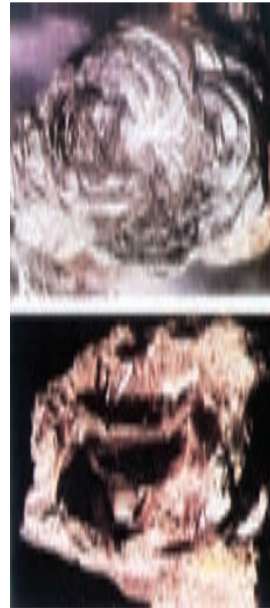
شکل ۱۸-۱- دولومیت

۲- فلدسپات‌های مختلف که از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده‌ی مواد اولیه صنایع سرامیک هستند و بسته به نوع کاتیون موجود (Ca^{++} ، K^+ ، Na^+ و ...)، درصد خلوص و یا مرگب بودنشان، می‌توانند کاربردهای گسترده‌ای داشته باشند.

۳- آهن که طبعاً منشأ آن کانی‌های آهن و منیزیم‌دار بوده است که به‌صورت هماتیت و لیمونیت درآمده‌اند (شکل ۱۹-۱).



شکل ۱۹-۱-ب - لیمونیت



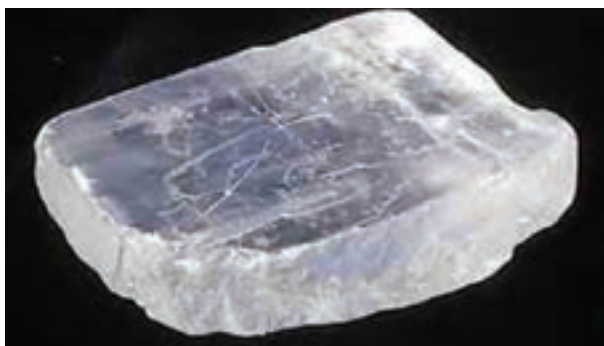
شکل ۱۹-۱-الف - هماتیت

۴- هالیت (NaCl) که از تبخیر آب‌های محتوی نمک به صورت سنگ‌های نمک برجای می‌ماند (شکل ۲۰-۱).



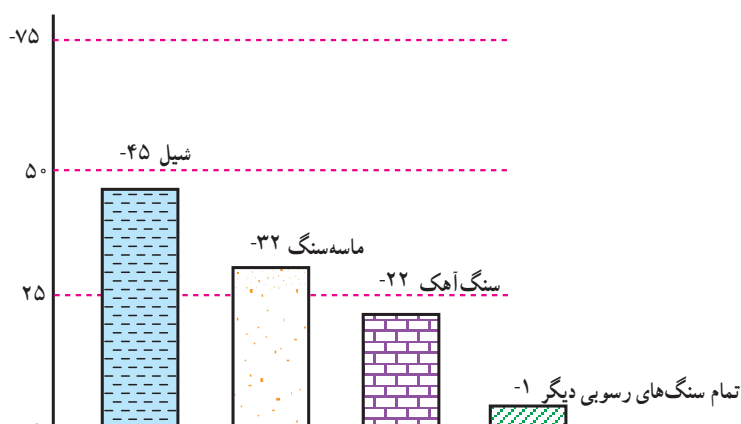
شکل ۲۰-۱- هالیت

۵- ژپس - سولفات کلسیم آبدار با فرمول $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$ که همان سنگ گچ است و در اثر تبخیر آب‌های حاوی سولفات کلسیم به وجود می‌آید. این ماده با فرآیندهایی که در فصل‌های بعدی توضیح داده خواهد شد به صورت یکی از مواد اولیه ضروری صنایع سرامیک درمی‌آید. هنگامی که میزان شوری آبی که منشأ این کانی هاست از ۳ برابر حد طبیعی بیشتر شود کانی ژپس رسوب می‌کند و اگر این شوری به 10° برابر حد طبیعی برسد، ته‌نشین شدن حالت آغاز می‌گردد (شکل ۱-۲۱).



شکل ۱-۲۱- ژپس

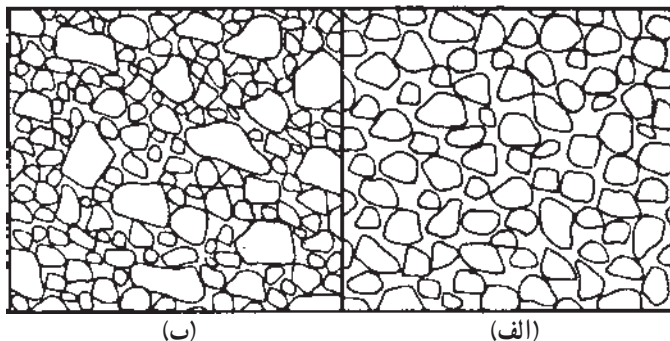
۶- قطعات ریز و درشت مواد آتشفشانی و همچنین مواد آلی ممکن است در میان سنگ‌های رسوبی یافت شوند (شکل ۱-۲۲).



شکل ۱-۲۲- نسبت فراوانی سنگ‌های رسوبی در روی زمین

سنگ‌های رسوبی نیز مانند سنگ‌های آذرین می‌توانند دارای بافت‌های گوناگون باشند که در ارتباط با ظاهر سنگ، اندازه و شکل بلورها و آرایش آن‌ها می‌باشد. دو بافت اصلی سنگ‌های رسوبی، تخریبی (آواری) و غیرتخریبی (غیرآواری) نامیده می‌شوند.

بافت تخریبی را در سنگ‌هایی می‌یابیم که از اجتماع ذرات و قطعات سنگ‌های دیگر پدید آمده باشند. اندازه و شکل این دانه‌ها، هم‌چنین نوع دانه‌بندی، طبعاً بر نوع بافت سنگ اثر مستقیم دارد. مثلاً سنگی که از رسوبات یخچالی حاصل می‌آید، دارای دانه‌های مخلوط ریز و درشت است. درحالی‌که وقتی سنگی از مواد حمل‌شده توسط باد تشکیل شود، دانه‌های آن کم‌وبیش یک اندازه ریز هستند (شکل ۲۳-۱).



شکل ۲۳-۱- بافت تخریبی در سنگ‌های رسوبی با دانه‌بندی یکنواخت (الف) و غیریکنواخت (ب)

یکی از راه‌های تقسیم‌بندی سنگ‌های رسوبی اندازه‌ی آن‌ها و یا درواقع اندازه‌ی تقریبی قطر آن‌هاست که براساس جدول ۲-۱ می‌باشد:

جدول ۲-۱

قطعه‌سنگ	۲۰۰ میلی‌متر
قلوه‌سنگ	
ریگ درشت	۶۰ میلی‌متر
ریگ ریز	۲ میلی‌متر
شن	
ماسه	۰/۰۶ میلی‌متر
سیلت	
غبار رس	۰/۰۰۲ میلی‌متر

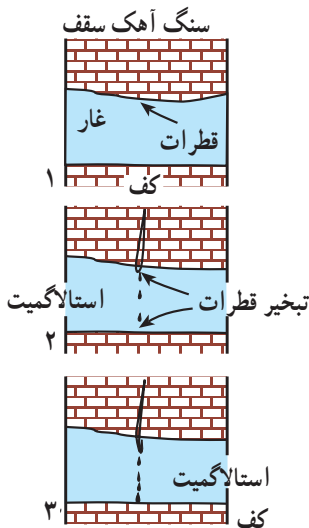
بافت غیر تخریبی در سنگ‌هایی دیده می‌شود که تحت اثر فرایندهای شیمیایی پدید آمده باشند. در این سنگ‌ها همانند سنگ‌های آذرین، بلورها به یکدیگر پیوسته‌اند.

۳-۶-۱- سنگ‌شدن (دیازنز): اصطلاح دیازنز به مراحل گفته می‌شود که طی آن از رسوبات نرم و منفصل، سنگ‌های سخت و متصل پدید می‌آید. این پدیده شامل صورت‌های زیر است:

الف - سیمان‌شدن: عبارت است از پرشدن فواصل موجود در بین قطعات و ذرات سنگ، توسط مواد شیمیایی و چسبیدن آن‌ها به هم. این مواد شیمیایی که توسط آب در بین ذرات، نفوذ می‌کند عمدتاً کلسیت، دولومیت و کوارتز هستند.

ب - متراکم‌شدن و خشک‌شدن: در رسوبات ریزی که جنس آن‌ها سیلت (دانه‌های کمی درشت‌تر از رُس) یا رُس باشند، فضای میان ذرات چنان کوچک است که آب نمی‌تواند به آزادی از میان آن‌ها بگذرد. لذا ماده‌ی سیمانی هم نمی‌تواند خود را به آن فضاها برساند و چسبیدن ذرات به یکدیگر تحت فرآیند متراکم‌شدن که در اثر فشار لایه‌های فوقانی است و خشک‌شدن تدریجی صورت می‌گیرد. هردوی این فرایندها باعث کم‌شدن فضای مابین ذرات و در نتیجه فشردگی آن‌ها می‌شود.

ج - تبلور مجدد: متبلورشدن بعضی از مواد رسوبی، خود یک نوع تشکیل سنگ به حساب می‌آید. در طی این فرآیند که اکثراً در اثر از دست دادن آب محلول‌های نمک‌ها، سولفات‌ها و... رخ می‌دهد، کانی‌های تازه‌ای متبلور می‌شوند و یا آن‌که بلورهای موجود، رشد پیدا کرده بزرگ‌تر می‌گردند. بسیاری از سنگ‌های آهکی و دولومیتی از این گونه سنگ‌ها هستند (شکل ۲۴-۱).



شکل ۲۴-۱- تشکیل ستون‌های آهکی در درون پاره‌ای از غارها، نمونه‌ای از رسوبگذاری آب‌های زیرزمینی و عمل تبلور مجدد است.



شکل ۲۵-۱- کنگلومرا

همان گونه که مشاهده کردید، سنگ‌های رسوبی یا در اثر تخریب سنگ‌های دیگر یا براساس واکنش‌های شیمیایی به وجود می‌آیند. لذا می‌توان سنگ‌های رسوبی را به دو دسته‌ی تخریبی و شیمیایی تقسیم‌بندی کرد.

— سنگ‌های رسوبی تخریبی را معمولاً براساس قطر قطعات و ذرات تشکیل دهنده‌شان تقسیم‌بندی می‌کنند.

درشت‌دانه‌ترین این سنگ‌ها که از قطعات گردشده با قطر بیش از ۲ میلیمتر می‌باشد کنگلومرا^۱ نامیده می‌شود (شکل ۲۶-۱- الف). به گونه‌ای از این سنگ که قطعات آن زاویه دارد (دارای لبه‌های تیز باشد) پرش^۲ می‌گویند (شکل ۲۶-۱- ب).



ب



الف

شکل ۲۶-۱- الف و ب — نمونه‌هایی از سنگ‌های رسوبی

ماسه‌سنگ‌ها که ابعاد سنگ‌های تشکیل دهنده‌ی آن‌ها کوچک‌تر از حالت قبل می‌باشد از دانه‌های ماسه تشکیل شده‌اند که به وسیله‌ی سیمانی به همدیگر متصل شده‌اند. معمولاً جنس دانه‌ها کوارتز است اما فلدسپات، میکا و کانی‌های دیگر هم ممکن است میان آن‌ها موجود باشد. سختی ماسه‌سنگ‌ها و درجه‌ی مقاومت آن‌ها در برابر اثر عوامل فرسایشی و هوازدگی به نوع سیمان آن‌ها بستگی دارد. در صورتی که این سیمان از جنس مواد آهکی باشد مسلم است که میزان تخریب آن از ماسه‌سنگی که سیمان آن نیز از جنس سیلیس باشد بسیار بیشتر است (چرا؟).

۱- Conglomerate

۲- Breccia

باید دانست که سیمان ذکر شده، هرگز نمی‌تواند تمامی فضای موجود بین ذرات و دانه‌های کوارتز (ماسه) را پُر کند، لذا همواره با جسمی متخلخل سر و کار داریم که گاه تا ۳۰٪ حجم سنگ را این تخلخل‌ها دربر می‌گیرد. موارد استفاده‌ی ماسه‌سنگ‌ها اغلب در ساختمان‌سازی است و از انواع مرغوب و خالص آن (از نظر سیلیس) در صنایع شیشه‌سازی استفاده می‌شود. سنگ‌های رسی دانه‌ریزترین سنگ‌های رسوبی تخریبی هستند. معروف‌ترین این سنگ‌ها شیل^۱ نام دارد که به صورت لایه‌لایه است و قسمت اعظم آن مواد رُسی است. رنگ شیل بستگی به نوع مواد همراه آن دارد. به‌عنوان مثال کلسیت یا سیلیس رنگ آن را روشن می‌کند و ترکیبات آهن سبب قرمز شدن آن می‌شود. در صورتی که همراه شیل، مواد آلی پوسیده وجود داشته باشد، رنگ سنگ متمایل به خاکستری و سیاه خواهد بود.

عمده‌ترین سنگ‌های رسوبی شیمیایی عبارتند از:

الف – سنگ‌های آهکی: این سنگ‌ها می‌توانند محصول فرایندهای شیمیایی باشند. مانند تراورتن، دولومیت و مارن^۲ که علاوه بر کربنات کلسیم مقدار زیادی مواد رسی به‌همراه دارد و در تهیه‌ی سیمان کاربرد فراوان دارد. این سنگ‌ها می‌توانند در اثر فرایندهای آلی نیز به‌وجود آمده باشند. در این صورت، سنگ از به هم پیوستن قطعات صدف و پوسته‌ی نرم‌تنان و نوعی خمیر، حاصل شده است (شکل ۱-۲۷).



شکل ۱-۲۷- ب – مارن



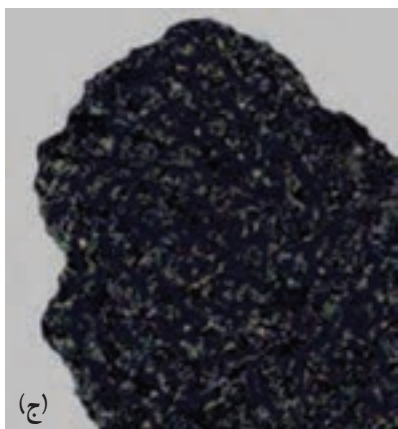
شکل ۱-۲۷- الف – تراورتن

۱- Shale

۲- Marn

ب — سنگ‌های تبخیری: تبخیر آب دریاها و دریاچه‌ها و تالاب‌های قدیمی و برجای ماندن نمک‌های مختلف آن‌ها از قبیل کلریدها و سولفات‌ها سنگ‌های تبخیری را تشکیل می‌دهد. سنگ گچ و سنگ نمک از مثال‌های بارز این نوع سنگ‌ها هستند.

ج — سنگ‌های سوختی (سوخت‌های فسیلی): این سنگ‌ها از بقایای برخی جانوران و گیاهان ادوار گذشته به وجود آمده‌اند و امروزه به‌عنوان اصلی‌ترین منبع سوخت و انرژی مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. مثال‌هایی از این نوع سنگ‌ها زغال‌سنگ، شیل نفتی و قیر طبیعی می‌باشد (شکل ۱-۲۸).



شکل ۱-۲۸ — (الف) زغال سنگ (ب) شیل نفتی (ج) قیر طبیعی

در انتهای مبحث سنگ‌های رسوبی باید متذکر شد که اصلی‌ترین مشخصه و حالت اختصاصی سنگ‌های رسوبی، لایه‌لایه بودن آن‌ها در اثر تغییر جنس رسوبات و امکان وجود فسیل در بین این لایه‌هاست (شکل ۱-۲۹).



شکل ۱-۲۹ — لایه‌لایه بودن سنگ‌های رسوبی از مشخصه‌های بارز این سنگ‌هاست.

جدول ۳-۱- طبقه‌بندی سنگ‌های رسوبی براساس ترکیب و بافت
الف: سنگ‌های تخریبی

نام سنگ	ترکیب	بافت
کنگلو مری برش	قطعات گرد شده‌ی سنگ‌های دیگر قطعات تیزولبه‌دار سنگ‌های دیگر	دانه‌ها بزرگتر از ۲ میلی‌متر
ماسه‌سنگ کوارتزی	کوارتز همراه کانی‌های دیگر	دانه‌ها بین ۰/۰۶ تا ۲ میلی‌متر
سنگ شیلی	کوارتز و کانی‌های رسی	دانه ریز ۰/۰۶ تا ۰/۰۰۲ میلی‌متر
شیل	کوارتز و کانی‌های رسی	بسیار دانه ریز

ب: سنگ‌های شیمیایی

نام سنگ	ترکیب	بافت
سنگ آهک متبلور	کلسیت	دانه‌ها متوسط تا درشت‌اند
کوکینا		قطعات فسیل توسط سیمانی به هم چسبیده‌اند
سنگ آهک فسیل‌دار		فسیل‌های فراوان در زمین‌های آهکی
گل سفید		پوسته‌های آهکی جانداران ذره‌بینی
تراورتن		کلسیت نواردار
دولومیت	دولومیت	بافت‌ها مشابه موارد بالا
چرت	کلسدون	متراکم، با بلورهای مخفی
ژیپس	ژیپس	متبلور دانه ریز تا دانه‌درشت
نمک طعام	هالیت	متبلور دانه ریز تا دانه‌درشت

۷-۱- متامورفیزم- سنگ‌های دگرگون‌شده

در گفتارهای پیش، طرز تشکیل سنگ‌های آذرین و رسوبی بررسی گردید. مشاهده شد که دمای زیاد اعماق زمین، انرژی لازم برای ذوب سنگ‌ها را فراهم می‌کند، لذا در اثر کاهش فشار طبقات فوقانی و آزادی حرکت، این سنگ‌ها به مذابی تبدیل خواهند شد که در اثر سنگ‌شدن، سنگ‌های آذرین را به وجود می‌آورند. همچنین مشاهده شد که سنگ‌های موجود بر روی سطح زمین چگونه دستخوش فرسایش و تغییرات در اثر پدیده‌ی هوازدگی می‌شوند و در نهایت سنگ‌های رسوبی را پدید می‌آورند. متأسفانه بررسی دسته‌ی سوم سنگ‌ها که به سنگ‌های دگرگون‌شده موسومند،

بدین سادگی نیست.

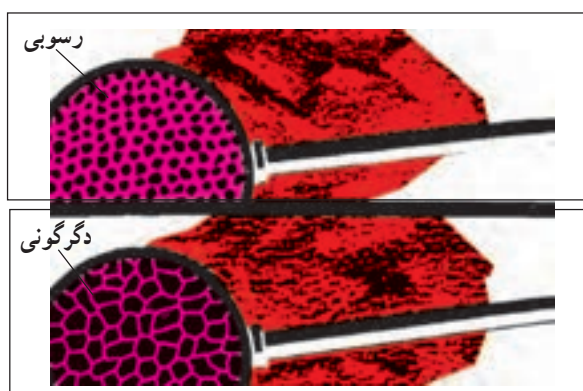
عمده‌ترین مشکل در این راه آن است که تا به امروز کسی مستقیماً طرز تشکیل این سنگ‌ها را ندیده است زیرا در اعماق زمین و دور از چشم انجام می‌شود. محدوده‌ی تشکیل سنگ‌های دگرگون‌شده را می‌توان در حد فاصل منشأ تشکیل سنگ‌های آذرین و سطح هوازده‌ی زمین دانست. در فاصله‌ی این دو حد دامنه‌ی تغییرات شیمیایی فشار و دما زیاد است لذا برخی از سنگ‌ها در اثر بروز پدیده‌هایی مانند رسوب‌گذاری، جنبش‌های کوه‌زایی و غیره دچار دگرگونی‌های اساسی می‌گردند. به عبارتی همان سنگ‌هایی که در محیط‌های خاص خود از لحاظ ترکیب کانی‌ها و میزان آن‌ها ثابت بوده‌اند حال در محیطی جدید قرار می‌گیرند که تحت تأثیر شرایط تازه حالتی نائبات و ناپایدار پیدا کرده‌اند لذا تغییر یافته و دگرگون می‌شوند. به چنین سنگ‌هایی «دگرگون‌شده» و به چنین پدیده‌ای «دگرگونی (متامورفیزم)» می‌گویند.

ممکن است تصور شود که پدیده‌هایی مانند هوازدگی و یا سیمانی‌شدن سنگ‌ها و فشرده‌شدن گل‌های نرم به یکدیگر و تشکیل سنگ‌های سخت که همگی سبب تغییر حالت سنگ می‌شوند خود نیز نوعی متامورفیزم هستند. اگرچه این تصور درستی است اما برطبق تعاریفی که دانشمندان در این زمینه ارائه می‌کنند هنگامی که دماها و فشارهای بالاتر از سطح زمین وجود دارد فرایند دگرگونی رخ می‌دهد. ولی درعین حال سنگ، حالت جامد خود را حفظ کرده، به صورت مذاب درنیامده باشد. ذوب‌شدن سنگ و دگرگونی آن با وجود حفظ حالت جامد از مشخصه‌های اساسی این سنگ‌ها می‌باشد. با توجه به آن که در دما و فشارهای بالا امکان آمیخته‌شدن فرایند دگرگونی با فرایندهای ماگماتیسم وجود دارد مشاهده می‌شود که تعیین حدفاصل دقیقی میان فرایندهای یادشده کار آسانی نیست.

۱-۷-۱- عوامل دگرگون‌ساز: دما، فشار و محلول‌هایی که از لحاظ شیمیایی فعالند (مانند آب) مهمترین عوامل ایجاد دگرگونی در سنگ‌ها می‌باشند. هم دما و هم فشار با افزایش عمق و پیشروی به طرف مرکز زمین، زیاد می‌شوند. البته این روند، ثابت نیست و تا مرکز زمین نیز ادامه نمی‌یابد بلکه در محدوده‌هایی تقریباً به صورت ثابت باقی می‌ماند.

همین عوامل دگرگونی یعنی فشار، دما و آب‌های محلول که حاوی یون‌های خاصی هستند سبب کاهش یافتن حجم سنگ و تغییرات ساختاری آن می‌شوند. بدقت به دو نمونه‌ی سنگ ارائه‌شده در شکل ۱-۳۰ نگاه کنید هر دو این سنگ‌ها از کوارتز ساخته شده است ولی یکی از آن‌ها ماسه‌سنگ یعنی یک سنگ رسوبی و دیگری کوارتزیت که از انواع مشخص سنگ‌های دگرگونی

است می‌باشد. تعیین آن که کدام یک از این دو سنگ رسوبی و کدام یک دگرگونی است با توجه به بافت آن‌ها کار آسانی است. به فواصل میان دانه‌های تشکیل دهنده‌ی این دو سنگ توجه کنید. وجود فشارهای زیاد و دمای بالا سبب فشردگی ذرات سنگ به هم شده و در عین حال پدیده‌ی «رشد» دانه‌های تشکیل دهنده‌ی سنگ را به همراه داشته است. هر دوی این عوامل سبب آن گردیده است تا فواصل میان ذرات از بین برود و دانه‌ها به صورت کاملاً فشرده و با حداقل فضای میانی و خالی به یکدیگر بچسبند (شکل ۳۰-۱).



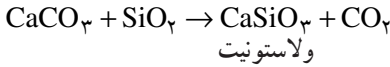
شکل ۳۰-۱- مقایسه‌ی بافت یک سنگ رسوبی و یک سنگ دگرگون شده

شاید بتوان این پدیده را بسیار مشابه با آن چیزی دانست که در پخت بسیاری از سرامیک‌های سنتی و نوین اتفاق می‌افتد. در واقع اعمال دمای زیاد و در پاره‌ای موارد فشار بالا، سبب متراکم شدن بدنه‌ی سرامیکی و ایجاد پیوندهای قوی بین ذرات آن می‌شود که در نهایت استحکام بالای قطعه‌ی پخته شده را به دنبال خواهد داشت.

در پاره‌ای موارد، وجود آبی که مقادیری یون‌های محلول به همراه داشته باشد، تغییرات یادشده را تشدید می‌کند و سرعت می‌بخشد، به عبارتی تشکیل کانی‌های جدید و یا رشد دانه‌های موجود سریع‌تر خواهد شد.

پیوند موجود بین یون‌های تشکیل دهنده‌ی یک کانی، ممکن است در حضور آبی که یون‌های خاصی را در خود حل کرده است سست شده از هم گسسته شود. این دگرگونی می‌تواند در نهایت تشکیل کانی‌هایی با ترکیب جدید را به دنبال داشته باشد. کنار هم چیده شدن یون‌های جدید بوجود آمده، به دلیل وجود دما و بخصوص، فشار زیاد به گونه‌ای خواهد بود که ساختاری تازه با فشردگی و تراکم

بیشتر را سبب گردد. به عبارتی سنگ متراکم تری تشکیل خواهد شد. مثال بارز این نوع فرایندها را می توان بین یون های سیلیسیم و Ca و CO_۳ موجود در ترکیبات آهکی مشاهده کرد که سبب پیدایش کانی جدیدی تحت عنوان ولاستونیت^۱ می شود. این ماده از کلسیت متراکم تر و سخت تر است:

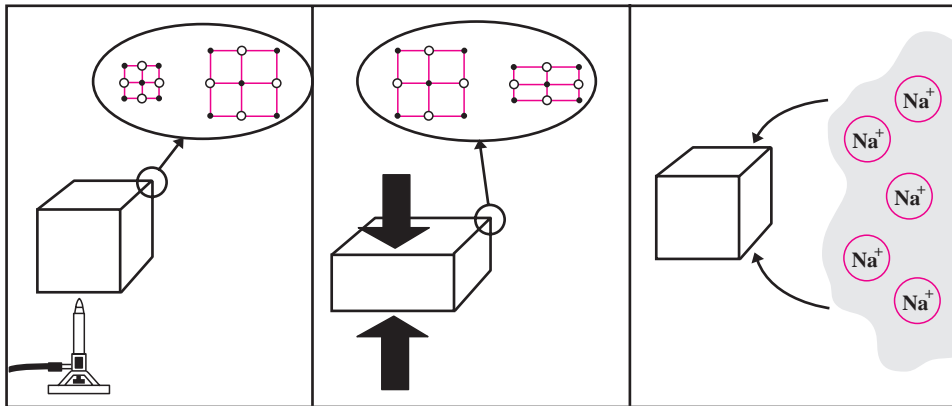


به طور کلی عوامل مؤثر در دگرگونی سنگ ها عبارتند از:

الف - انبساط حاصل از حرارت، دور شدن یون ها از هم و در نتیجه سست شدن پیوندها را به دنبال خواهد داشت که سبب ناپایداری کانی می شود (شکل ۳۱-۱-الف).

ب - افزایش فشار با متراکم ساختن ساختار یونی و با گسستن برخی پیوندها، تشکیل کانی های تازه ای را سبب می شود (شکل ۳۱-۱-ب).

ج - حضور برخی یون ها در مایعات شیمیایی فعال و ورود آن ها به ساختار درونی کانی ها (و یا برعکس خروج برخی یون ها از کانی) می تواند سبب تغییر ترکیب کانی ها شود (شکل ۳۱-۱-ج).



شکل ۳۱-۱- عوامل مؤثر در دگرگونی سنگ ها

سنگ های دگرگون شده نیز مانند سنگ های رسوبی و آذرین دارای بافت های گوناگونی هستند. از آنجایی که بیشتر این سنگ ها فشار و دمای زیادی را تحمل کرده اند، معمولاً در جهات خاصی که عمود بر راستای بیشترین فشار بوده رشد کرده اند و اصولاً دارای خاصیت «تورق یافتگی» می باشند. انواع میکاها که کانی هایی ورقه ای هستند از این نوع می باشند. البته تمامی سنگ های دگرگون شده از

۱- Wollastonite

این امر تبعیت نمی‌کنند و برخی از آن‌ها دارای بافت متراکم یا دانه‌دانه می‌باشند. در گروه اول سنگ به‌هنگام شکسته‌شدن، در امتداد سطوح موازی ورقه‌ورقه می‌شود که به این خاصیت سنگ، شیستوزیتی^۱ می‌گویند. درحالی‌که سنگ‌های گروه دوم به‌هنگام شکست، شکلی کاملاً نامنظم را ارائه می‌کنند.

۲-۷-۱- انواع سنگ‌های دگرگون‌شده: سنگ‌های دگرگون‌شده در اثر دگرگونی سنگ‌های آذرین و بارسوبی تشکیل می‌شوند. این سنگ‌ها می‌توانند شامل کانی‌هایی با جهت‌گیری‌های خاص باشند، مانند: سنگ مرمر، کوارتزیت و گنایس و با آن‌که دارای ظاهری یکنواخت باشند مانند سنگ لوح و شیست.



شکل ۳۲-۱- سنگ لوح



شکل ۳۳-۱- شیست

الف - سنگ لوح: سنگی است که

در اثر دگرگونی سنگ‌های رسوبی دانه‌ریز مانند شیل به وجود می‌آید. این سنگ به راحتی متورق می‌گردد و معمولاً خاکستری یا سیاه است. اما انواع قرمز، سبز، ارغوانی و قهوه‌ای آن نیز دیده می‌شود که به دلیل حضور ناخالصی‌ها در ساختار آن است. سنگ لوح، بسیار ظریف‌تر و صاف‌تر از شیست می‌باشد (شکل ۳۲-۱).

ب - شیست: در این سنگ

دگرگون‌یافته بلورهای پولک‌مانند میکا و با سوزنی شکل هورن‌بلاند دیده می‌شود. این نوع سنگ‌ها را معمولاً از روی فراوانی نوع کانی که در آن‌ها یافت می‌شود نامگذاری می‌کنند. مانند میکاشیست که دارای میکای سیاه و سفید و کوارتز است، تالک شیست، کلریت شیست و غیره (شکل ۳۳-۱).



ج- گنایس: از دگرگونی گرافیت، ماسه سنگ های فلدسپاتدار و کنگلومرای فلدسپاتدار حاصل می شود. کانی های موجود در این سنگ به صورت ردیف های موازی یکدیگر قرار گرفته اند (شکل ۱-۳۴).

د- مرمر: نوعی سنگ آهک است که تحت عوامل و دگرگونی (دما و فشار) قرار گرفته و بلورهای ریز کلسیت موجود در آن، رشد یافته اند، رگه های رنگی همراه با سنگ مرمر، مربوط به ناخالصی های موجود در سنگ آهک اولیه است (شکل ۱-۳۵).

