

# فرآیند ساخت

## سرامیکها (I)

مؤلف: مهندس محمود سالاریه

مدرس دانشگاه آزاد اسلامی - واحد ساوه

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی - واحد ساوه

سرشناسه	: سالاریه ، محمود، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: فرآیند ساخت سرامیکها (I) / مؤلف محمود سالاریه.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه آزاد اسلامی (ساوه)، ۱۳۸۸ .
مشخصات ظاهری	: ۴۱۶ ص.: مصور، جدول ، نمودار .
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۲۲۳-۴۵۱-۶-۱۵۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: <i>M.Salarieh. processing producing of Ceramics</i>
موضوع	: سرامیک
شناسه افزوده	: دانشگاه آزاد اسلامی. واحد ساوه
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۸ ف ۴ ۲ س / ۸۰۷ TP
رده بندی دیویی	: ۶۶۶
شماره کتاب شناسی ملی	: ۱۸۲۷۹۴۴

نام کتاب: فرآیند ساخت سرامیک ها

تالیف: مهندس محمود سالاریه

ویراستار: زهرا کاشانی

طراح جلد: احسان ترکمنی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه

چاپ اول : سال ۱۳۸۸

شمارگان : ۱۵۰۰۰ جلد

قیمت : ۱۵۰۰۰۰ ریال

لیتوگرافی : مرکز نشر کتب دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی

چاپ و صحافی: مرکز نشر کتب دانشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی

حق چاپ : برای دانشگاه آزاد اسلامی محفوظ است.

تقدیم به:

## مادرم و روان پاک او

خدایا؛ آبروی مرا به توانگری نگه دار و شخصیت مرا با تنگ دستی از بین مبر  
تا مبادا از روزی خواران تو روزی خواهم  
و از آفریده های بد کردار تو طلب مهربانی کنم  
و در حالتی قرار گیرم که به تعریف و تمجید کسی که به من چیزی داده بپردازم  
یا از کسی که مرا از امکاناتی منع کرده است بدگویی کنم

امیر مومنان علی (ع)

..... فصل اول ساختمان سیلیکاتی	
..... ۱-۲-۱- سیلیکات های جزیره ای ( $(SiO_4)^{-4}$ ) (Island silicates)	
..... ۱-۱-۲-۱- انواع سیلیکات های جزیره ای	
..... ۲-۲-۱- سیلیکات های دوتایی ( $(Si_2O_7)^{-6}$ ) (Soro silicates)	
..... ۳-۲-۱- سیلیکات های زنجیره ای ( $(SiO_3)^{-2}$ ) (Inosilicates)	
..... ۴-۲-۱- سیلیکات های زنجیر دوتایی ( $(Si_4O_{11})^{-6}$ ) یا (Double Chain)	
..... ۵-۲-۱- سیلیکات های صفحه ای ( $(Si_4O_{10})^{-4}$ ) (Phyllosilicates) (Silica sheets)	
..... ۶-۲-۱- سیلیکات های داربستی ( $[SiO_4]^0$ ) یا $SiO_2$ (Tectosilicates)	
..... ۳-۱- تقسیم بندی مواد اولیه	
..... فصل دوم ساختمان و کاربرد مواد پلاستیک	
..... ۲- کانی های رسی (مواد پلاستیک)	
..... ۱-۲- لایه های ساختاری	
..... ۱-۱-۲- لایه سیلیسی	
..... ۲-۱-۲- لایه گیبسیتی	
..... ۳-۱-۲- لایه بروسیتی	
..... ۲-۲- تقسیم بندی ساختمان رسی ها	
..... ۱-۲-۲- گروه کاندیت (دو لایه ای T-O) با سرگروهی کائولینیت	
..... ۲-۲-۲- گروه اسمکتیت (۳ لایه ای T-O-T) با سرگروهی مونت موری لونیت	
..... ۳-۲-۲- گروه لایه مختلط (T-O-T+O)	

- .....  $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$  ایلیت ۱-۳-۲-۲
- .....  $Al_4(SiAl)_4O_{10}(OH)_2$  کلریت ۲-۳-۲-۲
- ..... کان‌های رسی گروه کائولینیت ۳-۲
- ..... ۱-۳-۲ - مشخصات فیزیکی گروه کائولینیت یا کان‌های کائولن
- ..... ۲-۳-۲ - وزن مخصوص کائولن
- ..... ۳-۳-۲ - اندازه و شکل ذرات در کائولن
- ..... ۴-۳-۲ - پلاستیسیته در کائولن
- ..... ۵-۳-۲ - انقباض تر به خشک کائولن
- ..... ۶-۳-۲ - استحکام خام کائولن
- ..... ۷-۳-۲ - انقباض پخت کائولن
- ..... ۸-۳-۲ - رنگ بعد از پخت کائولن
- ..... ۹-۳-۲ - شیشه‌ای شدن (ایجاد فاز شیشه) کائولن
- ..... ۱۰-۳-۲ - ترکیب شیمیایی کائولن
- ..... ۱۱-۳-۲ - اثر حرارت بر کائولن
- ..... ۴-۲ - بالکلی "Ballclay  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ "
- ..... ۱-۴-۲ - اندازه و توزیع اندازه ذرات در بالکلی
- ..... ۲-۴-۲ - سطح ویژه بالکلی
- ..... ۳-۴-۲ - نمک‌های محلول در بالکلی
- ..... ۴-۴-۲ - انقباض تر به خشک در بالکلی
- ..... ۵-۴-۲ - استحکام خشک بالکلی

