

به نام خدا

رنگهای سرامیکی

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

دانشگاه تبریز

ceramic.blog.ir

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

# جلسه اول

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

# مطالب و چارچوب درس رنگهای سرامیکی

## تعاریف اولیه (pigment-dye-extender)

### تاریخچه رنگ

### کاربردهای رنگدانه های معدنی

### طبقه بندی رنگدانه های معدنی

(بر اساس نوع فلز یا بر اساس خواص رنگدانه)

### مبانی اپتیکی رنگ

(امساس رنگ- تهییج رنگ - تابع تابش- شدت نور و شدت روشنایی- رنگ سنجی)

ceramic.blog.ir

### مبانی فیزیکی رنگ

(ذره- آگریگیت- آگومره- فلوکها- توزیع اندازه ذره- سطح ویژه- و روشهای اندازه گیری آنها...)

### مبانی کلوئیدی در رنگ

(تعریف- ساختار هندسی- پایداری- اثر میدانهای الکتریکی- رفتار مغناطیسی-

پلاریزاسیون- روشهای تهیه و...)

**مباني شيميائي رنگ** (پيوند شيميائي-اثر اكسيژن‌هاي باز-تقسيم بندي بر اساس اتصال-نمکها-ترکیبات پلي مري-اثر متقابل نمکها-ساختار کریستالوگرافي و...)

**فرآیند ساخت** (آماده سازي-آسياب و مخلوط سازي-فيلتراسيون-كلسيناسيون و ...)

**بررسي فاکتورهاي موثر در فرآیند ساخت** (انتخاب مواد اوليه-دانه بندي-آماده سازي-سرعت همزدن-افزودنيها-رژيم حرارتي-زمان نگهداري و ...)

**چند مثال از پيگمنتها و اکستندرها** (رنگدانه هاي بر پایه زيروکن-آلومينات کبالت-اکسید روي-ليتوپونتيتانات سرب-دي اکسید تيتانيوم و...)

**رنگ در شیشه**

**رفتار رنگدانه ها در سيستمهاي رنگي** (اثرات متقابل رنگدانه و چسب-رفتار پراکنده شدن رنگدانه در سيستمهاي رنگي-غلظت حتمي رنگدانه-افزودنيها مانند: مواد ضد دلمگي-ضد خوردگي-ضد کف-ضد باکتری-ضد یخ زدگی-ضد آتش سوزي-جاذب ماوراء بنفش-خوشبو کننده و ...)

**آزمایشهاي سنجش و آريابي خواص رنگدانه ها و رنگها** (تعيين ميزان مواد فرار-تعيين سولفاتها کلريدها و نيتراتهاي محلول در آب-کروم محلول در آب-ميزان مواد محلول در اسيدکلريدريک-توزيع اندازه ذرات-دانسيته پودر-سختي رنگدانه-قدرت رنگدهي-قدرت درخشندگي-قدرت پوشانندگي-ميزان ترانسپارنسي-پایداری در برابر نور-پایداری در برابر شرایط آب و هوایی-پایداری در برابر گرما-پایداری در برابر عوامل شيميائي و...)

- 1-A.L.Peter , Pigment Handbook Vol . I, Johan Wiley & Sons, New York,1988.
- 2-S.J.Schnider et al. Engineered Materials Handbook Vol. IV, ASM International,1991.
- 3-G.Buxbaum,Industrial Inorganic Pigments,1998.

# فیزیکی رنگ

از نظر فیزیکدانها رنگ موجی با طول موج مشخص یا فوتونی با سطوح انرژی معین است  
فیزیولوژیست آنرا محرک کیه چشم میدانند

شیمیدان و مهندس مواد آنرا به شکل رنگدانه (pigmentum ماده مولد رنگ) می شناسند

رنگ یک پدیده واقعی - روانی که حاصل تفسیر مغز از نوری است که روی شبکه می افتد

وسیله ای برای زینت، نشانه ای از تمدن و پیشرفت، علاوه بر زیبایی برای پوشش اشیاء و  
جلوگیری از ضربه، خراش، خوردگی شیمیایی، حلالها، اثرات جوی و...

در صنایع سرامیکی در شیشه ها، پرسلانها، سیمان، در صنایع غذایی و... استفاده میشود

# فیزیک رنگ

- از لحاظ فیزیکی تابع سه عامل
- 1- منبع نور** (خورشید، فلزات و فیلامنتهای فلزی)
  - 2- شیئی** (ذاتا خود دارای رنگ است یا آنرا رنگ می کنند)
  - 3- دریافت کننده نور** (چشم، نوریاب، نورسنج)

امواج الکترومغناطیسی در محدوده 380-750 نانومتر

اولین بار نیوتن در 1730 میلادی با منشور نور سفید را تجزیه نمود

برهمکنش منبع نور - شیئی و دریافت کننده بایستی در ارزیابی رنگ مورد بررسی قرارگیرد

در برخورد نور با اشیا انعکاس، شکست، جذب، عبور و تفرق ممکن است رخ دهد

خلاصه مطالب ذکر شده اینکه مغز انسان در یک زمان سه نوع اطلاعات دریافت می کند

- 1- توزیع طیف انرژی منبع نور
- 2- طیف انعکاسی (نتیجه برهمکنش) از شیئی
- 3- حساسیت چشم

## تاریخچه رنگ

بیش از 60000 سال از گل اخري بعنوان ماده رنگي از گل اخري، زغال، منگنز و رسها حدود 30000 سال قبل در زمان (Pleistocene) عهد چهارم زمين شناسي) در جنوب فرانسه، شمال اسپانيا و آفريقا حدود 2000 سال قبل از ميلاد مسيح براي توليد رنگدانه هاي سياه، بنفش، و قرمز در كوزه گري از گل اخريا مخلوط سنگهاي معدني حاوي منگنز سولفيد آرسنيك و زرد naples (آنتيموانات سرب) اولين رنگدانه هاي زرد روشن الترامارين (آبي لاجورد) و لاجورد مصنوعي (آبي مصري و اسپينل آلومينات كبات) اولين رنگدانه هاي آبي مرمر سبز (malachite) و هيدروكسي كلريد مس فرآوري شده جزئ اولين رنگدانه هاي سبز

كلداني ها از كربنات كلسيم، سولفات كلسيمو كائولين بعنوان رنگ سفيد در مصر و بابل هنر نقاشي، مينا كارو شيشه گري پيشرفت كرد و از سنگ لاجورد سنتزي (سيليكات كلسيم و مس)، از سولفيد آنتيموان و سولفيد سرب (galena) در رنگدانه هاي سياه .



## تاریخچه رنگ

یونانی ها و رومیها بنا به اظهارات Plutarch در مورد هنر رنگ زیاد ارزش قائل نمی شدند و به همین دلیل در پیشرفت رنگهای جدیدتر سهمی نداشتند.

در سالهای 79-23 میلادی با توجه به توضیحات Pliny از زرنیخ، سرب قرمز، سرب سفید، زنگار مس، زاج سفید و گچ به عنوان رنگ سفید استفاده می شد. پس از پایان قرون وسطی رنگها زیا پیشرفت نداشتند.

در اوایل دوران رنسانس در کشورهای شرقی رنگدانه های ناپلز و جوهرهای مخصوص ابداع شد صنعت رنگ در قرن 18 با **آبی برلین** (1704)، آبی کبالت (1777) سبز و زرد کروم (1888) شروع شد در قرن 19 اولترامارین، رنگدانه های اکسید آهن بر پایه کبالت، رنگدانه های کادمیومی پیشرفت یافتند.

در قرن 20 رنگدانه ها بعنوان یک اصل علمی و پایه ای مطالعه شدند.

طی چند دهه گذشته رنگدانه های سنتزی مانند: قرمز کادمیوم، آبی منگنز، قرمز مولیبدن، مخلوط اکسیدها با بیسموت و... در بازار جهانی از فروش خوبی برخوردار شدند. دیاکسید تیتانیوم (رتایل، آنتاز) اکسید روی، سولفید روی و لیتوپون به عنوان رنگدانه و رنگدانه یار سفید معرفی شدند.

امروزه رنگدانه های متالیک، لوستری، لومینسنسی، مغناطیسی و... مورد توجه اند.

## رنگدانه

رنگدانه دلالت دارد به رنگي که از یک ماده رنگي احساس مي شود که با گذشت زمان براي آرايش اشياء نیز استفاده شد.

امروزه براي اطلاعات زیست شناسي نیز استفاده مي شود(ماده رنگي درون سلولها، اعضاي تشکيل دهنده سلولهاي گياهي و حيواني) ذرات معلق در پيکره سيالات

طبق استاندارد رنگدانه ذرات ريزي که در واسط مورد استفاده حلاليت نداشته و به دليل ويژگي هاي مغناطيسي، محافظتي، مکانیکی، مقاومت خوردگي و... استفاده مي شود(ISO, DIN&ASTM).

لغات PIGMENT, DYE, COLOR در مورد تمام موادي که داراي خواص رنگي هستند به کار ميرود اما مشخصه اصلي رنگدانه ها قابليت انحلال بسيار جزئي آنها در حلالها و چسبهاست.

رنگدانه يار extender ماده رنگي نيست بلکه براي ابهבוד خواص يا افزايش حجم ماده مورد استفاده در رنگ بکار ميرود.

رنگدانه هاي طبيعي و سنتزي در سراميكها ذرات پودري بسيار ريزي هستند (0.1 الي 10 ميكرون) كه به عنوان مكمل بسياري از پوششهاي دكوري يا محافظتي محسوب شده يا در لعابها، بدنه هاي سراميكي، لعاب روي فلزات، پرسلازها و... استفاده مي شود.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

رنگدانه ها در واسط مورد استفاده تقریبا نا محلول است و بصورت ذرات پراکنده هتروژن است.

ceramic.blog.ir

## فواص اپتیکی رنگها

احساس رنگ و کانونی که این احساس را بوجود می آورد باید شناخت

تهیج رنگ

چشم بعنوان کانونی که اجسام الکترومغناطیسی به آن برخورد کرده و حساسیت نشان می دهد بنابراین بسیاری از مسائل مثل زاویه نگاه کردن یا موقعیت منبع روشنایی نسبت به جسم مورد نظر اهمیت دارد.

بنابراین باید استانداردهایی برای معرفی منبع نورانی داشته باشیم. مثلاً اگر بگوییم رنگ تخته سبز است تحت شرایط بخصوص و با منبع موجود است و ممکن است تحت شرایط دیگر تغییر کند.

معمولاً رنگهایی که مشاهده می کنیم خالص نیستند و ترکیبی از رنگها می باشند، بنابراین طیف اصلی مرتباً تغییر می یابد. باید بینیم هنگام مخلوط کردن در رنگ چه اتفاقی می افتد. پس باید ضوابط و معیار هایی که در مخلوط کردن رنگها موثر نیستند را بدانیم.

## خواص اپتیکی رنگها- ادامه

مثلاً در مورد رنگ آهن که با افزایش اکسید رنگی دیگر، رنگ مکملی ایجاد میشود

از مسائل اپتیکی دیگر در مورد رنگ، **اندازه گیری و سنجش رنگ** است که روشهای مختلفی برای آن وجود دارد و همگی استاندارد شده است.

مثلاً در مورد رنگ سفید با اینکه همه آنها سفید است ولی درجه سفیدی متفاوت است.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

## ۲- خواص شیمیایی رنگ

اثر تغییرات خواص شیمیایی بر روی خواص رنگ

بعنوان مثال فتوسنتز در برگ درختان تغییر رنگ ایجاد می کند. بخصوص در رنگ نساجی تغییرات ناشی از تغییر شیمیایی است

رنگها معمولاً بصورت خالص مورد استفاده قرار نمی گیرند و غالباً مخلوط می شوند. روشهای مخلوط کردن رنگهای مختلف با هم، نقش اتمسفر، تابش، ناخالصیها روی رنگ نیز قابل بررسی است.

## ۳- خواص فیزیکی رنگ

در مخلوط کردن رنگها باید به خواص فیزیکی آنها توجه داشته باشیم. بعنوان مثال **وزن مخصوص** در پایداری رنگ بسیار موثر است ( از گرافیت تا رنگهای بر پایه سرب طیف وسیعی از وزن مخصوص وجود دارد)

**دانه بندی** نیز بعنوان یکی دیگر از خواص فیزیکی بر روی بار الکتریکی ذرات تاثیر دارد سطح مخصوص با تغییر دانه بندی تغییر می کند. بنابراین میزان بار الکتریکی ذرات تغییر کرده و میزان افزودنی های مورد مصرف نیز تغییر می کند

**شکل ذرات** کروی یا غیر کروی بودن آنها نیز بر روی انعکاس و ... تاثیر می گذارد

## ۴- طرز تهیه پیگمنت ها

در این قسمت محورها و فاکتورهای مهم در تهیه پیگمانها بیان می شود. مثلاً رسوب دادن یا فیلتر شدن آنها تابع چه عواملی است. حرارت دادن و کلسیناسیون پیگمانها چه مسائلی را بدنبال دارد یا در اثر ساییش چه اتفاقی رخ می دهد .

- پیگمانهای گروه کرم ( W,Cr )
- پیگمانهای گروه روی ( منیزیم و روی )
- // // کادمیم ( کادمیم و جیوه )
- // // مس ( Al,Cu )
- // // تیتان ( تیتان و زیرکون )
- // // سرب ( سرب و قلع )
- پیگمانهای آلی
- پیگمانهای گیاهی
- پیگمانهای گروه آهن ( آهن و منگنز )
- پیگمانهای گروه کربن ( پایه کربن ، پایه سیلیس )

تقسیم بندی پیگمانهای معدنی بر اساس نوع فلز



## ۵- آماده سازی رنگها

شامل مخلوط کردن، تعیین ویسکوزیته، کنترل و تنظیم آن، بایندها، ادتیوها، ملالها، لاکها

مسائل دیگر شامل رنگ در شیشه، رنگدانه های آبی، فتوکرومیک، فتوتروپیک، Solarization و پیگمنتهای درجه حرارت بالا بر پایه زیرکون (صورتی کرال، آبی و انا دیوم، قرمز کادمیوم سولفو سلناید، زرد پرازودیوم، لیتوپون، سولفید روی، اسپینل آلومینات کبالت،... در صورت امکان نیز مورد بررسی قرار میگیرند.

مهندس سرامیک

ceramic.blog.ir

# جلسه دوم

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

# خواص رنگی و رنگ سنجی

در برافورد فوتون با لایه دارای رنگدانه

۱- فوتون جذب رنگدانه می شود

۲- فوتون توسط رنگدانه پراکنده می شود

۳- عبور میکند

اگر پراکنش شدیدتر از جذب و جذب ناچیز باشد رنگدانه سفید ، اگر جذب در محدوده نور مرئی بسیار بیشتر از پراکنش باشد رنگدانه سیاه است. در رنگدانه رنگی جذب و پراکنش انتخابی هستند

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

۱- رنگدانه ها را با منحنی های بازتابش طیفی می توان شناسایی نمود

۲- منحنی های بازتابش طیفی به پراکنش ، جذب و ضامامت لایه پراکنش مرتبط می کند(نظریه

( Kubelka-Munk

۳- نظریه پراکنش ، ضریب پراکنش را به غلظت مجمی رنگدانه و قطر پراکنش ذرات منفردارتباط می دهد

۴- در نظریه Mie قطر پراکنش و جذب با قطر ذره ، طول موج و ثوابت نوری ماده(ضریب

جذب و شکست)ارتباط دارد

## رنگ سنجی - ادامه

اصولاً برای تشریح رنگ، سه متغیر مورد نیاز است که عبارتند از: **فام (Hue)**، **روشنایی (Lightness)** و **سیری** یا **اشباع رنگ (Saturation)**. این فاکتورها صرفاً در مورد رنگهای غیروابسته تمت عنوان Self-Luminous Stimuli که هیچ ارتباطی به زمینه اطراف ندارد، صدق می کنند پس از تعریف این سه ممرک مرجع با استفاده از اصل سه رنگی می توان یک فضا رنگ سه بعدی بنا کرد که در آن مفتمات رنگ را میتوان بصورت مولفه های یک بردار تفسیر کرد

### وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

فواص غیر رنگی مانند سفیدی، خاکستری و سیاهی در همه رنگها وجود دارند که برای بیان مسی چنین ویژگی از عنوان درفشندگی (Brightness) استفاده می شود.

**درفشندگی** یک فاصیت بینایی است که به صورت نشر نور از روی سطح تعریف می شود و میزان درفشندگی به **شدت نور تابیده شده بستگی** دارد.

## رنگ سنجی - ادامه

**فام رنگ** ساده ترین بیان آمساسی است که رنگ مورد نظر را اینکه **قرمز، زرد، سبز، آبی** و ... است، نشان می دهد ولی متغیر مشکل و بمت انگیز عبارتی است که شدت فام رنگ را مشخص می کند.

روشنایی عبارت است از بخشی از نور فرودی به سطح قطعه که از آن سطح منعکس می شود ولی در مورد اشیاء شفاف قسمتی از نور عبور کرده از قطعه است. روشنایی به میزان شدت نور فرودی بستگی نداشته و ثابت است.

ceramic.blog.ir

## رنگ سنجی - ادامه

شخصی به اسم Hunt یک بیان احساسی جدید به نام پُررنگی (Colorfulness) را به عنوان نشانه ای از یک مس بینایی پیشنهاد کرد که طبق آن یک سطح رنگی، کمتر و یا بیشتر رنگی به نظر می رسد.

زمانی که مقدار این پارامتر به صورت درفشندگی تشفیص داده شود، پُررنگی نسبی (نسبت پُر رنگی به درفشندگی) منجر به عبارتی می شود که Hunt آنرا **اشباع** نامید.

ceramic.blog.ir

## رنگ سنجی - ادامه

Hunt برای پُرننگی نسبی ذکر شده (نسبت پُرننگی به میانگین درخشندگی اطراف) عبارت کروما (Chroma) را ارائه کرد.

کمیت‌های ارائه شده برای شدت رنگ عبارت است از:

پُرننگی، اشباع و کروما

مستقل از هم نبوده و با شناخت روشنایی و درخشندگی بهم مرتبط اند هستند.

ceramic.blog.ir

با توجه به اینکه پارامترهای روشنایی، اشباع و کروما با تغییر شدت نور تابیده شده ثابت می مانند، وظیفه سیستم بینایی تشخیص اشیاء تعیین فام، روشنایی و اشباع است که مهمترین متغیرها در تشخیص رنگ می باشند.

## رنگ سنجی - ادامه

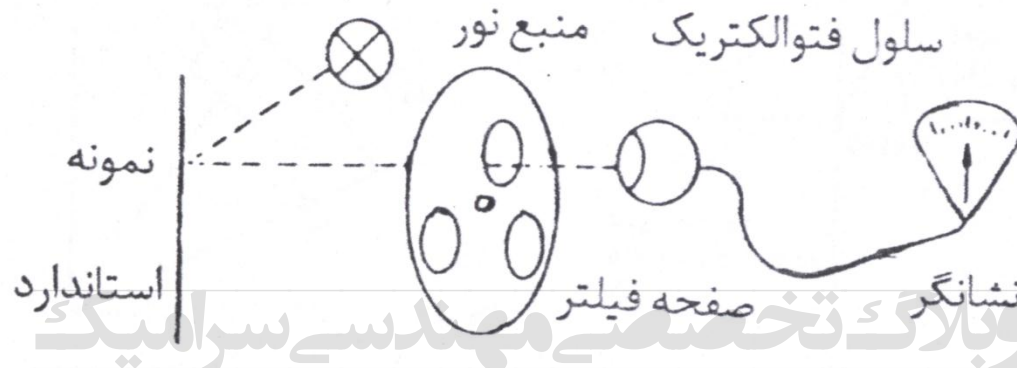
متغیرهای عنوان شده در سیستم CIELAB (Commission International L,Eclairage) قابل اندازه گیری هستند. مختصات کروماتیسیته  $y$  به ترتیب برای اشباع و فام رنگ و  $z$  (روشنایی) هستند.