شکل ۳۴- ۱- قرار گرفتن کانی های تیره رنگ به صورت موازی در گنایس به راحتی قابل مشاهده است.



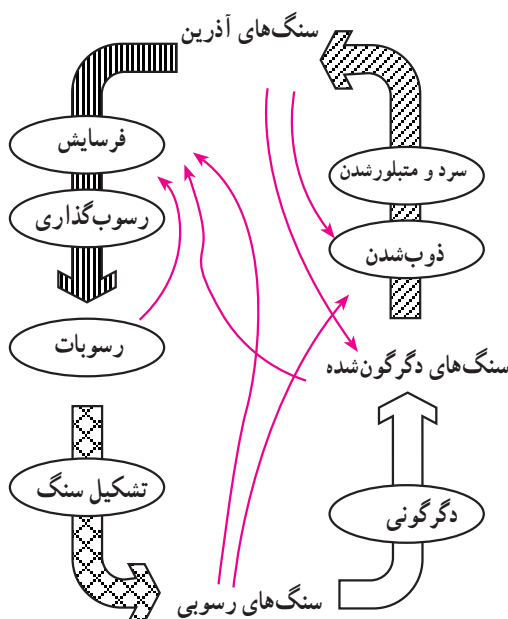
شکل ۳۵- ۱- سنگ مرمر



ه- کوارتزیت: ماسه سنگی که در اثر دگرگونی، سیمان خمیری شکل موجود در بین ذرات آن - که خود از جنس کوارتز می باشد - به صورت متبلور درآمده است. لذا تمامی سنگ به صورت یکپارچه و بسیار محکم و متراکم می باشد. کوارتزیت را می توان از جمله سخت ترین سنگ ها به حساب آورد (شکل ۱-۳۶).

شکل ۳۶- ۱- کوارتزیت

حال که در پایان این فصل از کتاب، با انواع سنگ‌ها و منشأ و طرز تشکیل آن‌ها و بخصوص نحوه‌ی تبدیل آن‌ها به یکدیگر آشنا شدید می‌توان چرخه‌ی تبدیل سنگ‌ها به یکدیگر را به گونه‌ی شکل ۱-۳۷ مطرح نمود. این شکل با بیانی بسیار ساده، خلاصه و درعین حال کلی، ارتباط میان انواع سنگ‌ها را با هم نشان داده است.



شکل ۱-۳۷- چرخه‌ی سنگ‌ها و رابطه‌ی میان سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگون شده

مواد خارج شده از دهانه‌ی آتشفشان می‌تواند به سه حالت جامد، مایع و یا گاز وجود داشته باشد.

مواد جامد - مواد جامد خارج شده از دهانه‌ی آتشفشان می‌تواند دارای اندازه‌ها و اشکال متفاوتی باشد. از خاکستر آتشفشانی (توف) (شکل ۱-۳۸) گرفته - که گاهی توسط باد تا هزاران کیلومتر از محل اصلی خود دور می‌شود- تا ذرات درشت تری به نام لاپیلی^۱ (شکل ۱-۳۹) که قطرش به حدود ۴ تا ۳۲ میلی‌متر می‌رسد و در نهایت بمب‌های آتشفشانی که اندازه‌هایی هستند که در اثر چرخش در هوا به شکل دوک درآمده و حجم آن‌ها از چند سانتی‌متر تا چند متر مکعب متغیر است.

^۱ - Lapilli



شکل ۳۹-۱- لاپیلی



شکل ۳۸-۱- توف

— مواد مایع (گدازه) — از آنجایی که دمای گدازه‌ها و مواد تشکیل دهنده‌ی آن‌ها می‌تواند با یکدیگر تفاوت داشته باشد، خصوصیات و ظاهر آن‌ها با یکدیگر فرق دارد. گدازه‌ی خروجی از دهانه‌ی آتشفشان می‌تواند قرمزرنگ و یا از شدت گرما زرد و سفیدرنگ باشد که پس از سرد شدن بر روی زمین به مرور تیره‌تر می‌گردد.

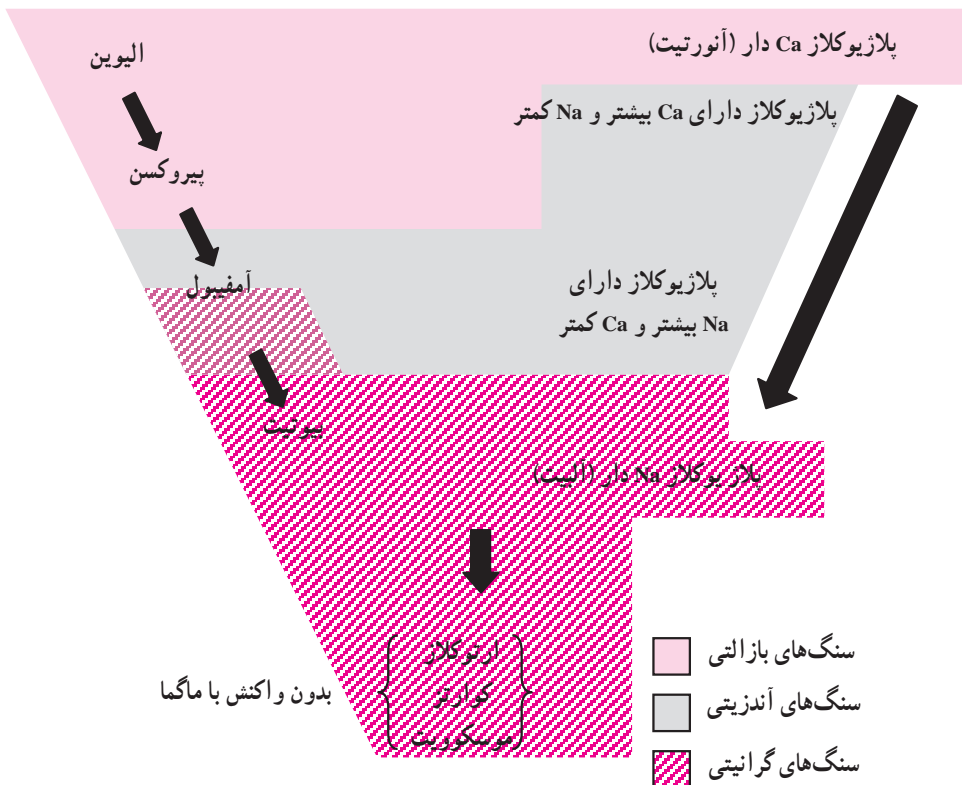
گدازه‌هایی که دارای میزان سیلیس زیادی هستند (درواقع اسیدی) غلیظ‌ترند و ویسکوزیته‌ی بیشتری نسبت به گدازه‌های دارای آهن و منیزیم زیاد (بازی) دارند.

گازها — دی‌اکسید و منواکسید کربن، سولفید هیدروژن، بخار آب و بخارهای دیگری مانند اسیدکلریدریک و اسید فلوئوریدریک از جمله گازهای مهمی هستند که از دهانه‌ی آتشفشان‌ها خارج می‌شوند.

باید توجه داشت که تمام کانی‌های موجود در یک سنگ آذرین که از انجماد ماگما به وجود آمده‌اند به یکباره و باهم تشکیل نشده‌اند. به عبارتی هر کانی با توجه به ترکیب شیمیایی و مشخصات خاص فیزیکی در یک دمای خاص، متبلور شده است. لذا درحین سرد شدن ماگما، در دماهای مختلف کانی‌های متفاوت از آن جدا شده است. براساس نظریه‌ی «نورمن باون» (N. Bowen) ژئوفیزیکدان (فیزیک زمین) امریکایی، بیشتر ماگما دراصل ترکیبی بازالتی دارند که طبق شکل

۱-۴۰ کانی‌های متفاوت را پدید می‌آورند.

باون در آزمایش‌های خود مشاهده کرد که نخستین کانی‌هایی که از سرد شدن ماگما حاصل می‌گردند، الیوین و پلاژیوکلاز کلسیم دارند. او هم‌چنین دید که اگر نخستین بلورهای الیوین را در محلول باقی بگذارد، بعضی از آن‌ها با ماگما واکنش کرده پیروکسن را به وجود می‌آورند. بدین ترتیب سنگی که حاصل می‌شود محتوی الیوین، پیروکسن و فلدسپات کلسیم دار است. اما اگر الیوین از محیط دور می‌شود، واکنش‌ها به صورت دیگری ادامه می‌یافتند. بدیهی است که با دور شدن الیوین، مقدار آهن و منیزیم ماگما کم می‌شود و در عوض، درصد بقیه‌ی عناصر بالا می‌رود و این وضع با خارج شدن هر کانی، هم‌چنان تکرار می‌شود و سرانجام آنچه که باقی می‌ماند ماگمایی است که چیزی جز کوارتز، میکا و ارتوکلاز ندارد و همان‌گونه که پیش از این نام برده شد، سنگی که از اجتماع این کانی‌ها تشکیل شده باشد، گرانیت نام دارد.



شکل ۱-۴۰- واکنش‌هایی که بر اساس نظریه‌ی باون در ماگمای بازالتی صورت می‌گیرد.

- ۱- علم زمین‌شناسی را تعریف کنید. به نظر شما کدام یک از شاخه‌های این علم بیش از همه، مربوط به علم و صنعت سرامیک است؟
- ۲- عناصر و ترکیبات عمده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی سطح زمین را نام ببرید.
- ۳- روش‌های تشکیل سنگ‌های سطحی کره‌ی زمین چه می‌باشند؟
- ۴- ماگما را تعریف کرده، روش‌های خروج موادّ گدازه از زمین را بیان نمایید.
- ۵- تفاوت ولکانیسم و پلوتونیسم چه می‌باشد؟ آیا خواصّ سنگ‌های به‌دست‌آمده طیّ این دو فرایند با یکدیگر مشابه می‌باشند؟
- ۶- ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین را با پوسته‌ی زمین مقایسه کنید.
- ۷- هوازدگی و انواع آن را بیان نمایید.
- ۸- تأثیر هوازدگی در پدیدآمدن موادّ رُسی چگونه است؟
- ۹- منشأ و نوع کانی‌های موجود در سنگ‌های رسوبی را توضیح دهید.
- ۱۰- کاربردهای گوناگون سنگ‌های رسوبی را در صنعت سرامیک بیان نمایید (با توجه به اطلاعاتی که تاکنون کسب نموده‌اید).
- ۱۱- متامورفیسم و عوامل دگرگونی را بیان نمایید.
- ۱۲- حالات و انواع گوناگون موادّ خروجی از آتشفشان را بیان نمایید.
- ۱۳- چرخه‌ی تبدیل سنگ‌ها به یکدیگر در طبیعت به چه نحو می‌باشد؟



فصل دوم

کانی شناسی

آشنایی با کانی‌ها و طرز تشخیص خواص آن‌ها

اهداف رفتاری : از هنرجو انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :

- ۱- کانی را تعریف کند.
- ۲- فرق کانی و سنگ را بیان کند.
- ۳- ساختمان اصلی بلورها را تشخیص دهد.
- ۴- خواص فیزیکی کانی‌ها را توضیح دهد.
- ۵- خاصیت‌های پیزوالکتریک و پیروالکتریک را بیان کند.
- ۶- مفهوم رخ (کلیواژ) را بیان کند.
- ۷- روش تشخیص ساده‌ی مواد رادیواکتیو را بیان کند.

۲- کانی شناسی

مقدمه

آیا تا به حال هنگام گذر از جاده‌های کوهستانی و بیابانی به محیط اطراف خود بخصوص از لحاظ تنوع سنگ‌ها و ساختار آن‌ها توجه داشته‌اید؟ اگر چنین بوده، مشاهده کرده‌اید که محیط به ظاهر ساده و یکسان اطراف شما، آنقدرها هم که به نظر می‌رسد ساده و یکنواخت نیست. گونه‌های بسیار زیاد سنگ که با اشکال و رنگ‌های مختلف در ابعاد گوناگون در اطراف ما قرار دارند همگی بیانگر آن هستند که کانی‌های تشکیل دهنده‌ی آن‌ها بسیار متنوع می‌باشند. در واقع ساختار بلوری کانی‌های گوناگون سبب می‌شود تا اشکال مختلفی از سنگ را شاهد باشیم. تیرگی یا روشنی، کدر بودن یا شفافیت، ریزی یا درستی و ده‌ها خاصیت متضاد دیگر را می‌توان در سنگ‌های محیط اطراف

مشاهده کرد. لذا دریافتیم که علاوه بر طرز تشکیل یک سنگ و تأثیر عوامل فرسایشی و هوازدگی بر روی آن، نوع کانی‌های تشکیل دهنده نیز تأثیر بسزایی بر روی شکل و خواص یک سنگ دارد. در این فصل از کتاب، سعی بر آن است تا ضمن آشنایی کلی با کانی‌ها و خواص مهم آن‌ها و طرز تشخیص این خواص فرا گرفته شود. مسلّم است که در نخستین گام، مهمترین خواص قابل بررسی یک کانی، خواص ظاهری آن است، یعنی خواصی که در مشاهده‌ی اولیه، قابل تشخیص باشند. مانند شکل بلور، رنگ کانی، جلا و... از این جمله‌اند.

امروزه می‌توان در صورت نیاز به شناسایی دقیق یک کانی از لحاظ ساختار کریستالین و فرمول شیمیایی و... از روش‌های پیشرفته‌ی آنالیز توسط اشعه‌ی ایکس و میکروسکوپ الکترونی و غیره استفاده نمود. این دستگاه‌ها با وجود پیچیدگی، امکان شناسایی دقیق کیفی و تا حدی کمی کانی‌های مختلف را در یک ماده‌ی معدنی فراهم می‌کند. اما به لحاظ همان پیچیدگی و در نهایت هزینه‌ی بالا، در شناسایی‌های اولیه با دقت کم مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

۱-۲- کانی چیست؟

تا اینجا در موارد بسیار، سخن از سنگ‌ها و کانی‌های تشکیل دهنده‌ی آن‌ها به میان آمد. اما به راستی تعریف دقیق یک کانی و تفاوت اصلی آن با سنگ چه می‌باشد؟ به طور کلی می‌توان کانی‌ها را موادی طبیعی و البته غیر زنده فرض کنیم که معمولاً به صورت جامدهایی متبلور بر روی سطح زمین و یا در اعماق آن قرار دارند. کانی‌ها موادی همگن (هموزن) هستند که ترکیب شیمیایی آن‌ها ثابت می‌باشد (و یا با تغییراتی بسیار محدود). در پوسته‌ی زمین نزدیک به ۳۰۰۰ نوع کانی یافت شده است که بسیاری از آن‌ها کمیابند و به مقادیر بسیار کم در طبیعت وجود دارند.

سنگ‌ها که موضوع اصلی بحث ما در فصل اول کتاب بود با وجود تفاوت‌های بسیار در ماهیتشان در یک اصل مشترک بودند و آن این که همگی از اجتماع کانی‌های مختلف به وجود آمده بودند. در واقع، سنگ تجمعی از یک یا چند نوع کانی مختلف است که در سطح وسیعی از زمین گسترش یافته است و از تخریب و تجزیه‌ی همین سنگ‌هاست که کانی‌های گوناگون بوجود می‌آیند. با وجود تعداد زیاد کانی‌های شناخته شده عملاً تعداد کانی‌هایی که در ترکیب سنگ‌ها شرکت می‌کنند شاید به ۵۰ عدد هم نرسد که در عین حال همین مقدار نسبتاً کم می‌تواند با پیچیدگی‌های بسیار در کنار یکدیگر قرار گیرد. با توجه به اینکه کانی‌ها جامدهای متبلور می‌باشند به بررسی خواص آن‌ها می‌پردازیم.

که عبارتند از : ساختار بلورها، خواص کانی‌ها.

۲-۲- بلورها

بلورها (کریستال‌ها) درصد بسیار زیادی از مواد اطراف ما را چه در محیط زندگی، چه در طبیعت و بخصوص در سطح و اعماق زمین تشکیل می‌دهند. حالت متبلور و کریستالین ماده که به معنای آرایش داخلی منظم اتم‌هاست، در بسیاری از سنگ‌ها مانند گرانیت، سنگ مرمر و ماسه سنگ وجود دارد که همگی از اجتماع بلورها ساخته شده‌اند. در واقع چیده شدن منظم اتم‌های تشکیل دهنده‌ی یک جسم در کنار هم و تکرار این نظم در فواصل طولانی نسبت به ابعاد اتم، ساختاری منظم از ماده را به وجود می‌آورد که به آن بلور می‌گویند (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- مجموعه‌ای از کریستال‌های طبیعی کوارتز

علاوه بر سنگ‌ها حتی خاک‌ها، ماسه‌ها و گرد و غبار هم از اجزای ریز بلور تشکیل می‌شود. خاک‌های رُسی نیز از بلورهای ریز پولکی (صفحه‌ای) شکل تشکیل شده‌اند. سنگ‌های معدنی که فلزات مختلف از آن‌ها استخراج می‌شود و حتی خود فلزات نیز تماماً دارای ساختار بلورین هستند. نمک طعام، دانه‌های برف، گرانیت و حتی دوده، دندان‌ها و قسمت‌هایی از استخوان‌ها، قند و حالت‌های جامد نفتالین، سفیده‌ی تخم مرغ و ویتامین‌ها، همگی مثال‌هایی از بلورهایی هستند که اطراف ما را فراگرفته‌اند و در زندگی ما نقش دارند.

در صورتی که یک بلور در حین تشکیل و رشد (از محلول، از مایعات، از مذاب، از ... آزادی حرکت و شکل گیری را داشته باشد سطوح خارجی صافی ایجاد می کند. بلورهای نبات که از محلول های فوق اشباع شکر به وجود می آیند مثالی بسیار آشنا در این مورد می باشند. اما از آنجایی که کانی ها در واقع مجموعه ای از بلورها هستند که در یکدیگر تداخل کرده اند و در واقع بر روی رشد یکدیگر اثر گذاشته اند، به ندرت سطوح صاف و مشخص در آن ها ایجاد می شود.

تمامی بلورها را می توان در یکی از هفت طبقه و یا هفت سیستم شناخته شده به شرح زیر جای داد :

۱- سیستم مکعبی (کوبیک)

۲- سیستم هگزاگونال

۳- سیستم رومبوهدرال (تری گونال)

۴- سیستم تتراگونال

۵- سیستم اورتورومبیک

۶- سیستم منو کلینیک

۷- سیستم تری کلینیک

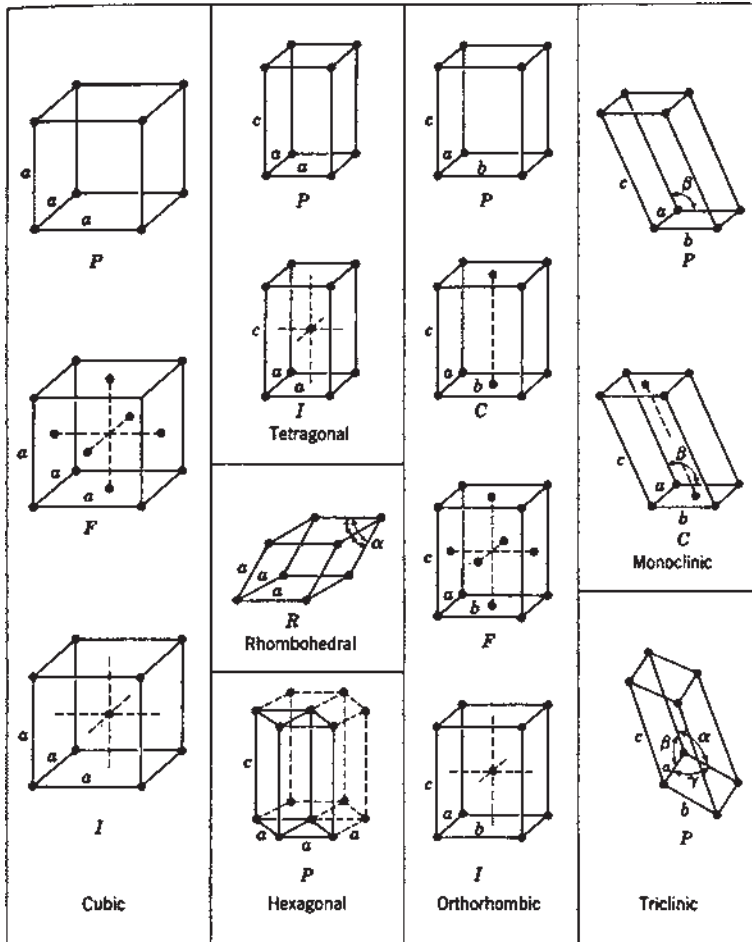
تفاوت های اساسی بین مشخصات این هفت سیستم بلوری، اختلاف بین ابعاد سه گانه و زوایای بین این ابعاد است (جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲- سیستم های هفتگانه ی بلوری

سیستم	ارتباط بین محورها (ابعاد)	زاویه ی بین محورها
کوبیک	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
تتراگونال	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
اورتورومبیک	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
تری گونال	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
هگزا گونال	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$
مونو کلینیک	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
تری کلینیک	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$

همان گونه که در شکل ۲-۲ مشاهده می شود برخی از این سیستم های هفتگانه ی بلوری خود

می‌توانند بر اساس نحوه‌ی چیده شدن اتم‌ها، اقسام متفاوت کریستالین را پدید آورند که بر روی هم چهارده شبکه‌ی فضایی « براوا »^۱ را تشکیل می‌دهند.



شکل ۲-۲- شبکه‌ی فضایی براوا^۲

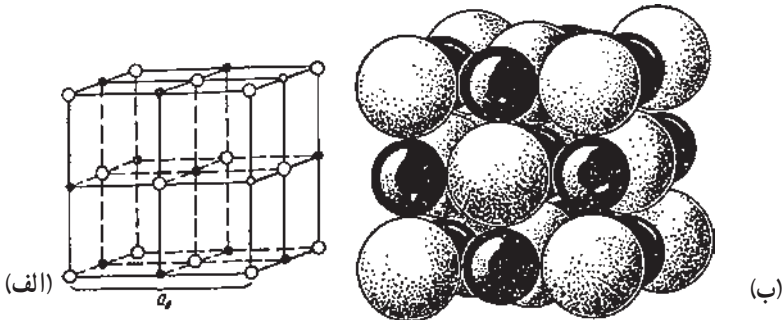
نمک طعام (مینرال هالیت) با فرمول NaCl که ساختار آن از یون‌های سدیم و کلر تشکیل شده است یکی از مثال‌های مشخص از ساختار کریستالین مکعبی است (شکل ۲-۳).

اگر چه تمامی بلورهای موجود را می‌توان در هفت سیستم ذکر شده جای داد ولیکن خود این هفت سیستم بر اساس آرایش داخلی به ۳۲ رده‌ی قرینه و ۲۳ گروه تقسیم می‌شوند که نتیجه‌ی آن،

۱- Brava

۲- Engineering materials By. Jastrzbeski

تشکیل کانی‌هایی با ساختمان بلورین و پیچیده است.

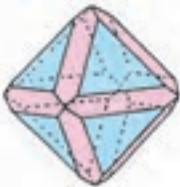


شکل ۳-۲- ساختار کریستالی هالیت (نمک طعام)

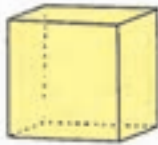
الف - نحوه‌ی توزیع مراکز یونی، ب - ساختار کریستالی بر اساس یون کروی شکل (رنگ سیاه نشان دهنده‌ی یون سدیم و رنگ سفید مربوط به یون کلر است که تناسب شعاع یونی بین سدیم و کلر در تصویر رعایت شده است).

تصاویر ارائه شده در شکل ۲-۴ نشان‌دهنده‌ی حالت فضایی و هندسی تعدادی از این

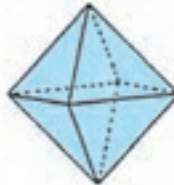
ساختارهاست. **یادگیری آن‌ها ضرورتی ندارد**



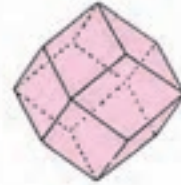
اوکتاندر و دود کاندر



مکعب



اوکتاندر



دود کاندر



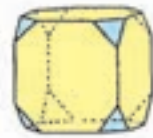
مکعب و اوکتاندر



اوکتاندر و مکعب



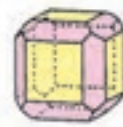
دود کاندر و اوکتاندر



مکعب و اوکتاندر



پیریتوندر



مکعب و دود کاندر



دود کاندر و مکعب



مکعب، اوکتاندر و دود کاندر



مکعب و پیریتوندر



تتراوندر



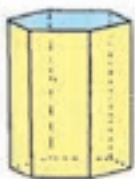
تتراوندرهای مثبت و منفی



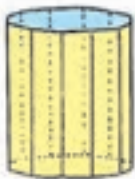
تراپزوندر



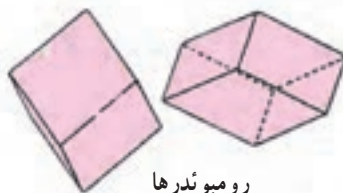
هگزا اوکتاندر



منشور و قاعده‌ی
هگزاگونال



منشور و قاعده‌ی
دی هگزاگونال



رومبوندرها



هرم هگزاگونال



هرم دی هگزاگونال



تراپزوندر تریگونال



اسکالونوئدر تریگونال

بلورهای رومبوندرال و تریگونال



منشور و هرم هگزاگونال



تراپزوندر هگزاگونال

بلورهای هگزاگونال



کوآرتز



بریل



منشور و قاعده‌ی تتراگونال و دی تتراگونال



هرم تتراگونال

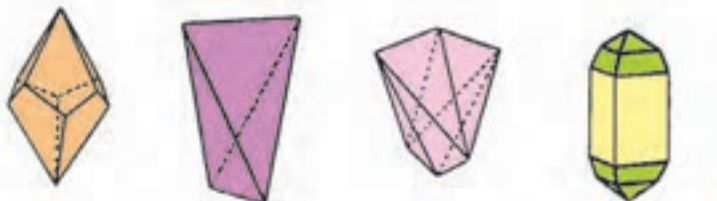


منشور و هرم



منشورهای هگزاگونال که به وسیله‌ی رومبوندرها، تراپزوندرها و هرم‌ها و تا N تغییر شکل داده شده‌اند.

بلورهای تتراگونال

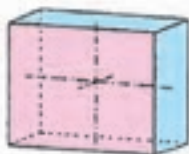


تراپزوندتر تتراگونال

اسفونئید

اسکالنوئدر
تتراگونال

منشور و دو هرم



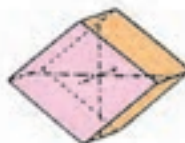
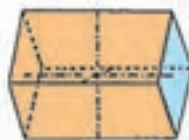
پیناکوئیدها



منشور و پیناکوئید بازال



هرم



دم‌ها و پیناکوئیدها

منشور، دم‌ها و دو پیناکوئید



دو هرم



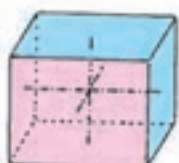
منشور (زرد) دم‌ها (نارنجی) و پیناکوئید (آبی)



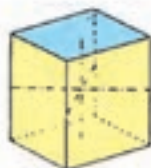
اسفونئید و منشور

اورتورومبیک

بلورهای اورتورومبیک



پیناکوئیدها



منشور، هرم و پیناکوئیدها



دم‌ها و پیناکوئید



منشور و پیناکوئید

بلورهای مونوکلینیک

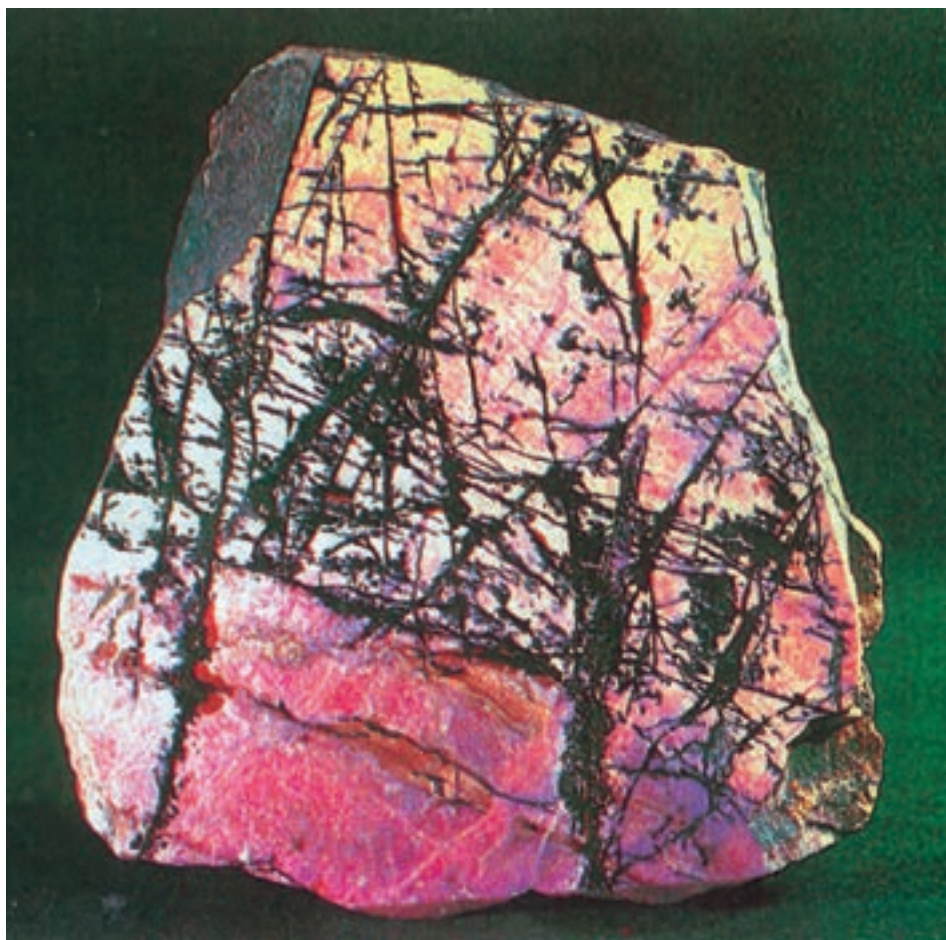
پیناکوئیدها و پدیون‌ها



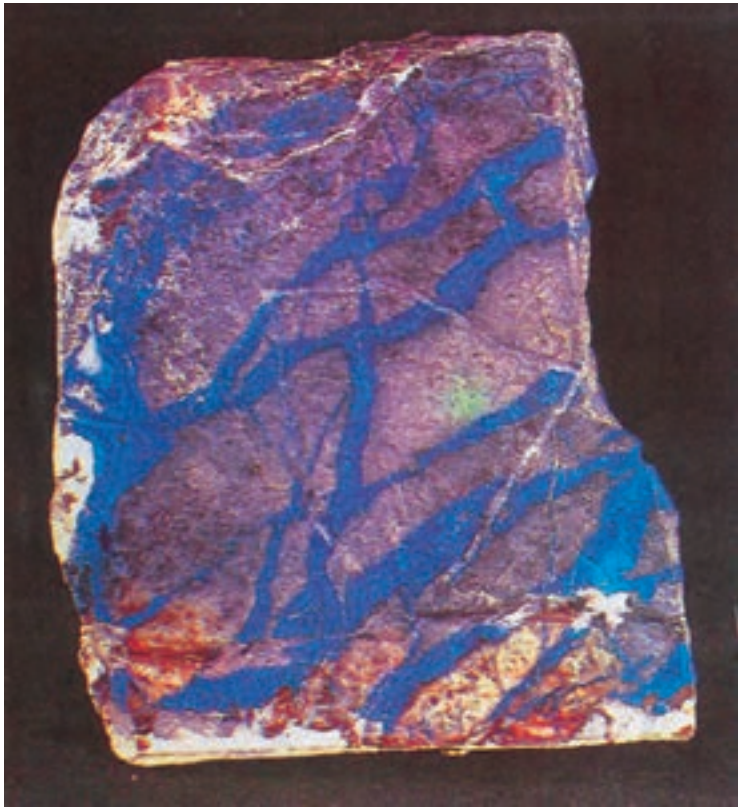
بلورهای تری کلینیک

شکل ۴-۲- نمایش فضایی برخی از ساختاری بلوری

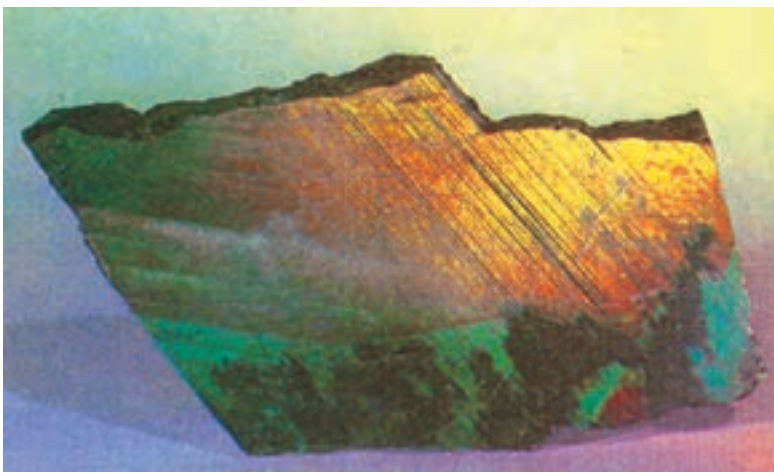
تصاویر ۲-۵ تا ۲-۱۱ نشان دهنده‌ی برخی کانی‌ها هستند که با وجود پیچیدگی ظاهری و یا احیاناً همراه بودن دو یا چند کانی با هم، همگی از نظر ساختار بلوری به طریقی در یکی از هفت سیستم نامبرده شده جای می‌گیرند. وجود برخی ناخالصی‌ها که تأثیرات رنگی خود را بر جای گذاشته‌اند و همچنین تداخل ساختارهای مینرالی در برخی از اشکال ارائه شده به وضوح مشاهده می‌شود.