- ..... ۲-۴-۶- رنگ بعد از پخت بالکلی
- ..... ۲-۴-۷- شیشه ای شدن (ایجاد فاز شیشه) در بالکلی
- ..... ۲-۴-۸- ترکیب شیمیایی بالکلی
- ..... ۲-۴-۹- مینرال های موجود در بالکلی
- ..... ۲-۴-۱۰- تخلیص بالکلی
- ..... ۲-۵-۵- بالکلی نسوز (Fire Clay)
- ..... ۲-۵-۱- توزیع و اندازه ذرات بالکلی نسوز
- ..... ۲-۵-۲- پلاستیسیته بالکلی نسوز
- ..... ۲-۵-۳- استحکام خشک بالکلی نسوز
- ..... ۲-۵-۵- آنالیز مینرالی بالکلی نسوز
- ..... ۲-۶-۶- رس قرمز (Red Clay)
- ..... ۲-۶-۱- توزیع اندازه ذرات رس قرمز
- ..... ۲-۶-۲- دفلوکولاسیون رس قرمز
- ..... ۲-۶-۲- مقدار رطوبت کارپذیری رس قرمز
- ..... ۲-۶-۲- ترکیب شیمیایی و مینرالی رس قرمز
- ..... ۲-۶-۳- انقباض پخت رس قرمز
- ..... ۲-۶-۴- رنگ بعد از پخت رس قرمز
- ..... ۲-۶-۵- شیشه ای شدن "Vitrification" رس قرمز
- ..... فصل سوم- تعویض یونی
- ..... ۳- منشاء بارهای الکتریکی در پودرهای سرامیکی

- ..... (Surface absorption force) نیروهای جذب سطحی ۱-۳-۱
- ..... جذب سطحی اکسیدها ۱-۱-۳-۱
- ..... جانشینی ایزومورفی در شبکه کانی ۲-۳-۱
- ..... تعویض کاتیونی در کانی ها (Cation-Exchange) ۳-۳-۱
- ..... تعویض کاتیونی "Cation Exchange" در کائولن و بالکلی ۱-۳-۳-۱
- ..... ظرفیت خنثی نشده ناشی از خردایش ۴-۳-۱
- ..... فصل چهارم\_روش آزمون ۳-۳-۱
- ..... روابط حجمی و وزنی اجزای دوغاب (پودر+آب) ۱-۴-۱
- ..... تعیین درصد رطوبت ۱-۱-۴-۱
- ..... اندازه گیری درصد رطوبت ۱-۱-۴-۱
- ..... دانه بندی ۳-۴-۱
- ..... ابعاد ذرات و شکل آن ها ۱-۳-۴-۱
- ..... اندازه گیری دانه بندی یا میزان زبره ۲-۳-۴-۱
- ..... دانه بندی با الک ۱-۲-۳-۴-۱
- ..... تعیین توزیع دانه بندی با کمک الک چند طبقه ۲-۲-۳-۴-۱
- ..... تعیین دانه بندی کوچکتر از محدوده الک ها ۳-۳-۴-۱
- ..... دانه بندی هیدرومتری *Hydrometer* ۱-۳-۳-۴-۱

- ..... ۲-۳-۳-۴- تعیین توزیع دانه بندی با لیزر
- ..... ۴-۴- پلاستیسیته (*Plasticity*)
- ..... ۱-۴-۴- تعاریف
- ..... ۱-۱-۴-۴- گل نیمه پلاستیک (*Medium plastic clay*)
- ..... ۲-۱-۴-۴- گل با پلاستیسیته زیاد (*Soft plastic clay*)
- ..... ۳-۱-۴-۴- گل با پلاستیسیته کم (ضعیف) (*Stiff plastic clay*)
- ..... ۲-۴-۴- چرا یک مخلوط رسی - آب دارای پلاستیسیته (*Plasticity*) است؟
- ..... ۳-۴-۴- پلاستی سایزر (*Plasticizer*)
- ..... ۴-۴-۴- اندازه گیری پلاستیسیته
- ..... ۱-۴-۴-۴- آزمایش پلاستیسیته به روش ففرکورن (*Pfefferkorn*)
- ..... ۱-۱-۴-۴-۴- شرح دستگاه
- ..... ۲-۱-۴-۴-۴- روش تهیه نمونه
- ..... ۳-۱-۴-۴-۴- روش تعیین پلاستیسیته ففرکورن
- ..... ۴-۱-۴-۴-۴- روش کار
- ..... ۲-۴-۴-۴- روش ریکه
- ..... ۳-۴-۴-۴- روش آتبرگ (حد خمیری)
- ..... ۴-۴-۴-۴- روش دستگاهی تعیین پلاستیسیته دستگاه پلاستومتر
- ..... ۵-۴- روانسازی (*Deflocculation*)
- ..... ۱-۵-۴- چگونگی اثر کاتیون ها بر رفتار آب
- ..... ۲-۵-۴- کاربرد تعویض کاتیونی در تکنولوژی سرامیک