در شکل‌های ۲-۷ اساس روش سه فیلتری، نمودار رنگی در سیستم CIE LAB محوره‌های رنگی اصلی و همچنین تعریف کروما (C) نشان داده شده است.

ceramic.blog.ir



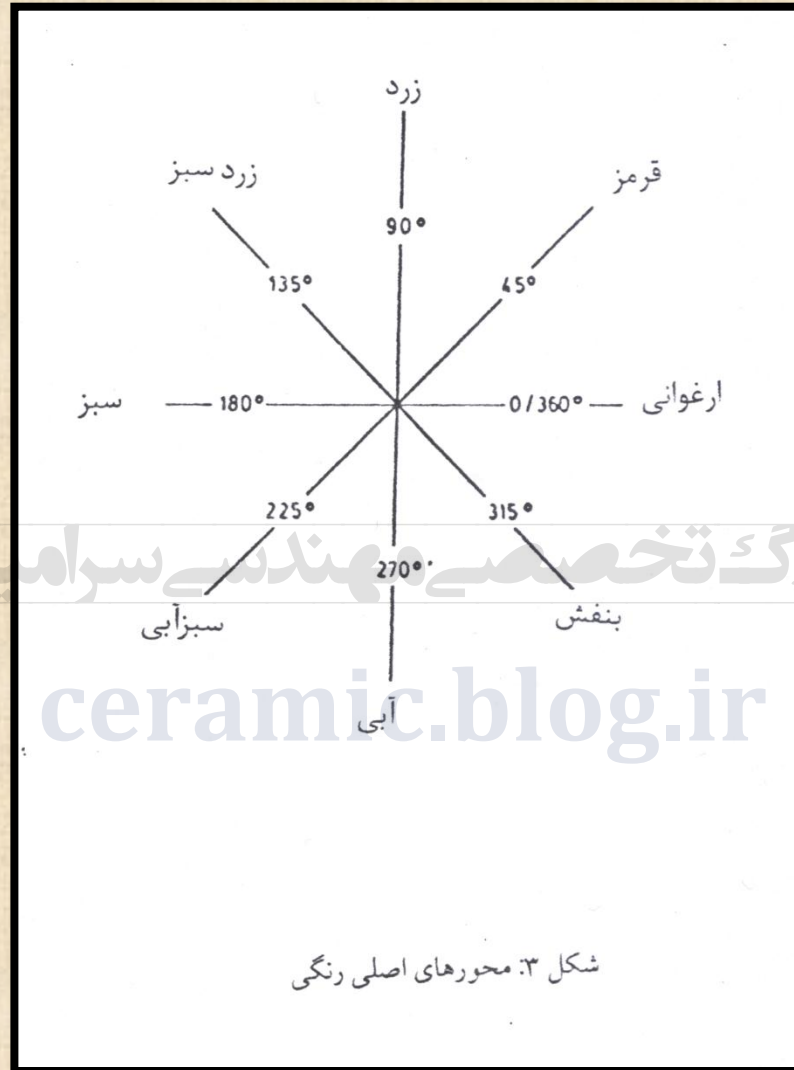
# رنگ سنجی - ادامه



ceramic.blog.ir

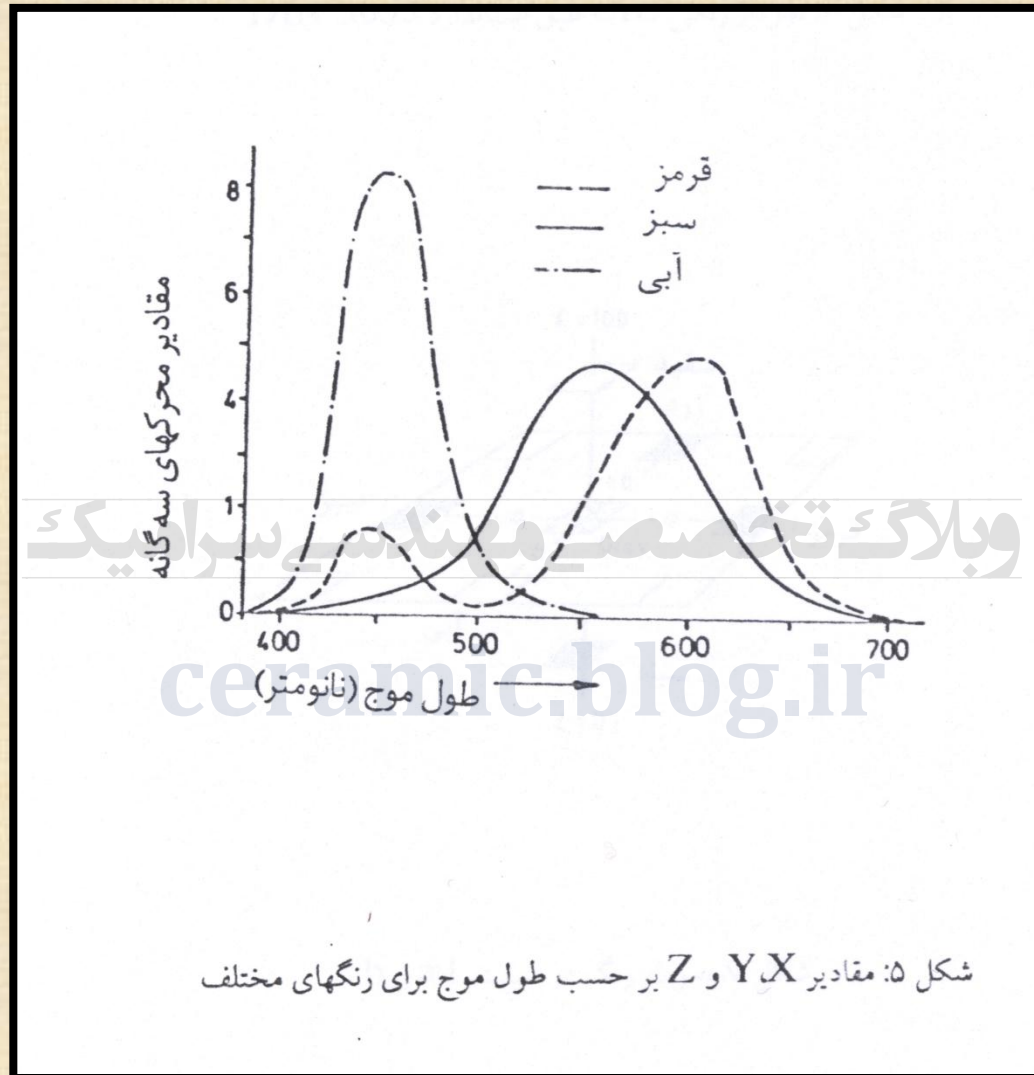
شکل ۲: اساسی روش سه فیلتری

# رنگ سنجی - ادامه

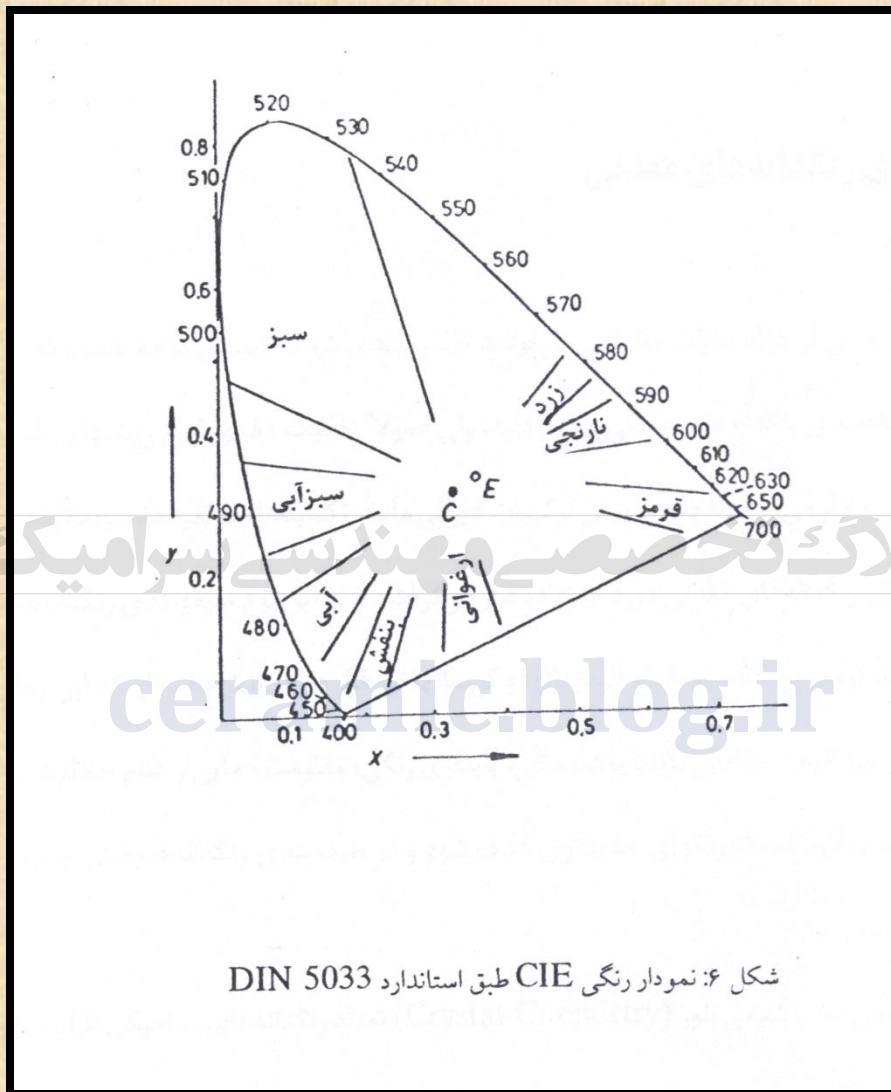


شکل ۳: محورهای اصلی رنگی

# رنگ سنجی - ادامه



# رنگ سنجی - ادامه



شکل ۶: نمودار رنگی CIE طبق استاندارد DIN 5033

## رنگ سنجی - ادامه

طبق قانون سه رنگی هر رنگ تمریک شده را از طریق ترکیب سه رنگ انتخاب شده از طیف نور می توان بدست آورد.

X,Y,Z مقادیر ممرکهای سه گانه دیاگرام CIE می باشند و در سیستم ممرکهای سه گانه، a نشان دهنده محور سبز - قرمز، b محور زرد - آبی و ۱ محور سفید - سیاه است.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

## مصارف و کاربرد رنگدانه ها

رنگها، لاک الکلها، پلاستیکها، رنگهای هنري، جوهرهای چاپ کاغذ و منسوجات، تزئین چرم، مواد ساختمانی، سیمان، آجر، کاشی، شیشه، لعابهای سرامیکی و فلزی، فلزات، چرمهای مصنوعي، پوششهای کف، لاستیک، کاغذ، مواد آرایشی و ...

**داشتن اندازه دانه بهینه و یکنواخت در کیفیت رنگدانه بسیار موثر است بعنوان مثال در براقیت، قدرت پوشانندگی، رنگ کنندگی و پخش شوندهگی موثر همگی عوامل مهمی هستند**

رنگدانه های سفید برای سفید کردن ، پوشاندن و کاهش رنگ رنگدانه های رنگی و سیاه استفاده می شود

ceramic.blog.ir

### نکات مهم در استفاده از رنگدانه ها

- 1- خواص شیمیایی و فیزیکی عمومی (ترکیب شیمیایی ، رطوبت، مقدار نمک، مقدار ماده محلول در آب و اسید، اندازه ذره ، چگالی و سختی)
- 2- پایداری : مقاومت در برابر نور ، هوا، حرارت، مواد شیمیایی ، خواص ضد خوردگی، حفظ براقیت
- 3- رفتار در چسبها: برهم کنش با چسب، قابلیت پخش شوندهگی، خواص ویژه در چسبهای خاص ، سازگاری و جامد شدن

# طبقه بندی رنگدانه های غیر آلی بر اساس ملاحظات رنگی و شیمیایی

رنگدانه های معدنی از نقطه نظرات مختلفی می توانند تقسیم بندی شوند. تقسیم بندی زیر از سیستم توصیه شده توسط ISO و DIN تبعیت می کند

بایستی توجه داشت که روشهای مختلفی برای طبقه بندی رنگدانه های معدنی وجود دارد، ولی اصولاً تفکیک دقیق این روشهای طبقه بندی تقریباً غیرممکن به نظر میرسد.

تا چندی پیش ترکیبات غیر آلی مانند: اکسیدها، سولفیدها، سولفاتها، فسفاتها و سیلیکاتها بعنوان رنگدانه های معدنی مورد استفاده قرار می گرفتند .

ceramic.blog.ir

## طبقه بندی رنگدانه های غیر آلی - ادامه

در این نوع طبقه بندی رنگدانه های آهن، **سرب قرمز**، اکسید کروم، **زرد کادمیه**، انواع آلومیناها و کروماتها نیز قرار دارند.

با توجه به اینکه این رنگدانه ها جوابگوی نیازهای روز افزون خواصی مانند پوشانندگی، پایداری رنگی، مقاومت دمایی و عدم ملالیت در واسط نبودند، لازم شد که رنگهای جدیدتری کشف شود و در طبقه بندی رنگدانه ها بخش جدیدی را به خود اختصاص دهند.

ceramic.blog.ir

با پیشرفت علمی مانند شیمی بلور (Crystal Chemistry) تعداد رنگدانه های سرامیکی افزایش یافتند و رنگدانه هایی بر پای اکسیدهای زیر ساخته شدند:



## طبقه بندی رنگدانه های غیر آلی - ادامه

اکسید زیرکونیم، هافنیم، تیتانیم، قلع، تانتالیم، سیلیکون، آلومینیم، ژرمانیم، وانادیم، تنگستن، مولیبدنیم، منگنز، کبالت، نیکل، آهن، بیسموت، و عناصر خاکهای نادر.

امروزه رنگدانه های با ساختار بلوری مخلوط اکسیدهای فلزی تحت عنوان "Mixed Metal Oxide Pigments" گروه بزرگی از رنگدانه های غیرآلی را تشکیل می دهند.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

جدول ۱ طبقه بندی رنگدانه های سرامیکی را بر اساس ترکیب شیمیایی و خاصیت رنگدانی آنها نشان می دهد. همچنین در جدول ۲ و شکل ۸ نیز طبقه بندی کلی از رنگدانه های معدنی را مشاهده می کنید.

## طبقه بندی رنگدانه های غیر آلی بر اساس ترکیب شیمیایی و خاصیت رنگ دهی

اصطلاح	تعریف
رنگدانه های سفید	اثر نوری این رنگدانه توسط پراکنش غیرانتخابی نور ایجاد می شود. مثال: دی اکسید تیتانیم، اکسیدروی، سولفید روی و لیتوپون
رنگدانه های سیاه	اثر نوری این رنگدانه ها توسط جذب غیرانتخابی نور ایجاد می شود. مثال: رنگدانه های کربن سیاه و اکسید آهن سیاه
رنگدانه های رنگی	اثر نوری این رنگدانه ها توسط جذب انتخابی نور و تا حد زیادی پراکنش انتخابی نور ایجاد می شود. مثال: قرمز و زرد اکسید آهن، اولترامارین، زرد کروم و آبی کبالت
رنگدانه های فلزی	در اثر بازتابش معمولی نور بر روی ذرات ورقه ای فلزی رنگدانه که بطور موازی قرار گرفته اند ایجاد می شود. مثال: ذرات پولکی شکل آلومینیم
رنگدانه های لوستری	اثر نوری آن توسط بازتابش معمولی یا تداخل نوری ایجاد می گردد.

# طبقه بندی رنگدانه های آلی بر اساس ترکیب شیمیایی و خاصیت رنگ دهی

اصطلاح	تعریف
رنگدانه های صدفی	بازتابش معمولی بر روی صفحات موازی رنگدانه که بازتابش زیادی دارند ایجاد می شود(تیتان بر روی میکا)
رنگدانه های تداخلی	اثر نوری رنگدانه های لوستر رنگی به طور کامل یا عمده توسط پدیده تداخل ایجاد می شود(اکسید آهن روی میکا)
رنگدانه های لومینسنسی (تابناک)	اثر نوری با استفاده از خاصیت جذب اشعه و نشر طول موج بلندتر ایجاد می شود
رنگدانه های فلورسنسی (تشعشعی)	این پدیده زمانی است که طول موج بلندتر پس از تمرکز بدون هیچگونه تأخیری منتشر شده باشد. مثال: سولفید روی با افزودنی نقره
رنگدانه های فسفرسنسی (شب تاب)	نور با طول موج بلندتر چندین ساعت پس از <b>تمرکز</b> منتشر می یابد مثال: سولفید روی با افزودنی مس

# طبقه بندی رنگدانه های غیر آلی بر اساس ساختارهای بلوری

عامل اصلاحگر (Modifiers)	فرمول ساختاری	گروه بلوری / مثال
-	$Cr_2O_3$	- هماتیت (Hematite) هماتیت سیاه - سبز کروم
-	$3CaO.Cr_2O_3.3SiO_2$	- گارنت (Garnet) گارنت سبز ویکتوریا
-	$Co_2SiO_4$	- الیوین (Olivine) الیوین آبی سیلیکات کبالت
Zr	$(Co,Ni)O$	- پری کلاز (Periclase) پری کلاز فاکستری نیکل کبالت

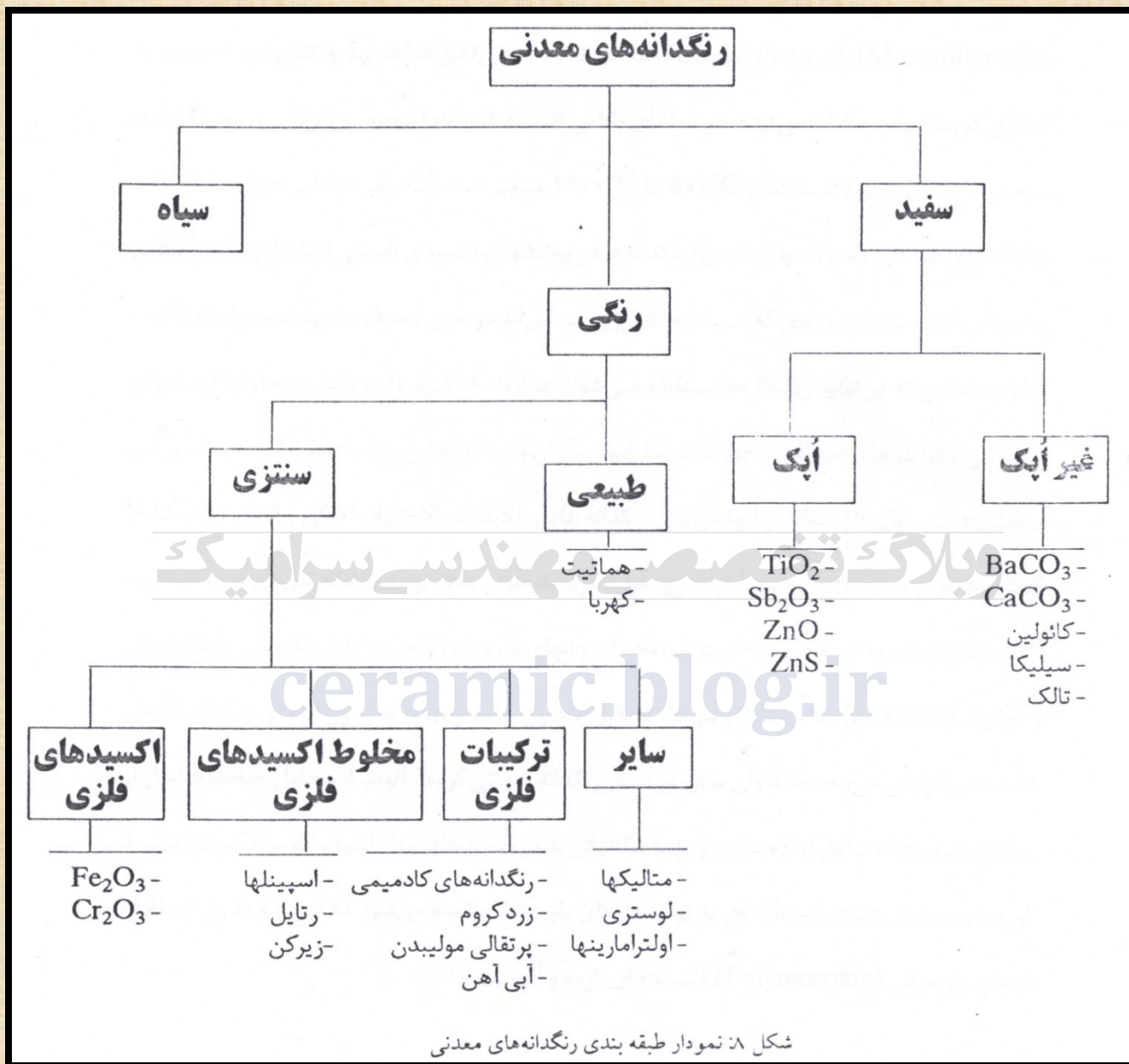
# طبقه بندی رنگدانه های غیر آلی بر اساس ساختارهای

(Modifiers) عامل اصلاحگر	فرمول ساختاری	بلوری گروه بلوری / مثال
- Ti V,Co Co,Zn,B	$(Ti,Cr,Sb)O_2$ $(Sn,V)O_2$ $(Sn,Sb)O_2$ $(Sn,Cr)O_2$	رتایل - کاستریت (Rutile - Cassiterite)  رتایل تیتانیم آنتیموانات گروه کاستریت زرد وانادیم قلع کاستریت فاکستری آنتیموانات قلع کاستریت قلع گروه
Pb	$CaO.SnO_2.SiO_2.Cr_2O_3$	اسفن (Sphene) اسفن صورتی قلع گروه
- Ni,Si Zn - - B	$(Zn,Fe)(Fe,Cr)_2O_4$ $(Co,Fe)(Fe,Cr)_2O_4$ $CoCr_2O_4$ $Co(Al,Cr)_2O_4$ $CoAl_2O_4$ $Zn(Al,Cr)_2O_4$	اسپینل (Spinel)  اسپینل قهوه ای کرومیت آهن روی اسپینل سیاه کرومیت کبالت آهن اسپینل سبز کرومیت کبالت اسپینل سبز آبی کرومیت کبالت اسپینل آبی آلومینات کبالت اسپینل صورتی آلومینا گروه

# طبقه بندی رنگدانه های غیر آلی بر اساس ساختارهای بلوری

عامل اصلاحگر (Modifiers)	فرمول ساختاری	گروه بلوری / مثال
-	(Zr , Pr)SiO <sub>4</sub>	زرد پرازودیوم
-	(Zr , V)SiO <sub>4</sub>	آبی وانادیم
-	(Zr, Fe)SiO <sub>4</sub>	صورتی کرال
-	(Zr, Cr)SiO <sub>4</sub>	سبز کروم

# نمودار طبقه بندی رنگدانه های غیر آلی بر اساس ترکیب شیمیایی



## فرآیند تولید رنگدانه ها

اگر چه سیستمهای رنگدانه ای مختلفی وجود دارند ولی عمدتاً به روشهای مشابهی تولید می شوند.

مرسوم ترین روش مورد استفاده بر اساس واکنشهای حالت جامد اجزای اولیه که بصورت فشک یا تر مخلوط شده اند، پایه گذاری شده است.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

در این حالت جهت انجام واکنش حالت جامد از حرارت دهی مرسوم توسط کوره های الکتریکی یا گازی استفاده میشود که نیاز به حضور انواع مختلف مینریزالیزر یا کانی ساز (Mineralizer) با درصدهای مختلف (مداکثر تا ۱۰٪ وزنی) نیز خواهد بود.



## فرآیند عمومی تولید رنگدانه ها - ادامه

واکنشهایی که منجر به تشکیل کریستالهای رنگدانه می گردد، در دماهای بالایی کلسینه شده و با توجه به نوع سیستم رنگدانه، محدوده دمایی مورد استفاده از  $500^{\circ}\text{C}$  تا  $1500^{\circ}\text{C}$  متغیر است.

**اتم‌سفر انتخابی در فرآیند تولید رنگدانه های غیرآلی معمولاً هوا است.**

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

زیرا رنگدانه ها در پوششهای اکسیدی بایستی از پایداری نسبتاً بالایی برخوردار باشند، بنابراین موادی که نسبت به اکسیژن حساس اند در مین مصرف محدودیت فوآهند داشت.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

## فرآیند تولید رنگدانه ها - ادامه

سایر روشهایی که در تولید رنگدانه ها استفاده می شوند عبارتند از:

❖ هیدرولیز و تراسب محلولها ( روشهای شیمیایی)

❖ فرآیند احتراقی

❖ حرارت توسط امواج مایکروویو

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

اگرچه این روشها عمدتاً گرانقیمت و غیرصنعتی هستند ولی با استفاده از آنها می توان رنگدانه هایی با کیفیت بالا همراه با شکل و اندازه ذرات کاملاً

کنترل شده در مدت زمانهای نسبتاً کوتاه تري تولید کرد(رنگدانه **صورتی**

**کروم-آلومینا** با این روش تولید شده است)

## فرآیند تولید رنگدانه ها - ادامه

استفاده از روشهای شیمیایی منجر به تولید پودرهایی با یکنواختی و فعالیت (Activity) بالا می شود و سرعت تشکیل محلول جامد و بهبود سایر ویژگی های رنگدانه حاصل شده را نیز افزایش می دهد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

✓ به عنوان مثال در سنتز رنگدانه صورتی کروم - آلومینا، محلول جامد حاصل از روشهای مرسوم که شامل آماده سازی و تهیه مکانیکی هیدروکسید های مواد اولیه و کلسینه کردن توسط کوره های معمولی است، عمدتاً منجر به تولید فازهای بلورین ناخواسته می شود که این به دلیل اختلاف فازهای پلی مرفی (Polymorphic) اکسیدهای کروم و آلومینیم است.