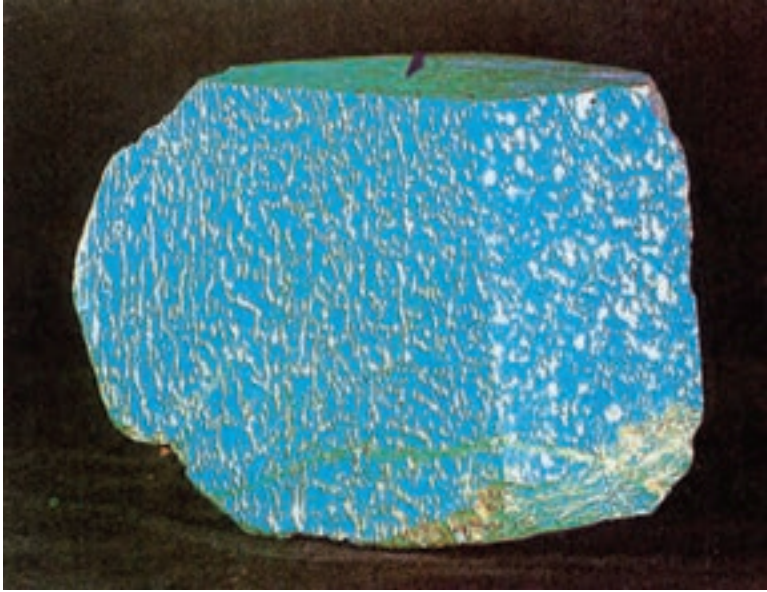
شکل ۲-۵- کانی رودونیت (Rhodonite) با فرمول شیمیایی $\text{CaMn}_4[\text{Si}_5\text{O}_{15}]$ با ساختار تری کلینیک همراه با رگه‌های سیاه‌رنگ هیدروکسید منگنز.



شکل ۲-۶- کانی لازوریت (lazurite) به فرمول شیمیایی
 $\text{Na}_8[\text{AlSiO}_4]_6[\text{SO}_4]$ و با ساختار بلوری مکعبی



شکل ۲-۷- کانی لابرادوریت (Labradorite) گونه‌ای از انواع بازی و یا خنثی پلاژیوکلازها



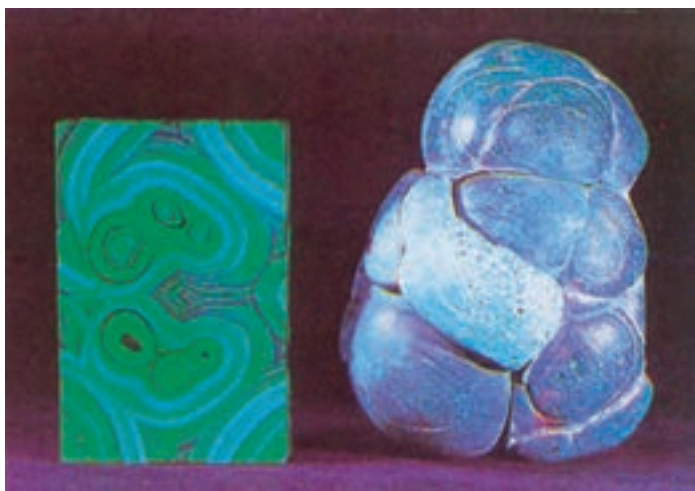
شکل ۸-۲- کانی آمازونیت (Amazonite) گونه‌ای قیمتی از خانواده‌ی میکروکلانی‌ها



شکل ۹-۲- توپاز آبی و قهوه‌ای کمرنگ (Topaz) به فرمول شیمیایی $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$ و ساختار کریستالین اورتورومبیک



شکل ۱۰-۲ انواع مختلف بریل (Beryl) با رنگ‌های گوناگون با فرمول شیمیایی $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ و ساختار کریستالین هگزاگونال



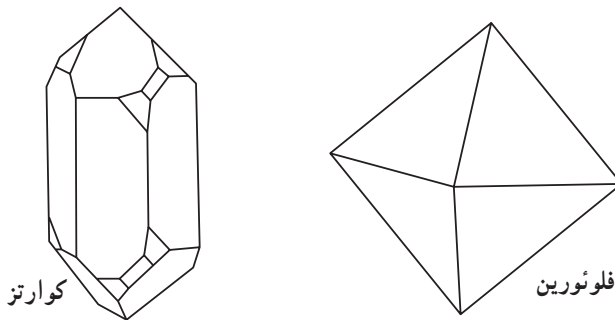
شکل ۱۱-۲ کانی مالاخیت (Malachite) و نمونه‌ی پوشش شده آن به فرمول شیمیایی $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})$ و ساختار کریستالین فنوکلینیک

۲-۳- خواص کانی‌ها

کانی‌های موجود در طبیعت از هر خانواده و با هر شکل و ساختاری که باشند، همگی خواصی را از خود نشان می‌دهند که شناخت ساده‌تر آن‌ها را برای ما میسر می‌سازد. با تعیین این خواص که در ادامه‌ی این فصل با آن‌ها آشنا خواهیم شد، ضمن آن که هویت یک کانی را به طور تقریبی و نسبی

مشخص کرده و به برخی بررسی‌های غیر معمول که نیازمند تجهیزات و روش‌های شناخت دقیق آزمایشگاهی هستند، نیازی نیست.

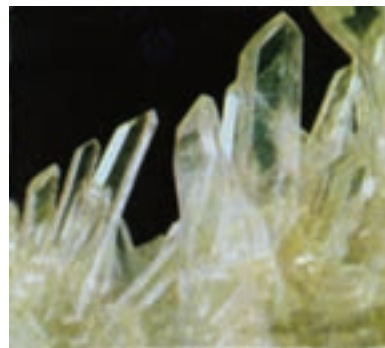
۱-۳-۲- شکل بلور: نحوه‌ی چیده شدن اتمی در کنار هم و یا به عبارت بهتر چگونگی ساختار کریستالین، نقش اساسی در شکل یک کانی دارد. لذا در صورتی که مانعی در جهت تشکیل منظم یک کانی و رشد بلورهای آن وجود نداشته باشد، با شکلی هندسی ایجاد می‌شود که از مشخصات اصلی آن کانی است. حالت ساده و مکعبی کانی هالیت (نمک طعام) و یا حالت پیچیده و چند وجهی کوارتز، مثال‌هایی از این مورد است (شکل‌های ۲-۱۲ و ۲-۱۳).



شکل ۲-۱۲- مقایسه‌ی شکل بلورهای ساده و پیچیده



ب- بلور نمک طعام

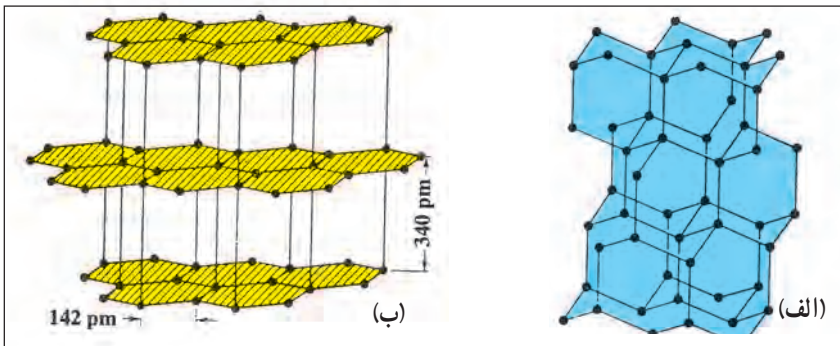


الف- بلورهای کوارتز

شکل ۲-۱۳

شکل یک بلور که ناشی از طرز چیده شدن اتم‌ها در آن است، در بسیاری از موارد، تأثیر زیادی بر روی خواص آن دارد. مثال بارز مقایسه بین دو کانی گرافیت و الماس است. عنصر اصلی تشکیل دهنده‌ی هر دو این مواد، کربن است. ولی خواص کاملاً متضاد این دو ماده که از طرز متفاوت چیده شدن اتم‌های کربن ناشی شده است یکی از شگفتی‌های طبیعت به‌شمار می‌رود.

گرافیت ماده‌ای سیاه‌رنگ، نرم (با سختی ۲-۱ بر اساس جدول موهس)، انعطاف‌ناپذیر، تیره با بلورهای منشوری شکل و وزن مخصوص 2.2 g/cm^3 است. هدایت بسیار خوب الکتریکی از دیگر مشخصات این ماده است. در عوض الماس که در اثر فشارها و دماهای بالا در طبیعت به وجود می‌آید ماده‌ای است شفاف، بسیار سخت (با سختی 10° در مقیاس موهس) و شکننده با بلورهای مکعبی شکل که وزن مخصوص آن 3.5 g/cm^3 می‌باشد. تفاوت‌های ساختاری و طرز چیده شدن اتمی در این دو ماده می‌تواند تا حد زیادی، دلایل این همه تفاوت را توجیه نماید (شکل ۱۴-۲ و ۱۵-۲).



شکل ۱۴-۲- آرایش اتمی در الماس (الف) و گرافیت (ب)



(ب)



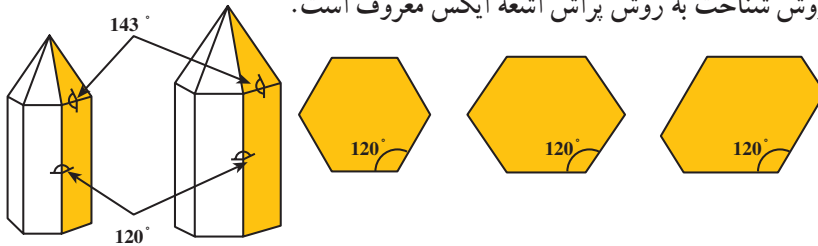
(الف)

شکل ۱۵-۲- تصویر الماس (ب) تصویر گرافیت (الف)

از مشخصاتی که در مورد شکل یک کانی همواره ثابت است و کمک زیادی به شناسایی آن می‌کند، زوایای موجود بین صفحات و جهات بلورین در آن است. همین مسأله راه را برای شناخت کانی‌ها توسط روش‌های نوین، هموار ساخت.

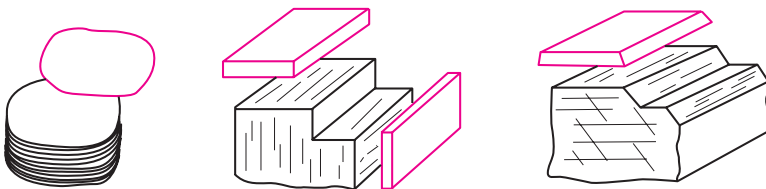
فاصله‌ی بین صفحات تشکیل دهنده ی یک بلور و زوایای موجود بین این صفحات از مشخصاتی

است که خاص هر مینرال می باشد (شکل ۱۶-۲). از روی الگوهای به دست آمده از برخورد اشعه‌ی ایکس با سطوح مختلف بلورهای یک کانی می توان به راحتی آن کانی را از دیگر کانی ها تشخیص داد که این روش شناخت به روش پراش اشعه ایکس معروف است.

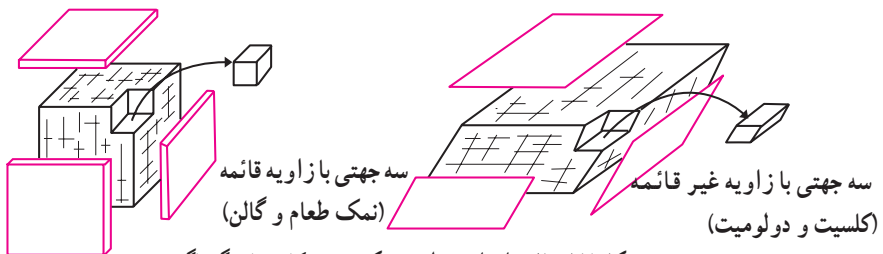


شکل ۱۶-۲- بلورهای کانی کوآرتز اگرچه ممکن است دارای ظاهری متفاوت باشند، اما زوایای میان سطوح آن‌ها همواره ثابت و یکسان است.

۲-۳-۲- رخ (کلیواژ): در صورتی که به یک بلور مانند بلور نمک طعام ضربه ای شدید مانند ضربه یک چکش وارد نمایم بوضوح مشاهده می کنیم که این کانی در برخی جهات ترجیحی به راحتی شکسته ولی در جهات دیگر شکست به آسانی انجام نمی پذیرد بلکه پس از خرد شدن، بی نظمی قطعه را به دنبال خواهد داشت. در صورتی که این ضربه توسط یک تیغه‌ی تیز فلزی اعمال شود نتایج آزمایش بهتر خواهد بود. این مسأله یعنی شکست در امتداد یک یا چند سطح معین (که معمولاً موازی با رویه های بلور است) بستگی به ساختمان داخلی و اتمی یک بلور دارد (شکل ۱۷-۲). در واقع مساوی نبودن قدرت پیوند بین اتم‌ها در جهات مختلف سبب تمایل به شکست کانی در جهاتی می شود که پیوند بین اتم‌ها سست تر از جهات دیگر است.



دو جهتی با زاویه غیر قائمه (آمفیبول) دو جهتی با زاویه تقریباً قائمه (پیروکسن و ارتوز) یک جهتی (میکا)

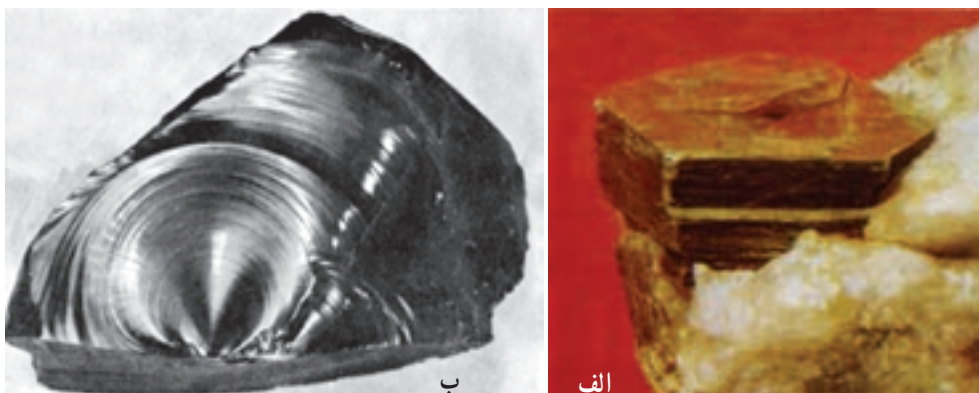


شکل ۱۷-۲- انواع سطوح شکست در کانی های گوناگون

به عنوان مثال کانی میکا که تنها در یک جهت دارای سطح شکست (رخ) می‌باشد به دلیل سست بودن پیوند بین اتم‌ها در جهت عمود بر سطح رویه و قوی بودن آن‌ها در امتداد موازی با سطح رویه است.

گرافیت که پیش از این با ساختار آن آشنا شدید نیز دارای چنین خاصیتی است. راحتی حرکت لایه‌های گرافیت بر روی هم در یک جهت خاص که موازی با جهت صفحات آن است سبب شده تا در پاره‌ای از موارد از این ماده، جهت روغنکاری و روانکاری استفاده شود.

نوع پیوندها در برخی از کانی‌ها مانند کوارتز به گونه‌ای است که در همه‌ی جهات از استحکام زیادی برخوردار است، لذا چنین کانی‌هایی در جهات مشخص نمی‌شکنند و ضربه‌ی وارد به آن‌ها سبب خرد شدن تمام قطعه می‌گردد. برخی کانی‌ها مانند اوپسیدین نیز با آن که دارای شکستی نامنظم هستند ولی اشکالی خاص را به وجود می‌آورند که به آن‌ها شکست صدفی می‌گویند (شکل ۱۸-۲).



شکل ۱۸-۲- مقایسه تورق در بلور میکا (الف) و شکست صدفی در کانی اوپسیدین (ب)

۳-۲-۳- رنگ: رنگ یکی از مشخصات تمیز دهنده‌ی کانی‌هاست و می‌تواند جهت تعیین هویت اولیه آن‌ها مؤثر باشد. برخی از کانی‌ها مانند سولفورها و نمک‌های آن‌ها همیشه یک رنگ دارند. رنگ‌های ظاهری اکثر کانی‌های شناخته شده به دلایل زیر است:

۱- حضور کانی‌های دیگر

۲- ناخالصی‌های موجود

۳- عیوب ساختمانی

۴- آلودگی

۵- خوردگی

۶- هوازدگی

برای مشاهده رنگ واقعی رنگ را باید همیشه در سطحی که تازه شکسته شده مشاهده کرد. در جدول ۴-۲ اسامی و رنگ تعدادی از کانی‌هایی که دارای رنگ‌های ثابت و مشخص هستند ذکر شده است که می‌تواند جهت شناسایی آن‌ها مفید واقع شود.

جدول ۲-۲- تعدادی از کانی‌ها که دارای رنگ ثابت و

مشخص هستند.

فرمول شیمیایی	نام کانی	رنگ
SiO_2	آمتسیت	بنفش
$\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$	آزوریت	آبی
$\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$	مالاخیت	سبز
As_2S_3	اوری پیگمنت	زرد
PbCrO_4	کروکویت	نارنجی
HgS	سینابر (پودر شده)	قرمز
$\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	لیمونیت متخلخل	قهوه‌ای
$\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	لیمونیت (اخرا)	زرد - قهوه‌ای
FeAsS	آرسنوپیریت	سفید قلع
MOS_2	مولیبدنیت	خاکستری سربی
$\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$	تتراهدريت	خاکستری فولادی
$\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	مگنتیت	سیاه آهن
CuS	کولیت	آبی نیلی
Cu	مس طبیعی	قرمز مس
CuFeS_2	کالکوپیریت	زرد برنجی
Au	طلا	طلای متالیک

این ضریب با R نشان داده شود :

$$R = \frac{n-1}{n+1}$$

که n برابراست با متوسط ضریب شکست نور توسط کانی در مقایسه با هوا (ضریب شکست هوا برابر با ۱ است). برای توصیف جلای کانی‌ها از عباراتی مانند : فلزی، شیشه‌ای، چرب، ابریشمی... استفاده می‌کنند که گویای حالت ظاهری و جلای سطحی ماده است (جدول ۲-۳).

جدول ۲-۳- انواع گوناگون جلا و مشخصات ظاهری آن‌ها

مثال	مشخصه ظاهری	جلا
کوارتز، کوراندوم، گارنت	شفاف مانند شیشه	شیشه‌ای
الماسی، روتایل	شَفَاف	آداماتین
هماتیت، کوپریت	تا حدی نور را منعکس می‌سازد	نیمه فلزی (خاکی)
گالن، پیریت، بیسموت	نور را به خوبی منعکس می‌سازد	فلزی
مسکویت (میکا)، اوپال	با جلای مروارید	مرواریدی
آزیست و سلنیت	ظاهری رشته‌ای و تا حدی برآق	ابریشمی
تالک	دارای ظاهر و لمس چرب	چرب
اسفالریت (سولفیدروی)	ظاهری مانند صمغ دارد	رزینی

۲-۳-۶- کدر بودن : کانی‌های شَفَاف و یا نیمه شَفَاف تا حدی نور را از خود عبور می‌دهند. به گونه‌ای که در مورد کانی‌های شَفَاف حتی می‌توان اجسام پشت آن را به وضوح مشاهده کرد. کانی‌هایی که نور را به هیچ وجه از خود عبور ندهند، به صورت کدر مشاهده می‌شوند. کانی‌هایی که دارای جلای فلزی و یا نیمه فلزی (خاکی) هستند همگی کدر می‌باشند. باید توجه داشت که میزان کدر بودن یک کانی بستگی به ساختار بلورین و نحوه‌ی توزیع و آرایش اتم‌ها در آن دارد.

۲-۳-۷- وزن مخصوص : تعریف ساده‌ی وزن مخصوص عبارت است از وزن واحد حجم یک ماده. پس به نظر می‌رسد که با وزن کردن یک سانتی متر مکعب از یک ماده بتوانیم دانسیته آن را تعیین نماییم. اما در عمل لااقل در مورد کانی‌ها و مواد سرامیکی مسأله به این سادگی هم نیست. چرا که یک سنگ یا یک بدنه‌ی سرامیکی از چندین نوع ماده با وزن مخصوص‌های متفاوت تشکیل شده که جدا کردن آن‌ها از یکدیگر امکان پذیر نیست. از این گذشته وجود هزاران تخلخل و

حفره ریز و درشت در سطح و درون ماده که در محاسبه‌ی حجم شرکت می‌کنند اما عملاً نقشی در وزن ماده ندارند، محاسبات ما را از واقعیت دور می‌سازند. این وضع حتی در مورد یک کانی که به نظر خالص و بدون عیب می‌رسد نیز صادق است. (در فصل ۴ کتاب محاسبات در سرامیک به‌طور کامل شرح داده شده است)

۸-۳-۲- سختی: ملاک میزان سختی یک کانی، در واقع میزان مقاومت آن در برابر خراش است. به عنوان مثال یک بلور کلسیت به آسانی توسط یک تیغه‌ی چاقو خراشیده می‌شود. اما در صورتی که همین تیغه‌ی چاقو بر روی سطح بلوری از کوارتز کشیده شود، سُر خورده هیچ‌گونه اثری از خود به جای نمی‌گذارد. در واقع سختی مقاومت یک ماده در برابر نیروی مکانیکی اعمال شده است و ناشی از ساختار بلورین، محل استقرار اتمی و نوع پیوندهای بین آن‌ها می‌باشد.

به تفاوت‌های اساسی بین دو کانی گرافیت و الماس که هر دو از اتم‌های کربن تشکیل شده‌اند اشاره شد. سختی بسیار زیاد الماس، سبب شده تا از آن به عنوان ماده‌ای برای تراشکاری و براده‌برداری فلزات سخت استفاده شود، در حالی که از گرافیت به دلیل نرمی بسیار زیاد و تمایل به تورق در یک جهت، به عنوان ماده‌ای جهت روغنکاری و روانکاری استفاده می‌شود.

برای تعیین درجه سختی کانی‌ها، روش‌های متفاوتی وجود دارد، یکی از این روش‌ها که نیازمند تجهیزات دقیق آزمایشگاهی نیست، (و به همین دلیل هم از دقت بالایی برخوردار نمی‌باشد) مبنای مقایسه موهس است که در قالب یک جدول عنوان می‌شود (جدول ۴-۲). در این جدول اساساً ۱۰ کانی مشخص با سختی‌های گوناگون است که از کانی الماس تا کانی تالک بر روی یکدیگر خراش ایجاد می‌کند.

به عنوان مثال، یک کانی که توسط کوارتز با سختی ۷، خراش برمی‌دارد ولی با ارتوکلاز خراشیده نمی‌شود، دارای سختی بین ۶ و ۷ است.

۹-۳-۲- ایزوتروپی همسانگردی و آنیزوتروپی ناهمسانگردی: مواد ایزوتروپ موادی هستند که خواص فیزیکی در آن‌ها در تمامی جهات یکسان است. به عنوان مثال، در صورتی که رسانایی الکتریکی در چنین ماده‌ای در یک جهت اندازه‌گیری شود، با اندازه‌گیری این کمیت، در جهتی عمود بر جهت پیشین نیز همان جواب به دست می‌آید. کانی‌هایی که سطح کریستالین ندارند (آمورف) و یا آن که در صورت بلوری بودن از ساختار مکعبی پیروی می‌کنند، موادی ایزوتروپ می‌باشند. بنابراین در صورتی که ماده‌ای چنین خاصیتی را نداشته باشد (تمامی حالت‌های بلوری غیر از مکعبی) دارای خاصیت آنیزوتروپی است.

جدول ۴-۲- درجه‌ی سختی کانی‌ها بر اساس مقیاس موهس

نام کانی	درجه‌ی سختی	اشیای معمولی	فرمول شیمیایی
تالک	۱	چوب کبریت	$۳MgO \cdot ۴SiO_2 \cdot H_2O$
ژپس	۲		$CaSO_4 \cdot ۲H_2O$
		ناخن، سکه مسی	
کلسیت	۳		$CaCO_3$
فلورین	۴		CaF_2
آپاتیت	۵		$Ca_5F(PO_4)_3$
		تیغ‌ی چاقو، شیشه	
ارتوکلایز	۶		$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot ۶SiO_2$
		ابزار فولادی	
کوارتز	۷		SiO_2
توپاز	۸		$Al_2(FOH)_3 SiO_4$
کوراندوم	۹		Al_2O_3
الماس	۱۰		C
نیتريد بور			BN

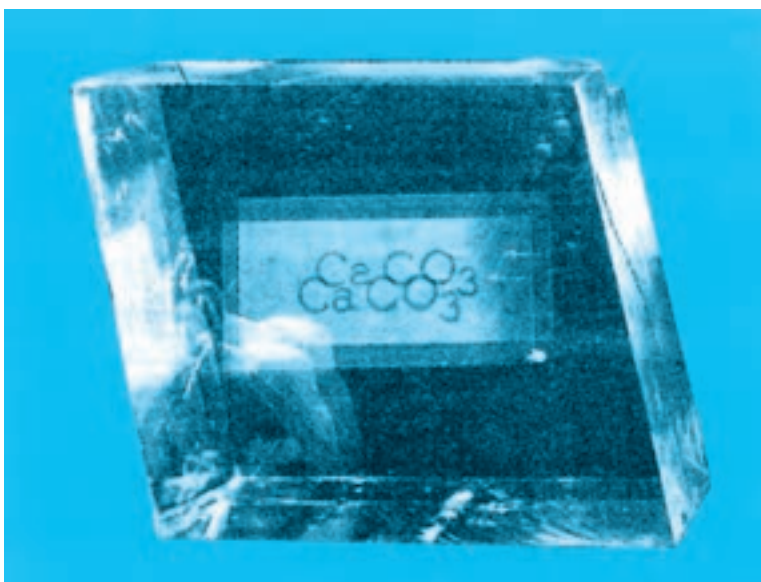
رسانایی الکتریکی، رسانایی حرارتی، انبساط حرارتی، خاصیت پیزو الکتریسته و پیروالکتریسته، شکست نور و حتی برخی خواص مکانیکی یک ماده، تمامی تحت تأثیر ساختار ایزوتروپیک و یا آنیزوتروپیک آن هستند. در صورتی که هر یک از خواص تابع جهت نباشند ایزوتروپیک و اگر تابع جهت باشند یعنی در جهت‌های مختلف متفاوت باشند آنیزوتروپیک می‌گویند. ساختار بلوری نحوه‌ی چیده شدن اتم‌ها، قدرت پیوندهای اتمی در جهات مختلف، بار اتمی و... از عوامل به‌وجودآورنده‌ی این دو خاصیت می‌باشند.