- ..... ۴-۵-۳- اثر روانسازها
- ..... ۴-۵-۳-۱- پس از افزودن الکترولیت؛ دوغاب روان و مجدداً منعقد شود
- ..... ۴-۵-۳-۲- الکترولیت به سوسپانسیون اضافه و دوغاب با شدت بیشتری منعقد می شود
- ..... ۴-۵-۳-۳- روان کننده به سوسپانسیون اضافه شده، دوغاب روان و با افزایش بیشتر روان کننده عملاً سوسپانسیون منعقد نمی شود
- ..... ۴-۴-۳-۴- کلونید های حفاظتی
- ..... ۴-۳-۵-۴- خواص دوغاب
- ..... ۴-۳-۵-۱- خواص سیلانی دوغاب و توزیع دانه بندی آن *Rheology and Particle Size*
- ..... ۴-۳-۵-۲- دوغاب های آلومینائی *Alumina Slips*
- ..... ۴-۳-۵-۳- دوغاب سیلیسی *Quartz Slip*
- ..... ۴-۳-۵-۳- دوغاب چینی *Whiteware Slips*
- ..... ۴-۶-۱- اندازه گیری ویسکوزیته دوغاب
- ..... ۴-۶-۱- دستگاه ویسکوزیته متر ریزشی
- ..... ۴-۶-۲- دستگاه ویسکوزیته متر پیچشی
- ..... ۴-۶-۳- دستگاه ویسکوزیته متر چرخشی
- ..... ۴-۶-۷- اندازه گیری دانسیته ( $\Gamma$ ) دوغاب
- ..... ۴-۸-۱- انقباض
- ..... ۴-۸-۱-۱-  $L_s$  انقباض خطی
- ..... ۴-۸-۲-  $V_s$  انقباض حجمی
- ..... ۴-۸-۳- اندازه گیری انقباض

- ..... ۴-۸-۳-۱- اندازه گیری با کمک دوغاب و تهیه خط کش استاندارد
- ..... ۴-۸-۳-۲- اندازه گیری با روش پرس پودر
- ..... ۴-۸-۳-۳- تهیه قرص از گرانول آماده شده
- ..... ۴-۸-۳-۴- اندازه گیری انقباض پخت
- ..... ۴-۸-۱- اندازه گیری استحکام
- ..... ۴-۸-۱- تهیه نمونه های استحکام از گرانول آماده شده
- ..... ۴-۹-۲- روش اندازه گیری استحکام خشک
- ..... ۴-۹-۲-۱- دستگاه اندازه گیری استحکام خمشی (MOR)
- ..... ۴-۹-۲-۲- اندازه گیری استحکام پخت
- ..... ۴-۱۰-۱- اندازه گیری جذب آب نمونه های پخت
- ..... ۴-۱۱- محاسبه پرت حرارتی
- ..... ۴-۱۲- روش مشاهده نمک های محلول
- ..... فصل پنجم رسی گروه مونت موری لونیت (Montmorillonite)
- ..... ۵- گروه مونت موری لونیت (Montmorillonite)
- ..... ۵-۱-۱- کانی مونت موری لونیت "Montmorillonite"
- ..... ۵-۱-۱- خواص کلوئیدی مونت موری لونیت
- ..... ۵-۱-۲- اثر حرارت بر مونت موری لونیت
- ..... ۵-۲- کانی پیروفیلیت "Pyrophyllite"  $Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$
- ..... ۵-۳- کانی بتنونیت  $Al_{1.67}mg_{0.33}O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$

۱-۳-۵- کاربرد بتونیت ..... *Error! Bookmark not defined.*

۲-۳-۵- اهداف تهیه نانوکامپوزیت های پلیمری .....

۳-۳-۵- مراحل تولید نانوکلی کامپوزیتی .....

۴-۳-۵- میزان خلوص .....

۵-۳-۵- ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) .....

۶-۳-۵- نسبت منظر ..... *Error! Bookmark not defined.*

۷-۳-۵- ساختمان سیلیکات های لایه ای اسمکتیتی مناسب برای کامپوزیت ها. *Error! Bookmark not defined.*

۸-۳-۵- واکنش بین پلیمر و خاک رس در نانوکامپوزیت های پلیمری .....

۹-۳-۵- اصلاح سطحی خاک بتونیت .....