## فرآیند تولید رنگدانه ها - ادامه

استفاده از **امواج ماکروویو** در فرآیند خشک کردن و پختن ژلهای مایه ذرات رنگدانه علاوه بر اینکه راندمان حرارتی، سرعت تولید و کیفیت محصول را افزایش می دهد،  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  و پندین ساعت در دما و زمان فرآیند نیز صرفه جویی می شود.

حرارت دهی ماکروویو فقط باعث تشکیل محلول جامد  $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Cr}_2\text{O}_3$  شده و هیچ فاز بلوری نافواسته دیگری ایجاد نمی شود.

پیشرفت رنگدانه های غیرآلی با پایداری حرارتی بالا در صنعت سرامیک بسیار مهم و حائز اهمیت است.

## فرآیند تولید رنگدانه ها - ادامه

انتخاب یک رنگدانه سرامیکی در کاربرد خاص خود بر اساس توازنی از معیارهای مختلف انجام می شوند.

□ به عنوان مثال اندازه ذرات رنگدانه سرامیکی بایستی به حد کافی ریز باشند بطوریکه ذرات درشت تر در پوشش اعمال شده مشاهده و یا پراکنده نشده باشند موجود نباشد

**ولی باید دقت داشت که ریزی زیاد منجر به افزایش ملالیت رنگدانه در لعاب و فازهای شیشه ای و مشکل پراکنده سازی ذرات پیش می آید.**

# جلسه سوم

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

## فاکتورهای موثر در فرآیند تولید رنگدانه ها

- × غلظت مواد اولیه
- × دما (دهیدراسیون ، تجزیه و...)
- × نوع فرآیند همزدن (موثر در انحلال و کاهش اندازه ذرات)
- × آسیاب
- × زمان واکنش
- × نوع و میزان افزودنیها
- × فاکتورهای موثر در فیلتراسیون (روشهای شیمیایی)
- × اتمسفر
- × رشد ذرات در اثر دما و زمان
- × تغییرات فازی (موثر در تغییرات رنگ بدلیل تغییرات ضریب شکست)
- × فرآیندهای تکمیلی (آغشته نمودن به روغنها و افزودنی های ویژه برای هیدرو فوب یا هیدروفیل کردن سطح ذرات)

## خواص و روشهای ارزیابی رنگدانه ها

رنگدانه های سرامیکی عمدتاً به دلیل محدود بودن تعداد دسته بندیهای ساختاری، بصورت اکسیدهای پیچیده هستند و به دلیل خواص اپتیکی جالب توجه، قیمت نسبی پایین و قابل دسترسی بودن، بسیار مهم هستند.

پایدارترین شبکه اکسیدی مهم می توان به رنگدانه های مخلوط اکسیدهای فلزی با ساختارهای اسپینل و رتایل (Spinel and Rutile) اشاره کرد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

این ساختارها نه تنها از پایداری شیمیایی و حرارتی مطلوبی برخوردارند بلکه بدلیل بالا بودن ضریب شکست ویژگی های اپتیکی جالب توجهی را به خود اختصاص داده اند.



## خواص و روشهای ارزیابی رنگدانه ها

گروهی از رنگدانه ها که امروز محبوبیت زیادی به خود اختصاص داده اند و در عمده کاربردهای سرامیکی به فراوانی مصرف می شوند به رنگدانه های جزء دوم (Inclusion Pigment) معروف اند.

این رنگدانه ها بر خلاف رنگدانه های یونی، در زمینه مورد استفاده حل نمیشوند. بهینه سازی فرآیند تولید رنگدانه جزء دوم بسیار جالب و هائز اهمیت است.

- وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک  
ceramic.blog.ir
- ❖ به عنوان مثال یکی از مهمترین این رنگدانه ها به قرمز کادمیم - سولفوسلناید  $Cd(S_xSe_{1-x})$  بر پایه زیرکن می توان اشاره کرد.
  - ❖ برای تولید رنگدانه قرمز ذکر شده، به غیر از کادمیم، سولفوسلنید می توان از هماتیت در زمینه سیلیس یا زیرکن نیز استفاده کرد.

## خواص و روشهای ارزیابی رنگدانه ها

علاوه بر ساختار بلوری رنگدانه ها، قیمت رنگدانه های سرامیکی به ویژگیهای فیزیکی، اپتیکی و پایداری شیمیایی ذرات آن بستگی دارد. اندازه و توزیع اندازه ذرات از مهمترین خواص پودرهای رنگدانه ای بشمار میروند. زیرا رنگ، پایداری رنگ، قدرت پوشانندگی و خواص رئولوژی رنگدانه ها را تحت تاثیر قرار می دهد.

بالا بودن پایداری شیمیایی رنگدانه ها در لعابها و مفاظهای پوششی، دوام و طول عمر بدنه های مورد استفاده را باعث می شود.

❖ بعنوان مثال در رنگدانه های بر پایه زیرکون که عمدتاً در لعاب مورد استفاده قرار می گیرند در دماهای بالا ( $1200-1250^{\circ}\text{C}$ ) و حتی در محیط های خورنده از پایداری شیمیایی بالایی برخوردارند. زیرا سرعت حل شدن ذرات رنگدانه در مذابهای شیشه ای مورد استفاده بشدت پایین است.

# خواص و روشهای ارزیابی رنگدانه ها - ادامه

در ارتباط با خواص اپتیکی رنگدانه تابعی از

- ❖ اندازه ذرات رنگدانه
- ❖ اختلاف ضرایب شکست رنگدانه
- ❖ واسطی که ذرات رنگدانه مورد نظر در آن پراکنده شده است

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

در مورد رنگدانه های سرامیکی زمانی پدیده پراکندگی نور موثر واقع می شود که ضرایب شکست رنگدانه بطور قابل توجهی با فاز شیشه ای اختلاف داشته باشند.

## خواص و روشهای ارزیابی رنگدانه ها - ادامه

زمانی استفاده از یک رنگدانه می تواند مفید واقع شود که رنگدانه مذکور تابعی از سایر

اجزای موجود در سیستم لعاب یا انامل (لعاب روی فلز Enamel) باشد و سازگاری

مناسبی با سایر اجزای لعاب عامل کدر کننده و افزودنیها داشته باشد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

## خواص فیزیکی

اطلاعات فیزیکی مهم در مورد رنگدانه های معدنی نه تنها شامل ثوابت اپتیکی است بلکه اطلاعات هندسی مانند متوسط اندازه ذره، توزیع اندازه ذره و حتی شکل ذره را نیز در بر میگیرد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

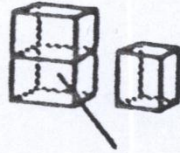
[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

# اندازه و توزیع اندازه ذرات

اصطلاح	تعریف
ذره (Particle)	واحد منفردی از رنگدانه است که می تواند هر شکل یا سافتاری را دارا باشد.
ذرات اولیه (Primary Particle)	ذرات قابل تشخیص توسط روشهای فیزیکی خاص مانند میکروسکوپ نوری یا الکترونی.
اگریت (Aggregate)	مجموعه ای از ذرات اولیه که توسط پیوندهای شیمیایی قوی بهم اتصال یافته اند.
آگلومره (Agglomerate)	مجموعه ای از ذرات اولیه مجزا که گوشه و لبه های آنها بهم اتصال یافته اند، یا اگریتهایی که سطح مخصوص کلی آن تفاوت محسوسی با مجموع سطح مخصوص ذرات منفرد نداشته باشند و توسط پیوندهای فیزیکی ضعیف بهم متصل شده اند.
فلوکولاتها (Flocculate)	گروهی از اگریتها یا ذرات و آگلومره های داخلی سوسپانسیون که می تواند با نیروهای برشی کم از هم جدا شوند.

ذرات اولیه

مکعبی



کروی



میله‌ای

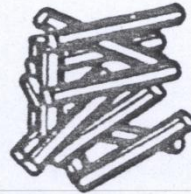


شکلهای نامنظم



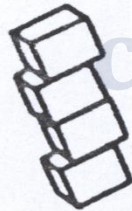
نواحی همدوسی شبکه (بلورکها)

آگلومرها



وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

اگر بگیتها



شکل ۹: ذرات اولیه، آگلومرها و اگر بگیتها

## اندازه و توزیع اندازه ذرات - ادامه

بایستی توجه داشت که اصطلاح اندازه ذره بایستی با دقت بکار برده شود، مثلاً تعداد زیادی از میانگین قطر ذرات، یا سایر اصطلاحاتی که بیانگر اندازه ذره است، می تواند مفهومی از اندازه ذره باشد. در عمل توزیع اندازه ذرات بطور تجربی توسط روشهای زیر تعیین می شود:

- 1- نمودار گرافیکی هیستوگرام یا منحنی های پیوسته
- 2- تقریب توابع آنالیزی

در برخی از استانداردها توابع ویژه ای مانند توزیع توان، توزیع نرمال لگاریتم و ... تعریف شده اند. [ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir) پارامترهای مهم مربوط به توزیع اندازه ذره عبارت است از:

- ✓ میانگین اندازه ذره
- ✓ پهنای توزیع ذرات



# اندازه و توزیع اندازه ذرات - ادامه

روش بیان اندازه واقعی ذره به عوامل مختلفی بستگی دارد از جمله **بهترین مقدار میانگین** که بیانگر خواص واقعی ذره باشد.

**میانگین اندازه ذرات رنگدانه های معدنی در اکثر کاربرد های مختلف تنها در محدوده 0.1-10 میکرومتر قرار دارند.**

انتخاب بهینه توزیع اندازه ذرات از طریق سازگاری بین عواملی مانند:

- ❖ سرعت عدم انحلال در واسط
- ❖ آگلومره شدن رنگدانه (افزایش سطح ویژه به باردار شدن ذرات و آگلومراسیون کمک می کند)
- ❖ اتلاف وزنی ناشی از آسیاب کردن
- ❖ صافی یا فشرنی سطح ذرات
- ❖ پایداری در واسط

# اندازه و توزیع اندازه ذرات - ادامه

بهینه اندازه ذره عبارت است از بزرگترین اندازه ای که پراکندگی (Dispersion) و پایداری مناسبی را در واسط مورد استفاده داشته باشد.

$$I_s = 24\pi^3(n_1^2 - n_0^2/n_1^2 + 2n_0^2)v \cdot V^2 \cdot I_0 / \lambda^4$$

$I_s$  = شدت اسکترینگ

$V$  = حجم ذرات

$v$  = تعداد ذرات در واحد حجم

$I_0$  = شدت اولیه

نمودار سولفات باریم؟؟؟

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

سطح ویژه نیز میانگین توزیع اندازه ذره را نشان می دهد.

دو نوع رنگدانه با میانگین اندازه ذرات یکسان ممکن است که سطح ویژه مختلفی داشته باشند.

این ممکن است بدلیل شکل یا ویژگی های سطحی مانند تخلخل، اندازه حفرات و صافی ذرات باشد. سطح ویژه ذره ممکن است که بعنوان مجموع سطوح خارجی کلی ذرات و تخلخلها تعریف شود.

## اندازه و توزیع اندازه ذرات - ادامه

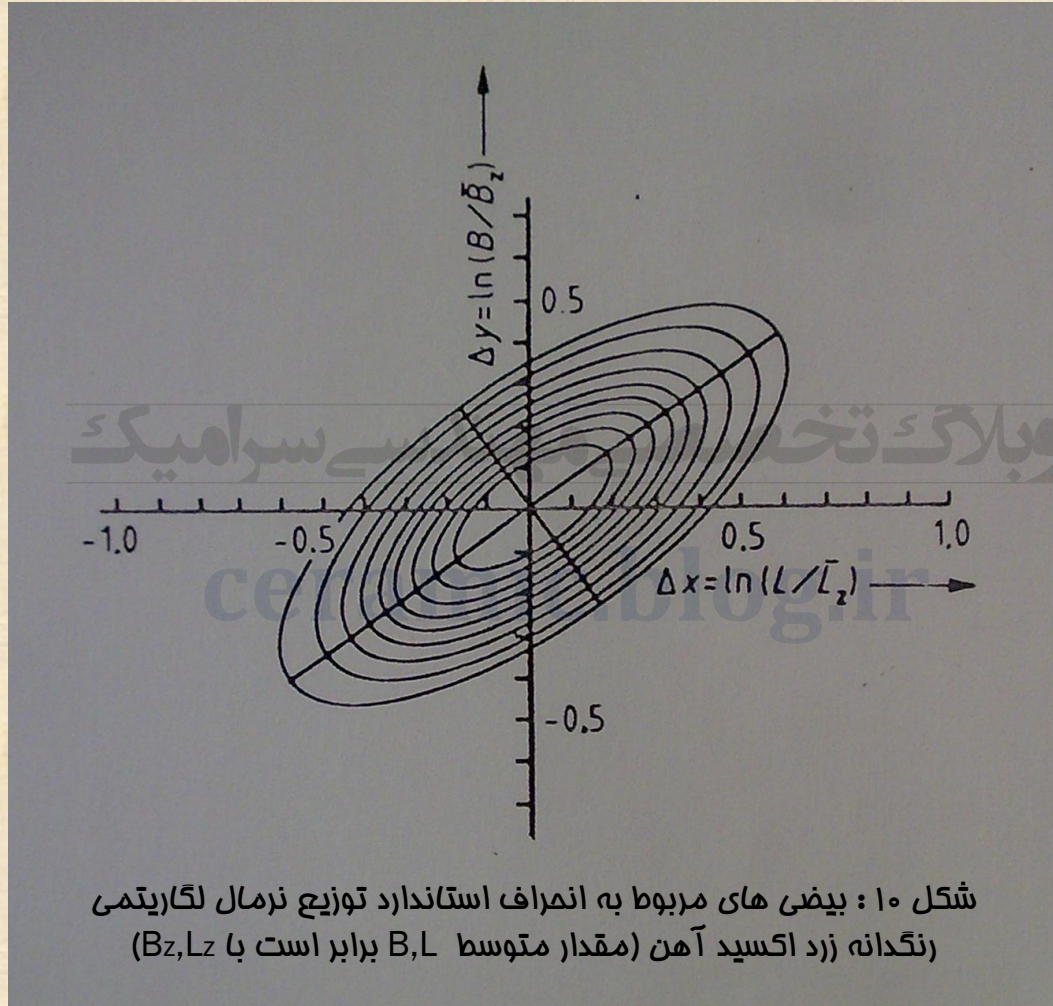
مناسب ترین روش برای تعیین سطح ویژه استفاده از روش جذب گاز به روش B.E.T (Brunauer, Emmett and Teller) است.

مقدار سطح ویژه بر حسب متر مربع بر گرم بیان می شود.

بایستی توجه داشت که اثر مربوط به **سطح ویژه داخلی را نیز در محاسبات باید** در نظر داشت. در مورد ذرات نامتقارن مانند ذرات سوزنی و صفحه ای شکل، ممکن است که آمار ریاضی بکار برده شود. استفاده از توزیع نرمال لگاریتمی دو بعدی ذراتی به طول  $L$  و عرض  $B$  امکان محاسبه پارامترهای مشخصه و مقادیر متوسط را میسر می سازد.

# اندازه و توزیع اندازه ذرات - ادامه

در شکل ۱۰ بیضی های متمدال مرکز بیانگر انحراف استاندارد مناسبه شده است که ارتباط بین طول و عرض ذره را نشان می دهد.



# اندازه و توزیع اندازه ذرات - ادامه

در ارتباط با روشهای اندازه گیری اندازه و توزیع اندازه ذرات رنگدانه ها روشهای مختلفی موجودند که در اینجا به برخی از آنها اشاره ای خواهیم داشت:

❖ آنالیز الی

❖ استفاده از تهنشین سازی سوسپانسیون

❖ روش Electron Size

❖ روش Optical Sensing Zone

❖ روشهای میکروسکوپی (TEM, SEM, OM)

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

متداولترین و ساده ترین روش استفاده از الک (Sieving Method) است که توسط یک سیستم ارتعاشی اتوماتیک با اعمال نیروی مشخص و الکهای با مشهای (Mesh) استاندارد می توان توزیع اندازه ذرات مورد نظر را بدست آورد.

بنابراین در رنگدانه ها خیلی مهم است که بدانیم چه میزان از رنگدانه ها بزرگتر از میانگین اندازه ذرات هستند که این امر از طریق توزین مانده روی الکها میسر است.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

مشکلات اصلی این روش عبارتند از: ceramicblog.ir

- پاره شدن و گرفته شدن چشمه های الک
- مشکل در اندازه گیری توزیع اندازه ذرات میله ای و صفحه ای شکل.

## استفاده از تهنشین سازی سوسپانسیون

روش دیگر برای اندازه گیری اندازه ذرات، تهنشین سازی سوسپانسیون حاوی ذرات رنگدانه و استفاده از قانون استوک می باشد. این روش نسبت به روش الک سریع تر و دقیق تر است ولی مشکلات اصلی عبارتند از:

❖ ایجاد شرایط مورد نظر در قانون استوک، جدایش ناقص ذرات در سوسپانسیون

❖ نامنظم بودن شکل ذرات (در زمان تهنشینی ایجاد خطا می کند)

❖ متلاطم شدن سیال حاوی پودر (در مورد رنگدانه ها که اندازه ذرات آنها بسیار ریز اند مشکل ساز است)

❖ تمایل به آگلومره شدن ذرات.

اساس این روش اندازه گیری حجم تک تک ذرات پودر در یک سوسپانسیون است.

پودر مورد آزمایش در یک مایع حاوی جریان الکتریکی به صورت سوسپانسیون درآمده و مجموع تغییرات جریان الکتریکی مربوط به هر یک از ذرات توسط یک سیستم کامپیوتری به شکل توزیع اندازه ذرات ارائه می شود.

مزیت اصلی این روش سرعت و دقت بالا در روش اندازه گیری جهت ذرات ریز است.

محدوده قابل اندازه گیری در این روش 2000 - 0.1 میکرومتر است.



## روش Optical Sensing Zone

این روش مبتنی بر ایجاد مانع در برابر نور (Blocking) توسط ذرات شناور در سوسپانسیون است. نور زمانی که به ذرات درشت برخورد می کند بلوکه می شود ولی در مورد ذرات ریز (کوچکتر از 3 میکرومتر) مقدار انحراف کمتر است. اگر میزان انحراف از 5 درصد بیشتر باشد احساسگر دستگاه، ذرات را تشخیص نمی دهد.

در روش اپتیکی بجای نور از اشعه لیزر نیز استفاده می شود که مزیت اصلی آن سریع بودن، تکرارپذیری نتایج و دقت بالا است. **مشکل اصلی این روش کالیبره کردن دستگاه مورد استفاده است** زیرا تفرق مطلق و توابع جذب واقعی کاملاً شناخته شده نیستند از طرفی دیگر یافتن ماده ای ویژه که براحتی قابلیت پراکنده شدن را در واسط مناسب داشته باشد نیز همیشه ممکن نخواهد بود.

## روشهای میکروسکوپی (TEM, SEM, OM)

برای اندازه گیری اندازه ذرات از میکروسکوپیهای نوری، الکترونی روبشی و الکترونی عبوری می توان استفاده کرد.

مسئله اساسی در این روش (بویژه در مورد میکروسکوپیهای عبوری و الکترونی) مقدار نمونه و نحوه آماده سازی آن می باشد.

رنگدانه ها و بطور کلی ذرات پودری درشت را با میکروسکوپیهای نوری می توان اندازه گیری کرد ولی ذرات زیر ۱ میکرومتر و حتی نانومتری را توسط میکروسکوپیهای عبوری و الکترونی می توان اندازه گرفت.

ceramic.blog.ir

## شکل ذرات

مواد جامد یا فاقد ساختار بلوری هستند (Amorphous) و یا اینکه بلورین می باشند. ذرات مواد می تواند شکلهای مختلفی داشته باشند مثلاً مکعبی، کروی، تیغه ای، سوزنی، ورقه ای و ... ذرات سوزنی شکل معمولاً استحکام لایه های رنگی اعمال شده را بالا می برد و این باعث کاهش براقیت نسبی در رنگ می شود.

افزایش قدرت پیوند در لایه های رنگی اعمال شده به چسبندگی لایه های بعدی کمک می کند و به این ترتیب می توان تعداد لایه ها و به عبارتی دیگر ضخامت سطح پوشاننده شده با رنگ را افزایش داد. علاوه بر این، شکل ذرات رنگدانه اثرات مهمی را بر سایر ویژگی های رنگ بر جای می گذارد از جمله به میزان سیالیت رنگ، مقاومت رنگ در برابر ته نشین شدن (پایداری رنگ در واسط آلی یا غیرآلی)، پایداری یا دوام فیلم رنگی اعمال شده و ... می توان اشاره کرد.

برای ارزیابی شکل ذرات عموماً از روشهای میکروسکوپی نوری و الکترونی استفاده می شود.

# جلسه چہارم

وبلاگ تخصصی مہندسے سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

## دانسیتة پودر (وزن مخصوص)

وزن مخصوص رنگدانه ها بسیار متغیر است و در محدوده 1 الي  $9 \text{ gr/cm}^3$  و حتي بیشتر قرار دارند

اهمیت آن در نوع فروش محصول اینکه وزني یا حجمي فرخته شود (آمریکا حجمي و اروپا وزني)

رنگدانه	دانسیتة ( $\text{gr/cm}^3$ )
$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$	6.8
$\text{PbO}$	9.5
گرافیت	1.5
$\text{PbSO}_4$	6.2
$\text{ZnO}$	5.4
$\text{BaSO}_4$	4.47
$\text{TiO}_2(\text{A})$	3.9
$\text{TiO}_2(\text{R})$	4.2

اگر وزني فروخته شود از افزودني هايي استفاده مي شود که وزن مخصوص بالاتري داشته باشد (البته تفاوت شديد در دانسیته مشکلات پایداری رنگ را بیشتر مي کند. در آمریکا عمدتاً افزودني تیتان ولي در آلمان سولفات باریم))

## دانسیتة پودر (وزن مخصوص)

برای اندازه گیری دانسیته واقعی پودر رنگدانه از روش پیکنومتری گازی و یا مایع طبق استانداردهای مربوطه در دمای  $25^{\circ}\text{C}$  استفاده می شود.