شکل ۱۹-۲

رسانایی بسیار خوب الکتریکی گرافیت در یک جهت و رسانایی ضعیف آن در جهتی عمود بر جهت نخستین که به ساختار لایه‌ای و طرز آرایش اتم‌های کربن در این ماده باز می‌گردد، مثالی بارز از تأثیر ساختار آنیزوتروپیک یک ماده بر روی خواص فیزیکی آن می‌باشد.

رفتار نوری کانی‌ها نیز می‌تواند گاه باعث بروز پدیده‌هایی جالب در آن‌ها باشد. یکی از این پدیده‌ها، شکست مضاعف نور در کانی کلسیت (CaCO_3) است که آن نیز مرتبط با ساختار بلورین آنیزوتروپ این ماده می‌باشد (شکل ۲۰-۲).



شکل ۲۰-۲- پدیده شکست مضاعف نور در کانی شفاف کلسیت

۱-۳-۲- مشاهده با میکروسکوپ پلاریزان: رفتار موادی که از نظر الکترونی، قطبی باشند (پلاریزه = قطبیده) در مقابل نور پلاریزه، یکی از روش‌های شناخت کانی‌ها محسوب می‌شود. مشاهده‌ی این دسته از مواد با میکروسکوپ پلاریزان که باریکه‌ای از نور قطبی شده را بر سطح ماده می‌تابد ما را در شناخت کانی‌ها کمک می‌کند. مواد بلوری با ساختاری غیر از ساختار مکعبی، در اثر تابش نور پلاریزه، به صورت رنگی مشاهده می‌شوند که این رنگ با تغییر زاویه تابش، تغییر می‌کند.

کوآرتز از کانی‌های مشخص است که به دلیل ساختار آنیزوتروپ خود، علاوه بر به وجود

آوردن خواصی چون پیزوالکتریسیته، نور پلاریزه را بسته به ساختار اتمی خود به راست یا به چپ منحرف می کند (راستگرد یا چپگرد) و به خوبی با میکروسکوپ پلاریزان قابل شناسایی است.

۱۱-۳-۲- خواص دیگر : پاره‌ای از خواص دیگر را می‌توان در مورد کانی‌ها مطرح نمود، اگر چه حالت کلی نداشته و نمی‌تواند در شناسایی تمامی کانی‌ها نقش داشته باشند اما در برخی از موارد از خواص مشخصه یک کانی به حساب می‌آیند. این مشخصات به طور مختصر عبارتند از :
- مزه : تعیین هویت برخی کانی‌های محلول در آب، مثل هالیت‌ها و بورات‌ها را می‌توان توسط مزه آن‌ها انجام داد. در بسیاری از موارد این کار به دلیل نزدیکی و تشابه مزه بسیاری از کانی‌ها (بخصوص نمک‌ها) از اطمینان زیادی برخوردار نیست.

تذکر : توجه داشته باشید که اگر چه نمک‌های محلول در آب سمی نیستند اما تا حد امکان باید از مزه کردن آن‌ها خودداری نمود.

- قابلیت حل شدن در اسیدها : پاره‌ای از کانی‌ها، بخصوص کربنات‌ها به شدت در اسیدها قابل حل هستند. شدت انحلال کلسیت در اسیدها به قدری زیاد است که به صورت جوشیدن انجام می‌شود. دولومیت نیز در اسیدها حل می‌شود ولی با سرعتی کمتر. کانی‌هایی مانند نفلین در اسیدها حل نمی‌شوند. اما این فرایند باعث تغییر رنگ آن‌ها می‌شود. کانی‌های دیگر، کمتر در اسیدها حل می‌شوند. مسلم است که نوع غلظت و دمای اسید تأثیر زیادی بر روی میزان حلالیت آن‌ها دارد. کانی‌هایی که جزء اصلی تشکیل دهنده‌ی آن‌ها سیلیس می‌باشد (سیلیکات‌ها) در فلوئوریدریک اسید (HF) حل می‌شود.

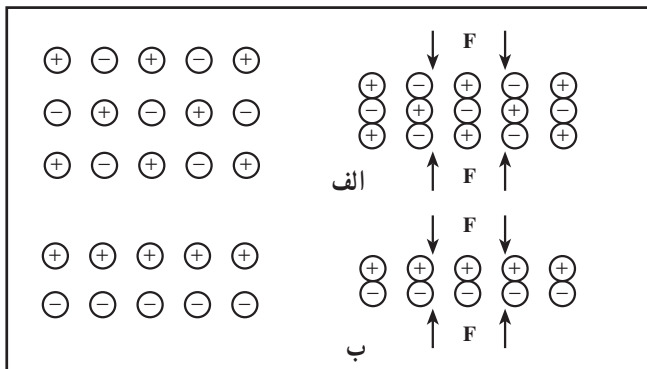
در هنگام کار با این اسید باید شدیداً موارد ایمنی را رعایت نمود زیرا خطرناک است.
- خاصیت مغناطیسی : از آن جایی که تعداد کمی از کانی‌ها دارای آثار مغناطیسی هستند، این خاصیت می‌تواند ملاک بسیار ارزشمندی در شناسایی برخی از آن‌ها باشد. گونه‌های مختلف پیروتیت کم گوگرد اگر چه خود مغناطیسی نیستند اما با آهن‌ربا جذب می‌گردند. پاره‌ای از کانی‌ها خود دارای آثار مغناطیسی قوی هستند و قطعات آهن را جذب می‌کنند. مانند مگنتیت، منیتیت (Fe_2O_4)، پیروتیت ($Fe_{1-x}S$) و ایلیمیت ($FeTiO_3$).

پاره‌ای از مواد نیز با آهن‌ربا دفع می‌گردند که کانی‌های بیسموت بدین صورت می‌باشند.
- خاصیت پیزوالکتریسیته : آن دسته از کانی‌هایی که در اثر فشار مراکز بارهای الکتریکی در آن‌ها جابه‌جا شود و خاصیت الکتریکی در اثر قطبی شدن پیداکنند مواد پیزوالکتریک می‌گویند مانند کوارتز و تورمالین و موادی مانند باریم تیتانات (پروکسیت). عدم وجود مراکز تقارن بلوری (آنیزوتروپ

بودن از نظر بار الکتریکی (سبب به وجود آمدن چنین پدیده‌ای می‌شود(شکل ۲۲-۲). به عکس نیز هنگامی که تحت اثر جریان الکتریسیته قرار گیرند قطبی شده، فشار خارجی اعمال می‌کنند. در صورتی که اعمال جریان الکتریکی به صورت متناوب باشد، قطعه در اثر تغییر ابعاد متوالی شروع به ارتعاش می‌کند. از چنین خاصیتی در بسیاری از ابزارهای الکترونیکی مانند ساعت‌های کوارتز و جرقه‌زن‌های اجاق‌گاز استفاده می‌کنند. البته در این گونه موارد، از بلورهای مصنوعی و ساختگی کوارتز که در آزمایشگاه رشد داده شده‌اند استفاده می‌کنند نه از بلورهای طبیعی و کمیاب آن.



شکل ۲۱-۲- تورمالین



شکل ۲۲-۲- بلور دارای مراکز تقارن است لذا در اثر فشار قطبی نمی‌شود

ب- بلور نامتقارن و پدیده پیزوالکتریک

— خاصیت پیروالکتریسیته: آن دسته از کانی‌هایی که در اثر تغییر دما مراکز بارهای الکتریکی در آن‌ها جابه‌جا می‌شود و قطبی شوند جریان الکتریسیته در آن‌ها بوجود می‌آید که به آن‌ها مواد پیروالکتریک و به این خاصیت پیرو الکتریسیته می‌گویند مانند تورمالین (به خاطر وجود ناخالصی بسیار کم در کانی‌ها در طبیعت بسیار کم‌یاب است).

— تغییر شفافیت در اثر گرما: گرما، شفافیت کانی‌های آبداری مانند ژیپس را از بین می‌برد. اگر شعله کبریت را به ورقه‌های این کانی نزدیک کنیم کدر می‌شود. لذا بدین وسیله می‌توان این ماده را از میکای سفید (طلق نسوز) که در اثر حرارت هیچ‌گونه تغییر رنگی حاصل نمی‌کند، تشخیص داد. اگر شعله کبریت را به کانی شفاف آبداری مانند ژیپس نزدیک کنیم به دلیل تجزیه و از دست دادن آب سطحی کدر می‌شود.

— خاصیت رادیواکتیویته: آن دسته از کانی‌هایی که دارای خاصیت پرتوزایی می‌باشند را مواد رادیواکتیویته می‌گویند. عناصر اصلی تشکیل‌دهنده این کانی‌ها که بوجود آورنده‌ی این پدیده‌ی اتمی هستند، عناصر سنگین مانند اورانیوم، تورنیوم، رادیوم و... می‌باشند که تشخیص ساده این مواد با قرار دادن تکه‌ای از این مواد رادیواکتیویته بر روی فیلم عکاسی (نگاتیو خام) ممکن است که لکه‌هایی ایجاد کند که باعث خراب شدن فیلم عکاسی می‌شود. تشخیص این کانی‌ها با دستگاه‌های خاصی که آشکارساز خواص رادیواکتیویته بر اساس تابش این امواج هستند، انجام می‌گیرد.

— لازم به توضیح است خواصی مانند: چگونگی لمس یک ماده، رسانایی، نارسانایی و یا نیمه رسانایی الکتریکی یک کانی، رنگ شعله‌ی یک کانی و حتی صدای سقوط یک کانی از یک ارتفاع معین بر روی زمین سخت، همگی می‌توانند از دیگر روش‌های تشخیص برخی کانی‌ها به حساب آیند.

- ۱- تعدادی از کانی‌های موجود در محیط اطرافتان را نام ببرید.
- ۲- تفاوت کانی، سنگ و خاک در چیست؟ آیا می‌توانید تعدادی از سنگ‌های معروف و کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها را نام ببرید.
- ۳- هفت ساختار اصلی بلورها را نام برده، مشخصات اصلی هر یک را بیان نمایید.
- ۴- مثالی از کانی‌ها که دارای ساختار مکعبی باشد نام ببرید. برای ساختار هگزاگونال نیز موردی را بیان کنید.
- ۵- رنگ‌های ظاهری اغلب کانی‌ها به چه دلایلی ایجاد شده‌اند؟
- ۶- خاصیت پیزوالکتریسیته را تعریف کرده و چند نمونه از مواد پیزوالکتریک را نام ببرید.
- ۷- دلیل تغییر شفافیت برخی از کانی‌ها در اثر گرما چیست؟
- ۸- روش ساده‌ی تشخیص مواد رادیواکتیو چیست؟
- ۹- چند مثال از مواد دارای آثار مغناطیسی قوی را نام ببرید.



فصل سوم

موادّ اولیّه‌ی سرامیکی

آشنایی با موادّ اولیّه‌ی پلاستیک و کاربرد آن‌ها

- اهداف رفتاری: از هرنجو انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:
- ۱- مفهوم ماده پلاستیک را بیان کند.
 - ۲- کاربرد موادّ اولیّه‌ی پلاستیک را در صنایع سرامیک توضیح دهد.
 - ۳- مفهوم آنالیز شیمیایی را بیان کند.
 - ۴- خواصّ شیمیایی و خواصّ فیزیکی موادّ اولیّه‌ی پلاستیک را بیان کند.
 - ۵- ساختمان گونه‌های اصلی کانی‌های رسی را توضیح دهد.
 - ۶- نحوه‌ی تشکیل گونه‌های اصلی کانی‌های رسی را بیان کند.
 - ۷- پلاستی سسته را توضیح دهد.

۳- آشنایی با موادّ اولیّه‌ی سرامیک

مقدمه

آیا تا به حال به این موضوع اندیشیده‌اید که صنعت سرامیک با وجود دیرینگی و قدمت مسائل ناشناخته بسیار دارد. با وجود گذشت هزاران سال از روزی که انسان‌ها اولین اقدام به ساخت فرآورده‌های سرامیکی نموده‌اند اما هنوز بسیاری از مسائل آن ناشناخته باقی مانده و عرصه‌ی تحقیقات هزاران پژوهشگر و دانشمند در سراسر جهان است. با این توضیح چرا محصولات سرامیکی جزو اولین ساخته‌های دست بشر بوده است؟

ظروف گلینه و سفالین کشف شده توسط باستانشناسان که زینت بخش موزه‌های جهان است و از افتخارات هرملتی به حساب می‌آید، سندی است بر دیرینگی آن و شاید در این بین، ما جزو پرافتخارترین‌ها باشیم.

و فور مواد اولیه، در دسترس بودن آن‌ها بدون نیاز به عملیات اضافی برای فرآوری و مهم‌تر از همه توانایی بالای شکل‌پذیری مواد اولیه‌ی محصولات سرامیکی بخصوص رُس‌ها، از عمده‌ترین دلایل روآوردن انسان نخستین به سرامیک است.

خاک رس موجود در آبرفت رودخانه‌ها و کوهپایه‌ها می‌توانست مهم‌ترین منبع تهیه‌ی موادّی باشد که براحتی با دست شکل می‌گرفت و هنگامی که خشک می‌شد شکل خود را حفظ می‌کرد. ظرفی که بدین گونه ساخته شد اگر چه استحکام و کارایی یک محصول پخته شده را نداشت اما شواهد تاریخی نشان می‌دهد که سال‌ها به همان صورت مورد استفاده قرار می‌گرفت.

شکل دادن گل و استفاده از محصول خشک شده آن بدون انجام عمل پخت، هنوز هم، در نقاطی از کشور ما رایج است و آن همان است که خشت خام نامیده می‌شود و برای خانه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

احتمالاً قرار گرفتن ظروفی گلینه در مجاورت آتش و مشاهده‌ی افزایش استحکام آن، انگیزه‌ای برای انسان نخستین بود تا محصولات سرامیکی خود را پس از خشک شدن حرارت داده، استحکام و کارایی آن را افزایش دهد.

و اکنون، باگذشت چندین هزار سال از آن تاریخ، ما می‌دانیم که موادّ اولیه‌ی سرامیک‌ها چه ماهیتی هستند، چرا برخی شکل‌پذیرند و برخی دیگر نه؟ اصول و روش‌های شکل‌دادن؟ خشک‌کردن و پختن کدامند؟ در این بین چه اتفاقی می‌افتد، چرا استحکام جنس پخته شده افزایش چشمگیر در برابر جنس خام دارد و مورد دیگر که روزی، ناشناخته بوده‌اند ولیکن امروزه جزو بدیهیات می‌باشند. مجموعه اطلاعات و دانسته‌ها و درک اصول حاکم بر این علم همچنین کشف موادّ جدید سرامیکی و خواصّ و کاربردهای آن‌ها، باعث شده که قرن بیست‌ویکم را قرن سرامیک بنامند. در این فصل و دو فصل بعد با انواع مواد اولیه‌ی سرامیک آشنا خواهید شد.

۱-۳- آشنایی با خواص مواد اولیه‌ی سرامیک

شناسایی دقیق ساختار و خواصّ موادّ اولیه‌ی تشکیل‌دهنده‌ی بدنه‌های سرامیکی را می‌توان تا حدّ زیادی به معنی شناخت و آگاهی از خواصّ محصولات نهایی دانست. تنوع گونه‌های مختلف

مواد اولیه‌ی مورد مصرف در صنایع سرامیک به قدری زیاد است که طبقه‌بندی آن‌ها را مشکل می‌سازد. این مواد غیرفلز و غیرآلی از مواد رُسی متداول جهت ساخت سرامیک‌های سنتی گرفته تا موادی چون کربن که از اجزای تشکیل دهنده سرامیک‌های نوین هستند، را شامل می‌شوند.

کانی‌های رسی شامل کائولین، بال کلی، ... درکنار مواد گداز آوری چون فلدسپات‌ها و عوامل پرکننده‌ای چون سیلیس، ابتدایی‌ترین و درعین حال شناخته شده‌ترین مواد اولیه‌ی تشکیل دهنده‌ی بدنه‌های سرامیکی سنتی هستند. این محصولات، از ظروف سفالین گرفته تا انواع فراورده‌های چینی اعم از ظروف غذاخوری و چینی بهداشتی را شامل می‌شوند. کاستن از میزان مواد رسی و افزودن دیرگدازهایی چون آلومینا، مگنزیبا، کرومیا و... پدیدآورنده‌ی خانواده‌ی گسترده‌ی نسوزها خواهد بود.

شناخت و بررسی تعداد زیادی از مواد غیر رسی سرامیکی در سالیان اخیر راهگشای بسیاری از صنایع چون صنایع الکترونیک، پزشکی، انرژی هسته‌ای و شاخه‌های مختلف مهندسی بوده است. اگر چه ساختار و خواص بسیاری از این مواد اولیه‌ی نوین تفاوت‌های اساسی با ساختار و ماهیت مواد اولیه‌ی رسی و غیر رسی سنتی دارد ولی با وجود آن که تمامی آن‌ها در تعریف علمی سرامیک‌ها می‌گنجد، باید به عنوان مواد اولیه‌ی سرامیکی مورد بررسی قرار گیرد.

باید توجه داشت که این مواد، کمتر به صورت خالص و در مقادیر زیاد در طبیعت یافت می‌شوند و لذا به دلیل کاربردهای خاصی که نیاز به خلوص بالا، ویژگی‌های برتر و حساسیت‌های بالاتر را طلب می‌کنند، عمدتاً به روش‌های مصنوعی تهیه می‌شوند.

روتایل جهت ساخت مواد فروالکتریک، استاتیت جهت عایق‌های الکتریکی، آلومینا، زیرکونیا، توریا و بریلیا جهت دیرگدازها و عایق‌های الکتریکی، اکسید اورانیوم به عنوان المنت‌های سوخت هسته‌ای، کاربیدها و نیتريد‌ها به عنوان ساینده‌ها، عایق‌ها و المنت‌های حرارتی، الیاف کربن به عنوان دیرگداز و سپر حرارتی و بیوسرامیک، نانوسرامیک ... همگی مثال‌هایی از کاربرد مواد اولیه‌ی سرامیکی در محصولات نوین مهندسی و نقش آن‌ها در پیشرفت دانش و صنعت بشر می‌باشند.

شکل ۱-۳ نشان‌دهنده‌ی چند فراورده‌ی سرامیکی است که به روش‌های مدرن و از مواد اولیه‌ی نوین سرامیکی ساخته شده‌اند.

شناخت دقیق‌تر از ساختار و طرز عمل برخی از مواد اولیه‌ی سرامیکی را که جنبه‌ی کاربردی‌تر داشته و از اجزای اصلی محصولات سرامیکی به حساب می‌آیند در این فصل از کتاب دنبال خواهیم کرد.



شکل ۱-۳- نمونه‌هایی از سرامیک‌های نوین

۲-۳- مواد اولیه پلیاستیک

آیا تاکنون توده‌ای از گل رُس را در میان دستان خود گرفته‌اید؟ توده‌ای نرم و شکل‌پذیر که مقاومت بسیار کمی در برابر فشار اعمال شده با دست از خود نشان می‌دهد و بدون آن که از هم گسیخته شود شکل می‌پذیرد. پس از آن نیز با برداشتن فشار، شکل بوجود آمده را حفظ می‌کند. در واقع شاید بتوان گل تهیه شده از خاک رس را یکی از شکل‌پذیرترین مواد طبیعی دانست که مقاومت چندانی در برابر اعمال نیرو از خود نشان نمی‌دهد و پس از حذف نیرو نیز به همان شکل باقی می‌ماند. به چنین موادی که درصد زیادی از مواد اولیه صنایع سرامیک، بخصوص شاخه‌ی سنتی آن را شامل می‌شوند، «مواد پلیاستیک» می‌گویند.

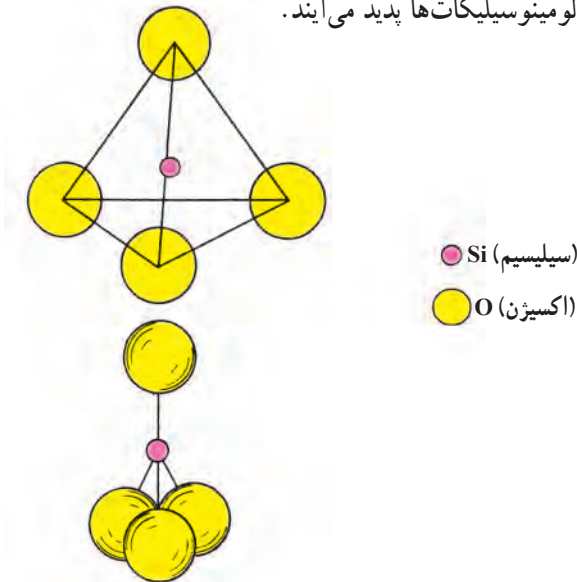
سهولت شکل‌پذیری بدنه‌های سرامیکی (دارای پلاستیسیته بالاتر)، به دلیل وجود مقادیری مواد پلیاستیک در آن‌هاست. بخصوص اگر روش شکل‌دادن قطعات سرامیکی، پرس و یا روش‌های شکل‌دادن پلیاستیک باشد. باید از مواد اولیه پلیاستیک در بدنه استفاده کرد. لازم به ذکر است که در بسیاری از بدنه‌های سرامیک‌های مدرن که امکان استفاده از مواد پلیاستیک طبیعی مثل رُس‌ها نیست و درعین حال مواد اولیه مصرفی نیز خود به اندازه‌ی کافی دارای این خاصیت نمی‌باشند، از مواد آلی و مصنوعی برای این کار استفاده می‌شود.

رُس‌ها، عمده‌ترین مواد پلیاستیک به کار برده شده در صنایع سرامیک هستند، لذا درک مفهوم واقعی رس و خاک رس از اهمیت بالایی برخوردار است.

برداشت اولیه بسیاری از افراد، از لفظ رس، همان خاک قرمز رنگی است که در آبرفت ها و گل و لای رودخانه ها یافت می شود و در کوزه گری های سنتی مورد استفاده قرار می گیرد. باید توجه داشت که این نوع خاک که «رس قرمز» نامیده می شود، تنها یکی از مواد متعلق به خانواده بسیار گسترده ای است که به هم می آید. آن ها کانی های رسی گفته می شود. الفظی چون مواد رسی، مینرال های رسی، خاک های رسی و یا به طور کلی رُس ها (clays) نیز همگی از مترادف های «کانی های رسی» هستند. کائولن ها، بال کلی ها، رس های قرمز، رس های نسوز، بنتونیت ها و ... همگی جزء کانی های رسی می باشند.

پرسش: آیا شن و ماسه سواحل دریا که آن نیز یک ماده اولیه سرامیکی است، جزو مواد رسی به حساب می آیند؟ چرا؟

۱-۲-۳ ساختمان گونه های اصلی کانی های رسی: همان گونه که در فصل اول کتاب مشاهده شد، سیلیس (SiO_2) یکی از عمده ترین مواد تشکیل دهنده پوسته ی زمین است. اشکال مختلف سیلیس و مواد گوناگونی که همگی دارای فرمول شیمیایی (SiO_2) هستند ولی به لحاظ ساختارهای مختلف خواص متفاوتی را دارند، در قسمت های آینده بررسی خواهد شد. اما نکته ی مهم و قابل ذکر در این جا آن است که همین سیلیس می تواند با انجام تغییراتی در ساختار خود و پیوند با اتم های دیگر سیلیکات ها را به وجود آورد. در نهایت با ورود Al به درون ساختار سیلیکات ها خانواده ی آلومینوسیلیکات ها پدید می آید.



شکل ۲-۳- نمایش شماتیک و فضایی چهاروجهی $[\text{SiO}_4]^{4-}$

به عبارتی ساختار چهاروجهی نشان داده شده در شکل ۲-۳ که از اتم‌های سیلیسیوم و اکسیژن تشکیل شده، علاوه بر ساختارهای گوناگون سیلیکا در تشکیل سیلیکات‌ها و آلومینوسیلیکات‌ها نیز نقش دارد.

چنین ساختاری از پیوند Si^{4+} یا O^{2-} به وجود می‌آید و با توجه به آن که عدد همسایگی (کوردیناسیون) Si برابر با ۴ می‌باشد به ازای هر یون Si^{4+} چهار یون O^{2-} در اطراف آن وجود دارد که ساختار چهاروجهی ایجاد می‌کند (تتراهدرال). در چنین شکلی یون Si^{4+} در مرکز قرار گرفته و چهار یون اکسیژن در چهار گوشه (چهار وجهی) می‌باشند. نسبت شعاع یونی Si^{4+} و O^{2-} اهمیت زیادی در بوجود آمدن چنین ساختاری دارد. چرا که همین نسبت شعاع‌های یونی این دو عنصر باعث می‌شود تا یون کوچک Si^{4+} بتواند در فضای خالی موجود بین چهار یون اکسیژن جای گیرد. چگونگی پیوند چهاروجهی‌های $[\text{SiO}_4]^{4-}$ به یکدیگر، اتصال مستقیم این چهاروجهی‌ها به هم یا حضور اتمی واسطه در این میان، اتصال از یک گوشه، دو گوشه، سه گوشه و یا هر چهار گوشه، جانشین شدن برخی اتم‌ها مانند Fe و Mg و Al به جای اتم Si و یا به جای یکدیگر و ده‌ها حالت ممکن دیگر، از دلایل اصلی این همه تنوع درموادی هستند که واحد ساختمانی همه‌ی آن‌ها همین چهاروجهی $[\text{SiO}_4]^{4-}$ است.

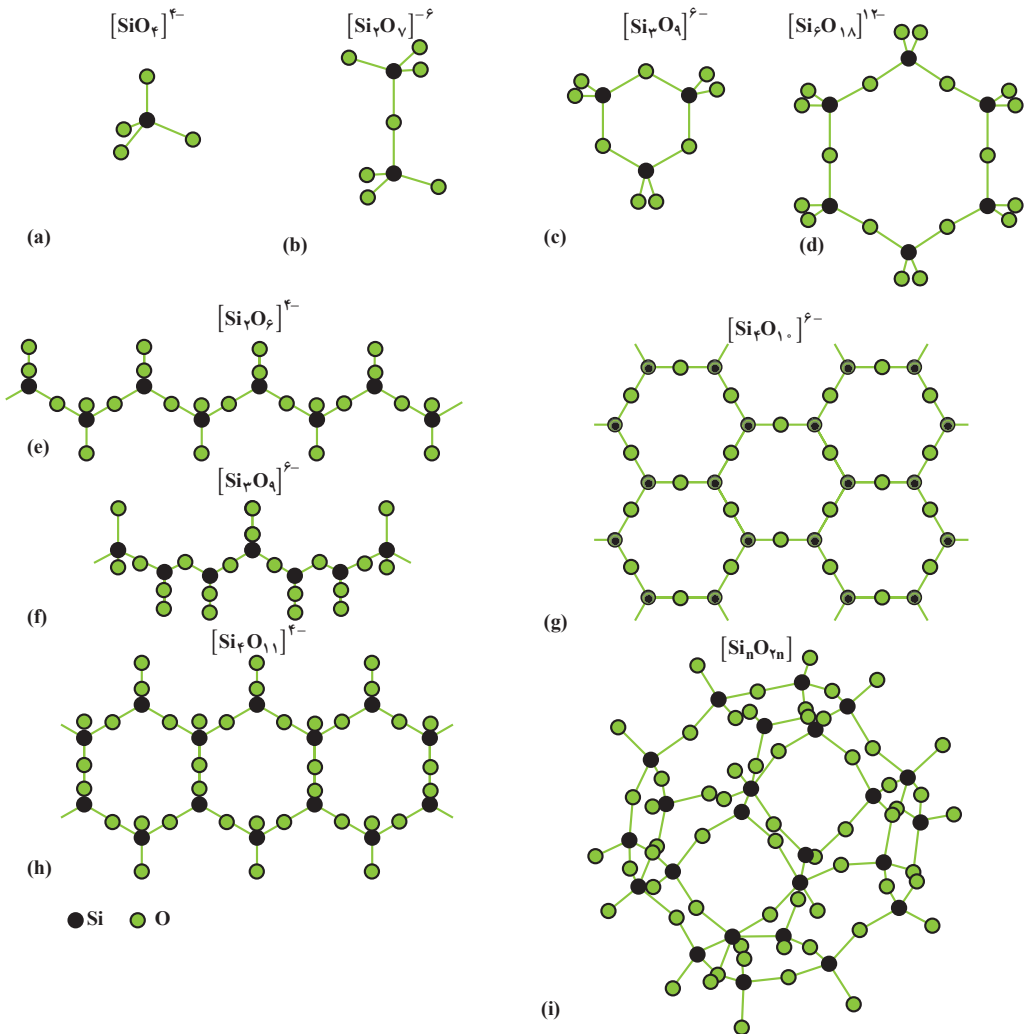
همان‌گونه که مشاهده شد، واحد ساختمانی $[\text{SiO}_4]$ از لحاظ الکتریکی خنثی نیست و دارای ۴ بار منفی می‌باشد. این واحد ساختمانی برای خنثی نمودن بار الکتریکی ساختمان احتیاج به گروه‌های دیگری دارد که این گروه‌ها یا $[\text{SiO}_4]$ هستند (مانند آنچه که در مورد سیلیس خالص وجود دارد) و یا سایر کاتیون‌ها (مانند آنچه که در سیلیکات‌ها وجود دارد).

ساختارهایی که بدین‌گونه پدید می‌آیند یا به صورت منفرد (جزیره‌ای) هستند و یا به صورت گروهی به عبارت دیگر اتصال چهاروجهی‌های $[\text{SiO}_4]^{4-}$ از یک، دو، سه و یا هر چهار گوشه، گونه‌های مختلف سیلیکات‌ها را به وجود می‌آورد.

در صورتی که هر چهاروجهی به صورت منفرد وجود داشته باشد و به طور مستقیم با هیچ چهاروجهی دیگری پیوند برقرار نکند بلکه وجود چهار کاتیون در چهار گوشه، عامل این پیوند باشد، ساختارهای جزیره‌ای خواهد بود که کانی‌های خانواده‌ی الیوین از آن جمله‌اند. کاتیون‌های پیونددهنده‌ی چهاروجهی‌ها در این دسته عموماً از مواد Fe^{2+} و Mg^{2+} هستند.