۴-۵- تالک " $Talc$ " یا  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$  یا  $3MgO, 4SiO_2, H_2O$

۱-۴-۵- خواص تالک .....

۲-۴-۵- کاربرد تالک .....

۵-۵- میکا ..... *Error! Bookmark not defined.*

۱-۵-۵- میکا در عهد باستان .....

۲-۵-۵- کانی های گروه میکا .....

۴-۵-۵- ساختار میکاها .....

۵-۵-۵- مشخصات عمومی میکا .....

۷-۵-۵- واکنش میکا با اسید .....

- .....  $H_2KAl_3(SiO_4)_3$  (Muscovite) مسکویت ۵-۶-۶
- Error! Bookmark not defined. ....  $H_2K(Mg, Fe)_3Al(SiO_4)_3$  (Biotite) بیوتیت ۵-۷-۶
- ..... ترکیب شیمیایی بیوتیت ۵-۷-۱-۶
- .....  $H_2KMg_3Al(SiO_4)_3$  (Phlogopite) فلوگوپیت ۵-۸-۶
- .....  $(Mg, Fe^{2+}, Al, Ca, K)_3(Al, Si, Fe^{3+})_4O_{10}(OH)_2(H_2O)_4$  ورمیکولیت ۵-۹-۶
- ..... (T-O-T+O) گروه لایه مختلط ۵-۱۰-۱-۶
- .....  $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$  ایلیت ۵-۱۰-۱-۱-۶
- .....  $Al_4(SiAl)_4O_{10}(OH)_2$  (Chlorite) کلریت ۵-۱۰-۲-۶
- ..... فصل ششم- مصرف کائولن
- ..... ۶- مصارف کائولن
- ..... ۶-۱- مقدمه
- ..... ۶-۲- دلایل کاربرد فراوان کائولن در صنایع مختلف
- ..... ۶-۳- مشخصات عمومی کائولن مصرفی در صنعت
- ..... ۶-۴- استاندارد کائولن مصرفی در صنعت کاغذ سازی
- ..... ۶-۵- دلایل مصرف کائولن در صنعت سرامیک
- ..... ۶-۱-۵- استاندارد کائولن مصرفی در صنایع سرامیک
- ..... ۶-۶- دلایل مصرف کائولن در نسوز

- ..... ۱-۶-۶- استاندارد کائولن مصرفی با کاربری نسوز
- ..... ۷-۶- کائولن در مصالح ساختمانی
- ..... ۸-۶- دلایل مصرف کائولن در رنگ سازی
- ..... ۱-۸-۶- استاندارد کائولن مصرفی در رنگ سازی
- ..... ۹-۶- استاندارد کائولن مصرفی در لاستیک سازی
- ..... ۱۰-۶- استاندارد کائولن مصرفی در پلاستیک سازی
- ..... ۱۱-۶- کاربرد شیمیایی
- ..... ۱۲-۶- مصرف کائولن در داروسازی
- ..... ۱۳-۶- استاندارد کائولن مصرفی در مواد آرایشی
- ..... ۱۴-۶- استاندارد کائولن مصرفی در فایبرگلاس
- Error! Bookmark not defined.* ..... ۱۵-۶- استاندارد کائولن مصرفی در جذب کننده
- ..... ۱۶-۶- تولید کنندگان مواد رسی در ایران
- ..... ۱-۱۶-۶- کائولن زنوز (ICC) (Iran China Clay)
- ..... ۲-۲۱-۶- کارخانه نسوز آباده (کائولن - بالکلی)
- ..... ۱-۲-۲۱-۶- کائولن SPVI
- ..... ۲-۲-۲۱-۶- کائولن SPI۰۰ آباده
- ..... ۳-۲-۲۱-۶- کائولن SP400 آباده

- .....۲۲-۶- خاک بالکلی طبس - سوراو جین عقیق
- .....۷-۲۲-۶- مشخصات بالکلی خاک نسوز سوراو جین
- .....۱-۷-۲۲-۶- بالکلی *ARK-20*
- .....۲-۷-۲۲-۶- بالکلی *ARK-50*
- .....۳-۷-۲۲-۶- بالکلی *UI*
- .....۴-۷-۲۲-۶- بالکلی *ARK-10*
- .....۵-۷-۲۲-۶- بالکلی *ARB-20*
- .....۶-۷-۲۲-۶- بالکلی بلند ویژه *BS-7*
- .....۷-۷-۲۲-۶- بالکلی خاک نسوز *ARB-30*
- .....۸-۷-۲۲-۶- بالکلی خاک نسوز *ARB-S*
- .....۹-۷-۲۲-۶- بالکلی خاک نسوز *ARB-S*
- ..... فصل هفتم - کمک ذوب (*FLUX*)
- .....۷- مقدمه
- .....۱-۷- فلدسپات یا فلدسپار (*Feldspar*)
- .....۱-۱-۷- ساختار فلدسپارها
- .....۲-۱-۷- آنالیز شیمیایی فلدسپارها
- .....۳-۱-۷- کاربرد فلدسپات ها (*Feldspar*)