تجهیزات اصلی مورد نیاز در این روش شامل یک پیکنومتر و پمپ خلاء است که بوسیله پیکنومتر می توان دانسیته ظاهری پودر را نیز اندازه گرفت.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

اهمیت دانسیته واقعی پودر در رفتار پایداری رنگدانه در سوسپانسیون مورد استفاده جهت اعمال رنگ است

# غلظت حجمي (PVC) و غلظت حجمي بحراني (CPVC) رنگدانه

غلظت حجمي رنگدانه نسبت حجمي رنگدانه در حجم کل جامد موجود در لایه رنگي خشک شده است  $V_p/(V_p+V_b)$   
روش اندازه گیری جداسازی رنگدانه توسط استخراج چسب با حلال یا استفاده از روشهای احتراقی مثلا دودزایی با اسید سولفوریک و بررسی و آنالیز مواد باقی مانده

در غلظت بحراني ، ذرات رنگدانه داراي بالاترين چگالي اند و فضاي بين ذرات توسط چسب پر شده است.  
با توجه به تغییرات ناگهانی در خواص در اثر تغییر غلظت حجمي رنگدانه استوار است مثلا نفوذ پذیری در برابر بخار آب

ceramic.blog.ir

## پایداری در برابر نور، حرارت و مواد شیمیایی

رنگدانه ها اغلب در برابر تابش نور یا هوازدگی شدید دچار تغییر رنگ یا تغییر ساختار می شوند (زرد شدن، گچی شدن و از دست دادن براقیت)  
**اکسیدها بسیار مقاوم اند** (ویژگی حفاظتی بعنوان پوشش) اما **سولفیدی ها در تماس با اتمسفر اکسید شده و سولفات می شوند** (براحتی توسط باران شسته می شوند)

در پوششهای حاوی دی اکسید تیتان طول موجی کوتاه در برخورد با **آب باران و اکسیژن** اتمسفر **ایجاد رادیکالهای فعال**  $OH, H_2O_2$  نموده که این رادیکالها باعث از بین رفتن پوشش می شوند

از بین رفتن تدریجی چسب منجر به **کاهش براقیت** می شود (ایجاد غیر یکنواختی در پخش شدن ذرات رنگدانه) و در این حالت ذرات رنگدانه یا عامل پر کننده آزاد می شوند

مقاومت در برابر نور تابع:

**ترکیب شیمیایی، ساختار، عیوب، شکل و اندازه ذرات، غلظت رنگدانه و محیط** است

رنگدانه های **اکسیدی** و پس از آن **سولفیدی** (کادمیومی) بالاترین پایداری را دارند (کاربرد در لعابها) هیدروکسیدها و کربناتها برعکس  
مقاومت حرارتی تابع **نوع چسب و زمان اعمال حرارت** است



## پایداری در برابر نور، حرارت و مواد شیمیایی

### ارزیابی درجه گچی شدن

- 1- روش Kempt: کاغذ عکاسی آب خورده روی پوشش اعمال (رویۀ ژلاتینی مرطوب به سمت پوشش) و با استامپ فشار داده می شود. ذرات رنگدانه که به چسب متصل نیستند توسط ژلاتین برداشته می شود
- 2- روش نوار چسب

### ارزیابی پایداری حرارتی

- 1- بالاترین دمایی که در آن رنگ پایدار است (تغییر رنگ ندهد)
- 2- دمایی که در آن یک تغییر رنگ مشاهده می شود

### ارزیابی برای مقاومت در برابر مواد شیمیایی

- 1- مقاومت در برابر آب در اتمسفر حاوی دی اکسید گوگرد (آب در حضور دی اکسید گوگرد چگال می شود)
- 2- مه اسپری محلول آبی نمک طعام (محلول 5% نمک) سه نوع آزمایش: مه اسپری نمک، اسپری نمک اسید استیک و آزمایش نمک کلرید مس-اسید استیک.

## ❖ تعیین اتلاف وزنی ناشی از احتراق مواد سوختنی

برای تعیین میزان مواد سوختنی موجود در رنگدانه ها ابتدا نمونه در محدوده دمایی  $105 + 2 \text{ }^\circ\text{C}$  خشک می شود، افت وزنی حاصل مربوط به میزان رطوبت رنگدانه است.

اتلاف ناشی از احتراق با توجه به نوع رنگدانه از روشهای مختلفی بدست می آید. ولی در تمام این روشها ابتدا نمونه رنگدانه وزن شده و در دمای از پیش تعیین شده حرارت داده می شود (  $500-600 \text{ }^\circ\text{C}$  ). جزئیات بیشتر در استانداردهای DIN 78 T2, ISO787-2, ASTM D280 ذکر شده است.

## ❖ استخراج آبی

در رنگدانه برای تعیین میزان ماده محلول از روش استخراج سرد یا گرم تعیین می شود. جزئیات بیشتر این آزمایشات در استانداردهای ASTM - D2448 (استخراج سرد) و ASTM - D2448 (استخراج گرم) توضیح داده شده است.

مواد محلول در آب در عواملی مانند pH، هدایت الکتریکی و میزان اسیدی یا بازی بودن سوسپانسیون حاوی رنگدانه موثر است.

ceramic.blog.ir

در اکثر موارد برای اندازه گیری موارد ذکر شده از آب داغ استفاده می شود و در این روش از معرفهای HCl یا  $H_2SO_4$  نیم نرمال و NaOH یا KOH نیم نرمال استفاده می شود.

## ❖ سولفاتها، کلریدها و نیتратهای محلول در آب

برای تعیین سولفاتها، کلریدها و نیتراتهای محلول در آب مربوط به رنگدانه ها و رنگدانه یارها از استانداردهای ISO 787-13 و DIN 787 T13 استفاده می شود.

انتخاب روش استخراجی گرم یا سرد به خواص رنگدانه بستگی دارد. تجهیزات مورد نیاز در این آزمایشها عبارتند از: لوله نسلر (Nessler Tube)، اسپکتوفتومتر و pH متر.

## ❖ تعیین عناصر محلول در اسیدکلریدریک

جهت تعیین عناصری مانند کادمیم، کبالت، کروم، مس، جیوه، منگنز، نیکل، سرب، سلنیوم، روی، آرسنیک و باریم، رنگدانه مورد نظر را توسط اسیدکلریدریک با غلظت 1% مول بر لیتر شستشو می دهند.

روش دقیق تعیین این عناصر در استانداردهای ASTM شماره D37717, D3642, D3618, D1985 بطور کامل توضیح داده شده است.

# رفتار رنگدانه ها در چسبها

مخلوط رنگدانه و چسب قبل از خشک شدن سوسپانسیون است و قوانین **حاکم بر کلوئیدها** در آنها صادق است:

## 1- تر شدن ذرات

خروج هوا از سطح ذرات و تشکیل یک لایه از ماده محلول

## 2- تجزیه

شکست آگلومره های رنگدانه توسط همزدن

## 3- پایدارسازی

ایجاد حالت تعلیق با نیروهای دافعه

میزان پراکندگی متاثر در قدرت رنگ کنندگی، براقیت و .. است در سیستمهای دارای رنگدانه های مختلف (سفید و رنگی) ممکن است جدایش رخ دهد

رفتار سوسپانسیون غیر نیوتنی است و اندازه گیری ویسکوزیته مشابه سوسپانسیونهای سرامیکی است

## جذب روغن

جرم یا حجم روغن بزرگ لازم برای ایجاد توده خمیری شکل برای 100 گرم رنگدانه است

# رفتار پخش شونده‌گی در سیستم‌های رنگ

## محیط‌های دارای گرانی کم

یک سیستم رزینی آکیدی با گرانی کم با قابلیت خشک شونده‌گی در کوره برای محیط آزمایش قابل استفاده است. زمان لازم برای ایجاد سوسپانسیون یکنواخت با استفاده از دستگاه ایجاد ارتعاش قابل اندازه‌گیری است

## محیط دارای گرانی بالا

در این حالت بررسی گرانی برای حالت خمیری رنگدانه بررسی می‌شود

## ایجاد نرمی سایش

در مراحل مختلف پخش نمودن ذرات رنگدانه در چسب چندین بار نمونه برداری انجام شده و نرمی آنها ارزیابی می‌شود. بنابراین کمیت مورد بررسی اثر پخش شونده‌گی بر روی سرعت رسیدن به یک نرمی معین در اثر سایش است

ceramic.blog.ir

# جلسه پنجم

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)



# خواص اپتیکی

از مهمترین خواص اپتیکی-فیزیکی به خواص جذبی نور می توان اشاره کرد.

اگر میزان جذب در مقایسه با تفرق بسیار ناچیز باشد رنگدانه سفید به نظر می رسد در صورتیکه اگر مقدار جذب از تفرق ایجاد شده در محدوده نور مرئی بیشتر باشد، رنگدانه و نهایتاً لایه رنگی ایجاد شده سیاه به نظر می رسد.

ceramic.blog.ir

## خواص اپتیکی - ادامه

میزان Opacity یک رنگدانه تابع قدرت جلوگیری عبور نور از پوشش اعمال شده، اندازه ذرات رنگدانه و اختلاف ضرایب شکست رنگدانه و واسط مورد استفاده می باشد.

در مورد رنگدانه های رنگی پدیده های جذب و تفرق معمولاً بصورت انتخابی انجام شده و تابع طول موج نور تایید شده می باشد.

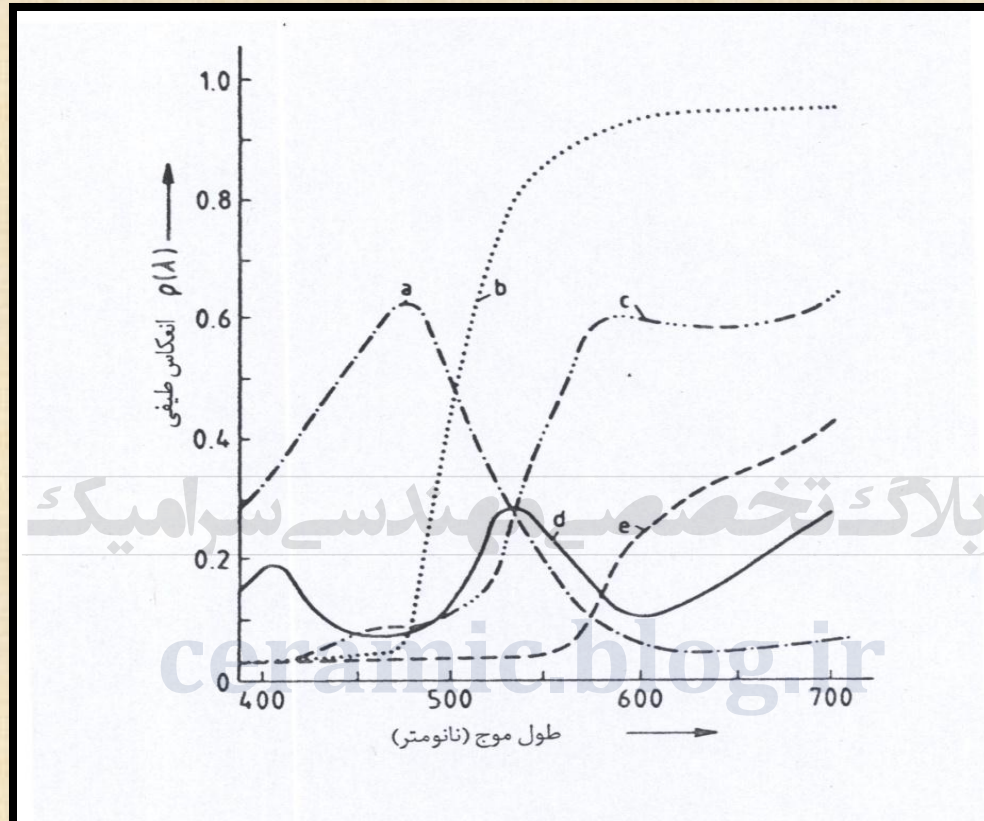
ceramic.blog.ir

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

# خواص اپتیکی - ادامه

شکل 11 منحنی طیف انعکاسی برخی از رنگدانه های معدنی را نشان می دهد.



شکل 11: منحنی طیف انعکاسی برخی از رنگدانه های معدنی در واسطه های رنگی

$\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$  (d)

(a) آبی منگنز

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  (e)

(b) سولفید کادمیم

$\alpha\text{-FeOOH}$  (c)

## خواص اپتیکی - ادامه

**جذب** فرآیندی است که طی آن انرژی تشعشع تابیده شده از طریق ارتقاء دادن الکترون در اتمهای درون شیء به سطوح انرژی بالاتر، مصرف می شود و در بازگشت آنها به سطوح اولیه، انرژی جذب شده را به شکل گرما هدر می دهند.

جذب انتخابی مسئولیت رنگ اشیاء شفاف را بر عهده دارد زمانی که فقط پدیده جذب بطور جزئی رخ دهد و پراکندگی یا انعکاس رخ ندهد

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

## خواص اپتیکی - ادامه

**پراکندگی** عبارت است از واکنش متقابلی که طی آن تشعشع بدون تغییر طول موج، تغییر جهت می دهد.

زمانی که اتمها، مولکولها و ذرات کلوئیدی در معرض تشعشع قرار می گیرند، قسمتی از تشعشع تابیده شده را در جهان منتشر می کنند. در سیستمهای متراکم تر، تشعشع پراکنده شده ممکن است در مراحل دیگری نیز مجدداً پراکنده شود و زمانی که مقداری جذب نیز رخ دهد باعث ایجاد Opacity می شود.

## خواص اپتیکی - ادامه

قوانین انعکاس از یک سطح هموار مانند آئینه، کاملاً شناخته شده است و منجر به پدیده انعکاس آئینه ای (Seculars Reflection or Glass) می شود.

انعکاس از سطوح نا هموار که در آنها تشعشعهای منعکس شده در جهات مختلف پراکنده می شوند به انعکاس نامنظم (Diffuse Reflection) مشهور است. انعکاس نامنظم نور می تواند از پراکندگی نور درون یک شیء ناشی شود و نهایتاً می تواند از سطح شیء خارج گردد.

پراکندگی داخلی نا منظم، منبع عمده اثرات رنگی در مورد بیشتر اشیاء نیمه شفاف یا اپک است. رنگدانه ها از طریق پراکندگی و جذب نور ایجاد رنگ می کنند بنابراین ارتباط جذب و پراکندگی با خواص رنگدانه باید مورد توجه قرار گیرند.

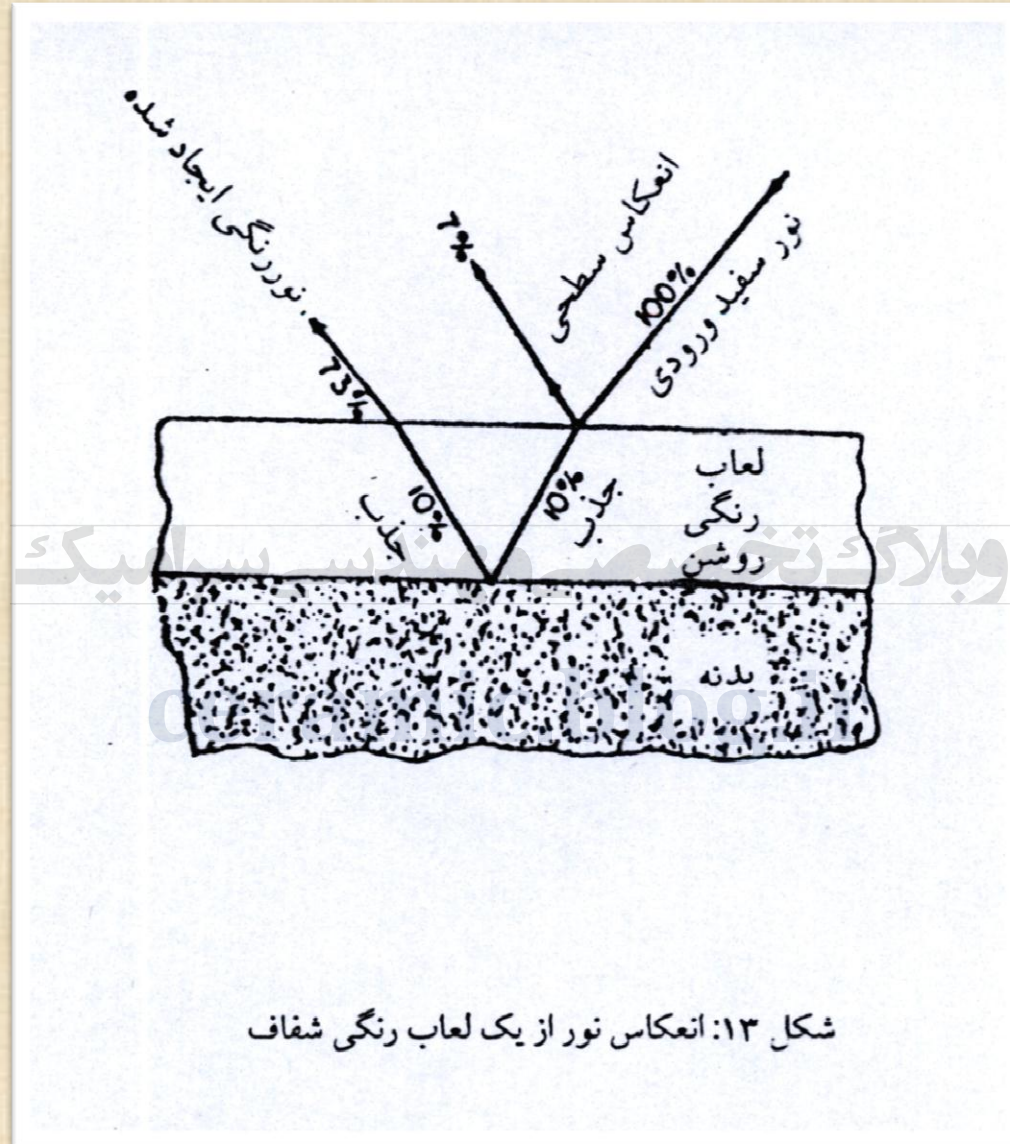
## خواص اپتیکی - ادامه

زمانی که اندازه ذرات حدود نصف طول موج نور تابیده شده باشد، **شدت پراکندگی به حداکثر مقدار خود می رسد**. قدرت پراکندگی با ازدیاد ضریب شکست رنگدانه افزایش می یابد که این عامل خود تابع ضریب شکست فاز زمینه نیز خواهد بود.

با این تفاسیر حداکثر پراکندگی در مورد رنگدانه های غیرآلی با ضرایب شکست بالا و اندازه دانه مناسب، رخ می دهد. رنگدانه های آلی به خاطر ضریب شکست پایین، مقدار کمی از نور را پراکنده می کنند ولی پدیده جذب در آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

در شکل 13 انعکاس نور از یک لعاب رنگی شفاف نشان داده شده است.

## خواص اپتیکی - ادامه





## خواص اپتیکی - ادامه

اغلب شیشه های معمولی مرسوم حدود 93% از نور را عبور داده و 7% آن را از سطح پراکنده می سازند ولی میزان جذب در آنها پایین است.

اگر شیشه رنگی باشد، پدیده جذب انتخابی پیش می آید که باعث می شود پرتو نور خروجی رنگی شود. به عنوان مثال شیشه قرمز، نورهای آبی و زرد را جذب کرده و تنها نور قرمز را عبور می دهد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

در مورد سطح هموار، شعاع نور با همان زاویه تابش از سطح منعکس می شود در حالیکه در مورد سطوح نا هموار شعاع منعکس شده پراکنده می شود و فقط در مورد رنگهای متالیک، انعکاس از لایه سطحی باعث رنگی شدن آن می شود.

در مورد اشیاء رنگی، نور تابیده شده به میزان کمی به داخل نفوذ می کند و سپس پراکنده شده و یا مجدداً به بیرون انعکاس می یابد، در این فرآیند قسمتی از پرتوها جذب شده و نوری که به چشم می رسد سفید نخواهد بود.

## قدرت رنگ دهی و روشن کنندگی (Tinting Strength and Lightening Power)

**رنگ دهی بوسیله خواص جذبی رنگدانه و تفرق نور توسط ذرات رنگدانه را قدرت رنگ دهی می نامند.**

قدرت روشن کنندگی را می توان به عنوان قدرت رنگ دهی یک رنگدانه سفید در نظر گرفت که معیاری از افزایش توانایی خاصیت بازتابش نور توسط یک واسط جاذب (سیاه یا رنگی) در رنگ می باشد.

ceramic.blog.ir

قدرت پوشانندگی رنگدانه عبارت است **از سطحی که توسط 1 لیتر رنگ پوشانده شود ( $m^2/L$ )**. ضخامت پوشانندگی: اگر پوشش مورد نظر بر روی یک پایه سیاه و سفید اعمال شود، حداقل ضخامتی که باعث شود پایه دیده نشود ضخامت پوشانندگی است  
قدرت پوشانندگی یک رنگدانه تابع عوامل زیر است:

- 1- ضریب شکست نور
- 2- طول موج نور تابیده شده
- 3- قدرت جذب نور رنگدانه
- 4- شکل و اندازه ذرات

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

## قدرت تفرق نسبی - ادامه

رنگدانه هایی که از ضریب شکست و قابلیت جذب نور بالایی برخوردارند، پوشانندگی را به خوبی انجام می دهند. جدول 4 ضریب شکست و اندازه ذره برخی از رنگدانه های سفید را نشان می دهد.

همچنانکه ملاحظه می شود دی اکسید تیتانیم و سولفید روی بالاترین ضرایب شکست را دارند و از این رو جزء مهمترین رنگدانه های سفید محسوب می شوند.

قدرت پوشانندگی در مورد واسطه های رنگدانه ای می تواند بصورت  $D_v$  (لیتر/متر مربع) یا  $D_m$  (کیلوگرم/متر مربع) بیان شود.

## قدرت تفرق نسبی - ادامه

رنگدانه	فرمول شیمیایی	ضریب شکست	بهبه اندازه ذره (میکرو متر)
رتایل	TiO <sub>2</sub>	2.80	0.19
آنتاز	TiO <sub>2</sub>	2.55	0.24
بلندروی	α-ZnS	2.37	0.29
بادلیت	ZrO <sub>2</sub>	2.17	0.37
اکسید روی	ZnO	2.01	0.48
کربنات سرب	PbCo <sub>3</sub>	2.01	0.48
سولفات سرب	PbSO <sub>4</sub>	1.93	0.57
لیتوپون	BaSO <sub>4</sub> + ZnS	1.84 - 2.36	0.2 - 0.3

جدول 4 ضریب شکست و اندازه ذره برخی از رنگدانه های سفید

# پوششهای رنگی و پایداری در برابر عوامل محیطی

## رفتار پراکنده شدن و تعلیق رنگدانه و اکستندرها در سیستم رنگدانه-چسب

1- تر شدن ذرات رنگدانه توسط چسب و واسط مورد استفاده و تشکیل یک لایه بر روی سطح ذرات.

2- تجزیه و از بین بردن آگلومره ها و تجمعهای ذرات رنگدانه توسط اعمال نیروی خارجی، به عنوان مثال با استفاده از دستگاه پراکنده ساز و پایدار کننده سوسپانسیون.