در ساختارهای گروهی چهاروجهی‌های $[\text{SiO}_4]^{4-}$ ، حداقل از یک گوشه، با یکدیگر اتصال

دارند و عامل پیونددهنده‌ی سایر گوشه‌ها، کاتیون‌های فلزی می‌باشند. حال، بسته به این که نحوه‌ی آرایش این چهاروجهی‌ها نسبت به هم چگونه باشد و از چند گوشه به یکدیگر متصل باشند، با ساختارهای زنجیره‌ای، حلقوی، صفحه‌ای و شبکه‌ی سه بُعدی ایجاد می‌شود (جدول ۳-۱ و شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳- انواع اتصالات چهاروجهی‌های $[\text{SiO}_4]^{4-}$ به یکدیگر در سیلیکات‌ها

جدول ۳-۱- ساختار سیلیکات‌ها

ساختار اتمی	نسبت Si:O برای کوچک‌ترین واحد	مثال	نام ساختار	ساختار جزیره‌ای
تصویر (a) در شکل ۳-۳	1: 4	فورستریت ($2MgO \cdot SiO_2$)	اتروسیلیکات‌ها	
تصویر (b) در شکل ۳-۳	2: 7	آرگرمایت ($2CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$)	پیروسیلیکات‌ها	
تصویر (c) در شکل ۳-۳	3: 9	پنتویت ($BaO \cdot TiO_2 \cdot 3SiO_2$)	مناسیلیکات‌های حلقوی	
تصویر (d) در شکل ۳-۳	6: 18	بریل ($Al_2O_3 \cdot 3BeO \cdot 6SiO_2$)	مناسیلیکات‌های زنجیره‌ای	ساختارهای گروهی
تصویر (e,f) در شکل ۳-۳	1: 3	دیوپساید ($CaO \cdot MgO \cdot 2SiO_2$)	مناسیلیکات‌های تری مولیت	
تصویر (h) در شکل ۳-۳	4: 11	($2CaO \cdot 5MgO \cdot 8SiO_2 \cdot H_2O$)	مضاعف دو زنجیره‌ای	
تصویر (g) در شکل ۳-۳	4: 10	موسکویت ($K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$)	دی سیلیکات‌ها	
تصویر (i) در شکل ۳-۳	1: 2	کوارتز SiO_2	شبکه سه بعدی	
	1: 2	ارتوکلاز ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$)	(سیلیکا)	

اگر چه تمامی ساختارها بر اساس سیلیکا، جزو موادّ اولّیه سرامیک‌ها به حساب می‌آیند اما ساختارهای گروهی، بخصوص ساختارهای صفحه‌ای، از اهمّیت خاصی برخوردارند و تعداد بسیار زیادی از موادّ اولّیه‌ی مورد استفاده در صنایع سرامیک، براساس این ساختارها بنا نهاده شده‌اند. همان‌گونه که در شکل ۳-۳ ملاحظه می‌شود ساختارهای صفحه‌ای سیلیکات‌ها (دی‌سیلیکات‌ها) از بهم پیوستن چهاروجهی‌های $[\text{SiO}_4]^{4-}$ از سه گوشه تشکیل می‌شوند. گوشه‌ی چهارم این چهاروجهی که آزاد است می‌تواند توسط کاتیون‌هایی واسط با صفحه‌ی بعدی ارتباط برقرار کند.

دو ساختار صفحه‌ای دیگر که شبیه به صفحه‌ی سیلیکون - اکسیژن هستند و در ساختمان بسیاری از موادّ سرامیکی نقش دارند، ساختارهای گیپسیت $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ و بروسیت $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ می‌باشند.

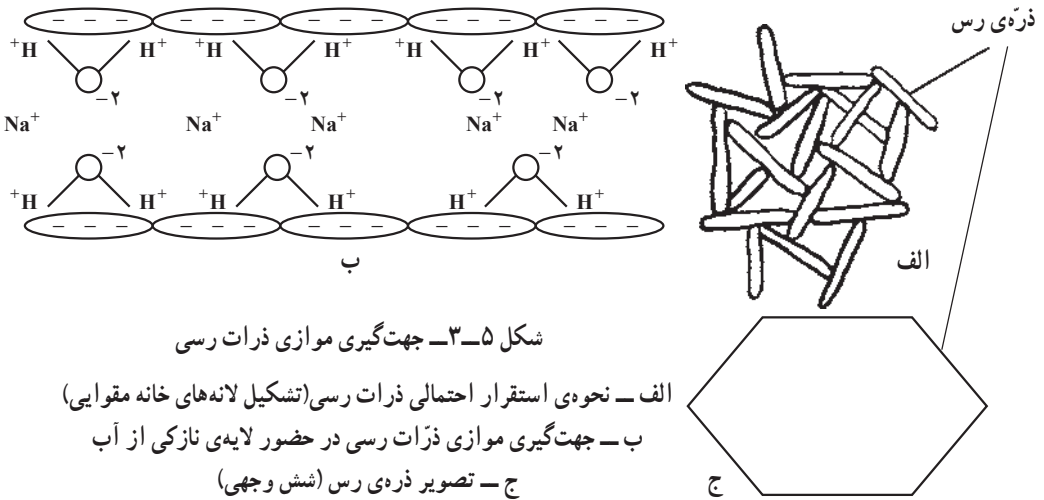
در واقع از پیوند لایه‌های سیلیکا که براساس واحد ساختمانی $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ بنا نهاده شده و لایه‌ی گیپسیت که واحد ساختمانی آن $[\text{Al}_2(\text{OH})_4]^{2+}$ می‌باشد، گروهی از مواد وجود می‌آید که آلومینوسیلیکات نامیده می‌شوند. تمامی آنچه که تحت عنوان مواد رسی می‌شناسیم همگی موادّ آلومینوسیلیکاتی هستند. فرمول شیمیایی کائولینیت که به صورت $(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ است، به خوبی اساس ساختاری این دسته از مواد را نشان می‌دهد.

صفحه‌ای بودن دولایه سیلیکا و گیپسیت و پیوند این دو لایه به یکدیگر، در نهایت پدیدآورنده ساختاری صفحه‌ای شکل می‌شود که از مشخصات بارز کانی‌های رسی است (شکل ۴-۳).



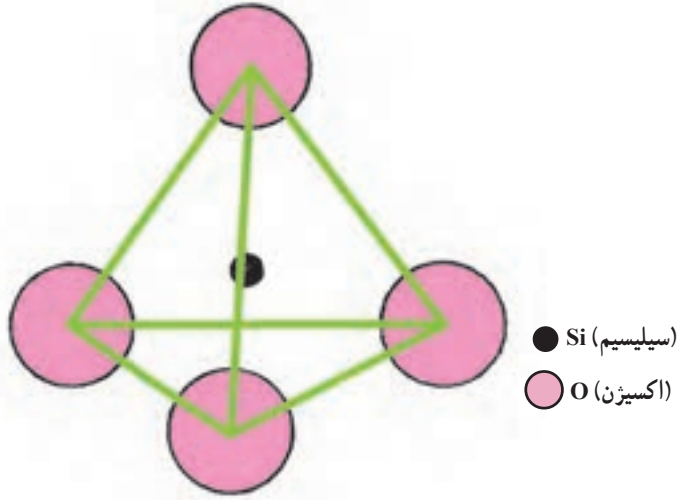
شکل ۴-۳- کائولینیت

حالت بولکی شکل و صفحه‌ای ذرات این مواد و به تعبیری دو بُعدی بودن ذرات آن‌ها، (ناچیز بودن ضخامت در مقایسه با طول و عرض) سرچشمه‌ی بسیاری از خواص رُس‌ها از جمله خاصیت شکل‌پذیری آن‌هاست. (مانند ورقه‌های کتاب) توانایی و امکان نفوذ آب بین ورقه‌های مواد رسی در برخی از این دسته مواد کم و در برخی دیگر زیاد است که منشأ بسیاری از خواص مواد رسی، مثل شکل‌پذیری بالا و افزایش حجم را سبب می‌شود (شکل ۳-۵).

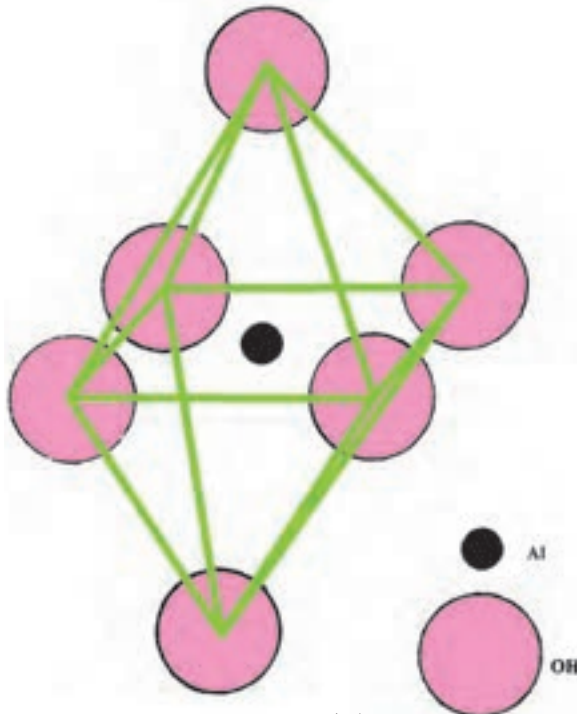


همان‌گونه که چهاروجهی‌های $[\text{SiO}_4]^{4-}$ ، در سیلیکا به اشتراک گذاشتن اکسیژن‌های خود، به یکدیگر متصل شده‌اند. هشت‌وجهی‌های $[\text{Al}_2(\text{OH})_6]^{3-}$ (شکل ۳-۶) نیز با به اشتراک گذاشتن گروه‌های (OH) خود، لایه‌ی گیسیت را پدید آورده‌اند (شکل ۳-۷). با جانشینی دو اکسیژن خنثی نشده از دو چهاروجهی لایه‌ی سیلیکا به جای دو گروه هیدروکسیل^۱ از دو هشت‌وجهی لایه‌ی گیسیت، فرمول شیمیایی ماده‌ای ورقه‌ای شکل به دست می‌آید که همان ساختار کائولین است (شکل ۳-۸).

۱- هیدروکسیل عامل OH است.

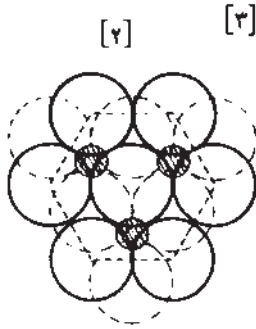


(الف)

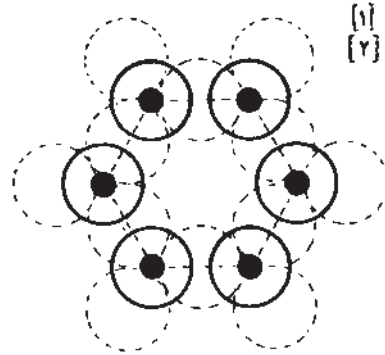


(ب)

شکل ۳-۶ الف - چهاروجهی $[\text{SiO}_4]^{4-}$ ب - هشت وجهی $[\text{Al}(\text{OH})_6]^{3-}$

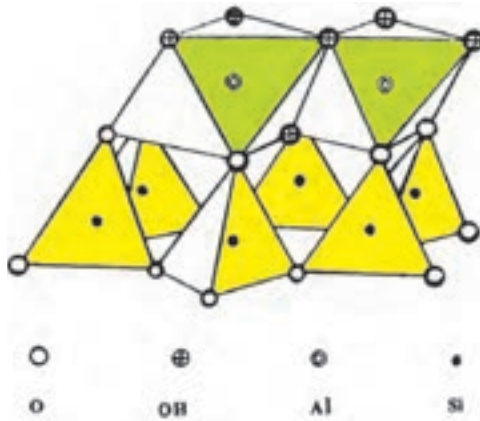


ب - قسمتی از لایه‌ی گیسیت^۱

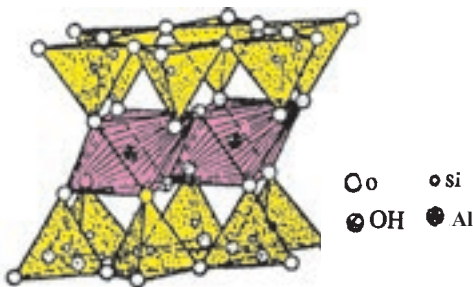


الف - قسمتی از لایه‌ی سیلیکا

شکل ۳-۷



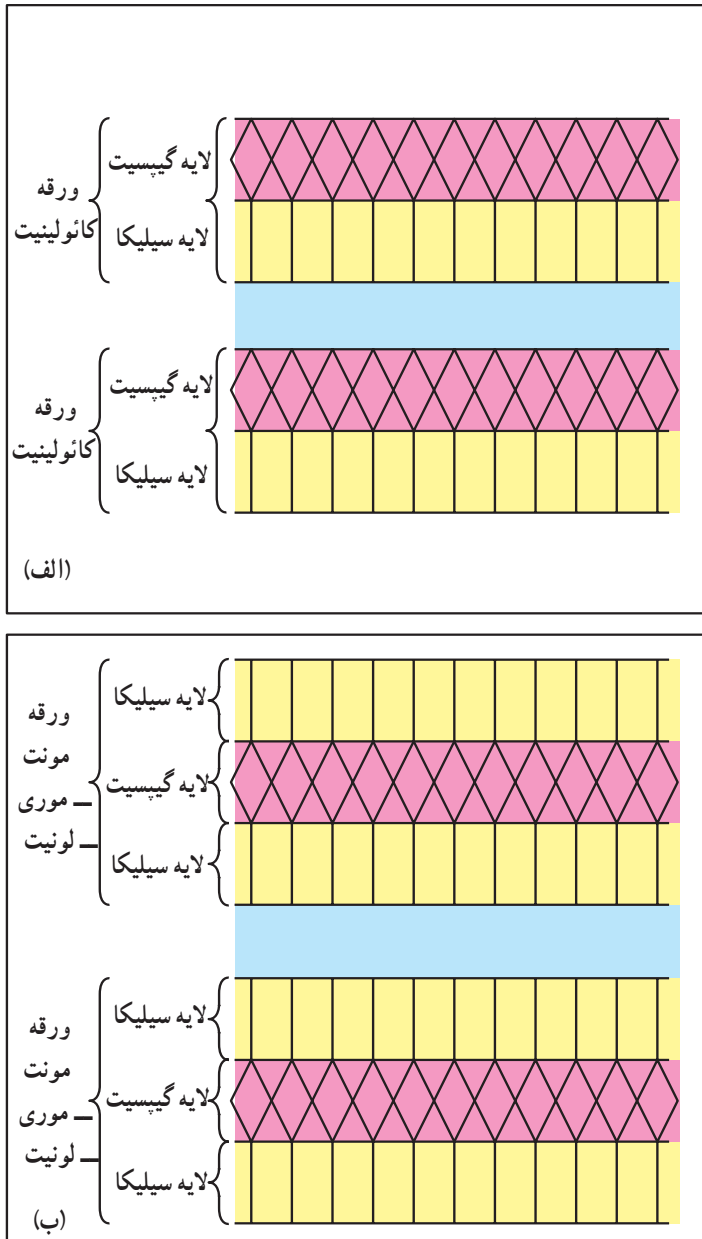
شکل ۳-۸ - نحوه‌ی اتصال لایه‌های سیلیکا و گیسیت در ساختار کائولینیت



شکل ۳-۹ - نحوه‌ی اتصال لایه‌های سیلیکا - گیسیت - سیلیکا در پیروفیلیت

در صورتی که فرآیند ساختار لایه‌ای را در رس‌ها تعمیم دهیم گروه دیگری از مواد تحت عنوان مونت‌موری لونیته‌ها وجود می‌آید که به صورت سه لایه‌ای می‌باشند. در این دسته از مواد، دو لایه‌ی سیلیکا در دو طرف لایه‌ای از گیسیت قرار گرفته‌اند. شکل ۳-۹، نشان‌دهنده‌ی نحوه‌ی اتصال لایه‌های سیلیکا - گیسیت - سیلیکا، در یکی از معروفترین رس‌های سه‌لایه‌ای، تحت عنوان پیروفیلیت است.

با توجه به آنچه که در ساختار کائولینیت ها و مونت موری لونیت ها توضیح داده شد، به دسته‌ی اول رس‌های دو لایه‌ای و به دسته‌ی دوم رس‌های سه لایه‌ای می‌گویند (شکل ۱۰-۳).



شکل ۱۰-۳- الف - رس‌های دو لایه‌ای (کائولینیت) ب - رس‌های سه لایه‌ای (پروفیلیت)

نیروی واندر والس موجود بین ورقه‌های رس‌های سه لایه‌ای که بین لایه‌های همسان ایجاد می‌شود از نیروی واندر والس موجود بین ورقه‌های رس‌های سه لایه‌ای که بین لایه‌های ناهمسان ایجاد می‌شود ضعیف‌تر است در نتیجه جذب آب در رس‌های سه لایه‌ای بیش‌تر از رس‌های دولایه‌ای است. باید توجه داشت که یک کریستال از کانی کائولینیت و یا سایر کانی‌های رسی، تنها از یک ورقه‌ی دولایه‌ای و یا سه لایه‌ای تشکیل نشده است بلکه تعداد زیادی از چنین ورقه‌هایی به مانند صفحات یک کتاب در کنار هم قرار گرفته‌اند که بین آن‌ها پیوندهای نسبتاً ضعیفی برقرار است.

۲-۲-۳- گروه کائولین: اصلی‌ترین گروه کانی‌های رسی، گروه کائولینی است که شامل چهار کانی اصلی کائولینیت $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ، دیکیت، ناکریت و هالوئیزیت می‌باشد. معمولاً مواد اولیه گروه کائولین در صورتی که دارای فقط کانی کائولینیت باشد. (۱۰۰٪) دارای اکسیدهای زیر می‌باشد.

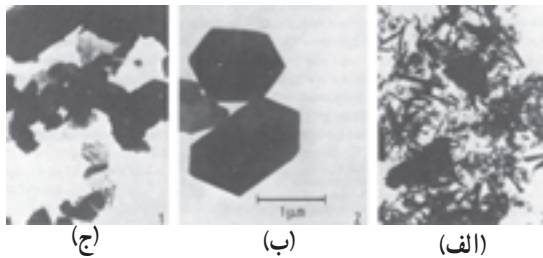
جدول ۲-۳- آنالیز شیمیایی کائولینیت خالص

Al_2O_3	SiO_2	H_2O
۳۹/۵	۴۶/۶	۱۳/۹

ولی کائولن‌های موجود در معادن دارای ناخالصی می‌باشند که میزان اکسیدها متغیر خواهد شد.

جدول ۳-۳- مقایسه‌ی آنالیز شیمیایی دو نوع کائولن

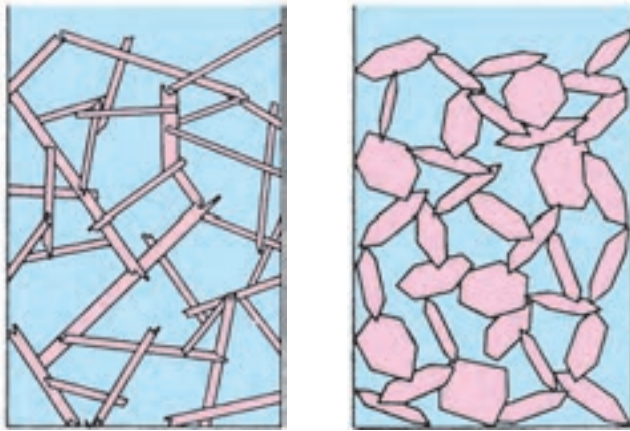
L.O.I ^۱	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	جمع	%رطوبت بر مبنای خشک	مواد اولیه
۱۲/۴۸	۵۳/۰۷	۳۱/۷۲	۰/۷۷	۰/۶۴	۰/۱۷	۰/۳۷	۰/۷۳	۰	۹۹/۹۵	۲	کائولن Hlubany
۹/۰۲	۷۰/۹۰	۱۷/۳۴	۰/۴۵	۰/۰۴	۱/۳۲	۰/۲۱	۰/۲۸	۰/۴۴	۱۰۰	۳	کائولن زنونزشتسته



شکل ۱۱-۳- مقایسه‌ی کانی‌های الف- هالوئیزیت، ب- دیکیت، ج- کائولینیت

۱- افت حرارتی L.O.I= Loss On Ignition، منظور درصد مواد فراری هستند که در دمای C ۱۰۵۰ از ماده خارج می‌شوند. این مواد علاوه بر آب، می‌توانند گازهای مختلف مثل CO_2 و ... باشند.

کائولینیت می‌تواند آب خود را در 60°C از دست بدهد و ساختاری شبیه کائولینیت پیدا کند. تفاوت عمده‌ی دیگر این ماده با سه ماده‌ی پیش (دیکیت، ناکریت و هالوزیت)، شکل ذرات است که در مورد هالوزیت ذرات به صورت لوله‌ای شکل هستند. ولی در مورد کائولینیت، دیکیت و ناکریت، ذرات به صورت مسطح و صفحه‌ای شکل می‌باشد (شکل ۱۲-۳).



الف - ذرات صفحه‌ای شکل کائولینیت ب - ذرات لوله‌ای شکل هالوزیت

شکل ۱۲-۳

همان‌گونه که در قسمت هوازگی فصل اول بیان شد، کائولینیت از تخریب و هوازگی کانی‌های فلدسپات‌دار تشکیل می‌گردد. به رس‌هایی مانند کائولینیت که در اکثر موارد پس از تشکیل، در جای خود باقی می‌مانند و یا به عبارتی می‌توان آن‌ها را در همان محل تشکیل استخراج نمود، رس‌های اولیه و یا برجای مانده می‌گویند.

مرغوبیت یک رگه از کانی کائولینیت را می‌توان به طور ظاهری از روی رنگ آن مشاهده کرد. به عبارتی هرچقدر یک سنگ حاوی کانی کائولینیت نرمتر و در عین حال سفیدتر باشد، نشانه‌ی آن است که فرآیند هوازگی به طور کاملتر انجام شده و مقادیر بیشتری از فلدسپات موجود در سنگ به کائولینیت تبدیل گشته است. علاوه بر آن سفیدی سنگ نشان‌دهنده عدم وجود ناخالصی‌های ناخواسته در ماده است. این ناخالصی‌ها، صرفنظر از تأثیرات منفی رنگی و نامرغوب ساختن خاک، آثار نامطلوب بسیاری در عین پخت بدنه‌های سرامیکی برجای می‌گذارند.

در برخی کشورهای دنیا مانند انگلستان، تکامل فرآیند هوازگی و خلوص سنگ حاوی کانی کائولینیت بقدری بالاست که استخراج آن از معادن تنها توسط فشار آب انجام می‌شود و به ابزار

سنگین مکانیکی برای این کار نیازی نیست (شکل ۱۳-۳).



شکل ۱۳-۳- معدن کائولینیت

هوازگی سنگ‌های حاوی فلدسپات (مانند گرانیت)، یک فرآیند پیچیده‌ی مکانیکی و شیمیایی است و نمی‌توان تأثیر آب را بر روی سنگ، تنها مسبب این فرآیند دانست که علاوه بر سیلیس آزاد فلدسپات نیز باقی می‌ماند.

لازم به ذکر است که ذرات کائولینیت با وجود کوچکی اندازه نسبت به سایر مواد (رس‌های ثانویه)، در بین کانی‌های رُسی از درشت دانه‌ترین موادِ اولیّه به حساب می‌آیند. عوامل فرسایش کم و عدم نقل و انتقال طبیعی سبب شده تا نه تنها این مواد (رس‌های اولیه) نسبت به سایر رس‌ها دارای اندازه‌ی ذرات درشت‌تری باشند بلکه در مقایسه با بقیّه‌ی رس‌ها، از خلوص بالایی هم برخوردار باشند. سهولت شکل‌پذیری و رنگ سفید، پس از پخت این دسته از مواد علاوه بر دیرگدازی بالا، عمده‌ترین دلیل استفاده از آن‌ها در صنایع سرامیک است.

۳-۲-۳- بالکلی‌ها (Ballclays): به غیر از کانی‌های گروه کائولین که پس از تشکیل در جای خود باقی می‌مانند، سایر کانی‌های رُسی، در اثر عوامل فرسایش (آب، باد، ...)، نقل مکان کرده در مکانی دور از محل تشکیل خود، رسوب می‌کنند. به همین دلیل آن‌ها را رس‌های ثانویه و یا رسوبی نامیده‌اند.

بالکلی‌ها (شکل ۱۴-۳) یکی از معروفترین رس‌های ثانویه به حساب می‌آیند. این دسته از رس‌ها توسط عوامل فرسایشی مانند باد و باران شستشو جابجا شده، ریزدانه‌تر از مواد رُسی اولیّه می‌باشند. به همین دلیل جابجایی و رسوب و جدا شدن ذرات درشت فلدسپات و کوارتز در آن‌ها بیشتر است. علاوه بر ریزی دانه و درصد بالای مواد رُسی، وجود مقادیری مواد آلی ناشی از بقایای گیاهان و جانوران همراه با بالکلی‌ها باعث می‌شود تا این دسته از مواد رُسی دارای پلاستیسیته‌ی بیشتری

نسبت به رُس‌های اولیّه (کائولین) باشند. وجود مواد آلی موجب تیرگی رنگ بالکلی‌ها قبل از پخت بوده و تیرگی رنگ بعد از پخت ناشی از وجود ناخالصی اکسید آهن می‌باشد. بالکلی‌ها به دلیل پلاستیسیته‌ی بالا عموماً در ترکیب‌های سرامیکی استفاده می‌شوند.



شکل ۱۴-۳- بالکلی

آنچه که مسلم است مجموعه‌ی این عوامل سبب آن می‌شود که بالکلی‌ها در مقام مقایسه با کائولین ریزدانه‌تر، دارای رنگ تیره، با دیرگدازی^۱ کم‌تر و انقباض بیشتر (پس از خشک شدن و پختن) و از همه مهم‌تر پلاستیسیته بالاتری داشته باشند.

۴-۲-۳- رُس‌های پخت قرمز: در صورتی که عمل فرسایش و خردایش طبیعی کانی‌های رسی باز هم ادامه یابد به موادّی دانه ریزتر از بالکلی‌ها می‌رسیم که به خانواده‌ی رُس‌های سرخ یا رس‌های پخت قرمز یا سفالگری معروفند. پس از ادامه‌ی فرآیند طبیعی نقل و انتقال مواد، علاوه بر آن که سبب خردتر شدن دانه‌های رُس می‌شوند، ورود ناخالصی‌ها (اکسیدهای آهن، تیتانیم و کلسیم) به داخل ساختار شبکه‌ای رُسی موجب از هم پاشیدگی آن‌ها می‌شود. به همین علت رُس‌های قرمز نسبت به تمامی رُس‌های دیگر دانه‌ریزتر، رنگ‌تر و در عین حال پلاستیسیته بیشتری هستند.

عمده‌ترین ناخالصی که سبب ایجاد رنگ قرمز آجری، زرد، قهوه‌ای و ... پس از پخت در خاک‌های این گروه می‌شود ترکیبات آهن است که هم در ساختار ماده داخل شده و هم ممکن است

۱- مواد دیر گداز موادی هستند که دارای تحمل حرارتی بالایی هستند.

به صورت ناخالصی، اکسید آهن همراه با آن باشد.

درصد بالای مواد رُسی به علاوه‌ی ریزدانه بودن، سبب آن شده تا رُس‌های قرمز به عنوان پلاستیک‌ترین شناخته شده باشند. سهولت شکل پذیری و در عین حال چسبندگی آوردن انسان‌های نخستین به آن بوده است.

۱- رس‌های ارتن ور (Erthenware): رس‌های ارتن ور یکی از رس‌های سفید پخت می‌باشند که ناخالصی کمتر، ترکیبات آهن و آهک دارد به همین دلیل پس از پخت دارای رنگ روشن‌تری دارند که در ساخت قطعات سرامیکی مانند چینی بهداشتی و کاشی و... استفاده می‌شود.

۲- مارن‌ها (Marls): گروه دیگر رس‌ها مارن‌ها هستند که مقدار نسبتاً زیادی ناخالصی آهک به همراه خود دارند. از آن جایی که آهک در اثر حرارت دادن تجزیه می‌شود و گاز CO_2 آزاد می‌کند، بدنه‌ی پخته شده‌ای که مقادیری آهک در آمیز اولیه خود داشته است، متخلخل خواهد بود. لذا کاربرد عمده‌ی مارن‌های سفید پخت در ساخت ظروف سرامیکی و از مارن‌های قرمز پخت در تهیه‌ی سیمان استفاده می‌شود.

۳- رس‌های استون ور (Stoneware): جزو مرغوبترین رُس‌های این دسته می‌باشند که ناخالصی آهن در آن‌ها نسبت به بقیه کمتر است و لذا از دیرگدازی بالاتری برخوردارند. رنگ تیره پس از پخت در اثر ناخالصی‌ها و متراکم بودن بدنه‌های پخته شده (به دلیل وجود مقادیر زیاد فاز شیشه)، از بارزترین نشانه‌های به کاربردن این ماده، در محصولات سرامیکی است. مقدار زیادی از این رس در بدنه‌های سفال‌های بام و لوله‌های فاضلاب به کار می‌رود.

۵-۲-۳- رُس‌های نسوز یا فایر کلی (Fireclays): اصطلاح رُس‌های نسوز می‌تواند شامل خانواده وسیعی از رُس‌ها شود. به طور کلی این نام به دسته‌ای از خاک‌های رُسی اطلاق می‌شود که دیرگداز هستند و در حالت عادی دارای پلاستیسیته پایینی می‌باشند در اثر خردایش و ریزکردن ذرات توسط ماشین آلات سنگ شکن باعث بهبود خاصیت پلاستیسیته در آن‌ها می‌شود. شرایط به وجود آمدن این دسته از خاک‌ها در طبیعت به گونه‌ای بوده است که میزان اکسید آلومینیم در آن‌ها نسبتاً زیاد است معمولاً (حدود ۴۰ تا ۵۰٪) و در عین حال مواد قلیایی و اکسید آهن که در دیگر رس‌ها نقش گداز آور (کاهش دهنده‌ی دیرگدازی) را به عهده دارند، در این دسته از مواد کم می‌باشند. (معمولاً کمتر از ۱٪) دیرگدازی رُس‌های نسوز بسته به درصد مواد تشکیل دهنده‌ی آن‌ها بسیار متفاوت است ولی به طور کلی حداکثر تا دمای ۱۴۵۰ می‌باشد.