- ..... ۴-۱-۷- منابع تامین فلدسپار در ایران
- ..... ۱-۴-۱-۷- فلدسپار ملایر
- ..... ۲-۴-۱-۷- فلدسپار مغانلو
- ..... ۳-۴-۱-۷- فلدسپار دوران ریحان
- ..... ۴-۴-۱-۷- فلدسپار SF12 ستبران
- ..... ۲-۷- نفلین
- ..... ۳-۷- سینیت
- ..... ۴-۷- نفلین سیانیت  $(Na(AlSi)O_4)$
- ..... ۱-۴-۷- خواص فیزیکی و شیمیایی نفلین سیانیت
- ..... ۵-۷- لپیدولیت  $(K(AlLi_2)Si_4O_{10}(OH)_2)$
- ..... ۶-۷- آمفیبول
- ..... ۱-۶-۷- ساختمان آمفیبول ها
- ..... فصل هشتم مواد غیر پلاستیک
- ..... ۸- تعریف مواد غیر پلاستیک (*Nonplastic*)
- ..... ۱-۸- وظایف پرکننده ها
- ..... ۴- اصلاح ریز ساختار بدنه
- ..... ۵- تامین آنالیز مناسب

- ..... ۲-۸- ژپس "Gypsum" یا سنگ گچ
- ..... ۳-۸- باریت  $BaSO_4$  (Barite)
- ..... ۴-۸- سیلیس یا سیلیکا  $(SiO_2)$
- ..... ۱-۴-۸- فازهای سیلیسی
- ..... ۱-۴-۸- کریستوبالیت
- ..... ۲-۴-۸- تریدیمیت (Tridymite)
- ..... ۳-۴-۸- کوارتزیت (Quartzite)
- ..... ۴-۴-۸- فلینت (Flint)
- ..... ۵-۴-۸- سیلیس ته‌نشین شده
- ..... ۶-۴-۸- سیلیس کلونیدی
- ..... ۷-۴-۸- سیلیس نوع متالورژی
- ..... ۸-۴-۸- مصرف سیلیس
- ..... ۵-۸- آلومینا
- ..... ۱-۵-۸- ساختار آلومینا
- ..... ۳-۵-۸- نحوه استخراج آلومینیم اکسید با روش بایر
- ..... ۴-۵-۸- خواص فیزیکی آلومینا
- ..... ۵-۵-۸- خواص شیمیایی آلومینا



- ..... ۶-۸- ولاستونیت (*Wollastonite*)  $CaSiO_3$
- ..... ۷-۸- سیلیمانیت "*Sillimanite*"  $Al_2O_3.SiO_2$
- ..... ۱-۷-۸- ساختار مینرالی گروه سیلیمانیت
- ..... ۲-۷-۸- خواص مینرالی گروه سیلیمانیت
- ..... فصل نهم آماده سازی
- ..... ۹- آماده سازی مواد اولیه
- ..... ۱-۹- خردایش
- ..... ۱-۱-۹- مکانیزم خرد کردن
- ..... ۲-۱-۹- پارامترهای موثر در خردایش
- ..... ۱-۲-۱-۹- ابعاد طولی ذرات ماده
- ..... ۲-۲-۱-۹- سطح ویژه پودر
- ..... ۳-۲-۱-۹- سختی مواد
- ..... ۴-۲-۱-۹- ساختار مواد
- ..... ۵-۲-۱-۹- وزن مخصوص مواد
- ..... ۶-۲-۱-۹- رطوبت مواد
- ..... ۳-۱-۹- سنگ شکنی
- ..... ۲-۹- خشک سائی و ترسائی

- ..... ۱۰- اختلاط و همزدن مواد (*Blunger*)
- ..... ۱-۱۰- اختلاط و همزدن مواد با دور متوسط (*Medium Speed Blunger*)
- ..... ۲-۱۰- اختلاط و همزدن مواد با دور تند (*High Speed Blunger*)
- ..... ۳-۱۰- روش های آماده سازی دوغاب
- ..... ۱-۳-۱۰- تهیه دوغاب به روش خشک (اروپائی)
- ..... ۲-۳-۱۰- تهیه دوغاب به روش ترسائی (انگلیسی)
- ..... ۴-۱۰- نگه داری دوغاب (*egging*)
- ..... فصل یازدهم روش های تقلیل آب
- ..... ۱۱- مقدمه
- ..... ۱-۱۱- فیلتر پرس (*Filtration*)
- ..... ۲-۱۱- پاگمیل هوا زدا (*De-Airing pugmill*)
- ..... ۱-۲-۱۱- اعمال خلاء و مزایای آن
- ..... ۲-۲-۱۱- عیوب اکستروژن و راه های بر طرف کردن آن ها
- ..... ۱-۲-۱۱- ترک S شکل
- ..... ۲-۲-۲-۱۱- لایه لایه شدن (*Lamination*)
- ..... ۳-۲-۲-۱۱- لایه لایه شدن در امتداد سطح و عمق ستون گل
- ..... ۴-۲-۲-۱۱- ترک شمعدانی (ستاره ای)