3- ایجاد پایداری در رنگ از طریق نیروهای دافعه بین ذرات یا ایجاد ممانعتهای فضایی بین ذرات بوسیله افزودنی های آلی است. نیروهای دافعه از نیروهای جاذبه و اندروالسی که سبب تشکیل آگلومره می شوند، باید قوی تر باشد.

ایجاد یک سوسپانسیون رنگی پایدار اثرات شدیدی را در خواص نهایی پوششهای حاصل از اعمال آنها ایجاد می کند که برخی از این خواص عبارتند از: گرانروی، قدرت تغییرات رنگی و جلای رنگ. قابلیت پراکنده شدن و میزان پایداری ذرات در سوسپانسیون به نوع چسب و دستگاه پراکنده ساز بستگی دارد.

# معیارهای انتخاب رنگدانه های سرامیکی

کاربرد رنگدانه ، پایداری دمایی، خلوص رنگ، یکنواختی و قابلیت تولید مجدد رنگدانه، اندازه و توزیع اندازه رنگدانه، سازگاری رنگدانه با محیط مورد استفاده

## پایداری رنگدانه

در سرامیکها رنگدانه ها حد اقل در 5 حالت قابل استفاده است

1- اضافه نمودن در بدنه (Body Stain)

2- بصورت انگوب (مخلوطی از و گداز آور)

3- بصورت رنگ زیر لعابی (Under Glaze Color)

4- لعاب رنگی (Color Glaze)

5- رنگ رو لعابی (Over Glaze)

در مورد انگوب در دمای 1200-1300<sup>0</sup> C ایدار بماند و در برابر گداز آورها که برای اتصال به بدنه استفاده می شود مقاوم باشد

در رنگ زیر لعابی یا لعاب رنگی در 1000-1200 در مذاب شیشه و گداز آورها مانند سرب پایدار بماند.

# جلسه ششم

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)



# پایداری حرارتی سیستم‌های مختلف رنگدانه

جدول ۵: پایداری حرارتی سیستم‌های مختلف رنگدانه‌ای

پایداری دمایی (°C)					سیستم رنگدانه
۷۵۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۲۲۵	۱۳۰۰	
					۱- گروه بادلیت (Baddeleyite)
+	+	+	+	+	- زرد وانادیم - زیرکونیم
					۲- گروه بورات
-	-	-	-	-	- بورات آبی - قرمز منیزیم - کبالت
					۳- گروه هماتیت - کوراندوم
+	+	+	+	+	- صورتی آلومینا - کروم کوراندومی
+	+	+	+	+	- صورتی آلومینا - منگنز کوراندومی
+	+	+	+	+	- سبز تیره کروم هماتیتی
					- قهوه‌ای هماتیت آهن
					۴- گروه گارنت (Garnet)
+	+	+	-	-	- گارنت سبز ویکتوریا

# پایداری حرارتی سیستم‌های مختلف رنگدانه

ادامه جدول ۵

پایداری دمایی (°C)					سیستم رنگدانه
۷۵۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۲۲۵	۱۳۰۰	
					۵- گروه اولیوین (Olivine)
+	+	+	-	-	- اولیوین آبی سیلیکات کبالت
+	+	+	-	-	- اولیوین سبز سیلیکات نیکل
					۶- گروه پریکلز (Periclase)
+	+	+	+	+	- پریکلز خاکستری نیکل - کبالت
					۷- گروه فناسیت (Phenacite)
+	+	+	-	-	- فناسیت آبی سیلیکات روی - کبالت
					۸- گروه فسفات‌ها
-	-	-	-	-	- فسفات بنفش کبالت
-	-	-	-	-	- فسفات بنفش لیتیم - کبالت

## پایداری حرارتی سیستم‌های مختلف رنگدانه

پایداری دمایی (°C)					سیستم رنگدانه
۷۵۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۲۲۵	۱۳۰۰	
-	-	-	-	-	۹- گروه پریدریت (Priderite)
+	-	-	-	-	- تیتانیم-باریم-نیکل پامچالی - پریدریت
+	+	-	-	-	۱۰- گروه پیروکلر (Pyrochlore)
					- پیروکلر زرد آنتیموانات سرب
+	-	-	-	-	۱۱- گروه رتایل - کاستریت (Rutile - Cassiterite)
+	-	-	-	-	- رتایل زرد تیتانیم- آنتیموان- نیکل
+	-	-	-	-	- رتایل زرد تیتانیم- نیوبیم- نیکل
+	-	-	-	-	- رتایل زرد نخودی تیتانیم- آنتیموان- کروم

# پایداری حرارتی سیستم‌های مختلف رنگدانه

ادامه جدول ۵

سیستم رنگدانه	پایداری دمایی (°C)				
	۷۵۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۲۲۵	۱۳۰۰
-رتایل زرد نخودی تیتانیم-نیوبیم-کروم	+	-	-	-	-
-رتایل زرد نخودی تیتانیم-تنگستن-کروم	+	-	-	-	-
-رتایل زرد نخودی تیتانیم-آنتیموان-منگنز	+	-	-	-	-
-رتایل خاکستری آنتیموان-وانادیم-تیتانیم	+	-	-	-	-
-کاستریت زرد وانادیم-قلع	+	+	+	+	+
-کاستریت ثعلبی قلع-کروم	+	+	+	+	+
-کاستریت خاکستری آنتیموان-قلع	+	+	+	+	+
-رتایل قهوه‌ای تیتانیم-آنتیموان-کروم-منگنز	+	-	-	-	-
-رتایل قهوه‌ای تیتانیم-نیوبیم-منگنز	+	-	-	-	-

## پایداری حرارتی سیستم‌های مختلف رنگدانه

پایداری دمایی (°C)					سیستم رنگدانه
۷۵۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۲۲۵	۱۳۰۰	
					<b>۱۲- گروه اسفن (Sphene)</b>
+	+	+	+	+	- اسفن صورتی قلع - کروم
					<b>۱۳- گروه اسپینل (Spinel)</b>
+	+	+	+	+	- اسپینل آبی آلومینات کبالت
+	+	+	+	+	- اسپینل خاکستری - آبی - قلع - کبالت
+	+	+	+	+	- اسپینل آبی آلومینات روی - کبالت
+	+	+	+	+	- اسپینل سبز - آبی، کرومیت کبالت
+	+	+	+	+	- اسپینل سبز کرومیت کبالت
+	+	+	-	-	- اسپینل سبز تیتانیت کبالت
+	+	+	+	+	- اسپینل صورتی آلومینا - کروم
+	+	+	+	+	- اسپینل قهوه‌ای کرومیت آهن

# پایداری حرارتی سیستم‌های مختلف رنگدانه

ادامه جدول ۵

۷۵۰	پایداری دمایی (°C)				سیستم رنگدانه
	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۲۲۵	۱۳۰۰	
+	+	+	+	+	- اسپینل قهوه‌ای تیتانیم- آهن
+	+	+	+	+	- اسپینل قهوه‌ای فریت روی
+	+	+	+	+	- اسپینل قهوه‌ای کرومات آهن- روی
+	-	-	-	-	- اسپینل سیاه کرومیت مس
+	+	+	+	+	- اسپینل سیاه کبالت- آهن
+	+	+	+	+	- اسپینل سیاه کرومیت کبالت- آهن
+	+	+	+	-	- اسپینل سیاه فریت منگنز
+	+	+	+	-	- اسپینل قهوه‌ای منگنز آهن- کروم
+	+	+	-	-	- اسپینل آبی آلومینا- قلع- کبالت
+	+	+	+	+	- اسپینل سیاه نیکل- آهن- کروم
+	+	+	+	+	- اسپینل قهوه‌ای روی- منگنز- کروم

## پایداری حرارتی سیستم‌های مختلف رنگدانه

پایداری دمایی (°C)					سیستم رنگدانه
۷۵۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۲۲۵	۱۳۰۰	
<b>۱۴- گروه زیرکن</b>					
+	+	+	+	+	- زیرکن آب وانادیم - زیرکونیم
+	+	+	+	-	- زیرکن زرد پرازودیوم - زیرکونیم
+	+	+	+	+	- زیرکن صورتی آهن - زیرکونیم
<b>۱۵- گروه کادمیم</b>					
+	+	-	-	-	- زرد سولفات کادمیم
+	+	-	-	-	- قرمز سولفوسلناید کادمیم

## معرفي برخي از پيگمانها و رنگدانه يارها

**CaCO<sub>3</sub>** يکي از رنگدانه هاي گروه کلسيم است که در مجاورت آب هيدروليز شده و حدود 0/02% در آب سرد حل ميشود. هيدروليز آن موجب تاوولدگي ميشود. در جاي مرطوب نبايد استفاده کرد، دانسيته 2/5-2/7

**BaSO<sub>4</sub>** بصورت باريتم در طبيعت (وفور)، حلاليت در آب کم، قدرت پوشانندگي عالي و درجه سفيدي خوبي دارد، بالاترين مصرف در تهيه ليتوپون، وقتي بعنوان پايه استفاده شود ميزان روغن مصرفي خيلي بالا نيست و مقرون به صرفه است

**BaCO<sub>3</sub>** بعضا بعنوان رنگ پايه استفاده مي شود و کمتر بعنوان رنگدانه استفاده دارد

**BaK<sub>2</sub>(CrO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>** باريتم پتاسيم کرومات بعنوان رنگدانه ضد خوردگي با دانسيته 3/65 و  $n=1/9$ ، قدرت پوشانندگي بالا

**Al** بعنوان رنگدانه سبک، قدرت انعکاس بالا 75% بويژه در فروسرخ، قدرت پوشانندگي بالا، پولکي شکل و انعکاس بالا (دافع گرما بدليل انعکاس شديد) بصورت پودر و خمير نگهداري ميشود (در حالت خمير در مجاورت اسيد استتاريک و نفت براي جلوگیری از اکسیداسيون)، غير سمی، در رنگهاي تزیني، آستر اوليه فلزات در رنگ نهايي، استفاده در رنگ چوب، مقاوم در محيطهاي شيميايي



## پیگمان سرب

مانند آلومینیم روشهای مختلف تهیه دارد ولی سرب سمی بوده و مهمترین ویژگی آن ضد خوردگی بودن آن است. سرب فلزی را بصورت ذرات بسیار ریز درآورده و چون تمایل زیادی به ترکیب با اکسیژن دارند باید محیط دیسپرژن کنترل شده باشد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

مهمترین مسائل در مورد پیگمانهای سرب:

ceramic.blog.ir

1- سمی بودن

2- وزن مخصوص بالا تثبیت و پایدار کردن آنها با مشکل مواجه است.

3- ذرات ریز تمایل به اکسیداسیون بالایی دارد بنابراین محیط دیسپرژن باید کنترل شود

## پیگمان روی

فلز روی را می توان تصعید کرده و بعداً بخارات Zn را در سطح ته نشین کرد. ذرات کروی ،پودر ریز روی رنگ خاکستری متمایل به آبی دارد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

وزن مخصوص آن  $d=7.1 \text{ g/cm}^3$  است.

ceramic.blog.ir

## پیگمان روی

قدرت پوشانندگی نسبتاً خوبی دارد و رنگدانه بسیار فعالی است. معمولاً پیگمانهای روی را با وینیل ها، رزینها و ... بصورت آستری یا پیگمان استفاده می شوند.

## ضد زنگ

روش عمل بصورت **حفاظت کاتدیک** است لایه روی بصورت آند در آمده و فلزی که قرار است زنگ روی آن بزنند بصوت کاتد در می آید و این رنگ بعنوان حفاظت کاتدی فلز زیرین خود را در مقابل خوردگی حفظ می کند. سطح باید کاملاً خشک باشد زیرا هر نوع اتصالی که بین فلز قطع شود این حفاظت کاتدی عمل نخواهد کرد.

پیگمان روی :

فلز نامطلوب دسته بندی شده و وقتی بخار آن وارد ریه می شود باعث ایجاد تب می گردد (غلظت Zn سمی نیست ولی گردوغبار آن آزار دهنده است و جزو ذرات بالای 5 میلیگرم بر متر مربع)

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

## پیگمانهای بر پایه روی

مهمترین پیگمانهای این گروه ZnO می باشد که به **zinc white** مشهور است و رنگ سفید دارد.

ویژگی های ZnO

Density : 5.65 – 5.68 g/cm<sup>3</sup>

Refractive index 1.95 – 2.1

Mp 1975 °C

Heat capacity	25 °C	40.25	j/mol . K
	100 °C	44.37	
	1000 °C	54.25	

Thermal conductivity 25.2 w.m<sup>-1</sup>.k<sup>-1</sup>

Crystal structure Hexagonal

Mohs – hardness 4 – 4.5

## پیگمانهای بر پایه روی

یکی دیگر از ویژگی های این پیگمنت ساده بودن طرز تهیه آن است.

(در هنگام تهیه سرب (سرب و روی همیشه کنار هم اند)، روی تصعید می شود و اکسید روی ایجاد شده سپس اکسید روی با دانه های بسیار ریز تهیه می گردد و براساس وزن و دانه بندی مختلف آن ته نشین می شود).

ceramic.blog.ir

چون Pb و Zn همیشه با هم حضور دارند مقداری سرب همراه روی می باشد و بر حسب درصدی که سرب داریم کاربردها نیز مختلف است. برای رنگهای داخل ساختمان از سرب استفاده نمی شود.

در بازار Grade های مختلفی از روی با علائم قرمز، سبز، آبی وجود دارد که بر حسب میزان Pb آن طبقه بندی شده است.

### روش شیمیایی تهیه اکسید روی

توسط CO و CO<sub>2</sub> روی به کربنات روی تبدیل و در 800 درجه به ZnO تبدیل می شود

اگر Pb موجود در ZnO کم باشد از آن به عنوان پیگمنت در قسمت‌های بیرون ساختمان استفاده می شود.

❖ در صنایع لاستیک بعنوان پرکننده به مقدار زیادی استفاده می شود.  
در صنایع شیشه و لعاب بعنوان کدرکننده از آن استفاده می شود ( ۷ سطحی در لعاب افزایش می یابد) در شیشه بعنوان شبکه ساز عمل می کند.

❖ چون سبب کریستالیزاسیون می شود لذا بعنوان کدرکننده در شیشه نیز از آن استفاده می شود.



❖ حالت آمفوتر دارد و یکی از پیگمان های است که به عنوان ضد زنگ استفاده می شود.

❖ ZnO حلالیت ناچیزی در آب دارد لذا در بیرون و داخل ساختمان می توان از آن استفاده کرد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

❖ غیر سمی است.

ceramic.blog.ir

❖ حالت لومینسانس دارد و طول موج کوتاه تابیده شده را به طول موج بلند تر تبدیل کرده و به نور رنگی تبدیل می کند ( کاربرد برای تشخیص اسکناس جعلی).

اکسید روی همراه با اکسید های دیگر تشکیل رنگهای زیبایی را می دهد

ZnO.CoO

سبز

ZnO.FeO

زرد روشن

ZnO.MnO

زرد - قرمز

ZnO.CoO.SiO<sub>2</sub>

آبی

ZnO.NiO.TiO<sub>2</sub>

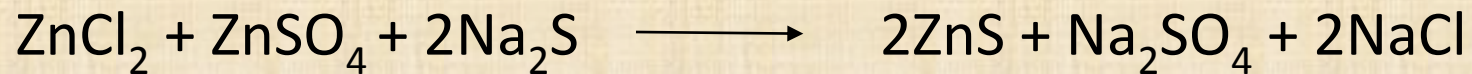
سبز

ZnO.FeO.TiO<sub>2</sub>

( درصد مولی 20-20-60 ) سیاه

ZnO.WO<sub>3</sub>.CoO

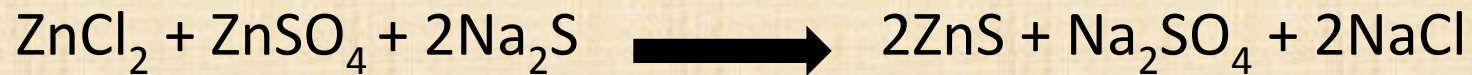
( درصد مولی 25-50-25 ) آبی



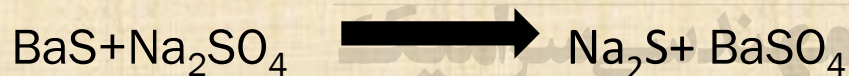
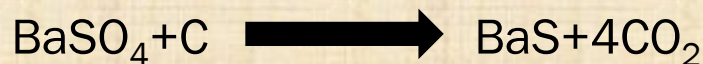
با این روش می توان سولفور روی را بعنوان پیگمنت تهیه کرد.

از خاصیت های مهم آن استفاده در رنگهای شب نما میباشد ( بدلیل خاصیت لومینسانس آن ) و در مجاور ناخالصی های مختلف می توان رنگهای مختلفی را از آن گرفت

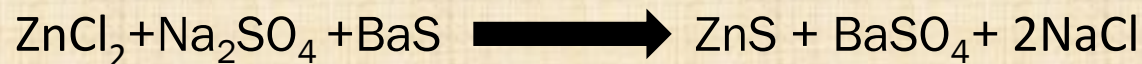
## پیگمان ZnS



تهیه  $\text{Na}_2\text{S}$



عمده ترین و مهمترین پیگمانهای پایه روی Lithopone (لیتوپون) است) فرمول  
( $\text{ZnS} + \text{BaSO}_4$ )



که با نسبتهای مختلفی از ZnS (30-40 و 50٪) با هم مخلوط می شود

ZnS بر خلاف ZnO در مقابل نور پایدار نبوده و تجزیه می شود و به رنگ سیاه یا خاکستری در می آید.

## پیگمانهای پایه کادمیم

عمدتاً بر اساس سولفور و سلنید کادمیم هستند که جیوه و کادمیم نیز در این گروه به عنوان پیگمان مورد استفاده قرار می گیرند. از ویژگی های CdS و HgS مسئله پلی مرف بودن آنهاست که می توانیم رنگهای مختلفی (زرد نارنجی و قرمز) داشته باشیم.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

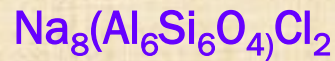
از رنگهای پایه کادمیم برای رنگ کردن پلیمر و پلاستیک استفاده می کنند. ( کادمیم سلنید رنگ قرمز زیبایی را می دهد در شیشه های رنگ تاخیری با آنیل کردن ایجاد رنگهای خالص را می دهد).

## پیگمان ترکیبات آلومینیم

بهترین نمونه برای پیگمان فلز، فلز آلومینیم است و بعد از آن ترکیبات آلومینیم مانند : کائولن، آلبیت و تمام ترکیبات رسی از قبیل بنتونیت و آلومینیم سیلیکاتها.

از ترکیبات آلومینو سیلیکاتها اولترامارین را می توان نام برد.

## پیگمان اولترامارین



رنگهای اولترامارین سبز، قزمز، آبی و ... را داشته باشیم.

( بر اساس تغییر نسبتها و جایگزین کردن سدیم با آهن و نقره و کلر با سلنیم و تلور می توان رنگهای مختلفی ایجاد نمود )

مشکل اولترامارین در این است که دماهای بالا را تحمل نمی کند ( تا حدود 200 درجه سانتی گراد ).

# پیگمان ترکیبات آلومینیم

## پیگمان اولترامارین

از این رنگ می توان برای پلاستیک ها استفاده نمود.

در یک ساختار می توان با کاشتن یک یون رنگهای دیگری بوجود آورد. در این حالت می توان رنگهای مقاوم در برابر حرارت را ایجاد کرد. بعنوان مثال در رنگهای پایه زیرکون :  
زیرکون سیلیکات را گرفته و یک یون دیگر در شبکه آن قرار داده و رنگهای مقاوم در برابر درجه حرارت ساخته می شود.



# پیگمان ترکیبات آلومینیم

## پیگمان اولترامارین

اولترامارین دارای ترکیب زیر است :

Na 14-16 %

Al 12-16 %

Si 17-20%

S 6-14%

O 37-41%

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک  
ceramicblog.ir

# پیگمان ترکیبات آلومینیم

## پیگمان اولترامارین

✓ اولترامارین در حلالهای ساده حل نشده و از نظر فیزیولوژی روی بدن اثر نمی گذارد.

✓ در صنایع سیمان، لاستیک سازی، پلیمرها، چرم، کاغذهای رنگی، رنگهای نقاشی کاربرد دارد.

بلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

اهمیت مس بیشتر در مس فلزي به عنوان پیگمان مي باشد. هالوژنهای آن به عنوان ترکیبات فتوکرومي مصرف مي شوند.

اکسید مس در شیشه بعنوان ترکیبي که عمدتاً رنگ آبی ایجاد مي کند مورد استفاده قرار مي گیرد (بعنوان مثال در شیشه های سيليكاتي).

ceramic.blog.ir

ملاخیت  $\text{CuCO}_3\text{-Cu(OH)}_2$  رنگ آبی دارد (آبی مسی در طبیعت)  
استات مس  $\text{Cu(OH)}_2\text{-Cu(CH}_3\text{COO)}$  رنگ سبز مایل به آبی دارد (رنگهی  
مشهور مس)

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

بجز فلز مس و هالوژنهای آن که برای فتوکرومی استفاده می شوند سایر ترکیبات مس اهمیت خود را به عنوان پیگمنت از دست می دهند (از رنگدانه های با کیفیت مناسب تر استفاده می شود)

## پیگمان های گروه تیتان

از جمله پیگمانهای مهم و دارای فرم های مختلف می باشد.

در 3 فرم **آناتاس (دانسیته 4/06)**، **روتایل (4/21)** و **بروکیت (4/13)** متبلور می گردد.

از ویژگی های  $TiO_2$  پایداری شیمیایی آن است.

مسئله دیگر سمی نبودن آن میباشد.

روتایل و آناتاس در سیستم تتراگونال و بروکیت در سیستم رومبیک متبلور می شود.

نقطه ذوب آن  $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$  می باشد.

TiO<sub>2</sub> با کلر در دماهای بالا واکنش داده و تشکیل تتراکلرورتیتانیم می دهد.

سطح مخصوص تیتان می تواند از 0.5 m<sup>2</sup>/g تا 300 m<sup>2</sup>/g تغییر می کند.

**سختی روتایل حدود 7 - 6.5 و آناتاس 5.5 می باشد.**

Band gap برای روتایل 3.05 eV و برای آناتاس 3.29 eV است لذا فقط برای محدوده UV جذب دارد.

تیتان به علت مقاومت در برابر اسید و باز می تواند به عنوان لعاب روی فلز بکار رود.

## پیگمان های گروه تیتان

---

روش تولید استفاده از ایلمینیت (  $\text{FeTiO}_3$  )

استفاده از اسید سولفوریک

استفاده از اسید کلریدریک

ذوب

...