از رُس‌های نسوز در ساخت پاره‌ای از آجرهای دیرگداز، برخی چینی‌های بهداشتی و دسته‌ای

از کاشی‌های خاص استفاده می‌شود.

۲-۳- بنتونیت‌ها (Bentonites): بنتونیت‌ها رس‌هایی هستند که معمولاً از تجزیه‌ی

خاکستر آتشفشان‌ها حاصل می‌شوند. کانی اصلی این مواد، مونت‌موری لونیت است که دلیل تمایل جذب آب زیاد، موجب افزایش حجم آن می‌شود.

دیرگدازی کم نسبت به سایر رس‌ها و رنگ پس از پخت نامناسب، به علاوه تمایل زیاد به جذب آب در حالت خام و تغییر حجم، ناشی از آن سبب شده تا استفاده از این ماده در آمیزه‌های سرامیکی بسیار محدود باشد. اما به دلیل افزایش استحکام خام در بدنه و تعلیق دوغاب‌های لعاب کاربرد دارد. در انتهای این بخش ذکر این نکته ضروری است که از آن جایی که بالکلی‌ها، رُس‌های نسوز، بنتونیت‌ها ممکن است همگی در یک خاک با مقدارهای مختلف وجود داشته باشد، نام‌گذاری آن خاک بستگی به رسی دارد که با بیشترین میزان در آن خاک موجود است. در واقع در یک خاک تنها یک نوع رس وجود ندارد، بلکه خانواده‌ای از مواد با خواص کم و بیش مشابه وجود دارند. اسامی خاک‌ها در اکثر موارد، به صورت جمع بیان می‌شوند.

مهمترین خاصیت در مواد اولیه پلاستیک خاصیت پلاستیسیته است که در اینجا با آن آشنا

می‌شویم.

۳-۳- پلاستیسیته

شاید یکی از بارزترین خواص رُس‌ها که انسان را به سوی خود جلب نمود پلاستیک بودن آن‌ها باشد. در واقع همین توانایی و قابلیت شکل‌پذیری راحت مواد رسی که ناشی از خاصیت پلاستیسیته در آن‌ها می‌باشد، ما را قادر می‌سازد تا آمیزه‌های حاوی این مواد را به راحتی شکل دهیم. تمامی روش‌های شکل‌دادن معمول سرامیکی اعم از ریخته‌گری، دوغابی، پرس و بخصوص روش‌های گوناگون شکل‌دادن پلاستیک همگی کم و بیش نیازمند درصدی پلاستیسیته در آمیز هستند. موردی که باید به آن توجه داشت آن است که خاصیت پلاستیسیته مواد رسی در حضور آب و در حالت خام، خود را نمایان می‌سازد. به عبارت دیگر مواد اولیه سرامیک به صورت خشک و یا محصولات پخته شده سرامیک، تقریباً هیچ پلاستیسیته‌ای را از خود نشان نمی‌دهند. و شاید در کنار تمامی نقاط قوت محصولات سرامیکی، این مورد یکی از نقاط ضعف بارز آن‌ها باشد. کمبود یا نبود خاصیت پلاستیسیته در محصولات پخته شده سرامیکی، تندی و در نهایت شکست قطعه در اثر ضربه و تنش را سبب می‌شود.

موادّ سرامیکی پلاستیک (دارای خاصیت پلاستیسیته)، خصوصاً موادّ رسی، علاوه بر آن که در مجاورت آب به راحتی و بدون گسیختگی شکل می‌پذیرند، پس از انجام مرحله‌ی فرم‌دهی، شکل خود را همچنان حفظ می‌کنند و به همان حالت، خشک می‌شوند.

ریز بودن اندازه‌ی ذرات موادّ رسی و شکل خاص آن‌ها که به صورت صفحه‌ای است، دو دلیل عمده‌ی وجود خاصیت پلاستیسیته در این دسته از مواد است.

باید توجه داشت که اگر چه آب به طور سنتی و متداول به عنوان بهترین ماده برای به وجود آوردن خاصیت پلاستیسیته در رس‌ها شناخته شده، اما در بسیاری از موارد، بخصوص در موادّ اولیه که دارای خاصیت پلاستیسیته کم می‌باشند، جهت بهبود پلاستیسیته، از پلاستیک‌سازیرها استفاده می‌کنند. پلی‌ونیل‌الکل - گلیسرول و اتیلن‌گلیکول، از جمله‌ی این موادّند.

باردار بودن سطح ذرات رُس که سبب جذب مقادیری آب در بین ورقه‌های آن می‌شود که هر چقدر این مواد، دانه ریزتر و باشند، میزان آب جذب شده بین ورقه‌ها بیشتر خواهد بود.

همین حضور آب در بین ورقه‌های موادّ رسی اجازه حرکت آسان را در اثر اعمال نیرو به آن‌ها می‌دهد.

ریزی ذرات موادّ رسی، سبب جذب آب بیشتر و افزایش خاصیت پلاستیسیته می‌شود. یکی از دلایل عمده زیادی نسبی پلاستیسیته در موادّ رسی ثانویه، مثل بال‌کلی‌ها که نسبت به موادّ رسی اولیه دانه ریزتر هستند نیز همین امر می‌باشد. تأکید این نکته، لازم و ضروری است که تنها ریز بودن اندازه‌ی ذرات، سبب به وجود آمدن خاصیت پلاستیسیته در آن‌ها نمی‌شود، چه بسا موادّی مانند کوارتز را هرچقدر هم که دانه ریز نماییم، پلاستیسیته قابل توجهی در آن مشاهده نکنیم. ساختار صفحه‌ای شکل ذرات رس و تمایل به جذب آب، علاوه بر ریزی دانه‌ها، سبب ایجاد پلاستیسیته در موادّ رسی می‌شود. ساختار ورقه‌ای، ریزی دانه و حضور مواد آلی و ... عوامل مهم تعیین پلاستیسیته در مواد اولیه‌ی سرامیکی است.

خاصیت پلاستیسیته را اگر چه می‌توان به خوبی با لمس انگشتان احساس نمود اما تقریباً هیچ‌گونه آزمایشی که به طور دقیق، میزان پلاستیسیته را نشان دهد، وجود ندارد. لذا در این گونه موارد، جهت مقایسه نسبی میزان پلاستیسیته خاک‌های گوناگون، خواصی را که رابطه نزدیک با پلاستیسیته دارند مورد بررسی قرار می‌دهند. میزان استحکام قطعه‌ی خشک شده، میزان انقباض آن از حالت تر به حالت خشک، روانی و چگونگی حرکت توده گل از جمله این خواص هستند.

جدول ۴-۳- آنالیز شیمیایی چند نوع کائولن و بال کلی

مواد اولیه	SiO _۲	% رطوبت بر مبنای خشک	جمع	L.O.I	Na _۲ O	K _۲ O	MgO	CaO	TiO _۲	Fe _۲ O _۳	Al _۲ O _۳	SiO _۲
کائولن ۳۱-CC	-	۳	۹۹/۹۴	۱۱/۵۱	۰	۰/۹۷	۰/۴۸	۰/۲	۰/۵۹	۰/۹۱	۳۱/۰۳	۵۴/۲۵
کائولن SL-KAD	-	۲	۹۹/۹۷	۱۱/۴۱	۰/۱	۲/۸۸	۸/۳۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۸	۳۳/۸۴	۵۰/۴۶
کائولن SL-TWW	-	۲	۹۹/۹۰	۱۱/۶۵	۰/۱۲	۲/۸۱	۰/۳۷	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۷۶	۳۳/۷۳	۵۰/۳۳
بالکلی SB۱۲۱	-	۱/۰۰۲۳	۹۹/۹۹	۱۲/۳۵	۰/۰۴	۱/۰۱	۰/۲۶	۰/۰۸	۰/۴	۱/۰۳	۳۰/۹۵	۵۳/۸۷
بالکلی ۲-NT	-	۱/۰۰۰۱۶	۹۹/۹۷	۱۰/۱۳	۰/۰۱	۱/۰۰	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۷۲	۱/۴۳	۲۵/۹۶	۶۰/۳۹
بالکلی NH-M	-	۱/۰۰۰۳۱	۱۰۰	۱۰/۸۵	۰/۱۶	۱/۶۵	۰/۴۳	۰/۲۹	۱/۶۳	۲/۸۳	۲۶/۴۴	۵۵/۷۲

- ۱- چند نمونه کانی رسی را نام ببرید.
- ۲- لایه‌های تشکیل دهنده، مواد رسی را نام ببرید. لایه‌های تشکیل دهنده‌ی این مواد به چه ترتیب قرار گرفته‌اند؟
- ۳- نحوه‌ی تشکیل ساختار کاتولین از لایه‌ی سیلیکا و لایه‌ی گیبسیت را توضیح دهید.
- ۴- لایه‌های تشکیل دهنده‌ی رس‌های دولایه‌ای و رس‌های سه‌لایه‌ای کدام لایه‌ها هستند و به چه ترتیب قرار گرفته‌اند؟
- ۵- علت جذب آب بیش‌تر بین رس‌های سه‌لایه‌ای در مقایسه با رس‌های دولایه‌ای را توضیح دهید.
- ۶- نام دیگر رس‌های ثانویه چیست و چرا آن‌ها را به این نام می‌خوانند؟
- ۷- چه عواملی منجر به ریزدانه‌تر و رنگین‌تر شدن رس‌های قرمز نسبت به رس‌های دیگر شده‌اند؟
- ۸- در خصوص مارن‌ها توضیح داده و کاربرد آن‌ها را بنویسید.
- ۹- منشأ پیدایش بنتونیت‌ها چیست؟ کانی اصلی این مواد را نام ببرید.
- ۱۰- چه عواملی باعث ایجاد خاصیت پلاستیسیته در مواد اولیه پلاستیک است؟



فصل چهارم

مواد اولیه‌ی غیرپلاستیک و نیمه‌پلاستیک

اهداف رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

۱- چند نمونه از پرکننده‌ها را نام برده و دلیل کاربرد آن‌ها در مواد اولیه‌ی سرامیک را بیان کند.

۲- انواع اشکال کوارتز موجود در طبیعت را نام ببرد.

۳- نام انواع مختلف فلدسپات‌ها را با ذکر اکسید قلیایی حاکی موجود در آن‌ها بیان کند.

۴- خواص فیزیکی و مشخصات ظاهری فلدسپات‌ها را بیان کند.

۵- ساختار اتمی تالک و نام لایه‌های تشکیل دهنده آن را بیان کند.

۶- خصوصیات ظاهری تالک و انواع بدنه‌های قابل تولید با این ماده‌ی اولیه را بیان کند.

۴- مواد اولیه‌ی غیرپلاستیک و نیمه‌پلاستیک

مقدمه

گروهی از مواد اولیه‌ای که برای ساخت سرامیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، خاصیت پلاستیسیته از خود نشان نمی‌دهند؛ این امر به‌خصوص در مورد مواد اولیه‌ی سرامیک‌های نوین مشهودتر است.

چنین موادی به دلیل نداشتن خاصیت پلاستیسیته به‌تنهایی شکل‌پذیر نیستند و پس از خشک شدن شکل خود را حفظ نمی‌کنند.

شکل ذرات این دسته از مواد که کمتر به صورت لایه‌ای و صفحه‌ای هستند معمولاً دارای

شکل نامنظم می‌باشند با ریزدانه‌تر شدن هم خاصیت پلاستیسیته چندانی پیدا نمی‌کنند. همچنین در طبیعت، موادی وجود دارند که اگرچه مانند مواد اولیه پلاستیک (مثل رس‌ها)، خاصیت پلاستیسیته را از خود نشان نمی‌دهند، اما به اندازه‌ی مواد غیر پلاستیک (مانند سیلیس و فلدسپات) نیز از این خاصیت بی‌بهره نیستند. از معروف‌ترین این مواد، می‌توان تالک و پیروفیلیت را نام برد که به لحاظ کاربرد بیشتر تالک در صنعت سرامیک و فراوانی نسبی آن، در این قسمت مختصراً مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در این فصل ابتدا با مواد اولیه‌ی غیر پلاستیک و سپس مواد اولیه‌ی نیمه پلاستیک آشنا می‌شویم.

۱-۴- انواع مواد اولیه‌ی غیر پلاستیک

۱-۱-۴- سیلیس آزاد: به طور معمول در ساخت سرامیک‌های سنتی علاوه بر استفاده از مواد رسی که جزء اصلی تشکیل دهنده‌ی آمیز هستند و مواد گدازآوری چون فلدسپات‌ها که تأثیر فراوانی بر روی پخت بدنه می‌گذارند، از موادی تحت عنوان پرکننده (Filler) نیز استفاده می‌گردد. پرکننده‌ها موادی غیر پلاستیک هستند که حفظ شکل محصول سرامیکی را در حین پخت به عهده دارند. این مواد که نسبتاً دیرگداز هستند، شکل اصلی جسم را در حین ذوب شدن گدازورها حفظ کرده از دفرمه شدن آن جلوگیری می‌کنند.

یکی از این مواد غیر پلاستیک که کاربرد زیادی در صنعت سرامیک به‌عنوان پرکننده دارد، سیلیس آزاد است. سیلیس آزاد تنها نقش یک پرکننده را در صنایع سرامیک به‌عهده ندارد بلکه می‌توان از این ماده به طور مجزاً و با درصدهای زیاد در ساخت بسیاری از بدنه‌های سرامیکی دیگر از جمله آجرهای سیلیسی استفاده کرد. جدول ۱-۴ سهم هر یک از صنایع را در مصرف سیلیس آزاد نشان می‌دهد.

جدول ۱-۴- سهم مصرف سیلیس آزاد در صنایع سرامیک

نوع کاربرد	درصد از کل
صنایع شیشه	۸۳
آجرهای سیلیسی	۱۲
بدنه‌های چینی	۴
لعاب‌های چینی	۰/۵
لعاب‌های فلزی	۰/۵

سیلیس آزاد ممکن است به اشکال گوناگونی در طبیعت موجود باشد که بسته به خواص و درصد مواد تشکیل دهنده، مورد استفاده قرار می‌گیرد که این گوناگونی می‌تواند به دلیل تفاوت در منشأ تشکیل سنگ باشد. در این قسمت به تعدادی از منابع تأمین سیلیس آزاد اشاره می‌شود.

— کوارتز: بلورهای کوارتز را می‌توان در سنگ‌های اولیه، گرانیت، گنایس و... مشاهده کرد که گاه به صورت رگه‌های مستقل و گاه در میان کانی‌های دیگر قرار گرفته‌اند. از آن جایی که کوارتز کم و بیش تحت تأثیر هوازدگی قرار نمی‌گیرد در صورتی که به حالت رگه‌های مستقل باشد در جای خود باقی می‌ماند. اما اگر این ماده در میان صخره‌هایی که تحت تأثیر هوازدگی قرار می‌گیرد وجود داشته باشد در اثر عوامل فرسایشی شسته شده و در مکانی دیگر رسوب می‌کند. در مواردی ممکن است این ته‌نشینی، همراه با مواد هوازده صورت گیرد مانند آنچه که در مورد رس‌های ثانویه مشاهده می‌شود.

ذکر این نکته ضروریست که همان‌گونه که اشاره خواهد شد، کوارتز نام یکی از اشکال کریستالین (یکی از فازها) سیلیس آزاد است و از آن جایی که در طبیعت سیلیس موجود، عمدتاً به صورت فاز کوارتز یافت می‌شود، این نام را بر آن نهاده‌اند که گاهی برای تأکید بر اسم سنگ، از لفظ «کوارتز صخره‌ای» نیز استفاده می‌شود. در بین منابع طبیعی تأمین سیلیس آزاد، کوارتز صخره‌ای از بیشترین خلوص (حتی تا ۹۹٪ SiO_2) برخوردار است.

— ماسه سنگ، گانیستر، کوارتزیت، ماسه: اشکال ثانویه و رسوبی کوارتز، تحت عناوین ماسه، ماسه سنگ، گانیستر و غیره نامیده می‌شوند. شکل ذرات ماسه در ماسه‌ی آزاد، ماسه سنگ و صخره‌های کوارتزیت بستگی به میزان و نحوه‌ی سایش ذرات و موادی دارد که آن‌ها را پوشانیده است. در ماسه سنگ، ذرات ماسه با پیوندی سیمانی که می‌تواند از جنس سیلیس، آهک، رس، اکسید آهن، میکا و غیره باشد به یکدیگر چسبیده‌اند. به خاطر وجود همین مواد بین ذرات و ناخالصی‌هایی که به همراه خود می‌آورند، نمی‌توان از ماسه سنگ در ساخت بسیاری از بدنه‌های سرامیکی استفاده‌ی لازم را به عمل آورد.

— گانیستر، ماسه سنگی با ذرات بسیار ریز است که مقادیری مواد رسی نیز به همراه دارد. یک گانیستر مناسب، به‌طور متوسط باید حدود ۹۷٪ و یا بیشتر SiO_2 داشته باشد.

— کوارتزیت نیز یک سنگ دگرگونی است که پیوند بین ذرات آن توسط خود سیلیس انجام گرفته است. این پیوند در اثر عوامل دگرگونی بسیار سخت و محکم می‌باشد.

— دیاتومیت: این نوع از سیلیس، از اسکلت جاندارانی تحت عنوان دیاتوم تشکیل شده است.

دیاتومیت ماده‌ای است آمورف با مقادیر زیاد تخلخل که باعث می‌شود تا ضریب انتقال حرارتی آن نسبتاً کم باشد. به همین لحاظ هم از این ماده به عنوان بدنه‌های عایق ویژه استفاده می‌شود.

—فلینت: فلینت که در کشور ما به سنگ چخماق و یا سنگ آتش‌زنه معروف است یکی دیگر از منابع تأمین سیلیس می‌باشد. از آنجایی که این ماده کمتر به صورت خالص می‌باشد و حداکثر شامل مقادیری حدود ۸۵٪ SiO_2 است و ناخالصی‌هایی مانند کربنات کلسیم و ترکیبات آهن، همراه خود دارد تنها در مواردی که خلوص بالای سیلیس مصرفی مد نظر نیست مورد استفاده قرار می‌گیرد. فلینت از کریستال‌های بسیار ریز کوارتز که توسط مولکول‌های آب احاطه شده‌اند، تشکیل شده و لذا دانسیته‌ی آن کمتر از کوارتز می‌باشد ($2/63 \text{ g/cm}^3$).

از آنجایی که منشأ تشکیل فلینت را اسکلت سیلیسی جانوران می‌دانند، همواره مقادیری کربنات کلسیم به صورت پوسته‌ای اطراف آن را فراگرفته است که این پوسته در اثر عوامل فرسایشی مثل نقل و انتقال، توسط آب رودخانه‌ها، از آن جدا می‌شود. قلوه سنگ‌هایی که بدین گونه در بستر رودخانه‌ها و سواحل دریاها یافت می‌شوند علاوه بر تأمین سیلیس در بدنه‌های سرامیکی به دلیل سختی زیاد به‌عنوان گلوله در آسیای گلوله‌ای (بال‌میل) نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

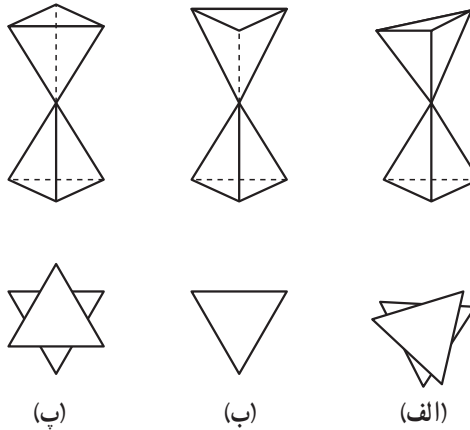
از آنجایی که فلینت، ماده‌ای نسبتاً سخت است و استفاده مستقیم از آن به عملیات خردایش و آسیاب زیاد نیاز دارد، برای آماده‌سازی، آن را تحت فرآیند کلسیناسیون قرار می‌دهند. در حین کلسیناسیون (تکلیس) که از دماهای حدود 400°C شروع و تا 1100°C ادامه می‌یابد به دلیل خروج آب و هوای موجود، در بین حفرات سنگ، انبساطی ناگهانی پدید می‌آید که سنگ، تحمل مقاومت در برابر آن را نداشته، متلاشی می‌شود.

متلاشی شدن کلوخه‌های فلینت به ذرات ریز، خردایش بعدی آن را آسان‌تر می‌نماید. سوختن مواد آلی همراه با فلینت در حین عملیات کلسیناسیون و سفید شدن رنگ تیره آن، از جمله‌ی دیگر دلایل لزوم عمل تکلیس، برای این ماده است.

اگر چه کوارتز پایدارترین و فراوان‌ترین شکل سیلیس در شرایط طبیعی است اما باید توجه کرد که سیلیس SiO_2 دارای اشکال گوناگون کریستالین است که کوارتز تنها یکی از آن‌ها می‌باشد. به عبارتی نحوه‌ی قرار گرفتن چهار وجهی‌های $[\text{SiO}_4]^{4-}$ نسبت به یکدیگر، ساختارهای گوناگون بلورین را پدید می‌آورد.

در واقع تفاوت در نحوه‌ی قرار گرفتن چهار وجهی‌های سیلیکا نسبت به هم سبب پدیدار شدن ساختارهای گوناگون کوارتز، کریستوبالیت و تری‌دیمیت شده است. همان گونه که در شکل ۱-۴

مشاهده می‌کنید نحوه‌ی اتصال دو چهار وجهی از یکی از گوشه‌ها در تری‌دیمیت به گونه‌ای است که سه اتم اکسیژن دیگر موجود در گوشه‌های چهار وجهی بالایی، دقیقاً منطبق بر سه اتم اکسیژن موجود در گوشه‌های چهار وجهی پایینی هستند. در حالی که در مورد کریستوبالیت، چهار وجهی بالایی نسبت به چهار وجهی پایینی به اندازه‌ی 60° درجه چرخیده است. در کوارتز همان گونه که دیده می‌شود این اتصال حالت مشخصی ندارد و همین امر سبب به وجود آمدن ساختاری ماریچی شکل از چهار وجهی‌های سیلیکا می‌شود.



شکل ۱-۴- نحوه‌ی قرار گرفتن چهار وجهی‌های سیلیکا نسبت به یکدیگر در (الف) کوارتز، (ب) تری‌دیمیت، (ب) کریستوبالیت

از تغییرات فازی مهم سیلیس که در صنعت سرامیک از اهمیت خاصی برخوردارند، تبدیلات کوارتز می‌باشد. کوارتز که در دمای معمولی به صورت . وجود دارد، در اثر گرم شدن در دمای 573°C به فاز . تبدیل می‌شود. این تغییر فاز همراه با تغییر ناگهانی حجم است که اگر آرام و کنترل شده صورت نگیرد و میزان کوارتز در آمیز بدنه زیاد باشد می‌تواند سبب ترک خوردگی و شکست قطعه در حین گرم کردن، سرد کردن و حتی پس از آن بشود.

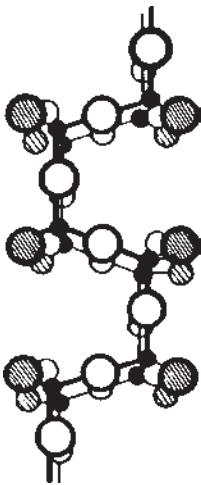
در انتها باید توجه داشت که گرد و غبار حاصل از سیلیس، یکی از خطرناکترین موارد بیماری‌زا در صنایع سرامیک است که منجر به بیماری ریوی سیلیکوز می‌شود. این بیماری در اثر استنشاق مداوم و طولانی مدت ذرات بسیار کوچک سیلیس آزاد ایجاد می‌شود. با استفاده از ماسک تنفسی و تهویه‌ی مناسب محیط از گرد و غبار سیلیس می‌توان از عوارض ذکر شده جلوگیری نمود.

۲-۱-۴- فلدسپات‌ها: در ساخت بدنه‌های سرامیکی، به خصوص محصولات سرامیک‌های

سنتی که در دماهای پایین تری نسبت به بدنه‌های سرامیک‌های نوین پخته می‌شوند، همواره به ماده‌ای جهت کاهش دمای پخت نیاز است. چنین ماده‌ای که تحت عنوان گداز‌آور و یا فلاکس (Flux) نامیده می‌شود به لحاظ وجود عناصری که عمدتاً قلیایی‌ها و قلیایی‌های خاکی هستند، در هنگام پخت زودتر از سایر اجزای بدنه (مثل مواد رسی به کوارتز و ...) ذوب شده و مذاب حاصل، ذرات دیرگداز دیگر را فرامی‌گیرد. سپس در حین سرد شدن، این مذاب، منجمد شده و فازی شیشه‌ای را به وجود می‌آورد که ذرات تشکیل دهنده‌ی بدنه را محکم در کنار یکدیگر نگه می‌دارد. در واقع نوع و میزان گداز‌آورهای موجود در یک بدنه، بسیاری از خواص، از جمله استحکام و تراکم قطعه‌ی پخته شده نهایی را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

مسلم است که مصرف گداز‌آورها در ساخت لعاب‌ها نیز به لحاظ نیاز به حالت شیشه‌ای اهمیت فراوانی دارد.

علاوه بر تعدادی اکسیدهای خاص، مثل اکسید سرب، اکسید بُر و... که در آینده، مورد بررسی قرار خواهند گرفت، اکسیدهای عناصر قلیایی و قلیایی خاکی مانند سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، باریم، لیتیم و ... عمده‌ترین گداز‌آورهای هستند که در صنعت سرامیک مطرح می‌باشند. از آن جایی که این اکسیدها کمتر به صورت خالص و آزاد یافت می‌شوند، همواره سعی می‌شود تا از کانی‌هایی که دارای این مواد هستند جهت این منظور استفاده شود. شاخص‌ترین و اصلی‌ترین گروه این دسته از مواد گداز‌آور، فلدسپات‌ها می‌باشند.



فلدسپات‌ها شامل سیلیکات‌های آلومینیوم قلیایی یا قلیایی خاکی هستند که عموماً مقادیری کوارتز و یا گاهی میکا نیز به همراه خود دارند. فلدسپات‌های طبیعی، عمدتاً مخلوطی از مقادیر گوناگون آلومینوسیلیکات‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم هستند. همان گونه که از جدول ۱-۳ به یاد دارید، فلدسپات‌ها دارای ساختمان شبکه‌ی سه بُعدی براساس اتم‌های سیلیسیم - آلومینیوم - اکسیژن هستند.

برخی از خواص فیزیکی فلدسپات‌ها به صورت زیر می‌باشد :

دمای ذوب فلدسپات‌ها ۱۵۳۲-۱۱۱۰ درجه سلسیوس

وزن مخصوص فلدسپات‌ها ۲/۶۳ - ۲/۵۶ گرم بر سانتی متر

شکل ۲-۴ - ساختار فلدسپات

مکعب

سختی فلدسپات‌ها ۶/۵ - ۶/۰ (واحد موهس)

مشخصات ظاهری فلدسپات‌ها بسته به نوع فلدسپات و ناخالصی‌های همراه، می‌تواند بسیار متنوع باشد. جلای شیشه‌ای تا مرواریدی و رنگ‌های سفید، کرم، صورتی، نخودی، قرمز، خاکستری، سبز و حتی مایل به آبی از ویژگی‌های ظاهری فلدسپات‌های گوناگون هستند.

همان‌گونه که پیش از این نیز ذکر شد هدف استفاده از فلدسپات‌ها در آمیز، ورود یک سری اکسیدهای خاص، جهت پایین آوردن دمای پخت بدنه است. انتخاب فلدسپات برای این منظور علاوه بر فراوانی و قابل دسترسی بودن آن، ناشی از عدم حلالیت نسبی قلیایی‌های این مواد در آب است. اگر چه فلدسپات‌ها بسیار متنوع هستند و می‌توانند خانواده‌ی بسیار گسترده‌ای از مواد را تشکیل دهند اما عموماً دو عنصر سدیم و پتاسیم، تشکیل شده‌اند.

پلاژیوکلازها، مخلوطی از فلدسپات‌های سدیم و کلسیم هستند که در صورتی که کاملاً سدیمی باشند (میزان فلدسپات کلسیم ناچیز باشد) آلبیت و در صورتی که کاملاً کلسیمی باشند (میزان فلدسپات سدیم ناچیز باشد) آنورتیت نامیده می‌شوند. در صورتی که کاملاً پتاسیمی باشند ارتوکلاز نام دارد. رنگ فلدسپات‌های عمدتاً خاکستری روشن زرد و یا صورتی کم‌رنگ تا قرمز است که گاه ترکیب تمامی این رنگ‌ها با یکدیگر ممکن است آن را سفید رنگ و یا بی‌رنگ جلوه دهد. جلای این کانی شیشه‌ای است.

میزان گدازآوری یک فلدسپات و محدوده‌ی پخت آن، از عوامل مهم و مؤثری هستند که در انتخاب آن‌ها به عنوان یک گدازآور مناسب، نقش اساسی را بازی می‌کنند. به عنوان مثال، آلبیت یک فلدسپات با دمای ذوب نسبتاً پایین است که از دمای حدود ۱۱۷۰ - ۱۱۵۰ درجه سلسیوس شروع به ذوب می‌کند (در صورتی که میزان ناخالصی‌هایی چون اکسید آهن، ناچیز باشد). درحالی که این دما در مورد ارتوکلاز کمی بالاتر بوده و حدود ۱۲۰۰ درجه‌ی سلسیوس می‌باشد (دمای ذوب آنورتیت بسیار بالاتر و درحد 1550°C است). لذا در مواردی که به گدازآوری بیشتری نیاز است، آلبیت ترجیح داده می‌شود. اما در بسیاری از موارد در هنگام ساخت بدنه‌های سرامیکی عملاً فلدسپات پتاسیم با وجود نقطه‌ی ذوب بالا انتخاب می‌شود زیرا یکی از ویژگی‌های این ماده، دامنه‌ی پخت طولانی‌تر نسبت به فلدسپات سدیم است. به عبارتی محدوده‌ی دمایی که در آن فلدسپات پتاسیم شروع به ذوب می‌کند تا هنگامی که مذاب حاصل به صورت فرار درمی‌آید بسیار وسیع‌تر از مورد فلدسپات سدیم است. لذا در صورت استفاده از فلدسپات پتاسیم به عنوان ماده‌ای گدازآور، با آسودگی و اطمینان بیشتری می‌توان فرآیند پخت محصولات سرامیکی را انجام داد.