..... ۱۱-۲-۲-۵- جوش و حفره سطحی

..... ۱۱-۲-۲-۶- شیب سفتی در گل اکستروود شده

..... ۱۱-۳- اسپری درایر (خشک کن پاشیدنی) (*spray dryers*)

..... ۱۱-۳-۱- وظیفه و نقش اسپری درایرها

..... ۱۱-۲۳۲- مبانی اتمایزه شدن مواد داخل اسپری

..... ۱۱-۳-۳- تبخیر در اسپری درایر

..... ۱۱-۳-۳-۱- تماس هوا - قطرات اسپری شده

..... ۱۱-۳-۲- خشک کردن قطره اسپری

..... فصل دوازدهم فرمولاسیون

..... ۱۲- مقدمه

..... ۱۲-۱- انواع بدنه

..... ۱۲-۱-۱- بدنه سرامیک های معمولی (*Traditional Ceramics*)

..... ۱۲-۱-۲- سرامیک های نوین (*Modern Ceramics*)

..... ۱۲-۲- آنالیز مینرالی بدنه های سرامیکی

..... ۱۲-۳- مروری بر حل معادلات "سه معادله و سه مجهول"

..... ۱۲-۴- محاسبه مواد اولیه بدنه با آنالیز مینرالی مشخص

..... فصل سیزدهم- اثر حرارت

..... ۱۳- خشک کردن (*Drying*)

- ..... ۱-۱۳- انقباض خطی  $d_s$
- ..... ۲-۱۳- اثر حرارت بر بدنه های سرامیکی
- ..... ۱-۲-۱۳- اکسیداسیون
- ..... ۲-۲-۱۳- ناخالصی های اصلی
- ..... ۳-۲-۱۳- واکنش های تجزیه ای
- ..... ۴-۲-۱۳- تغییرات فازی
- ..... ۵-۲-۱۳- گازهای محبوس شده
- ..... ۶-۲-۱۳- شیشه ای شدن (*vitrification*)
- ..... ۷-۲-۱۳- خنک کردن

## مقدمه

از آنجایی که سرامیک ها موارد کاربرد زیادی دارند از سفال و صنایع دستی گرفته تا آجر ساختمانی، چینی، شیشه، قطعات اتومبیل، قطعات موشک، سفینه های فضایی و قطعات کامپیوتر و الکترونیک، ابرکامپیوترها، بیوسرامیک و نانو سرامیک ها، لذا شناسایی مواد اولیه از لحاظ تمامی عوامل موثر در خواص محصول بسیار حیاتی می باشد.

شرایط تشکیل مواد اولیه، آنالیز خواص شیمیایی و مینرالی، فراوانی منابع و ذخایر موجود، دسترسی و قیمت حمل و نقل و قیمت تمام شده، چگونگی آماده سازی و مصرا، خواص کاربردی در فرآیند تولید و تامین اهداف حین کاربرد،.....می توانند ما را در دستیابی به محصولات با کیفیت مناسب کمک کنند.

در کنار تلاش روزافزون برای تالیف منابع فارسی در دیگر شاخه های سرامیک توسط مهندسان و اساتید، تالیف کتاب هایی که برگرفته از تجارب صنعتی و دانشگاهی باشد، من را برآن داشت که در مورد خواص مواد و مواد اولیه مصرفی در صنایع با نیم نگاهی به مواد اولیه ای که از معادن ایرانی استخراج می شوند مطالب جامعی را تهیه کنم و در اختیار اساتید و صنعت گران قرار دهم. لذا کتاب "فرآیند ساخت سرامیک" جلد تالیف شده است. امیدوارم ضمن دقت نظر در مفاهیم علمی این کتاب، وجود هر گونه پیشنهادی را به پست الکترونیکی اینجانب [www.msatarieh2002@yahoo.com](mailto:www.msatarieh2002@yahoo.com) ارسال کنید.