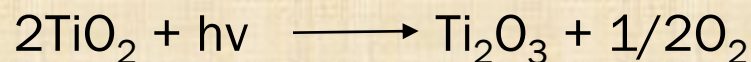
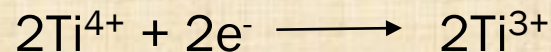
وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

## پیگمان های گروه تیتان

ضریب شکست آناتاس 2.52 می باشد. روتایل دارای ضریب شکست 2.71 است. ضریب شکست بالا از جمله مزایای  $\text{TiO}_2$  است که باعث شده قدرت پوشانندگی بالایی داشته باشد.

یکی از ضعف های  $\text{TiO}_2$  این است که ایجاد تاول در رنگ می نماید به این ترتیب که  $\text{O}^{2-}$  موجود در آناتاس در اثر تابش نور به اکسیژن آزاد تبدیل می گردد.





## پیگمان های گروه تیتان

به این صورت که وقتی اکسید تیتانیم در مجاورت مواد شیمیایی که قابل اکسید شدن هستند و همچنین در مقابل نور مورد استفاده قرار می گیرد تیتان احیاء می گردد و اکسیژن آزاد می شود.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

اکسیژن تولیدی بسیار فعال بوده و می تواند بسیاری از واکنش های دیگر را ایجاد کند. البته باید توجه کرد که عمده ترین ضعف  $TiO_2$  تاؤل زدگی آن در مقابل نور است. روتایل در مقابل نور پایدارتر از آناتاس است.

**Ti203 بعنوان قطعات نساجی به رنگ صورتی (هدایت الکتریکی دارد)**

برای تبدیل آناتاس به روتایل (بالای 1040) بایستی انرژی مصرف گردد و مشکلی که وجود دارد اینست که ذرات با هم زینتر شده و رشد می کنند بنابراین در توزیع اندازه ذرات با مشکل روبرو می شویم.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

با اضافه کردن  $\text{SnO}_2$  می توان درجه حرارت تبدیل را پایین آورد.

ceramic.blog.ir

## تیتانات سرب

تیتانات سرب دارای رنگ زرد و قدرت پوشانندگی بالایی می باشد، دانسیته  $7/3$  و ضریب شکست  $2/7$  می باشد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

## تیتانات نیکل $NiTiO_3$

دارای دانسیته 4.5 می باشد. مقاوم در برابر اسیدها و بازها می باشد. دارای قدرت پوشانندگی مشابه روتایل و بیشتر از آناتاس می باشد. در برابر نور و حرارت پایدار است.

ceramic.blog.ir

## دي اكسيد زيركونيم $ZrO_2$

---

بعلت گران قيمت بودن کمتر بعنوان پيگمان از آن استفاده مي شود و در شيشه ها از آن استفاده مي شود.

وبلاگ تخصصي مهندسي سراميك

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

# جلسه ہفتم

وبلاگ تخصصی مہندسے سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

# کاربردهای پیگمانها :

معمولاً از پیگمان ها برای رنگ کردن سرامیک ها ، شیشه ها ، پوششهای فلزات و ... (پوشش یا رنگ) استفاده می کنیم

آنچه که در مورد شیشه ها و لعاب ها باید مورد توجه قرار گیرد اینست که بدلیل اینکه از رنگها به مقدار کم استفاده می کنیم طبعاً بایستی از ترکیبی استفاده کنیم که از نظر حجمی و وزنی توانایی مخلوط و هموژن شدن در بچ نهایی را داشته باشد.

# کاربردهای پیگمانها :

بعنوان مثال براي فوتوکروم کردن نسبت Ag به کل نمونه از نظر وزني حدود 0/7% است که هموژن کردن این مقدار در کل بچ مشکل ساز است .

براي سرامیک و شیشه سبک بخش کلي داریم

ceramic.blog.ir

- 1- پیگمان
- 2- زمینه
- 3- مواد افزودني (Additives)

# کاربردهای پیگمانها :

\*در مورد پیگمانها باید به هموزنیتی مناسب برسیم بنحوی که بخوبی حل شوند. اگر از ترکیبات فرار استفاده کنیم باید به اتمسفر آن توجه کنیم.

\*در مورد زمینه بایستی به این نکته توجه کرد که اگر زمینه بصورت لعاب یا بصورت پودر فیزیکی بکار گرفته شود اثرات استحکام و ... را باید در نظر گرفت. از طرفی **اثر متقابل** اجزای تشکیل دهنده زمینه و پیگمان (پلاریزاسیون موثر در رنگ) نیز مهم است.

ceramic.blog.ir

در ترکیبات رنگی بر حسب اینکه چه ترکیبی باشد مثلاً **هالوزنهای یک عنصر** (کلرید - برمیدو..) رنگهای متفاوتی ایجاد می کنند.



# رنگهای پوششی (ساختمانی، لعابی و ...)

رنگهای پوششی از موارد زیر تشکیل شده اند

- 1- پیگمان
- 2- بایندر (رزین ها)
- 3- حلال
- 4- مواد افزودنی

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

# رنگهای پوششی (ساختمانی، لعابی و ...)

1- پیگمان : پیگمان در فیلمی که متشکل از بایندرها ( رزین ها ) هستند بصورت سوسپانسیون درآمده و برای تنظیم خشک شدن آنها باید از موادی که به خشک شدن فیلم کمک می کنند استفاده کرد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

برای ایجاد پیوستگی بین فیلم و سطحی که روی آن ایجاد پوشش می کنیم بایستی به کیفیت رنگ توجه شود که آن هم به نوع اتصالات بین سطح و فیلم بر می گردد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

# رنگهای پوششی (ساختمانی، لعابی و ...)

یعنی پیگمان را با رزین (رزین ها ماکرومولکولهایی هستند که در اثر واکنشهایی به هم پیوسته و بصورت بستری برای حمل پیگمانها در می آیند) در حجمی بصورت معلق و هموزن داشته باشیم.

لذا برای این منظور از حلال و پیگمان استفاده می کنیم.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

خصوصیات رزین ها

ceramic.blog.ir

- ❖ اتصالی بین سطوح نمونه و پیگمان ایجاد کند
- ❖ مقاومت خوبی داشته باشد
- ❖ با پیگمان ترکیب نشده و ایجاد ترکیبات جدید نکند
- ❖ در زمان بسیار کوتاهی خشک شود

# رنگهای پوششی (ساختمانی، لعابی و ...)

عمدتاً عاملی که سبب استحکام فیلم می شود همان رزین است و معمولاً بی رنگ بوده و بصورت طبیعی و صنعتی تهیه می شوند.

انواع اتصال بین سطح و فیلم

(بین رزین و سطح)

تخصص مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

- 1- اتصالات شیمیایی
- 2- اتصالات قطبی
- 3- اتصالات مکانیکی

# انواع اتصالات بین سطح و فیلم :

## 1- اتصالات شیمیایی

قویترین اتصالات را تشکیل می دهند و می توانند با ایجاد پیوندهای شیمیایی باعث برقراری استحکام قوی بین فیلم و سطح نمونه شوند. در رزین های سیلیکونی مثلاً سیلیکات روی از جمله رزین هایی است که می تواند با فلزی مثل فولاد ایجاد اتصال کند (**رسم اتصال؟؟؟**).

بر این اساس کیفیت سطح و نوع ترکیب رزین و سطح بسیار مهم است.

ceramic.blog.ir

# انواع اتصالات بین سطح و فیلم :

## 2- اتصالات قطبی ( واندروالس )

با ایجاد دو قطبی ها ایجاد اتصال می کنند.

ایکسی دارای مونومر 1

در اثر اتصال بصورت 2 که بین Fe-O ایجاد اتصال

حرارت دادن برای رزینهایی است که مولکولهای کوچکی دارند (تشکیل ماکرومولکول) اما برای ماکرومولکولها نیازی به حرارت نیست

در این حالت بین گروه های رزین و سطح نمونه اتصالات واندروالسی ایجاد می کند. هر نوع عاملی که روی سطح سبب کامل نشدن اتصالات شود باعث پایین آمدن کیفیت رنگ می شود (بخار آب در سطح).

سطح و فاصله بین ذرات بسیار مهم است و هرچه سطح بیشتر باشد تعداد اتصالات نیز بیشترند.

# انواع اتصالات بین سطح و فیلم :

## 3- اتصالات مکانیکی

بین رزین و نمونه ای که زیرسازی شده است یک اتصال مکانیکی ایجاد می شود.

رزین باید ویژگی دیگری نیز داشته باشد

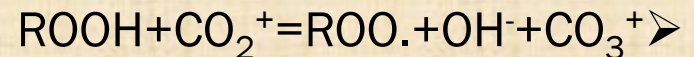
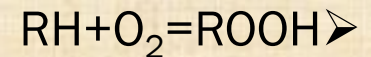
**خشک شدن:** که باید قابل کنترل و در فاصله زمانی مشخصی صورت گیرد. برای این کار رزین را همیشه با حلال مخلوط می کنیم.

## حلال چند ویژگی را برای نمونه فراهم می کند

➤ حلال ها عموماً از ترکیبات آلی فرار تشکیل شده اند مانند استون و ... که باید سیالیت لازم را بوجود آورده تا بتوانند فیلم را بصورت هموژن در سطح پخش کنند و همچنین ویسکوزیته لازم را داشته باشند.

➤ حلال ها سرعت تبخیر متفاوت دارند و سرعت خشک شدن رزین را می توانند تنظیم کنند. بسیاری از کیفیت ها به **سرعت و زمان خشک شدن** رنگ بر می گردد.

➤ حلال هایی که با اکسیژن هوا ترکیب شده و این ترکیب باعث می شود که **رادیکالها با هم واکنش داده** و به ماکرومولکول تبدیل شوند.



رزین ها یا با حلال خشک می شوند یا با اکسیژن (تحت عنوان رزین های هوا خشک)



# حلالها و مواد افزودنی :

حلالها براي کنترل سياليت و خشک شدن بر حسب نوعشان انتخاب مي شوند.

**نقطه اشتعال و قابليت شعله وري سمی نبودن از ساير ویژگیهای مهم پیگمانهاست**

**مواد افزودنی براي ضد خوردگی، ضد تابش، ضد آتش سوزي، ضد کپک زدگی و ... مورد استفاده قرار مي گیرند.**

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک  
ceramic.blog.ir

# طبقه بندی ملال ها :

## 1- طبقه بندی بر اساس نقطه جوش

- زیر 100 درجه سانتیگراد
- بین 100-150 درجه سانتیگراد
- بین 150-250 درجه سانتیگراد
- بیشتر از 250 درجه سانتیگراد

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

## 2- طبقه بندی از نظر پیوندهای هیدروژنی

ceramic.blog.ir

- قوی
- متوسط
- ضعیف

# تقسیم بندی رزین ها :

تقسیم بندی رزین ها بر اساس منشاء

1- رزین های طبیعی : دارای ماکرومولکول بسیار پایدار مانند : روغن کرچک، سویا

2- رزین های مصنوعی (synthesis) : رزین های آلکیدی ، اپوکسی

ceramic.blog.ir

# تقسیم بندی رزین ها :

## تقسیم بندی بر اساس تبدیل و غیر قابل تبدیل شدن آنها

1- رزین های غیر قابل تبدیل : در این نوع رزین ها خود رزین بطور کامل (ماکرومولکول) تشکیل شده و تبدیلی در آن صورت نگرفته و حلال ها عامل تغییر در ویسکوزیته هستند (وینیلی -آکیلی و اپوکسی)

2- رزین های قابل تبدیل :مانند اپکسی ها که ماکرومولکولها تشکیل شده و خود فیلم باعث تغییر مولکولها می شود. معمولاً از گلیسیرین و روغن های چرب بدست می آیند.

برای اینکه بتوانیم ترکیب 1- پیگمان 2- حلال 3- رزین 4- مواد افزودنی را داشته باشیم یک عامل Pigment Volume Concentrate (PVC) را تعریف می‌کنیم:

$$PVC = \frac{\text{حجم پیگمان}}{\text{حجم بایندر} + \text{حجم پیگمان}} = \frac{V_p}{V_p + V_b}$$

نسبت حجمی پیگمان به فیلم تشکیل دهنده و در برگیرنده پیگمان است

$$\Phi = PF = \text{حجم هوا} + \text{حجم بایندر} + \text{حجم پیگمان} / \text{حجم پیگمان}$$

PVC برای هر رنگی مقدار مشخصی دارد

اگر فقط پیگمان را بصورت خشک استفاده کنیم  $PVC = 1$   
اگر فقط بایندر باشد  $PVC = 0$

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

قدرت پوشانندگی پیگمان به اندازه ذرات، ضریب شکست پیگمان ، تفاوت ضریب شکست پیگمان و بایندر و... بر می گردد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

مثال

یک لایه رنگی با تخلخل 5% PVC، آنرا حساب کنید  
رزین آلکید (12/5' گرم با دانسیته 1/05)  
TiO<sub>2</sub> (40 گرم با دانسیته 3/94)  
تالک (7/5 گرم با دانسیته 2/84)  
کربنات کلسیم (2/71 گرم با دانسیته 2/71)

$$M/V=P$$

$$V=11/9$$

$$10/1$$

$$2/6$$

$$14/8$$

$$V \text{ پیگمان} = 27/5 \text{ cm}^3$$

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

$$PVC = 27.5 / (27.5 + 11.9) = 0.7 = 70\%$$

حجمی پیگمان =  $0.7 * 0.95 = 0.665 = 66.5\%$  بادر نظر گرفتن 5% تخلخل

---

CPVC يکي ديگر از فاکتورهاي مهم و همان PVC بحراني است  
مثلا خواص در PVC 65 از لحاظ خواص ،رنگ ،پوششاندگي و... بسيار ايده ال  
است در نقطه اي از PVC که اين خاصيت عوض مي شود CPVC گويند

وبلاگ تخصصي مهندسي سراميك

ceramic.blog.ir



# افزودنیها :

## سایر افزودنی ها در رنگدانه ها

-کنترل کننده پوسته ای شدن

-ضد رسوب

-ضد باکتری

-خوشبو کننده

-کفزا

-ضد یخ

-نرم کننده

-مقاومت دهنده در برابر رطوبت

-جاذب نور ماورای بنفش

-ضد شره کردن

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

- 1-سفت شدن لایه سطحی رنگ که در معرض هوا قرار دارد
- 2-در فرآیند خشک شدن بدلیل افزایش غلظت لایه و انقباض رخ می دهد
- 3-اکسیداسیون یا فساد پلیمرها نیز میتواند باعث پدیده فوق شود

## جلوگیری

برای جلوگیری از اکسیداسیون پلی مر ازت موثر است(جای اکسیژن سطحی را می گیرد)  
سرعت بالای انحلال رزین در حلال نیز عامل بعدی است

ceramic.blog.ir

چند نکته در مورد استفاده از عوامل ضد پوسته شدن

- 1-عوامل مذکور نباید زمان خشک شدن را طولانی کنند
- 2-ویژگی رنگدانه در اثر اپتیکی خاص آن تغییر نکند
- 3-گرانروی و ویژگیهای رئولوژی را تغییر ندهد

اکسیدها-فنلها و کاهنده های سرعت تبخیر حلال مهمترین عوامل ضد پوسته ای شدن هستند

همواره به سیالیت مطلوبی از رنگ نیازمندیم. معمولاً مواد کنترل کننده گرانی را بصورت مواد افزودنی به رنگ اضافه می کنیم : سیلیکونهای میکرونیزه، بنتونیت و ...

نمکهای که اضافه می کنیم از نوع نمکهای فلزات تک ظرفیتی اند مانند استات سدیم و پتاسیم و ...

وقتی فیلمی را با ضخامت خاصی ایجاد می کنیم باید این ضخامت بصورت بکنواخت در همه جای فیلم وجود داشته باشد . اما شاید لازم باشد در مقطعی ضخامت بیشتر باشد بنابراین در این حالت نباید سیالیت زیادی داشته باشیم . از نمکهای دو ظرفیتی مانند سیلیکاتهای منیزیم یا کلسیم

### مواد دیسپرز کننده

روی شکل و اندازه ذرات باید دقت کرد. ذرات غیر کروئ احتمال چسبیدنشان بهم زیاد است. در موادی که قبل و بعد از آسیاب می توان اضافه کرد عبارتند از :

- 1- مواد یونی: نمکهای سدیم و پتاسیم، فسفات سدیم، سیلیکاتها و ....
- 2- مواد غیر یونی : از طریق ایجاد دو قطبی عمل کرده و سبب پخش شدن ذرات می شوند.

# افزودنیها

## مواد کمک کننده به همتراز شدن سطح فیلم

اگر فیلم رنگی را روی سطح قرار دهیم مدت زمانی طول می کشد تا هم تراز شود حال اگر سرعت خشک شدن بالا باشد قبل از همتراز شدن رنگ خشک می شود و سطح مطلوب بدست نمی آید.

سیلیکات منیزیم باعث ایجاد حالت ژله ای می شود و سیالیت کافی را برای ایجاد همترازی بوجود نمی آید.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

## ceramic.blog.ir مواد ممانعت کننده از خوردگی

یکی از روشهای مهم حفاظت کاتدی است . در حفاظت کاتدی یک سطح بعنوان کاتد و پیگمان بعنوان آنود در نظر گرفته می شود. عوامل روی و منیزیم

## مواد ضد کپک یا ضد باکتری

اگر روی رنگ یا داخل رنگ باکتریها رشد کنند به دلایل مختلف به رنگ آسیب می‌رسانند.

موادی که بدین منظور اضافه می‌کنند به میکرواورگانیزها اجازه حیات نداده و مقادری سمی اند.

مانند ترکیبات مس  $Cu_2O$

ترکیبات جیوه (کلرید جیوه ، دی کلرید جیوه )، کادمیم و ... سرامیک

ترکیبات سرب

ترکیبات کلر دار

ترکیبات قلع دار ضد خز و جلبک هستند.

## مواد ضد یخ زدگی

در جاهایی که مسئله یخ زدگی مهم است از اتیلن گلی کول استفاده می کنند.

## مواد ضد آتش سوزی

از جمله مواد مهم نمکهای آمونیم هستند که گاز  $N_2$  تولید شده مانع از رسیدن اکسیژن می شود.

کربناتها هم در اثر حرارت به  $CO$  و  $CO_2$  تبدیل شده و مانع رسیدن اکسیژن می شوند.

بوراتها سریعا ذوب شده و سطح ذرات سطح را گرفته تا اکسیژن به سطح نرسد

# افزودنیها

## مواد خوشبو کننده

این مواد به دو گروه طبقه بندی می شوند

- 1- در حین تهیه موجب خوشبو کنندگی می شوند.
- 2- موادی که در مدت زمان طولانی تر تبخیر شده و موجب خوشبو شدن می شوند.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir



# جلسه ہشتم

وبلاگ تخصصی مہندسے سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

# تاریخچه رنگدانه آبی آلومینات کبالت

اگرچه آغاز بررسی علم شیمی در مورد کبالت به اواسط قرن شانزدهم بر می گردد ولی وجود کبالت در لعابها و شیشه های باستانی مربوط ۲۲۵۰ سال قبل از میلاد مسیح، در ایران کشف شده است.

در اشیای مصری نیز بعضاً عوامل رنگزای بر پایه کبالت مشاهده شده است، ولی این مسئله عمومیت ندارد زیرا اکثر این مواد رنگی آبی، بر اساس مس بوده اند.

ceramic.blog.ir

# تاریخچه رنگدانه آبی آلومینات کبالت

در چین قدمت مصرف مواد رنگزای آبی به سلسله تانگ (Ta'ng) بر می گردد (618-906 بعد از میلاد مسیح).

اسمالت (smalt) در اواسط ۱۵۵۰ شیشه سیلیکات پتاسیمی که کبالت عامل ایجاد رنگ در آن بوده است را تهیه کرد.

در سال ۱۷۷۷ ونزل (Wenzel) اثر آلومینا را بر روی کبالت بررسی کرد که این تحقیق منجر به تهیه رنگ آبی طبیعی تری شد. این نوع رنگدانه آبی که ۳۰ سال بعد توسط تئارد (Thenard) ساخته شد، بعدها با همین عنوان (آبی تئارد) مشهور شد.

بنابراین مطالعات واقعی شیمی کبالت که در سال ۱۸۰۲ شروع شده بود، به تئارد نسبت داده می شود.

# تاریخچه رنگدانه آبی آلومینات کبالت

اسامی دیگر این رنگدانه عبارت است از :

آبی کبالت، آبی لیدن (King's blue (Lyden blue).

توجه به هزینه نسبتاً بالای تهیه این نوع رنگدانه، از آن به طور فزاینده‌تری در رنگهای معمولی استفاده نمی‌شود. در آغاز، استعمال این نوع رنگدانه‌ها صرفاً به کاربردهای سرامیکی آن محدود می‌گردید ولی بعدها در رنگهای هنری نیز مورد استفاده قرار گرفت.

وقتی که پوششهای فلزی (لغابهای روی فلزات) از سال ۱۹۶۰ پیشرفت قابل ملاحظه‌ای پیدا کردند، استفاده از آبی تنارد در این نوع سیستمها به واقعیت پیوست.

# تاریخچه رنگدانه آبی آلومینات کبالت

در دهه ۱۹۷۰ نیز استعمال آن در پلاستیکهای جامد به طرز شگفت انگیز رواج پیدا کرد. امروزه علاوه بر کاربردهای گفته شده مقادیر بسیار زیادی از این رنگدانه به عنوان تونر در الیاف پلی استر مورد مصرف قرار می گیرد.

تولید کنندگان عمده این رنگدانه کشورهای آمریکا، آلمان، انگلیس و ژاپن همراه با بعضی از کشورهای اروپایی هستند که در اینجا به برفی از شرکتهای مهم تولیدی این رنگدانه اشاره ای می شود.

# تاریخچه رنگدانه آبی آلومینات کبالت

در آمریکا شرکتهای Ferro Shepherd Color ، Harshaw/Filtrd و Drakenfeld. در آلمان شرکتهای Bayer و BASF و در انگلیس Blythe Coluors.