شکل ۳-۴- نفلین سیانیت

اگر چه فلدسپات‌ها اصلی‌ترین گدازآوره‌های صنعت سرامیک هستند اما نفلین سیانیت و ولاستونیت مواد دیگری هستند که جهت گدازآوری مورد استفاده قرار می‌گیرند. کانی نفلین سیانیت حدوداً ۵۰٪ آلبیت، ۲۵٪ میکروکلین و ۲۵٪ نفلین است که نسبت به فلدسپات دارای میزان آلومینا و سدیم بیشتری می‌باشد.

اما هیچ‌گاه نباید درحین کار با این مواد (فلدسپات‌ها)، جانب احتیاط را از دست داد.

جهت جلوگیری از ابتلا به بیماری ریوی، استفاده از ماسک‌های مخصوص تنفسی و تهویه محیط الزامی است.

جدول ۲-۴- آنالیز شیمیایی تعدادی از فلدسپات‌های ایران

اجزا منابع	SiO _۲	Al _۲ O _۳	Fe _۲ O _۳	TiO _۲	CaO	MgO	Na _۲ O	K _۲ O	Li _۲ O	L.O.I
فلدسپات بروجرد ایران	۶۸/۷	۱۸/۸۰	۰/۲۴	۰/۰۳	۰/۷۰	۰/۲۹	۹/۰	۰/۰۹	-	۱/۵۱
فلدسپات نطنز ایران	۷۸/۶۹	۱۱/۶۹	۰/۱۵	۰/۱۰	۱/۰۴	۰/۱۹	۶/۵۸	۰/۶۳	-	۱/۰۴
فلدسپات قشلاق مشهد ایران	۷۱/۶۷	۱۹/۵۲	۰/۵۹	۰/۳۲	۰/۸۴	۰/۰۵	۳/۱	۳/۹۵	-	-
فلدسپات مغانلو زنجان ایران	۸۱	۱۱	-	-	-	-	۶/۵	-	-	-
فلدسپات زنجان	۷۸/۳۵	۱۲/۳۴	۰/۲۵	۰/۰۳	۰/۷۱	۰/۱۹	۶/۳۷	۰/۱۱	-	۱/۰۱۹
فلدسپات ساوه	۶۸-۷۰	۱۴-۱۶	۰/۳-۰/۶	۰/۳-۰/۴	۲-۴	۰/۲	۷-۸	۰/۲-۰/۴	-	۲-۴

۲-۴- مواد اولیه نیمه پلاستیک

۲-۴-۱- تالک: همان گونه که ذکر شد اگر چه تالک، ماده‌ای پلاستیکی نیست ولی از آنجایی که ساختار آن، شباهت زیادی به رس‌های سه‌لایه‌ای دارد و درعین حال افزودن آن به مواد اولیه پلاستیک مشکلی ایجاد نمی‌کند.

ساختار اتمی تالک تا حد زیادی شبیه به ساختار رس سه‌لایه‌ای پیروفیلیت است که در قسمت پیش، مورد بررسی قرار گرفت. تفاوت عمده این دو کانی در نوع لایه میانی ساختار آن‌هاست. در ساختار پیروفیلیت، لایه‌ای از گیسیت $Al(OH)_3$ توسط دو لایه سیلیکا (SiO_2) احاطه شده و ساختمان سه‌لایه‌ای سیلیکا - گیسیت - سیلیکا را به وجود آورده است. تالک نیز دارای چنین ساختاری است با این تفاوت که به جای لایه‌ی گیسیت لایه‌ی تحت عنوان بروسیت قرار دارد که فرمول شیمیایی آن $Mg(OH)_2$ می‌باشد.

تالک در طبیعت به صورت ناخالصی ممکن است شامل مقادیری اکسیدهای آلومینیوم، آهن و کلسیم باشد. از مشخصات بارز تالک که از ساختار لایه‌ای آن ناشی می‌شود، کلیواژ آن در جهت ورقه‌هاست. سهولت لغزیدن ورقه‌های تالک بر روی هم سبب آن شده تا این ماده لمسی چرب و صابونی داشته باشد و به عنوان نرم‌ترین کانی در جدول موهس مطرح گردد. به همین جهت، به برخی رگه‌های نسبتاً ناخالص تالک، سنگ صابون هم اطلاق می‌شود.

رنگ کانی تالک بسته به میزان ناخالصی‌های همراه آن می‌تواند از سفید تا سبز روشن متغیر باشد اما یک تالک مرغوب برای استفاده در بدنه‌های سرامیکی باید بعد از پخت در دمای $1350^\circ C$ ، به رنگ سفید درآید. در بسیاری از منابع، تالک را مترادف با استاتیت (Steatite) بیان کرده‌اند. از ترکیب استاتیت یا تالک (حدود 70° تا 90° درصد) با مقادیر کمی مواد رسی و مواد گدازآور و پخت در دمای مناسب می‌توان بدنه‌های استاتیته را تولید نمود. از این بدنه‌ها به عنوان عایق الکتریسیته استفاده می‌شود (شکل ۴-۴).

با افزودن 5% مواد رسی و برخی مواد پیش‌بخته شده (شاموت) به تالک، می‌توان بدنه‌های کوردیریتی را تولید نمود. اصلی‌ترین جزء این بدنه‌ها، کانی کوردیریت است که یک سیلیکات آلومینیم - منیزیم با فرمول ساختاری $5SiO_2 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 2MgO$ می‌باشد. این ماده در دماهای بالا، یک عایق بسیار خوب الکتریسیته است. همچنین به دلیل آن که ضریب انبساط حرارتی این ماده کم می‌باشد، تغییرات ابعادی آن در اثر تغییرات دما اندک بوده و می‌تواند ماده‌ای شوک‌پذیر در مقابل حرارت باشد.



شکل ۴-۴- تعدادی از قطعات حساس و سایل الکتریکی ساخته شده از بدنه‌های استاتیوی

لذا علاوه بر آن که از این ماده به عنوان عایق‌های خوب الکتریسیته استفاده می‌شود به لحاظ شوک‌پذیری بالای حرارتی می‌تواند به صورت تجهیزات کوره مانند پایه، صفحه و... مورد استفاده قرار گیرد.

مقادیری تا حدود ۵۰٪ تالک را در آمیز بدنه‌های ارتن و برای کاشی‌های دیواری استفاده می‌کنند تا این کاشی‌ها، در اثر جذب رطوبت محیط، انبساط چندانی پیدا نکنند و لعاب آن‌ها ترک نخورد.

افزودن مقادیری تالک به برخی بدنه‌های چینی‌های رومیزی متخلخل، باعث افزایش استحکام و شوک‌پذیری آن‌ها می‌شود. هنگام کار کردن با تالک نیز مانند سیلیس و فلدسپار باید اصول ایمنی و بهداشتی ذکر شده رعایت شوند.

- ۱- استنشاق مداوم و طولانی مدت ذرات سیلیس باعث چه بیماری می شود و چگونه می توان از این بیماری جلوگیری کرد؟
- ۲- دلیل انجام عمل کلسیناسیون برای آماده سازی فلینت چیست و این عمل منجر به چه نتیجه ای خواهد شد؟
- ۳- دیاتومیت چیست و چه کاربردی دارد؟
- ۴- چرا با وجود این که فلدسپات پتاسیم دار (ارتوکلاز) نقطه ذوب بالاتری نسبت به فلدسپات سدیم دار (آلبیت) دارد، در ساخت بسیاری از بدنه های سرامیکی از این ماده اولیه استفاده می شود؟
- ۵- دلیل عمده استفاده از فلدسپات ها در بدنه های سرامیکی چیست؟ انتخاب فلدسپات برای این منظور چه مزایایی نسبت به سایر مواد مشابه دارد؟
- ۶- مواد اولیه عمده ی سازنده ی بدنه های کوردیریتی چیست و مهم ترین خواص این بدنه ها را بنویسید.
- ۷- ناخالصی های عمده ی همراه تالک کدامند؟
- ۸- ساختار لایه ای تالک باعث پدید آمدن چه مشخصات عمده ای برای این ماده ی اولیه شده است؟
- ۹- ساختار اتمی تالک مشابه کدام نوع از رس ها است و نام لایه های تشکیل دهنده ی آن چیست و این لایه ها به چه ترتیب قرار گرفته اند؟



فصل پنجم

افزودنی‌ها

اهداف رفتاری: از هنرجو انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند:

۱- انواع کربنات‌های مورد استفاده در مواد اولیه‌ی سرامیک را توضیح دهد.

۲- ترکیبات بر و دلیل مصرف آن‌ها در لعاب‌ها و شیشه‌ها را بیان کند.

۳- عمده‌ترین سولفات‌های قابل مصرف در صنعت سرامیک را نام برد.

۴- نحوه‌ی تشکیل و خواص کوران‌دوم و علت مصرف آن در صنایع سرامیک

را بیان کند.

۵- عمده‌ترین اکسیدهای مورد مصرف در صنایع سرامیک را نام برد.

۶- تعدادی از عوامل رنگزا را نام برد.

۵- سایر مواد اولیه سرامیک (افزودنی‌ها)

مقدمه

علاوه بر مواد اولیه پلاستیک، غیرپلاستیک و نیمه پلاستیک مواد اولیه دیگری نیز به منظورهای مختلف به آمیز موردنظر جهت ساخت سرامیک‌ها افزوده می‌شوند که در این فصل با برخی از انواع آن‌ها و تأثیری که بر محصول دارند و دلیل کاربرد هریک آشنا می‌شوید.

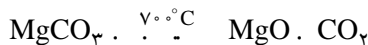
۵-۱- کربنات‌ها

کربنات‌ها دسته‌ای از مواد اولیه سرامیکی هستند که یا نقش کمک‌کننده را در فرآیند تولید محصولات سرامیکی ایفا می‌کنند و یا خود به تنهایی از مواد اصلی ساخت پاره‌ای از فرآورده‌های سرامیکی هستند. در عین حال همین کربنات‌ها می‌توانند در بسیاری از موارد که به طور ناخواسته

همراه با موادّ اولیه‌ی مصرفی وجود دارند ایجاد مزاحمت کنند و در مراحل مختلف تولید قطعات سرامیکی، به خصوص، مرحله‌ی پخت، باعث ایجاد مشکلاتی شود. در این قسمت از کتاب، با تعدادی از موادّ کربناتی که در صنایع سرامیک بیشتر کاربرد دارند، آشنا می‌شوید.

۱-۵-۱- منیزیت : منیزیت ($MgCO_3$ کربنات منیزیم) مینرالی رسوبی است که از تجزیه‌ی سنگ‌های آذرین شدیداً بازی حاوی الیون و یا سایر سیلیکات‌های منیزیم به وجود آمده است که استفاده‌ی آن در ساخت فرآورده‌های دیرگداز بازی نظیر صنایع سیمان و فولاد می‌باشد. این کانی اکثراً با موادّ دیگری چون سنگ آهک و دولومیت همراه است.

از آن جایی که منیزیت در اثر حرارت دیدن تجزیه می‌شود و گاز CO_2 آزاد می‌کند ($52/20\%$ وزن کربنات منیزیم، CO_2 می‌باشد) باید قبل از استفاده از آن در محصولات سرامیکی، حتماً به طور کامل کلسینه شود. در غیر این صورت، خروج گاز حاصل شده در حین پخت می‌تواند سبب ترک، شکست و یا حتی انفجار و متلاشی شدن قطعه گردد. این نکته باید در هنگام کار با تمامی کربنات‌ها مد نظر قرار گیرد. جدول ۱-۵ تعدادی از خواصّ منیزیت و منیزیا را نشان می‌دهد.



جدول ۱-۵- برخی از خواصّ فیزیکی منیزیم و کلسیم

نام ماده	فرمول	وزن مخصوص	سختی	دمای تجزیه (°C)
کربنات کلسیم خالص (کلسیت)	$CaCO_3$	۲/۷	۲-۳	۹۰۰ دمای تجزیه
دولومیت	$CaCO_3 \cdot MgCO_3$	۲/۸ - ۲/۹	۳/۵-۴	تجزیه در ۷۰۰-۵۰۰ و ۱۰۰۰-۸۰۰
کربنات منیزیم (منیزیت)	$MgCO_3$	۳	۳/۵-۴/۵	تجزیه در ۳۵۰

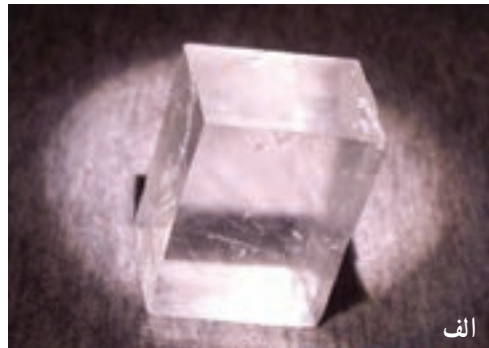
به اکسید منیزیم حاصل نیز، در اکثر موارد، با وجود آن که دیگر جزء کربنی ندارد- منیزیت گفته می‌شود. تمایل اکسید منیزیم به ترکیب با رطوبت موجود در اتمسفر و تشکیل $Mg(OH)_2$ سبب انبساط زیاد و شکست نسوزهای منیزیتی می‌شود. این تمایل به ترکیب با آب را می‌توان تا حدّ زیادی با کلسینه کردن منیزیت در دمای $1500^\circ C$ و یا بالاتر کاهش داد.

پخت آجرهای منیزیتی، معمولاً در دمای $1800^\circ C - 1600^\circ C$ انجام می‌گیرد که در حین پخت قطعه‌ی نهایی حدود 25% انقباض خواهد داشت. وجود ناخالصی‌های آهن که معمولاً همراه منیزیت

هستند تا حدّ زیادی دمای پخت را کاهش می دهند که این به معنی کاهش دیرگدازی این محصول
سرامیکی خواهد بود.

آب دریا حاوی کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم (دولومیت) یکی از منابع تأمین منیزیت و منیزیا
می باشند.

۲-۱-۵- کربنات کلسیم: کربنات کلسیم یا کلسیت، (شکل ۱-۵) (کانی کربنات کلسیم)
یکی دیگر از مواد اولیه مورد استفاده در صنایع سرامیک است. آزادسازی مقادیر زیاد گاز CO_2
سبب گردیده تا هیچ گاه به مقدار زیاد از این ماده به طور مستقیم در بدنه های سرامیکی استفاده نشود
(مگر در مواردی که هدف ساخت قطعات متخلخل سرامیک مثل بدنه های ارتن و ر است)، بلکه ابتدا
در کوره های دوآر و... کلسینه شده پس از تبدیل به CaO مورد استفاده قرار می گیرد. هرگاه به
کربنات کلسیم با خلوص بالا نیاز باشد از روش های شیمیایی جهت تولید آن استفاده می شود. کربنات
کلسیم با خلوص بالا در ساخت لعاب های سرامیکی، لعاب های فلزی و شیشه های اپتیک (برای
مصارف نوری) کاربرد زیادی دارد.



شکل ۱-۵- الف و ب دو نمونه کانی کربنات کلسیم

با حرارت دادن کربنات کلسیم در دمای حدود $900^{\circ}C$ تمامی جزء CO_2 آن که $43/97\%$ وزن
ماده را تشکیل می دهد به صورت گاز خارج می شود.

علاوه بر کلسیت از سنگ آهک، مرمر، مارن (رس های آهکی)، گل سفید و... می توان برای

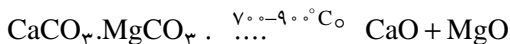
تهیه کربنات کلسیم استفاده کرد. جدول ۱-۵ تعدادی از مشخصات فیزیکی این ماده را نشان می دهد. استفاده محدود از کربنات کلسیم در بدنه های سرامیکی و مقدار بیشتری در لعاب ها به عنوان گدازآوری اکسید کلسیم است (اکسید کلسیم را می توان از بسیاری منابع دیگر مانند فلدسپات های کلسیم، ولاستونیت، فلوریت و ... تأمین نمود).

۳-۱-۵- دولومیت : کانی دولومیت، کربنات مضاعف (دوگانه) کلسیم و منیزیم با فرمول $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (۵۴٪ CaCO_3 و ۴۶٪ MgCO_3) است. تشکیل سنگ های دولومیتی براساس تعدادی واکنش های انجام شده که دو مورد عمده ی آن عبارتند از :

- تأثیر محلول های حاوی منیزیم بر روی آهک

- رسوب کربنات منیزیم از محلول های فوق اشباع

از آنجایی که سنگ دولومیت، در واقع مخلوطی از نسبت های گوناگون و متغیر منیزیت و کلسیت است، میزان CaO موجود در سنگ با MgO آن برابر نیست (۱). $\left(\frac{\text{MgO}}{\text{CaO}}\right)$. علاوه بر این همواره مقادیری از ناخالصی هایی چون سیلیس و اکسید آهن را با خود دارد. اصلی ترین کاربرد دولومیت به عنوان دیرگداز برای آستر و پوشش داخلی کوره های ذوب آهن است. برای آماده سازی دولومیت در دیرگدازها (آجرهای نسوز) کلسینه می شود.



به دولومیت تکلیس شده، «دولوما» گفته می شود. با وجود آن که کلسیناسیون منیزیت در دمای ۷۰۰ درجه و کلسیناسیون کلسیت در دمای ۹۰۰ درجه انجام می پذیرد ولی دمای تکلیس دولومیت را برای رسیدن به ماده ای با حداقل تخلخل تا دمای ۱۷۰۰ C بالا می برند. این کار عمدتاً در کوره های دوآر و یا کوره های بلند انجام می گیرد.

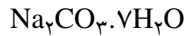
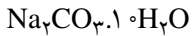
علاوه بر کاربردهای دیرگدازی، از آن جایی که دولومیت می تواند در مقادیر محدود و به همراه سایر مواد، به عنوان یک گدازآور، عمل کند، در ساخت بسیاری از شیشه ها و لعاب ها، از جمله لعاب های چینی که دارای دمای ذوب نسبتاً بالایی هستند، مورد استفاده قرار می گیرد.

۴-۱-۵- کربنات سدیم : این ماده، به دلیل وجود سدیم که گدازآوری قوی است به مقادیر زیاد در ساخت لعاب ها و به خصوص در ساخت محصولات شیشه ای استفاده می شود. پایین آوردن دمای ذوب مجموعه ی مواد اولیه ی مورد استفاده در صنعت شیشه و افزایش میزان روانی مذاب شیشه، که نقش اساسی را در انتقال و فرآیند شکل دهی آن دارد از عمده ترین دلایل کاربرد سودا در

صنعت شیشه است.

سودا ترکیبات مختلفی دارد که از نظر تعداد آب شیمیایی متفاوت است. انواع سودا عبارتند

از:



۲-۵- ترکیبات بُر

از بوراکس و سایر بورات‌ها به عنوان گدازآور در لعاب‌ها استفاده می‌شود. نقطه‌ی ذوب نسبتاً پایین ترکیبات بُر (به عنوان مثال نقطه‌ی ذوب اکسید بُر B_2O_3 ، 294°C است). باعث شده تا از آن‌ها به طور گسترده‌ای در ساخت برخی لعاب‌ها استفاده شود. علاوه بر گدازآوری، نقش این مواد به عنوان «شیشه ساز» از اهمیت خاصی برخوردار است. همچنین سیالیت لعاب در حین ذوب و کامل شدن آن در دماهای نسبتاً پایین از دلایل دیگر تمایل به استفاده از این ترکیبات می‌باشد.

اکسید بُر، کمتر به صورت آزاد یافت می‌شود اما اشکال دیگر بُر مانند بوراکس، اسیدبوریک و... به طور گسترده‌ای در صنعت سرامیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. از اسیدبوریک H_3BO_3 عمدتاً در لعاب‌هایی که باید به دلایلی مواد قلبایی در آن‌ها حضور نداشته باشد، استفاده می‌شود.

بوراکس با فرمول شیمیایی $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ و کرنیت با فرمول شیمیایی $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ کانی‌هایی هستند که می‌توانند برای استفاده از بُر مورد مصرف قرار گیرند. مسلّم است که خالص سازی این کانی‌ها برای ورود ترکیبات خالص بُر به بدنه، لازم و ضروری است. کلمانیت با فرمول شیمیایی $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ یکی دیگر از کانی‌های بُردار است که می‌تواند جهت ساخت لعاب‌ها مورد استفاده قرار گیرد. یکی از مزایای این کانی، حلالیت بسیار کم آن در آب در مقایسه با سایر ترکیبات بُر است. در واقع یکی از اصلی‌ترین نقاط ضعف موادی چون بوراکس، اسیدبوریک و... قابلیت حل آن‌ها در آب است. لذا از این مواد به طور مستقیم در ساخت لعاب استفاده نمی‌کنند بلکه ابتدا آن‌ها را به صورت فریت درآورده سپس مورد استفاده قرار می‌دهند. یکی دیگر از موارد استفاده از ترکیبات بُر، ساخت شیشه‌های بوراتی است. حضور ترکیبات بُر در این شیشه‌ها که به طور عام شیشه‌های بور و سیلیکاتی نامیده می‌شوند و گاهی تحت نام تجارتي خود، «پیرکس» شناخته می‌شوند، به دلیل کاستن از ضریب انبساط حرارتي محصول شیشه‌ای، آن را در مقابل تغییرات سریع حرارت، شوک پذیر می‌نمایند.

افزایش سختی لعاب‌ها و واکنش بهتر بین لعاب و بدنه، علاوه بر افزایش مقاومت لعاب در برابر

مواد شیمیایی، آب و مواد قلیایی از دیگر دلایل تمایل به استفاده از ترکیبات بُر، در لعاب‌ها است.

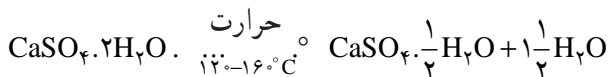
جدول ۲-۵ - برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی ترکیبات بر

ترکیب بُر	فرمول شیمیایی	وزن مخصوص g/cm ^۳	حلالیت در آب صفر درجه سلسیوس g/۱۰۰ ml	حلالیت در آب صد درجه سلسیوس g/۱۰۰ ml
اکسید بُر	B _۲ O _۳	۱/۸	۱/۱	۱۵/۷
اسیدبوریک	B _۲ O _۳	۱/۴	۱/۹۵	۳۹/۱
بوراکس	Na _۲ O.۲B _۲ O _۳ .۱۰H _۲ O	-	۲/۲۹	۱۹۱/۱

۳-۵ - سولفات‌ها

عمده‌ترین سولفات‌های قابل مصرف در صنعت سرامیک‌ها عبارتند از: سولفات کلسیم، سولفات سدیم و سولفات باریم می‌باشد.

ژپس^۱ را که کانی سولفات کلسیم است شاید بتوان یکی از عمده‌ترین مواد مصرفی در صنایع سرامیک دانست. گچ قالبسازی^۲ که اهمیت آن در ساخت محصولات سرامیکی به خصوص در روش ریخته‌گری دوغابی و شکل دادن پلاستیک برکسی پوشیده نیست از این کانی به دست می‌آید. ژپس، سولفات کلسیم با دو مولکول آب است که اصطلاحاً دی‌هیدرات نامیده می‌شود. در حین فرآیند پخت گچ، این ماده که عمدتاً به صورت سنگ گچ در طبیعت یافت می‌شود، در دمایی مشخص به اندازه‌ی $\frac{1}{۳}$ مول از ۲ مول آب خود را از دست می‌دهد و به صورت گچ نیمه هیدرات بر جای می‌ماند.



گچ قالبسازی (گچ نیمه هیدرات)

ادامه‌ی روند حرارت دادن، سبب تبدیل گچ نیمه هیدرات به گچ بدون آب یا گچ آنیدرید (CaSO_۴) می‌شود.

نحوه‌ی تولید صنعتی گچ نیمه هیدرات به صورتی است که همواره مقادیری گچ آنیدرید (که خود دارای حالت‌های گوناگون است) همراه با گچ نیمه هیدرات به وجود می‌آید. وجود این ماده در

۱- gypsum

۲- plaster

کنار گچ نیمه‌هیدرات بر روی بسیاری از خواص آن تأثیر منفی می‌گذارد. معمولاً از گچ نیمه‌هیدرات مرغوب که تولید آن در دمای کنترل شده و تحت فشار است، (گچ نوع آلفا) برای کاربردهای ظریف و حساس مانند گچ دندان‌پزشکی و شکسته‌بندی استفاده می‌نمایند. گچ نوع (.) که در فشارها و شرایط معمولی تهیه می‌گردد نسبت به گچ نوع (.) نامرغوب‌تر است. مقادیر کمی از این نوع گچ به علاوه مقادیر زیادی آئیدرید، گچ ساختمانی را تشکیل می‌دهند.

۴-۵- اکسیدها

مواد اکسیدی چه به صورت منفرد و چه به همراهی مواد دیگر، نقش زیادی در ساخت محصولات سرامیکی دارند. استفاده جزئی از این مواد، عمدتاً در بخش سرامیک‌های معمولی مطرح می‌گردد و در صورتی که از این مواد به صورت تنهایی و با درصدهای زیاد استفاده شود عموماً موارد کاربردی سرامیک‌های مدرن مد نظر است. در این قسمت به بررسی مختصر تعدادی از اکسیدهای مهم مصرفی در صنایع سرامیک می‌پردازیم.

۱-۴-۵- آلومینا: اگر چه اکسید آلومینیوم یا آلومینا (Al_2O_3) ممکن است به صورت فازهای گوناگونی وجود داشته باشد اما عمومی‌ترین شکل آن که در عین حال پایدارترین نوع نیز هست، آلومینای نوع آلفا یا «کورانوم» می‌باشد. این ماده از حرارت دادن تمامی اشکال دیگر آلومینا به دست می‌آید.

با وجود آن که آلومینوسیلیکات‌ها که از ترکیب آلومینیوم با اکسیژن و سیلیسیم به وجود می‌آیند یکی از فراوان‌ترین اجزای پوسته‌ی زمین هستند، ولی در مقام مقایسه، آلومینا ماده‌ای کمیاب است که عمدتاً به صورت هیدراته در سنگ بوکسیت یافت می‌شود. این سنگ از کانی‌های گیسپیت $Al(OH)_3$ و بوهمیت و دیاسپور تشکیل شده است.

سختی زیاد کورانوم، دیرگدازی (دمای ذوب $2050^\circ C$)، پایداری تا نقطه‌ی ذوب، تحمل تغییرات قابل توجه حرارت بدون شکست (شوک‌پذیری) و مقاومت در برابر اسیدها و بازها حتی در دماهای بالا، از جمله دلایل استفاده‌ی گسترده از این اکسید هستند. ساینده‌ها، بوته‌ها، غلاف ترموکوپل، عایق‌های الکتریکی، آجرهای دیرگداز (چه به صورت خالص و چه در کنار مواد رسی)، پایه‌های الکترونیکی و ده‌ها نوع فراورده‌ی دیگر از جمله مصارف این ماده در ساخت سرامیک‌های مدرن هستند.

۱- برخی از این فازها مانند آلومینای نوع بتا (.) یک اکسید آلومینیوم خالص به حساب نمی‌آیند.

جایگزینی این ماده به عنوان یک پرکننده به جای سیلیس (با توجه به نقاط ضعف سیلیس مانند شوک پذیر بودن، ناخالصی‌ها، بیماری‌زایی و ...) در بدنه‌های سرامیک و همچنین در لعاب‌ها و شیشه‌های خاص، از دیگر مصارف معمول این اکسید می‌باشند.

۲-۴-۵- زیرکینیا (ZrO_2): کانی‌های بادلیت و زیرکیت کانی‌های اکسید زیرکینیم در طبیعت هستند. سیلیکات زیرکینیم ($ZrO_2 \cdot SiO_2$) زیرکُن و اکسید زیرکینیم هیدراته از دیگر موادی هستند که همراه با زیرکینیا در کانی‌های آن یافت می‌شود.

از زیرکینیا به دلیل نقطه‌ی ذوب بالا حدوداً $2700^\circ C$ در دیرگدازها استفاده می‌شود. مقاومت شیمیایی خوب در دماهای بالا، هدایت حرارتی کم و شوک‌پذیری حرارتی خوب از دیگر نکات قابل توجه در استفاده از این ماده هستند.

توربین‌های گازی، آگروزهای جت‌ها و موشک‌ها، آجرهای دیرگداز کوره‌ها، بوته‌ها، گلوله‌های بال میل و ... از جمله موارد مصرف زیرکینیا در صنایع مدرن هستند. به خصوص استفاده از این ماده در کنار آلومینا به وجودآورنده‌ی دیرگدازهایی مناسب جهت تانک‌های ذوب شیشه است.

سیلیکات زیرکینیم (زیرکُن) یکی دیگر از ترکیبات زیرکینیم است که مصارف گوناگونی در نظیر دیرگدازهای زیرکینی، چینی‌های الکتریکی و شیمیایی مانند چینی شمع اتومبیل، همچنین کدرکننده‌های لعاب‌ها و تثبیت‌کننده‌های رنگ‌ها دارد.

۳-۴-۵- اکسید آهن: تا به حال در مباحث مختلف بارها با اکسید آهن و آثار نامطلوبی که بر روی خواص فرآورده‌های سرامیکی بر جای می‌گذارد آشنا شده‌اید. اشکال گوناگون اکسید آهن (جدول ۳-۵) که به عنوان یک ناخالصی در اکثر موارد همراه با مواد اولیه‌ی سرامیکی وجود دارند تأثیرات نامطلوبی چون کاهش دیرگدازی و تخریب رنگ بدنه و لعاب را بر جای می‌گذارد. با این وجود باید بدانید که از درصدهای زیاد اکسیدهای آهن، در ساخت برخی محصولات سرامیکی استفاده می‌شود.

جدول ۳-۵- برخی مشخصات اکسیدهای مختلف آهن

نام	رنگ	فرمول شیمیایی	دمای ذوب ($^\circ C$)
اکسید آهن (فرو)	خاکستری	FeO	۱۴۲۰
اکسید آهن (فریک)	قرمز قهوه‌ای	Fe _۲ O _۳	۱۵۶۵
اکسید آهن (فرو - فریک)	خاکستری	Fe _۳ O _۴	۱۵۳۸ تجزیه

نخستین ماده‌ی مغناطیسی شناخته شده مگنتیت (Fe_3O_4) یا همان اکسید آهن فرو-فریک ($FeO \cdot Fe_2O_3$) است. به این ماده فریت آهن نیز گفته می‌شود.