مولف

سالاربه

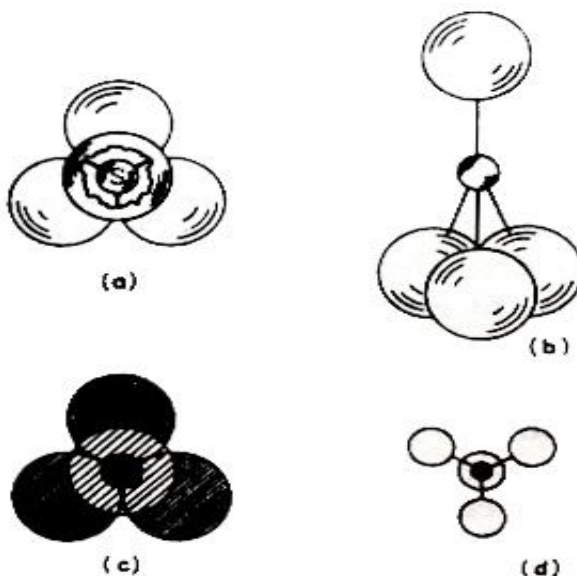
# فصل اول

## ساختمان سیلیکاتی

## ۱- ساختمان سیلیکاتی

### ۱-۱- مقدمه

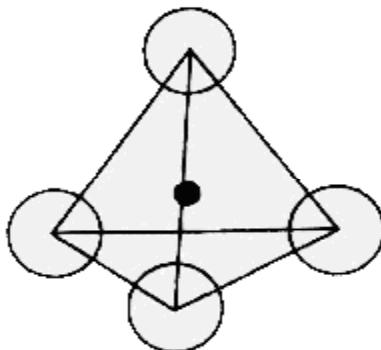
یکی از فراوان ترین اکسیدهای تشکیل دهنده پوسته زمین سیلیسیم اکسید یا سیلیس با فرمول  $SiO_2$  است. ساختار  $SiO_2$  به صورت چهار وجهی های (*Tetrahedron*) اکسیژن و سیلیسیم است بطوریکه تعداد چهار عدد اتم اکسیژن در کنار یکدیگر قرار گرفته و در فضای خالی تتراهدرال (حفره) یک عدد اتم سیلیکون قرار می گیرد. شکل (۱-۱)



شکل (۱-۱) آرایش سیلیس ( $SiO_2$ ) -a برش از نمای اصلی

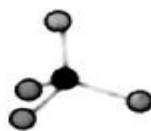
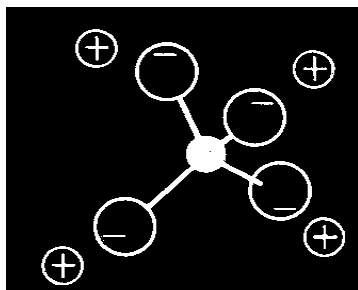
**b**- نمای گسترده **c**- نمای از بالا چهار وجهی **d**- نمای معمولی

کوچکترین واحد سازنده سیلیکات ها به شکل یک هرم چهار وجهی است که تمام سطوح آنرا مثلث های متساوی الاضلاع تشکیل می دهند. در مرکز این چهار وجهی یک اتم سیلیسیم و در راس های آن چهار اتم اکسیژن طوری قرار گرفته اند که اتم سیلیسیم را کاملاً می پوشانند. شکل (۲-۱)



شکل (۲-۱) چهار وجهی واحد سازنده سیلیکات ها O - اتم اکسیژن • - اتم سیلیسیم

چهار وجهی آنیونی حاصل  $[SiO_4]^{4-}$  است که در آن تعداد چهار بار منفی خنثی نشده وجود دارد زیرا در کنار هر چهار عدد اکسیژن در راس هرم معادل هشت بار منفی  $(4 \times [-2])$  بوجود می آید که یک عدد اتم سیلیسیم معادل چهار بار مثبت  $(+4 \times 1)$  در مرکز داریم لذا چهار وجهی حاصل دارای چهار بار منفی خنثی نشده در  $[SiO_4]^{4-}$  است. شکل (۳-۱)



شکل (۳-۱) چهار وجهی O  $[SiO_4]^{4-}$  - اتم اکسیژن • - اتم سیلیکون



کانی دارای سیلیسیم و اکسیژن ( $SiO_4$ ) که در آن چهار اتم اکسیژن اطراف یک اتم سیلیسیم قرار می گیرد را "کانی سیلیکاتی" می نامند. عامل بحرانی که تعیین کننده چگونگی پیوند اتمی در ساختار سیلیکات ها باشد، تعداد اکسیژن های تک اتصال یا اکسیژن های دارای بار الکتریکی خنثی نشده است که آن ها را اکسیژن های غیر پل زن می نامند، این اکسیژن های موجود در چهار وجهی ها نسبت به

$$R = \frac{O}{Si} \text{ (جدول (۱-۱) رابطه بین ساختار سیلیکاتی و نسبت)}$$

نام ساختار	اکسیژن غیر پل زن	اکسیژن پل زن	نسبت $R = \frac{O}{Si}$	ساختار اتمی
سیلیکات داربستی	۰,۰	۴,۰	۲,۰۰	
سیلیکات صفحه ای	۱,۰	۳,۰	۲,۵۰	
سیلیکات زنجیر دوتایی	۱,۵	۲,۵	۲,۷۵	
سیلیکات زنجیره ای	۲,۰	۲,۰	۳,۰۰	

	۳,۵۰	۱,۰	۳,۰	سیلیکات مضاعف
	۴,۰۰	۰,۰	۴,۰	سیلیکات جزیره ای

سیلیسیم نسبتی معادل  $R = \frac{O}{Si}$  را بوجود می آورند، بطوریکه در نتیجه ارتباط بین این چهار وجهی

ها سیلیکات های متنوعی بوجود می آید که در مورد آن ها صحبت خواهیم کرد. جدول (۱-۱)