همچنین دو تولید کننده مهم در شرق دور، کشور ژاپن عبارتند از Dainichiseika Color & Chemical Manufactory و Asahi Kasei Kogyo Company.

ceramic.blog.ir

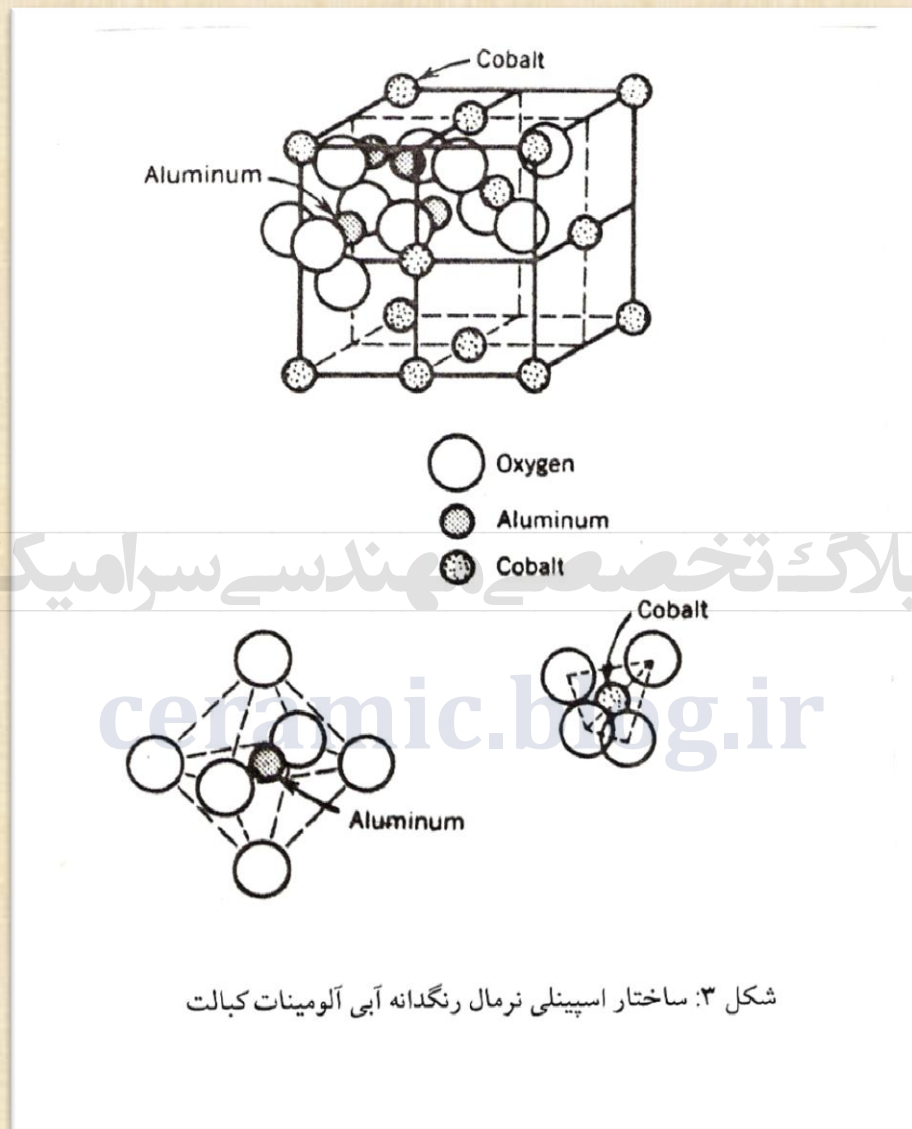
## اسپینل نرمال :

سلول واحد اسپینل متشکل از ۸ سلول واحد مکعبی اولیه است که دارای ۸ یون دو ظرفیتی A، ۱۶ یون سه ظرفیتی B و ۳۲ یون اکسیژن است در نوع نرمال یونهای A در مفره های چهار وجهی و یونهای B در فضاهای خالی هشت وجهی قرار می گیرند.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

آلومینات کبالت ( $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ ) از ساختار اسپینلی نرمال برخوردار بوده که در آن یونهای دو ظرفیتی  $\text{Co}^{2+}$  در فضاهای چهار وجهی (۸ یون  $\text{Co}^{2+}$  در موقعیت A) و یونهای سه ظرفیتی  $\text{Al}^{3+}$  در فضاهای هشت وجهی (۱۶ یون  $\text{Al}^{3+}$  در موقعیت B) قرار می گیرند.

شکل ۳ ساختار اسپینلی رنگدانه آبی آلومینات کبالت را نشان می دهد. قابل ذکر است که یونهای اکسیژن در ساختارهای اسپینلی بصورت (Face Center Cubic) F.C.C پییده شده اند.





## اسپینل معکوس

در این نوع ساختار، یونهای دو ظرفیتی A همراه با نصف یونهای سه ظرفیتی B در فضاهای فالی هشت وجهی قرار می‌گیرند و نصف دیگر یونهای سه ظرفیتی B،  $8/1$  کل فضاهای فالی چهار وجهی را پر می‌کنند.

به طور کلی هر ساختار اسپینلی دارای  $4x$  فضای فالی چهار وجهی و  $3x$  فضای فالی هشت وجهی است که در این حالت ۸ یون  $B^{3+}$  در مفره های چهاروجهی و ۸ یون باقی مانده  $B^{3+}$  همراه با ۸ یون  $A^{2+}$  در مفره های هشت وجهی قرار می‌گیرند.

## اسپینل مخلوط

همانطور که از اسم آن مشخص است این نوع اسپینل مخلوطی از نرمال و معکوس اشته یعنی یونهای B و A بطور تصادفی در فضاهای خالی چهار وجهی و هشت وجهی توزیع شده اند.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

# فواص رنگدانه آلومینات کبالت

این رنگدانه با توجه به ساختار بلورین خاص آن از دانسیته نسبتاً بالایی برخوردار است. سطح ویژه و جذب روغن این نوع رنگدانه از رنگدانه های پایه تیتاناتی بالاتر است.

از نظر اپتیکی چندان درخشان نیست و قدرت رنگدهی فیلی بالایی را ندارد ولی نسبت به سایر رنگدانه های پایه کبالتی، از فواص بهتری برخوردار است.

آلومینات کبالت اپک بوده و از قدرت پوشانندگی بالایی برخوردار است.

# خواص رنگدانه آلومینات کبالت

این رنگدانه از نظر شیمیایی فزنی است. در برابر اسیدها یا قلیایی ها مقاوم و تقریباً بدون اثر است و به وسیله عوامل شیمیایی دیگر به راحتی اکسید یا امیاء نمی شود.

در برابر حرارت و نور نیز از مقاومت بالایی برخوردار است. این خواص در نتیجه فرایند کلسیناسیون است که طی آن یونهای موجود در اکسید کبالت و اکسید آلومینیم توسط واکنش های حالت جامد، در یکدیگر نفوذ کرده و تشکیل یک ساختار اسپینلی مکعبی را می دهند.

ساختار ایجاد شده چون در دماهای نسبتاً بالا ( $1200-1300^{\circ}\text{C}$ ) بوجود می آید از پایداری مناسبی برخوردار است.

# خواص رنگدانه آلومینات کبالت

استفاده از این رنگدانه ها به راحتی امکان پذیر است زیرا دیسپرز شدن (پراکنده شدن ذرات در واسط مورد استفاده) آنها نسبتاً به سادگی انجام می شود. در نتیجه از رنگدانه آلومینات کبالت در عمل، بدون نگرانی از تراکم انجام می شود.

در نتیجه از رنگدانه آلومینات کبالت در عمل، بدون نگرانی از انجام واکنش با سیستم مورد استفاده و یا تغییر در خواص آن، می توان در درجه حرارت های متداول استفاده کرد.

علاوه بر خواص گفته شده این رنگدانه در برابر آب و هوا نیز از مقاومت فوق العاده ای برخوردار است. خلاصه ای از خواص رنگدانه آبی آلومینات کبالت در جدول ۴ آورده شده است.

# خواص رنگدانه آلومینات کبالت

Particle size,average ( $\mu\text{m}$ )	0.4 - 0.8
Density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	4.2 - 4.6
Oil absorption ( $\text{lb}/100\text{lb}$ )	30 - 38
pH (10% slurry)	9.5
Retained 325 mesh (%)	0.1

# خواص رنگدانه آلومینات کبالت

Optical Properties	
Brightness	Good
Tinting strength	Fair
Hiding power	Good

Chemical Properties	
Acid resistance	5
Alkali resistance	5
Oxidation resistance	Excellent
Reduction resistance	Excellent

# فواص رنگدانه آلومینات کبالت

Processing Properties	
Dispersability	Excellent
Heat resistance	Excellent

Durability	
Solvent resistance (Bleed)	5
Light fastness	8
Weather resistance	7 - 8



# درجه بندی آلومینات کبالت در صنعت

این رنگدانه بصورت چند نوع در صنعت، درجه بندی شده اند. رایج ترین آنها نوع سرامیکی و نوع رنگدانه ای است که تمت همین اسامی مشهوراند و عبارتند از آلومینات کبالت با درجه سرامیکی و آلومینات کبالت با درجه رنگدانه ای.

فاطر نشان می شود که نوع دیگری از آلومینات کبالت نیز به اسم درجه غیر رنگدانه ای آن وجود دارد. بنابراین این سه درجه مختلف از این رنگدانه موجود است که به ترتیب عبارتند از سرامیکی، رنگدانه ای و غیر رنگدانه ای آلومینات کبالت. از بین آنها درجه رنگدانه ای به مراتب مهمتر از بقیه است.

# درجه بندی آلومینات کبالت در صنعت

انواع سرامیکی آن مثل اکثر رنگدانه های درجه سرامیکی، عموماً شامل ذرات درشت است و اندازه ذرات آنها یکنواختی کمی دارند.

نوع رنگدانه ای آلومینات کبالت با اندازه ذرات بسیار ریز آن مشخص می شود و توزیع اندازه ذرات آنها نیز کمابیش همگن است.

افیراً در میان انواع مختلف ذکر شده نیز تعدادی از رنگدانه های اصلاح شده به بازار عرضه شده است. درجه اصلاح شده این نوع رنگدانه ها از طریق کاهش اندازه ذرات و ریزتر کردن آنها تهیه شود و در برقی از موارد نمکهای محلول و یا عناصر نافالسی که مقدار آنها ناچیز است در رنگدانه کاهش داده می شود.

# درجه بندی آلومینات کبالت در صنعت

در آلومینات کبالت و سایر رنگدانه های سرامیکی، کاهش اندازه ذرات اغلب با افزایش قدرت رنگدهی و سایر خواص از جمله جذب روغن و سطح ویژه همراه است.

زمانی که اندازه ذره کاهش یابد، اغلب میزان کدورت رنگدانه نیز کمتر به نظر میرسد. کم کردن نمکهای مملول یا عناصر نافالسی جزئی، کمترین تغییرات را در خواص این نوع رنگدانه ها ایجاد می کند.

ceramic.blog.ir

# درجه بندی آلومینات کبالت در صنعت

نوع غیر رنگدانه ای آلومینات کبالت را عمدتاً به عنوان دانه های مورد استفاده در ریخته گری دقیق بکار می برند، زیرا از خواص رنگدھی بسیار ضعیفی برخوردار است.

از طرف دیگر، اندازه ذرات آن نسبت به نوع رنگدانه ای درشت تر بوده و بیشتر به دلیل داشتن کبالت و خواص ویژه فیزیکی، مورد استفاده قرار می گیرد.

ceramic.blog.ir

# کاربردهای رنگدانه آبی آلومینات کبالت

مصرف عمده رنگدانه های آبی بر پایه آلومینات کبالت عموماً در صنعت پلاستیک سازی و پوشش روی فلزات بوده است.

امروزه نیز استفاده از این رنگدانه در پوششهای فلزی و سرامیکی از عمده ترین موارد کاربرد این نوع رنگدانه محسوب می شود به علاوه، در تجهیزات مربوط به ساختمان سازی و صنعت رزین سازی نیز از آن به وفور استفاده می شود.

سیستم های رزین که از این رنگدانه استفاده می کنند عبارتند از فلوروکربنها، سیلیکون پلی استرها و وینیل ها. پوششهای از جنس این رنگدانه را می توان بر روی پایه های مختلفی مانند آلومینیم، فولاد، چوبهای سفت و ... اعمال کرد.

# کاربردهای رنگدانه آبی آلومینات کبالت

استفاده از آلومینات کبالت در پلاستیک های جامد شامل موارد کاربردی مختلفی می شود که یکی از مهمترین آن رنگ کردن الیاف سفید پلی استری است.

کاربرد مهم دیگر استفاده از این رنگدانه در رزینهای مهندسی دما بالاست. در مورد کاربرد در وینیل های مختلف، این رنگدانه در اصل به صورت ترکیبی با سایر رنگدانه ها برای ایجاد رنگهای فاکستری و آبی-فاکستری استفاده می شود.

ceramic.blog.ir

# کاربردهای رنگدانه آبی آلومینات کبالت

از کاربردهای سرامیکی آبی آلومینات کبالت می توان به لعابهای روی بدنه های سرامیکی، لعاب روی فلزات (enamel) و شیشه ها اشاره کرد. در برخی موارد از این رنگدانه در سافت رنگهای هنری استفاده می گردد.

هم اکنون دورنمای رشد تولید این رنگدانه در صنعت امیدوار کننده است ولی باید به هزینه تمام شده آن نیز دقت کرد، زیرا این مسائل می تواند از جمله عوامل محدودکننده پتانسیل رشد این رنگدانه باشد.

استفاده از آلومینات کبالت در رزینها، وینیل ها و پوششهای روی فلزات تا به امروز رشد مثبتی داشته است که در اصل به دلیل سرعت رشد این صنایع و فروش جهانی آنها بوده است.

# کاربردهای رنگدانه آبی آلومینات کبالت

افیراً محققین از این رنگدانه در بدنه های پخت سریع کاشی کف و دیواری و انواع مختلف بدنه های پرسلانی استفاده کرده اند. رنگدانه آبی آلومینات کبالت علاوه بر مسئله دکوراسیون و رنگ دهی، در مورد بدنه های کاشی کف بدون لعاب باعث تشویق مقاومت سایشی و مکانیکی شده است.

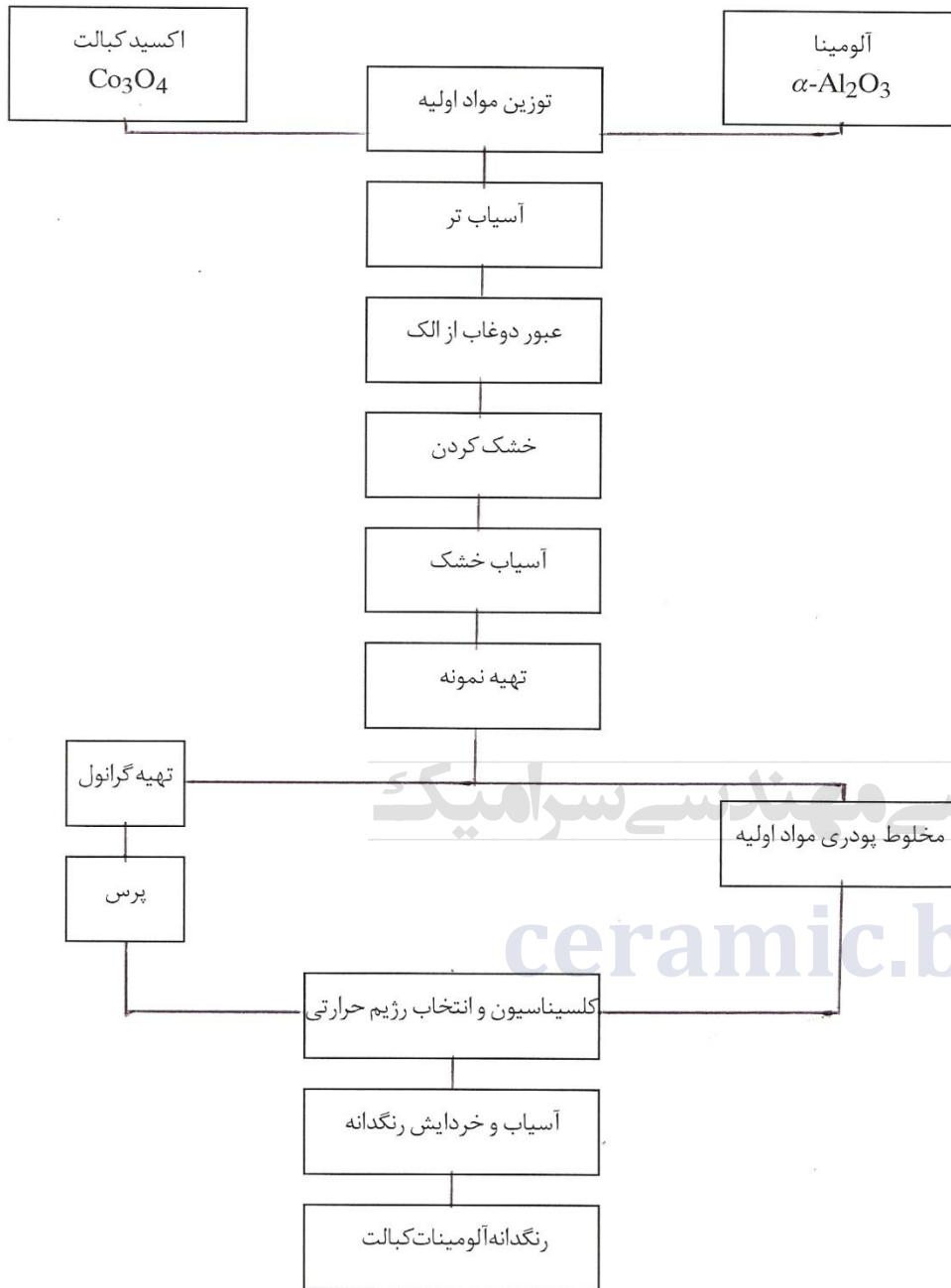
از طرفی دیگر رنگ ایجاد شده به عنوان اولین ابزار باعث بهبود ظاهر بدنه ها و نهایتاً افزایش فروش آنها در صنایع مختلف کاشی شده است.

ceramic.blog.ir

با توجه به مطالب گفته شده، به نظر می رسد که استفاده از رنگدانه آلومینات کبالت در صنایع مختلف برای سالهای متمادی در آینده ادامه خواهد داشت.



# روش تهیه رنگدانه آلومینات کبالت



شکل ۱: مراحل تهیه رنگدانه آلومینات کبالت

#### جدول ۴. آنالیز شیمیایی اکسید کبالت

عنصر	درصد وزنی
Co	70.0
O	29.58
Pb	0.02
Ni	0.3
Fe	0.1

جدول ۵. آنالیز شیمیایی آلومینای مصرفی در تهیه رنگدانه

درصد وزنی	ترکیب شیمیایی
99.8	$Al_2 O_3$
$\leq 0.05$	$SiO_2$
0.01 - 0.03	$Fe_2 O_3$
0.005	$TiO_2$
0.005	$P_2 O_5$
0.01 - 0.05	$CaO$
$\leq 0.1$	$Na_2 O$
0.05 - 0.1	$MgO$

---

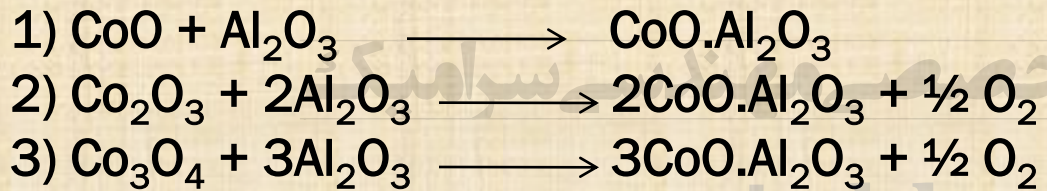
برفی از مشخصات فیزیکی این ماده عبارتند از: فاز  $\alpha$  ۹۰٪، سطح مخصوص  $9-12(m^2/g)$  دانسیته  $3.9 (g/cm^3)$ ، % ۹۰-۹۵ ذرات کوچکتر از  $1.6\mu m$  بوده و ۵٪ کل ذرات در محدوده  $1.6-10\mu m$  قرار گرفته اند.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

# انتخاب فرمولاسیون

فرمولاسیون آلومینات کبالت اسپینلی بصورت  $\text{CoO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$  است که برقی از واکنشهای تشکیل آن در زیر آورده شده است :



ceramic.blog.ir

جدول ۶. مشخصات آسیاب تر مورد استفاده در تهیه مخلوط مواد اولیه

جنس آسیاب	ظرفیت (لیتر)	جنس گلوله ها	وزن گلوله ها (گرم)	مقدار مواد اولیه (گرم)	حجم آب (سانتی متر مکعب)	زمان آسیاب (ساعت)	دور در دقیقه
لاستیکی	۰/۵	آلومینایی	۱۷۰	۲۰۰	۷۰	۴	۸۵

جدول ۷. مشخصات آسیاب گلوله ای خشک مورد استفاده در تهیه مخلوط مواد اولیه

جنس آسیاب	ظرفیت (سانتی متر مکعب)	جنس گلوله ها	وزن گلوله ها (گرم)	مقدار مواد اولیه (گرم)	زمان آسیاب (ساعت)	دور در دقیقه
لاستیکی	۲۵۰	آلومینایی	۱۱۰	۸۵	۱	۹۵

# جلسه نهم

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)



# تهیه نمونه

قبل از انجام کلسیناسیون مخلوط مواد اولیه بصورت پودر و قرصهای پرس شده آماده شده است. برای تهیه نمونه های قرصی شکل از پرس هیدرولیک یک طرفه که مشخصات آن در جدول ۸ ذکر شده است استفاده شد.