استفاده از فریت‌ها در زندگی امروز تقریباً اجتناب‌ناپذیر است. گیرنده‌های تلویزیون و رادیو، دستگاه‌های کنترل از راه دور، دستگاه‌های ضبط مغناطیسی (ضبط صوت و ضبط تصویر)، نوارها و دیسک‌های صوتی و تصویری و ده‌ها کاربرد دیگر از جمله موارد استفاده‌ی اکسیدهای آهن در زندگی روزمره هستند.

از اکسید آهن در تولید سرامیک‌ها به عنوان یک عامل رنگی در لعاب و بدنه استفاده می‌شود. توانایی ایجاد رنگ این ماده و تنوع رنگی آن سبب شده که در مقادیر زیاد از این اکسید به عنوان یک عامل رنگ‌ساز استفاده شود. این رنگ‌ها که می‌توانند تحت تأثیر ظرفیت آهن و اجزای دیگر موجود در لعاب و بدنه باشند، از زرد و قهوه‌ای تا قرمز و بنفش و سیاه گسترده‌اند. ماده‌ی تحت عنوان آخرا، اُمرآ و ... که در ایران به وفور یافت می‌شوند و قسمت عمده‌ی آن‌ها اکسید آهن است، به عنوان عامل رنگ قرمز-قهوه‌ای کاربرد زیادی در ساخت بدنه‌ها و لعاب‌های رنگی دارند. در تولید سیمان پرتلند معمولاً جهت کمک ذوب استفاده می‌شود.

۴-۴-۵- منیزیا (MgO): در صنایع نسوز و عایق‌های الکتریکی کاربرد دارد. منیزیا در

دمای حدود $2800^\circ C$ ذوب می‌شود.

۴-۴-۵- اکسید قلع (SnO_2) یا (SnO): اکسید قلع، به خصوص در گذشته، یکی از

اجزای اصلی لعاب‌های کدر بوده است. حلالیت کم این اکسید، پایداری آن در حین پخت و ضریب شکست نور بالای آن همگی باعث می‌شود که اکسید قلع یک ماده‌ی اوپک‌کننده‌ی قوی جهت لعاب‌ها به حساب آید حدود ۵ تا ۱۰٪ از این ماده برای اوپک کردن بسیاری از لعاب‌ها استفاده می‌شود.

امروزه با توجه به گرانی نسبی این ماده و جایگزینی ماده‌ی چون زیرکون به جای آن، کمتر از اکسید قلع به عنوان یک اوپک‌کننده استفاده می‌شود. (مگر در ظروف خاص و گران قیمت که بیشتر جنبه‌ی هنری دارند.)

توجه به این نکته ضروری است که بخارات قلع، سمی می‌باشند. عوارض پوستی از قبیل سوختگی و التهاب و ناراحتی‌های تنفسی می‌توانند از عوارض کار مداوم با قلع و ترکیبات آن باشند.

۴-۴-۶- اکسید روی (ZnO): اگر چه اکسید روی به تنهایی خود یک ماده‌ی دیرگداز

است (دمای ذوب بیش از $1800^\circ C$) اما مانند بسیاری از اکسیدهای دیگر در صورتی که به میزان کم

استفاده شود، نقش یک گدازآور را بازی می‌کند. استفاده از مقادیری اکسید روی در لعاب‌ها سبب تشکیل بلورهای ریزی در آن می‌شود که کدر شدن (اوپک‌شدن) لعاب را به صورت زیبایی به دنبال خواهد داشت. مصرف زیاد اکسید روی در لعاب‌ها باعث عیوبی در لعاب می‌شود.

مقادیری از اکسید روی موجود در لعاب، در هنگام پخت، به خصوص در شرایط احیا، تبخیر می‌شود که این بخار حالت سمی دارد و خطرناک است. عوارض پوستی و تحریکات تنفسی و گوارشی ناشی از تماس با بخارات اکسید روی است.

۷-۴-۵- اکسید سرب (PbO) یا (Pb_۳O_۴): اکسیدهای سرب به دلیل گدازآوری زیاد، ویسکوزیته کم در حالت مذاب و جلا و شفافیتی که به لعاب‌ها می‌دهند در سرامیک‌های سنتی (بسیار قدیم) استفاده می‌شده است.

اکسیدهای سرب عموماً به صورت لیتارژ (PbO با نقطه‌ی ذوب ۸۸۸°C) و سرنج (سرب قرمز Pb_۳O_۴ با دمای تجزیه ۵۰°C) به عنوان گدازآور در لعاب‌ها، مورد مصرف قرار می‌گیرند. کربنات سرب (سرب سفید با دمای تجزیه ۳۲°C ، ۴۰°C) از دیگر ترکیبات سرب است که باعث ذوب سریع‌تر لعاب‌ها، نسبت به اکسیدهای سرب می‌شود. از آنجایی که اکسیدهای سرب به علاوه‌ی کربنات سرب در اثر حرارت، تجزیه و تبخیر می‌شوند، معمولاً به صورت سیلیکات سرب فریت شده و کمتر به حالت خام مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مسمومیت ناشی از تماس با ترکیبات سرب و استنشاق بخارات آن سال‌هاست که به اثبات رسیده و عوارض وخیمی را در بین کارگران و مصرف‌کنندگان محصولات آن برجای گذارده است. به عبارتی از آنجایی که ترکیبات سرب در اسیدهای موجود در مواد غذایی (مثل ترشیجات، آب میوه و...) قابل حل هستند، به طور غیر مستقیم و به مرور زمان، مصرف‌کنندگان ظروف ساخته شده از لعاب‌های سربی را نیز در معرض خطر قرار می‌دهند.

۵-۵- مواد افزودنی

مواد افزودنی به دسته‌ای از مواد گفته می‌شود که در حین فرآیند ساخت سرامیک‌ها برای دستیابی به خواص بهتر، چون جریان مناسب‌تر و شکل‌دهی آسان‌تر اضافه می‌شوند عبارتند از: دفلوکوله‌کننده‌ها، فلوکوله‌کننده‌های چسب‌دار، روانکارکننده‌ها و آب... (که در سال آینده در کتاب آماده‌سازی مواد اولیه سرامیکی کاملاً اشاره خواهد شد) که هر یک شامل ده‌ها نوع ترکیبات مختلف آلی و معدنی هستند.

۶-۵- آب

آب نقش بسیار مهمی در ساخت سرامیک‌ها دارد. به طوری که در برخی موارد جزء یکی از ارکان اصلی آمیز به حساب می‌آید. اگر چه در مراحل بعدی از بدنه‌ی سرامیکی خارج می‌گردد ولی نقش آن در مراحل آماده‌سازی و شکل‌دهی غیر قابل انکار است. با این وجود به دلیل آن که آب را نمی‌توان یک ماده‌ی اولیه‌ی سرامیکی به حساب آورد و در اکثر موارد این ماده، تنها نقش یک کمک‌کننده را در مراحل تولید یک بدنه‌ی سرامیکی بازی می‌کند. در این قسمت، مختصراً درباره‌ی خواص مطلوب آب به عنوان یک ماده‌ی افزودنی صحبت می‌کنیم.

آب مورد استفاده در صنایع سرامیک باید دارای کیفیتی مناسب برای تولید باشد. به همین لحاظ در بسیاری از کارخانجات، مکان‌هایی جهت فراوری آب مصرفی وجود دارد. آب مورد نیاز می‌تواند علاوه بر آب چاه و یا آب شهر از طریق آب استفاده شده در خود کارخانه بعد از فراوری مجدد، تأمین گردد. مسلم است که در تمامی این موارد، تعدادی از خواص آب باید تحت کنترل باشد و فرآیندهای پالایش و تصفیه بر روی آن صورت گیرد.

آب خالص شامل مولکول‌های H_2O و یون‌های H_3O^+ و OH^- است که دارای pH هفت می‌باشد.

آب چاه یا آب شهر ممکن است حاوی مقادیری مواد معلق آلی و معدنی و یا نمک‌های محلول باشد (جدول ۴-۵).

سختی آب عبارتی است که بیانگر حضور نمک‌های محلول کلسیم، منیزیم و آهن در آب است. از بین ترکیبات کلسیم، کربنات کلسیم نسبتاً نامحلول است ولی بی‌کربنات کلسیم $Ca(HCO_3)_2$ محلول می‌باشد. اگر چه حرارت دادن آب‌های سخت تا حدی از سختی آن در نمک‌های کلسیم می‌کاهد اما نمک‌های محلول سولفات و کلریدها همچنان بر جای می‌مانند. (مانند رسوب در کتری و سماور) وجود این نمک‌ها علاوه بر آن که بر روی pH دوغاب و در نتیجه مسائل روانسازی و ... تأثیر می‌گذارد، در حین پخت نیز آثار سوئی را، هم در بدنه و هم در لعاب به وجود می‌آورد. شوره زدن، پوسته‌ای شدن لعاب، سوراخ‌های سنجاقی^۱ در لعاب، رنگ بد و مات شدن لعاب، تخریب سریع قالب‌های گچی و ...، از جمله ضررهای وجود نمک‌های محلول در آب در حین فرآیندهای خشک کردن و پختن بدنه‌های سرامیکی هستند.

با تصفیه آب با فرآیندهای فیلتراسیون و یونیزاسیون تا حد زیادی نمک‌های محلول آن کاهش

^۱ - Pinhole

می‌یابد (جدول ۴-۵).

جدول ۴-۵- اجزای تشکیل‌دهنده آب (برحسب میلی‌گرم بر لیتر)

اجزا	آب چاه	آب شهر (تصفیه شده)	آب معدنی
کلسیم	۳۰۰	۷۸	۵۶/۴
منیزیم	۱۷۲	۴۲	۱۵/۴
سدیم	۸	۳۶۰	۴/۶
بی‌کربنات	۳۵۰	۳۵۰	۲۱۲
کربنات	۰	۰	-
سولفات	۱۰۰	۱۲۵	۱۰/۶
کلرید	۳۰	۵	۶
نیتрат	۰	۰	۷/۵
pH	۷/۸	۷/۹	۷/۳

استفاده‌ی مجدد از آبی که در فرآیند آماده‌سازی محصولات سرمایی مورد مصرف قرار گرفته و سپس از آن جدا شده است (فیلترپرس شدن)، در صورت تصفیه شدن جهت برخی مصارف استفاده می‌شود.

۷-۵- رنگ

چه کسی می‌تواند نقش رنگ را در زندگی روزمره‌ی انسان بی‌اهمیت به شمار آورد؟ دنیای ما دنیای رنگ‌هاست. رنگ، که یکی از ارکان زیبایی است با القای احساسات گوناگون، به محیط اطراف ما و هر آنچه که در آن است روح و معنی می‌دهد. شاید تصوّر دنیای بی‌رنگ برای انسان امری غیر ممکن باشد. و شاید هم به همین دلایل است که انسان رنگ‌های زیبای موجود در طبیعت را به زندگی خود کشانده و با ساخت مصنوعي آن‌ها دنیایی از اجسام رنگی را به گرد خود فراهم آورده است و ابزار و ادوات سرمایی، یعنی همان محصولی که از نخستین روزها همراه انسان بوده است، از این قاعده مستثنی نیست. صرف‌نظر از رنگ طبیعی و زیبای محصولات ساخته شده از رس‌های قرمز، دیرزمانی است که انسان‌ها به طور مصنوعي، رنگ را وارد فرآورده‌های سرمایی نموده‌اند...

و نقش ایرانیان در این میان چشمگیر است. آثار باستانی یافت شده که میراث هزاران ساله‌ی پدران ما هستند، گواهی است بر این ادعا. رنگ‌های چشمگیر و بدیع که چشم و دل هر بیننده‌ای را نوازش می‌دهند و پس از گذشت صدها و هزاران سال همچنان جلا و زیبایی خود را حفظ نموده‌اند، زینت بخش ظروف سفالین برجای مانده هستند و چرا دور برویم؟ تنها چند صد سال است که از عمر آن همه عظمت صنعت سرامیک در ایران می‌گذرد. همان دوره‌ای که رنگ‌های کاشی‌های مساجدش سندی شد بر اوج فن سرامیک در ایران.

همان رنگ‌هایی که سر به مهر دارند و از ماهیتشان چندان اطلاعی در دست نیست. بسیاری از این رنگ‌های دلفریب از رنگ‌های طلایی ظروف سفالین (زرین فام) گرفته تا آبی‌های دل‌انگیز کاشی‌های مساجد، در پرده‌ای از ابهام قرار دارند و راز خود را همراه با سازندگانشان به تاریخ سپرده‌اند. از آن جایی که رنگ و تزیین فرآورده‌های سرامیکی از عوامل اصلی به وجود آورنده‌ی زیبایی در آن است، همواره، حتی تا به امروز از مباحث تقریباً سری تولید فرآورده‌های سرامیکی به حساب می‌آمده، عوامل بسیار زیادی که در دستیابی به یک رنگ زیبا دخیل هستند باعث شده تا در صورت حصول به یک نتیجه‌ی رضایت‌بخش، اطلاعات مربوط به آن جنبه‌ی خصوصی پیدا کند و تنها مختص به تولیدکنندگان آن باشد. این مسأله تا حد زیادی در دنیای امروز نیز وجود دارد.

برخی از عوامل مختلفی که بر روی رنگ اثر می‌گذارند، عبارتند از:

نوع ماده‌ی رنگ‌ساز، عنصر به وجود آورنده‌ی رنگ، میزان ماده‌ی رنگ‌ساز، زمان پخت، دمای پخت و اتمسفر کوره، ترکیب لعاب و بدنه و ...

موادّی که ایجاد رنگ می‌نمایند، عمدتاً ترکیبات عناصر واسطه (انتقالی) هستند که بسته به ظرفیت‌های گوناگون خود رنگ‌های متفاوتی را سبب می‌شوند (به همین لحاظ اتمسفر کوره از نظر خنثایی، اکسیدی و یا احیایی بودن، تأثیر زیادی بر روی ماهیت رنگ دارد). این رنگ‌ها می‌توانند به صورت دکور روی لعاب، داخل لعاب و یا زیر لعاب به کار برده شوند. حتی می‌توان از این رنگ‌ها برای رنگی کردن بدنه‌ی سرامیکی نیز استفاده کرد.

برخی از رنگ‌ها دارای پایداری بسیار خوبی در تمامی شرایط هستند و همواره رنگ خود را حفظ می‌کنند (مانند آبی کبالت) اما برخی از رنگ‌ها شدیداً به شرایط محیط بستگی دارند و می‌توانند حالات مختلفی را از خود نشان دهند (مانند رنگ‌های مختلف ترکیبات مس). میزان عوامل رنگزا در لعاب‌ها نیز بسیار متغیر است و می‌تواند در حالت معمولی بین ۴ تا ۵ درصد و گاهی حداکثر تا ۲۰ درصد (بیشتر در آپک کننده‌ها) متغیر باشد.

اکسیدهای رنگی می‌توانند مستقیماً در ترکیب لعاب به کار برده شده و عامل به‌وجودآورنده‌ی رنگ باشند و یا می‌توانند قبلاً تحت عملیاتی به صورت رنگینه^۱ در آمده مورد استفاده قرار گیرند.

جدول ۵-۵ تعدادی از عوامل رنگزا، همراه با شرایط پخت و نوع رنگی که ایجاد می‌کنند را

معرفی می‌نماید.

جدول ۵-۵ عوامل رنگزا

رنگ	پخت اکسیداسیون	پخت احیایی
سفید	زیرکونیا، اکسید قلع، اکسید آنتیموان و...	
خاکستری	نمک‌های محلول: پلاتین	کربن و ترکیبات آلی، ترکیبات نیکل، نمک‌های وانادیوم، ترکیبات مولیبدن، آنتیموان فلزی، مخلوط اکسیدهای آهن و کروم و کبالت و نیکل، اورانیم، منگنز و مس
سیاه	مخلوط‌های اکسیدهای آهن، کروم، کبالت، منگنز، اورانیم و مس با درصد بالا و...	اکسید اورانیم، کربن، کاربیدها و...
زرد	کرومات‌ها، کرومات سرب، سولفید کادمیوم، نمک‌های بیسموت و...	استانات وانادیوم
نارنجی	کرومات سرب‌بازی، سولفید سلنیوم و کادمیوم و...	
قرمز	کرومات سرب‌بازی، اورانات سرب، اورانات بیسموت، اکسید و نمک‌های آهن، و...	قرمز مس، (مس کلوئیدی)
صورتی	ترکیبات کروم و قلع و...	
بنفش	پیرولوسیت، اکسید نیکل، اکسید منگنز و لعاب‌های قلیایی	روتایل، مس کلوئیدی فلزی
آبی تیره	ترکیبات کبالت و نتودیوم و...	روتایل، ترکیبات وانادیوم
سبز	اکسید و ترکیبات مس در لعاب‌های سربی، اکسید کرومیک، تیتانات کبالت، اکسیدهای نیکل روی، آنتیمونات و سایر ترکیبات مس، ترکیبات مس، وانادیوم و...	تیتانات کبالت
طلایی	طلای فلز	
نقره‌ای	نقره فلزی، پلاتین و پالادیوم	

- ۱- فرمول شیمیایی منیزیت و منشأ آن چیست؟
- ۲- کاربرد کربنات کلسیم دارای خلوص بالا در تولید کدام محصولات می باشد؟
- ۳- منابع اصلی تهیه کربنات کلسیم را نام ببرید.
- ۴- تأثیر استفاده از ترکیبات بُر در لعابها و شیشه‌ها چیست؟
- ۵- نام تجاری شیشه‌های بوروسیلیکاتی چیست و حضور ترکیبات بُر باعث ایجاد چه خاصیتی در این شیشه‌ها می شود؟
- ۶- کاربرد گچ نوع . و گچ نوع . را توضیح دهید.
- ۷- عمده‌ترین کانی‌های اکسید زیرکُنیوم در طبیعت را نام ببرید.
- ۸- موارد مصرف زیرکُنیوم در صنعت مدرن را نام ببرید.
- ۹- از اکسیدهای آهن و شیشه، لعاب و سیمان پرتلند به ترتیب به چه منظور استفاده می شود؟
- ۱۰- دلایل استفاده از انواع مواد افزودنی را در صنایع سرامیک نام ببرید.
- ۱۱- ضررهای ناشی از وجود نمک‌های محلول در آب در حین فرایندهای خشک کردن و پخت بدنه‌های سرامیکی را بیان کنید.
- ۱۲- یک نمونه از رنگ‌های پایدار در شرایط مختلف و یک نمونه رنگ وابسته به شرایط محیط را نام ببرید.

واژه‌نامه

A

abrasive
acidic
additive
alkaline
alkaline-earth
alpha phase
alumina
aluminium oxide
aluminosilicate
amorphous
analysis
anisotropy
anorthite
apatite
apparent density
asbestos
atmosphere
atomic arrangement
atomic bond
atomic direction
attrition

B

ballclay
ball mill
basalt
base
basic
bauxite

ساینده
اسیدی
افزودنی
قلیایی
قلیایی خاکی
فاز آلفا
آلومینا
اکسید آلومینیم
آلومینو سیلیکات
آمورف
تجزیه
آنیزوتروپی
آنورتیت
آپاتیت
دانسیتته ظاهری
آزبست
جو
آرایش اتمی
پیوند اتمی
جهت اتمی
تجزیه

bayer process
beta phase
bentonite
binder
biotite
bitumen
borax
boric acid
brave
brucite

C

calcedony
calcination
calcite
calcium carbonate
calcium clay
calcium feldspar
cement
ceramic glaze
chemical resistance
chemical weathering
chromite
clay
cleavage
coal
colloidal
concentration
conglomerate
cordierite
corrosion

روش بایر
فاز بتا
بتونیت
چسب
میکای سیاه
قیر
بوراکس
اسیدبوریک
براوا
بروسیت

کالسدون
تکلیس - کلسیناسیون
کلسیت
کربنات کلسیم
رس کلسیمی
فلدسپار کلسیک
سیمان
لعبه سرامیکی
مقاومت شیمیایی
هوازدگی شیمیایی
کرومیت
رس
رخ - کلیواژ
زغال سنگ
کلوئیدی
غلظت
کنگلومرا
کوردیریت
خوردگی

crystal	بلور (کریستال)	fire clay	رس نسوز (فایرکلی)
crystalline	بلوری (کریستالی)	firing	پخت
crystallization	تبلور	flint	فلینت (سنگ چخماق)
cubic	کوبیک (مکعبی)	floating	غوطه‌وری
D		floor tile	کاشی کف
decorating	تزیین	fossil	فسیل
deposit	رسوب	frequency	فرکانس
deposit stone	سنگ رسوبی	frit	فریت
desiltering	جداسازی مرطوب	G	
destructive depository	رسوبی بازساز	ganister	گانیستر
diamond	الماس	geology	زمین‌شناسی
diatomite	دیاتومیت	glass phase	فاز شیشه
dickite	دیکیت	glaze	لعاب
dolomite	دولومیت	gold	طلا
E		granite	گرانیت
earthenware	ارتن‌ور (بدل چینی)	graphite	گرافیت
electrical conduction	رسانای الکتریکی	gravitational force	نیروی جاذبه
electrical porcelain	چینی الکتریکی	green strength	استحکام خام
electrical insulation	عایق‌سازی الکتریکی	gypsum	ژیپس
element	عنصر	H	
enamel	لعاب فلز (مینا)	halite	هالیت
expansion	انبساط	hardness	سختی
extraction	استخراج	hardness of water	سختی آب
F		heating element	المنت حرارتی
feldspar	فلدسپات	hematite	هماتیت
ferric	فریک	hemihydrate gypsum	گیچ نیمه‌هیدراته
ferro	فرو	hexagonal	هگزاگونال
ferroelectricity	فروالکتریسیته	hollysite	هالوتیزیت
filler	پرکننده	hydration	هیدراتاسیون
filtration	فیلتراسیون	hydrogen bond	پیوند هیدروژنی
		hydrogen clay	رس هیدروژنی

hydrogen potential	p.H	magnesite refractory	نسوز منیزیته
hydrolysis	هیدرولیز	marble	مرمر
		marl	مارن
I		mechanical weathering	هوازدگی مکانیکی
impurity	ناخالصی	metallic	فلزی
inosilicates	سیلیکات‌های زنجیره‌ای	metalloid	نیمه فلزی (شبه فلزی)
insulator	عایق	metallurgy	متالورژی
ion	یون	metamorphic	متامورفیک (دگرگونه)
ionization	یونیزاسیون	microcline	میکروکلین
iron oxide	اکسید آهن	mineral	کانی
isotropy	ایزوتروپی	mineral analysis	آنالیز مینرالی
		mineralogy	کانی شناسی
K		mohs	موهس
kaolinite	کائولینیت	monoclinic	مونوکلینیک
kiesel guhr	کزل گول	mixer	آمیختن، مخلوط کردن
		N	
L		nacrite	ناکریت
lamination	تورق (ورقه ورقه شدن)	nesosilicates	سیلیکات‌های جزیره‌ای
lava	گدازه	neutrl	خنثی
lead oxide	اکسید سرب	nondestructive depository	رسوبی بازساز
lime	آهک	nonorganic	غیرآلی
lime stone	سنگ آهک	nonplastic raw material	مواد اولیه غیرپلاستیک
limonite	لیمونیت		
litharge	لینتارژ	O	
loss of ignition	L.O.I	ocher	اخرا
lubricant	روغن کاری کننده	octahedral	هشت وجهی (اکتاهدرال)
lubrication	روانکاری	olivine	اولیوین
luster glaze	لعاب زرین فام	opacifier	کدر کننده
		opacity	کدر بودن
M		opal	اوپال
magma	ماگما	optical glass	شیشه اپتیکی
magnesite brick	آجر منیزیته	organic	آلی

orthoclase	ارتوکلاز	raw	خام
oxidation	اکسیداسیون	recrystallization	تبلور مجدد
P		redclay	رس قرمز
paleontology	دیرین‌شناسی	reduction firing	پخت احیا
particle arrangement	آرایش ذرات	refining	تصفیه
phyllosilicates	سیلیکات‌های ورقه‌ای	reflection coefficient	ضریب انعکاس نور
piezoelectric	پیزوالکتریک	refractive index	ضریب شکست نور
pigment	رنگدانه	refractory	دیرگداز
pinhole	سوراخ سنجاقی	refractory crucible	بوته نسوز
plaster of paris	گچ قالب‌سازی	repulsion	نیروی دفع
plasticiser	پلاستیک‌ساز	rotary kiln	کوره دوار
plasticity	پلاستیسیته (شکل‌پذیری)	rutile	روتایل
polarised light	پلاریزه شده	S	
polarization	پلاریزاسیون	sand stone	ماسه سنگ
porosity	تخلخل	scaly	فلسی
porphyrin	پورفیرین	schist	شیست
portland cement	سیمان پرتلند	schistosity	شیست‌وارگی
potassium feldspar	فلدسپار پتاسیک	secondary clay	رس ثانویه
primary clay	رس اولیه	shale	شیل
pumice stone	سنگ پا	shining	درخشندگی
pyrex	پیرکس	shrinkage	انقباض
pyrite	پیریت	silica	سیلیکا
pyroelectric	پیروالکتریک	silicate	سیلیکات
pyrophyllite	پیروفیلیت	silicosis	سیلیکوز
Q		slate	سنگ لوح
qualitative analysis	آنالیز کیفی	slip	دوغاب
quartz	کوارتز	slip casting	ریخته‌گری دوغابی
quartzite	کوارتزیت	soda	سودا
R		soda ash	سودا اش
radioactivity	رادیاوکتیویته	sodium carbonate	کربنات سدیم
		sodium clay	رس سدیمی
		sodium feldspar	فلدسپار سدیک

solidification	انجماد	topaz	توپاز
solution	محلول	transition elements	عناصر انتقالی
solutionizing	انحلال	transparent	شفاف
sorosilicates	سیلیکات‌های رمبلی	triclinic	تری کلینیک
specific gravity	وزن مخصوص	trigonal	تری گونال
stabilized	تثبیت شده	true density	دانسیتیه واقعی (حقیقی)
stain	جوهر، رنگینه	two layer mineral	مینرال دولایه‌ای
steatite	استاتیت		
stoneware	استون‌ور	U	
structural defects	عیوب ساختمانی	underglaze decoration	دکور زیرلغابی
structure	ساختار	undisirable ion	یون مزاحم
stud	فسیل		
substitution	جانشینی	V	
surface defects	عیوب سطحی	vaporisation	تبخیر
sylosilicates	سیلیکات‌های حلقوی	vibration	ارتعاش
syenite	سینیت	viscosity	ویسکوزیته
synthetic crystal	بلور مصنوعی		

T

talk	تالک
tectosilicate	سیلیکات‌های داربستی
tetragonal	تتراگونال
tetrahedron	چهاروجهی (تتراهدرال)
thermal conductivity	هدایت حرارتی
	ضریب انبساط حرارتی
thermal expansion coefficient	
thermocouple	ترموکوپل
thermocouple cover	غلاف ترموکوپل
thoria	توریا
three layer mineral	مینرال سه لایه‌ای
tile	کاشی
tine oxide	اکسید قلع
to dry	خشک کردن

W

wall tile	کاشی دیواری
water diffusion	دیفیوژن آب
water treatment	تصفیه آب
waves	امواج
weathering	هوازدگی

X

X- ray diffraction (XRD)	پراش اشعه X
--------------------------	-------------

Z

zircon	زیرکن
zirconia	زیرکنیا
zirconium silicate	سیلیکات زیرکنیم

منابع و مراجع

- ۱- دانشفر، حسین، محمدپاکروان، زمین‌شناسی سال سوم علوم تجربی، چاپ و انتشار وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۶۷.
- ۲- باجلان فرّخی، محمد، زمین‌شناسی عمومی، سال سوم دبیرستان آموزش فنی، چاپ و انتشار وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۶۸.
- ۳- دانشفر، حسین، عمادالدین کواری، زمین‌شناسی سال چهارم علوم تجربی، چاپ و انتشار وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۶۵.
- ۴- پاتریک م. هورالی، پیدایش و تکامل زمین، ترجمه‌ی کاظم شرکت (شهرین)، چاپ اول، انتشارات آبان، سازمان چاپ و بخش کتاب، ۱۳۶۰.
- ۵- هارولدش- یوری، سیاره‌ی زمین، ترجمه‌ی رضا اقصی، چاپ سوم، چاپ و انتشارات پیروز، ۱۳۴۸.
- ۶- منشی، اصغر، کانی‌شناسی سال دوم دبیرستان آموزش فنی سرامیک، انتشارات وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۶۳.
- ۷- رحیمی، افسون، مهران متین، تکنولوژی سرامیک‌های ظریف، جلد ۱، چاپ اول، شرکت صنایع خاک چینی ایران، ۱۳۶۸.

8 – A.V. Milovsky and O.V.Kononov, Mineralogy, first published, Mir publishers Moskow, 1985.

9 – A.Betekhtin, A course of Mineralogy, Translated to English By V.Agol, peace publishers.

10 - Z.D. Jastrzeb ski, The Nature and Properties of Engineering Materials, Second edition, Jahn Wiley and son's Inc, 1977.

11 – W.E. Worrall, Clays and Ceramics raw materials, second edition,

Elsevier applied science publishers, 1986.

12 – Felix Singer, S.S.Singer, Industrial ceramics, Chapman & Hall Ltd, First edition, 1960.

13 – W.D.Kingery, H.K.Bowen, D.R.Uhlmann, Introduction to ceramics, second edition, John Willey & Sons Inc. , 1976.

14 – James S.Reed, Introduction to the principles of ceramic processing First edition, John Wiley & sons, Inc. , 1988.

15 – F.H.Norton, Elements of ceramics, second edition, Addison - Wesley publishing Co , 1974.

16 – J.R.Taylor & A.C.Bull, ceramics glaze technology, First edition Pergamon Press, 1986.

17 – Allen M.Allper (edit), High temperature oxides (part 1), First edition& Academic press, 1970.

18 – W.Ryan & C.Radford, Whitewares, production, testing and quality control, First edition, Pergamon Press, 1987.

19 – P.Rado, An Introduction to the technology of pottery, second edition, Pergamon Press, 1988.

20 – F.H.Norton, Fine ceramics (Technology and Applications)

21 – A.V.Milovsky and O.V.Kononov, Mineralogy, First published, Mir publishers Moskow, 1985.