بنابراین سنگ بنای اصلی ساختار در چهار وجهی های  $[SiO_4]^{4-}$ ، پیوند  $O-Si$  است که تقریباً

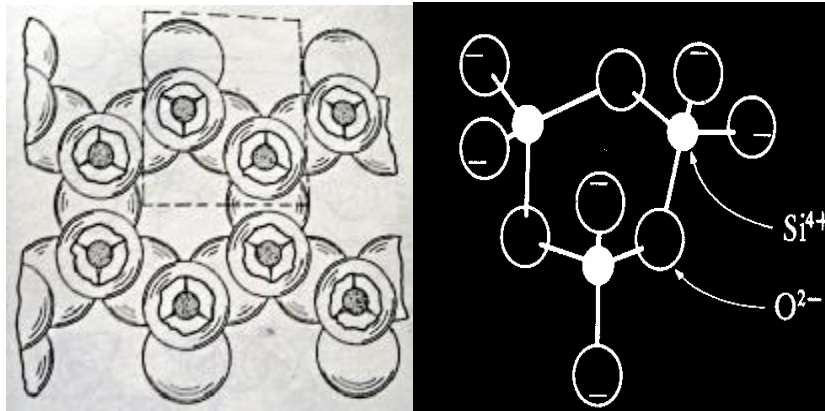
کوالانس بوده و چهار وجهی ها هم به نسبت  $\frac{O}{Si}$  و هم به نسبت خواص کوالانسی بین چهار وجهی

ها اتصال برقرار می کنند. به خاطر خواص پیوندهای کوالانسی و وجود بار الکتریکی زیاد در یون های

$Si^{4+}$ ، واحد های چهار وجهی تقریباً همواره اتصال گوشه به گوشه دارند و هرگز اتصال سطح به سطح

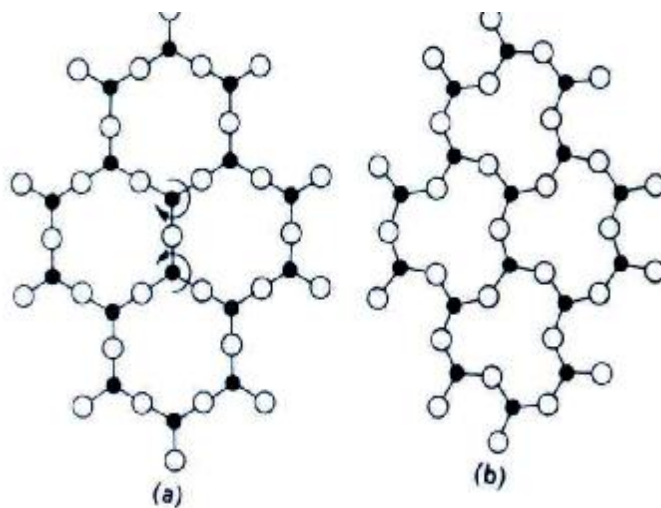
ندارند اما همواره یک به یک در راس مشترک هستند نه یال. این چهار وجهی ها می توانند از طریق

رئوس خود به عبارت دیگر از طریق یون های خنثی نشده اکسیژنی به یکدیگر متصل شوند. شکل (۱-۴)



شکل (۴-۱) اتصال چهار وجهی‌ها از طریق رئوس در حلقه سه تایی یا در حلقه شش تایی

بدیهی است اگر چهار وجهی‌ها در چهار گوشه با یکدیگر پیوند برقرار کنند بار منفی به طور کامل خنثی نمی‌شود، در این صورت هر اتم اکسیژن به دو چهار وجهی مجاور تعلق داشته و در نتیجه هر چهار وجهی دارای یک اتم سیلیسیم و چهار نیم اتم اکسیژن خواهد بود. به همین دلیل نیز فرمول به صورت  $SiO_2$  نشان داده می‌شود. شکل (۵-۱)



شکل (۵-۱)  $a$ - سیلیس بلوری با فرمول  $SiO_2$  -  $b$  سیلیس بی شکل (آمورف)

## ۲-۱- ساختارهای سیلیکاتی

همانطوریکه قبلاً گفته شد، واحد اصلی سازنده ی ساختمان سیلیکاتی، تترائدرهای  $[SiO_4]^{-4}$  می‌باشد، که ممکن است توسط یک یا چند اتم اکسیژن خود با هم پیوند برقرار نمایند و بارهای خنثی نشده اکسیژن‌های باقی مانده توسط سایر کاتیون‌ها خنثی شوند. بر این اساس سیلیکات‌ها را به ۶ خانواده تقسیم می‌نمایند. جدول (۲-۱)

۱- سیلیکات جزیره ای

۲- سیلیکات دوتایی

۳- سیلیکات زنجیره ای یا حلقوی

۴- سیلیکات زنجیر مضاعف

۵- سیلیکات صفحه ای

۶- سیلیکات شبکه ای