قبل از فرم دهی مقدار رطوبت (4-5%) به مخلوط پودر اضافه شد و با عبور دادن پودر مرطوب از الک مش ۷۰ ( $212 \mu\text{m}$ )، گرانولهایی از مخلوط مواد اولیه آماده شدند.

ceramic.blog.ir

## جدول ۸. مشخصات قرصهای پرس شده مخلوط مواد اولیه

قطر (میلی متر)	ضخامت (میلی متر)	میزان پودر مورد استفاده در هر نمونه (گرم)	فشار پرس (سانتی متر مربع/کیلوگرم)
۲۰	۳/۵	۲/۵	۶۵۰

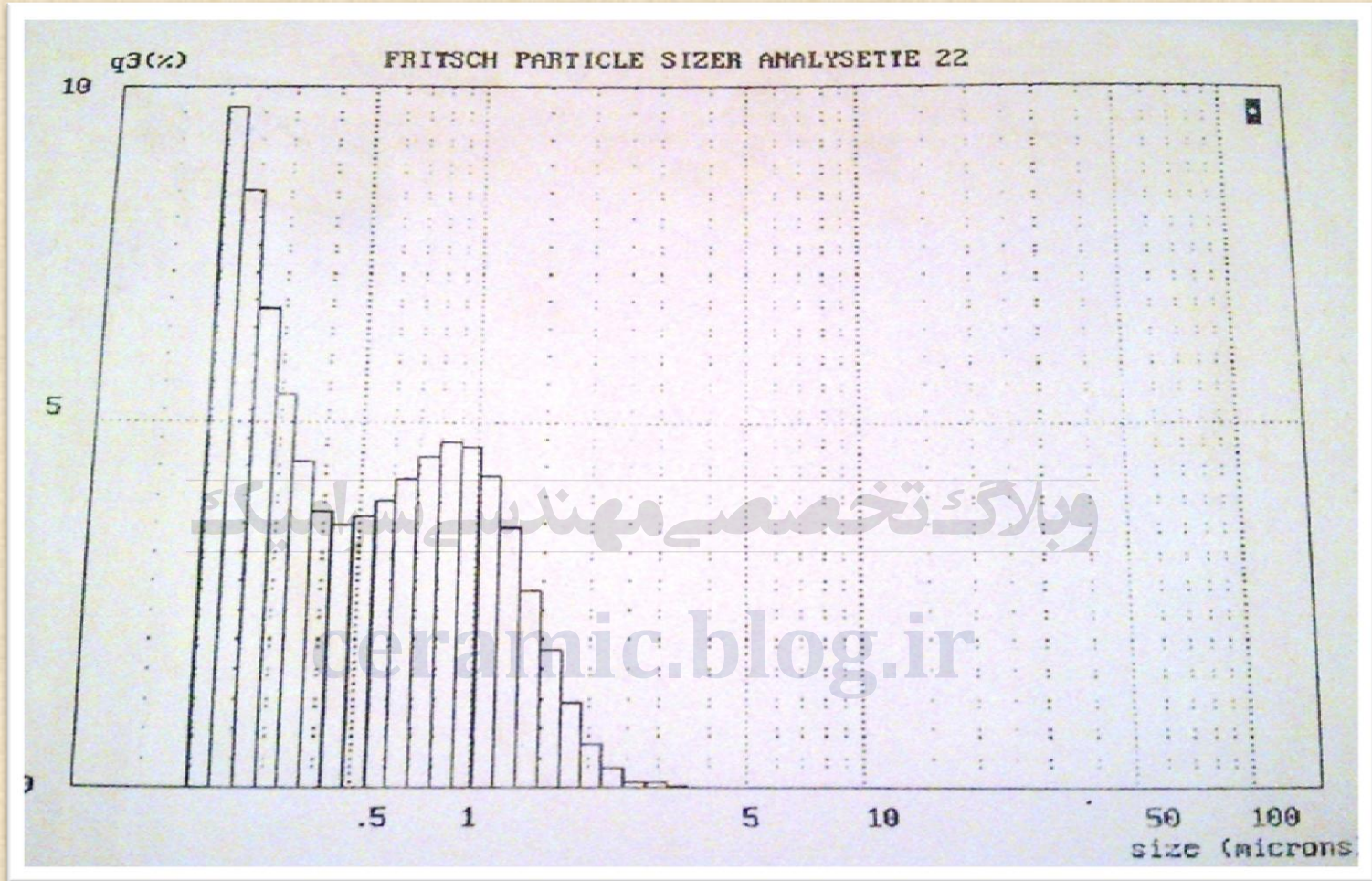
# کلسیناسیون و انتخاب رژیم حرارتی

برای کلسیناسیون از کوره الکتریکی مدل F2L-1500 سافت شرکت آذر کوره ایران استفاده شد. دماهای بررسی شده عبارتند از: ۹۵۰، ۱۰۵۰، ۱۲۰۰، ۱۲۵۰، ۱۳۰۰، ۱۳۵۰ و ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد با زمان نگهداری ۲ ساعت در دمای نهایی.

دو نوع رژیم حرارتی (سرعت گرمایش) مختلف در کلسیناسیون (نگدانه مورد بررسی قرار گرفت) (متوسط سرعت گرمایش ۳ و  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ).

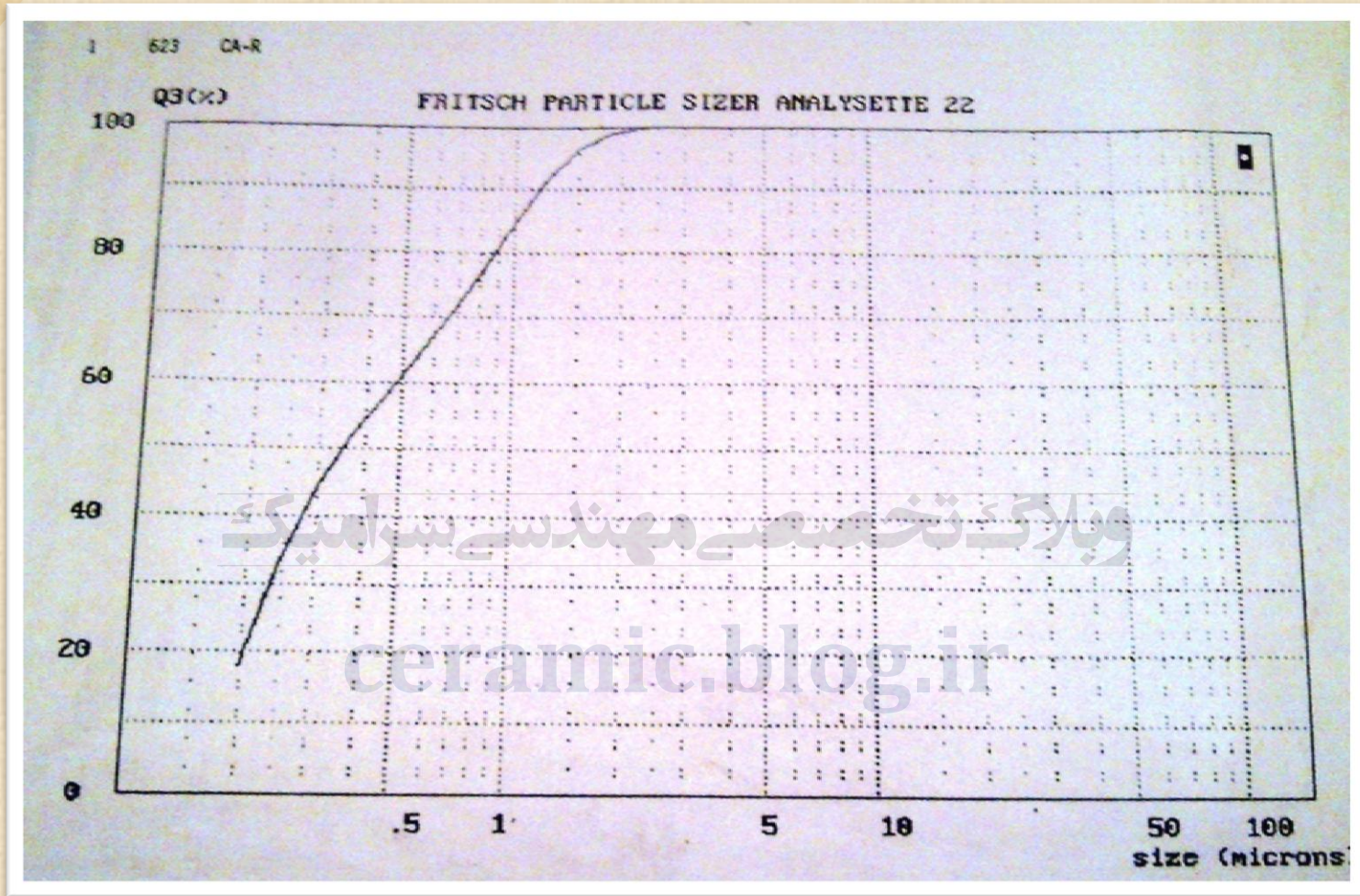
شکل ۲ الگوی رژیم حرارتی حالت اول را در نمودار یکی از نمونه ها که تا دمای  $1250^{\circ}\text{C}$  کلسینه شده است نشان می دهد و شکل ۳ الگوی رژیم حرارتی حالت دوم را در همین مورد بررسی می کند.

# کلسیناسیون و انتخاب رژیم حرارتی



شکل ۳. توزیع اندازه ذرات مخلوط مواد اولیه پس از ۴ ساعت آسیاب شدن به روش فشکی

# کلسیناسیون و انتخاب رژیم حرارتی



شکل ۳. توزیع اندازه ذرات مخلوط مواد اولیه پس از ۴ ساعت آسیاب شدن به روش فشک

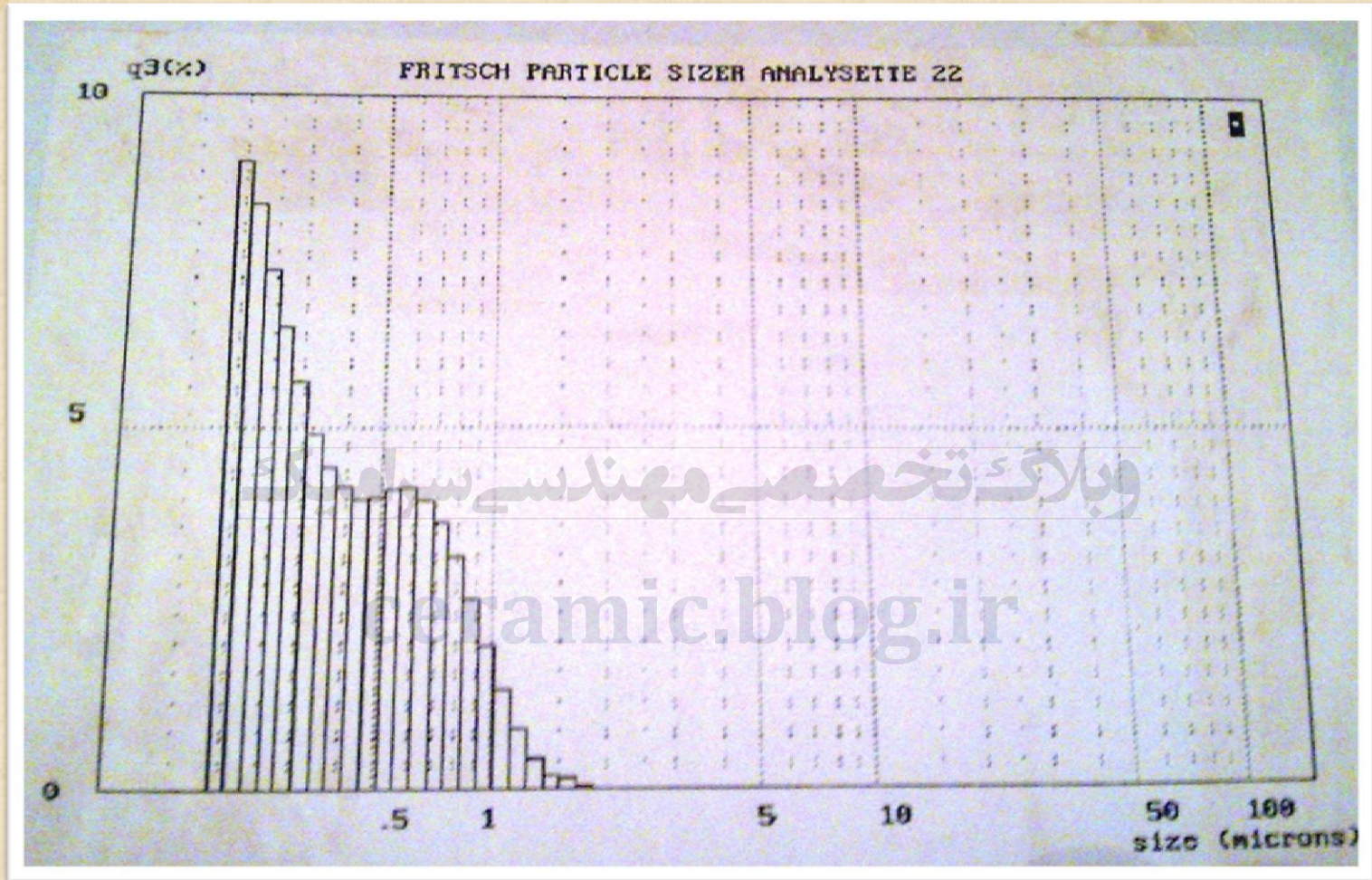
# کلسیناسیون و انتخاب رژیم حرارتی

طبق الگوی بدست آمده یک توزیع bimodal (دو گانه) از اندازه ذرات مختلف مشاهده می شود بطوریکه یک بخش از آن در محدوده اندازه ذرات  $0.2-0.4 \mu\text{m}$  قرار گرفته است.

با توجه به مشخصات پودر آلومینا (% 90-95 کل ذرات کوچکتر از  $1.6 \mu\text{m}$ ) و اینکه حدود ۵۶٪ کل مخلوط را آلومینا تشکیل می دهد بنابراین محدوده  $0.4-1.4 \mu\text{m}$  میتواند مربوط به آلومینا باشد از طرف دیگر طبق آنالیز بدست آمده از اکسید کبالت که در محدوده  $1.26-5.28 \mu\text{m}$  قرار گرفته است، این اعداد مربوط به آگلومره های اکسید کبالت است که تحت فرآیند آسیاب این آگلومره ها (تجمعات ذرات اولیه) از یکدیگر جدا شده اند که در آلومینا به دلیل سفتی بالاتر در این محدوده زمانی آسیاب شدن، نمی تواند ریزتر شوند.

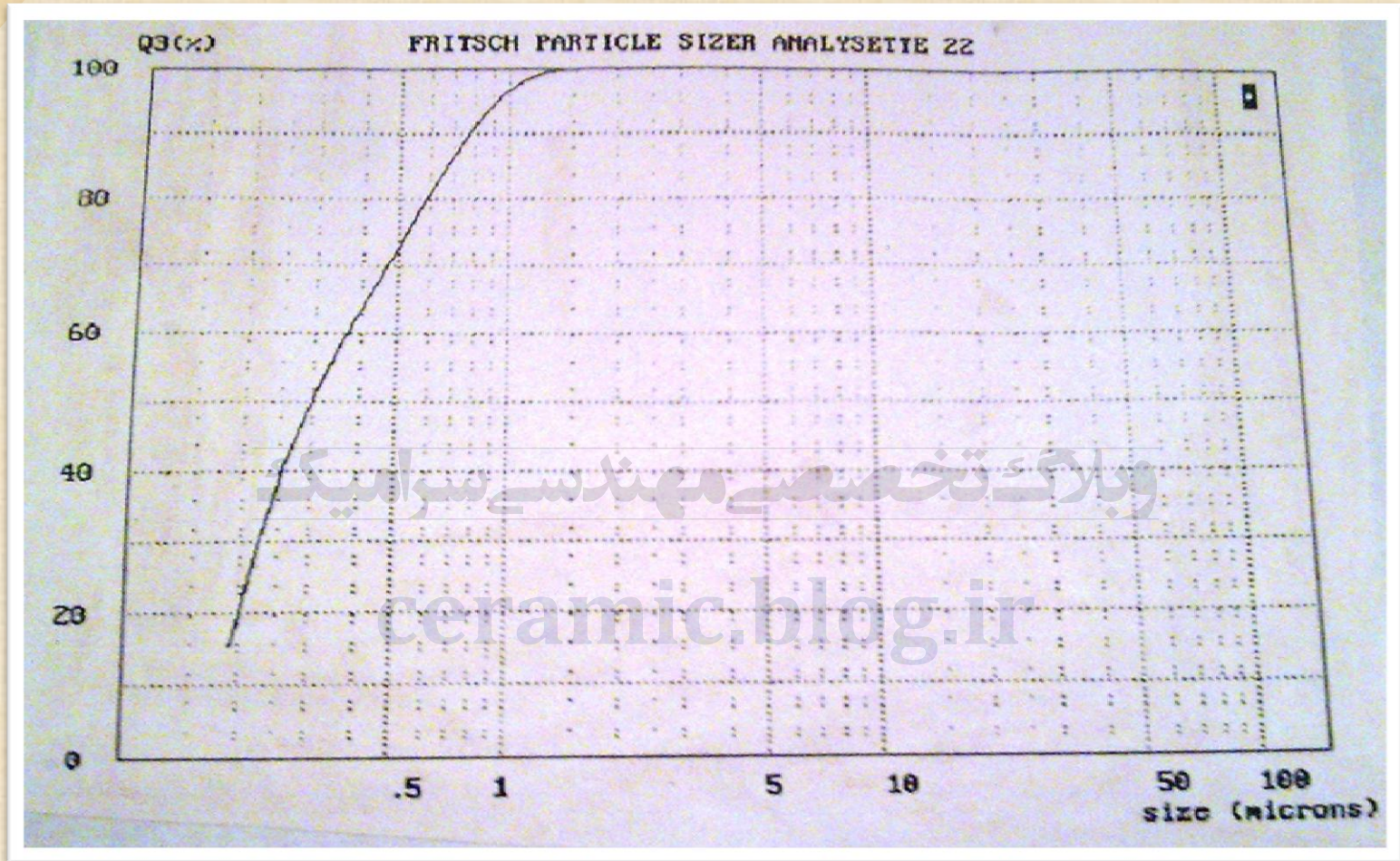
بنابراین نتیجه می گیریم که محدوده اندازه ذرات  $0.2-0.4 \mu\text{m}$  مربوط به ذرات اکسید کبالت است که در کنار ذرات درشت تر آلومینا قرار گرفته اند.

# کلسیناسیون و انتخاب رژیم حرارتی



شکل ۴ توزیع اندازه ذرات مخلوط مواد اولیه پس از ۱۴ ساعت آسیاب شدن به روش تر را نشان می دهد.

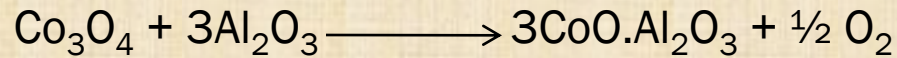
# کلسیناسیون و انتخاب رژیم حرارتی



شکل ۴ توزیع اندازه ذرات مخلوط مواد اولیه پس از ۴ ساعت آسیاب شدن به روش تر را نشان می دهد.



# بررسی نوع آماده سازی مواد اولیه



طبق واکنش بالا مخلوط پودر و نمونه پرسي در 1250 براي 2 ساعت با سرعت 3 درجه بر دقيقه کلسينه شد  
پيشبيني بر اين بود به دليل مسائل ديفوزيون فرآيند پرس به نفع تشكيل اسپينل است

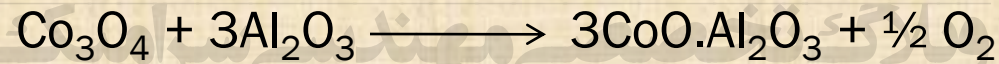
طبق طيفهاي XRD نمونه پودري از شدت بالاطري برخوردار است

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

# بررسی انتخاب رژیم حرارتی و اثر آن بر تشکیل آلومینات کبالت

در فرآیند کلسیناسیون، اکسید کبالت  $\text{Co}_3\text{O}_4$  ظرفیتی  $(\text{CoO} \cdot \text{Co}_2\text{O}_3)$  قبل از اینکه در اختیار واکنش قرار گرفته و با آلومینا تشکیل اسپینل آلومینات کبالت دهد، در هوای  $800-900^\circ\text{C}$  مقداری از اکسیژن آن آزاد شده و بصورت اکسید کبالت دو ظرفیتی امیاء می شود.  
واکنش تشکیل اسپینل در زیر نشان داده شده است:



ceramic.blog.ir

# بررسی انتخاب رژیم حرارتی و اثر آن بر تشکیل آلومینات کبالت

با توجه به اینکه در فرمولاسیون ارائه شده از نسبت استوکیومتری ۱ مول  $\text{Co}_3\text{O}_4$  و ۳ مول  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در تشکیل اسپینل استفاده شده است، لذا با تبدیل  $\text{Co}_3\text{O}_4$  به  $\text{CoO}$  استوکیومتری واکنش به هم می خورد که این مسئله به ضرر واکنش تشکیل اسپینل است.

در ابتدا برای کلسیناسیون دمای  $1250^\circ\text{C}$  و متوسط سرعت گرمایش  $3^\circ\text{C}/\text{min}$  انتخاب شد. اکسید کبالت در سرعت گرمایش کم قبل از اینکه وارد واکنش شود، تجزیه شده که این مسئله استوکیومتری واکنش را به هم می زند و مقداری از کبالت قبل از وارد شدن به واکنش از دسترس آلومینا خارج می شود.

ceramic.blog.ir

# بررسی انتخاب رژیم حرارتی و اثر آن بر تشکیل آلومینات کبالت

برای اثبات این مسئله در مرحله بعدی برای سنتز رنگدانه، سرعت گرمایش به  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  (تقریباً ۳ برابر حالت اول) افزایش دادیم.

در شکل ۹ الگوی پراش پرتو ایکس نمونه سنتز شده در دمای  $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ، زمان ۲ ساعت و متوسط سرعت گرمایش  $3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  نشان داده شده است و شکل ۱۰ الگوی مربوط به یکی از نمونه های سنتز شده در دمای  $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ، زمان ۲ ساعت و متوسط سرعت گرمایش  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  را نشان می دهد.

# بررسی اثر دما بر فرآیند تشکیل آلومینات کبالت

در نمونه های اولیه که نسبت استوکیومتری مخلوط مواد استفاده شد، دمای  $1250^{\circ}\text{C}$  را با توجه به اطلاعات بدست آمده از منابع مطالعاتی انتخاب کردیم. در عمل برای بررسی اثر دما و یافتن مناسبترین حالت در تشکیل اسپینل دماهای  $850^{\circ}\text{C}$ ،  $950^{\circ}\text{C}$ ،  $1050^{\circ}\text{C}$ ،  $1150^{\circ}\text{C}$ ،  $1200^{\circ}\text{C}$ ،  $1250^{\circ}\text{C}$ ،  $1300^{\circ}\text{C}$ ،  $1350^{\circ}\text{C}$  و  $1400^{\circ}\text{C}$  با زمان نگهداری ۲ ساعت و سرعت متوسط گرمایش  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$  مورد بررسی قرار گرفت.

طبق نتایج حاصل از طیفهای پراش پرتو ایکس در دمای  $850^{\circ}\text{C}$  اثری از اسپینل مشاهده نشد ولی در دمای  $950^{\circ}\text{C}$  فاز اسپینل و حضور مواد واکنش نکرده (آلومینا) به وضوح مشاهده شدند و از دمای  $1050^{\circ}\text{C}$  به بالا اثری از مواد واکنش نکرده موجود نیست.

## بررسی اثر دما بر فرآیند تشکیل آلومینات کبالت

. شکلهای 11-18 الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه های سنتز شده در دماهای ذکر شده را نشان می دهد. با توجه به الگوهای بدست آمده از دمای  $950^{\circ}\text{C}$  تا  $1300^{\circ}\text{C}$  پیکهای ۱۰۰ فاز اسپینل با شدت یکنواختی افزایش یافته است.

شدت پیک نمونه سنتز شده در دمای  $1350^{\circ}\text{C}$  و  $1300^{\circ}\text{C}$  تقریباً یکسان بوده و اختلاف چندانی با هم ندارند ولی در دمای  $1400^{\circ}\text{C}$  بطور ناگهانی از شدت پیکها کاسته شده است. بنابراین می توان گفت که از دمای  $1250^{\circ}\text{C}$  به بالا، افزایش دما اثری بر شدت تشکیل فاز اسپینل نخواهد داشت و محدوده پایداری این فاز در موالی  $1400^{\circ}\text{C}$  است زیرا بالاتر از این دما می تواند منجر به تجزیه اسپینل شود.

## بررسی اثر دما بر فرآیند تشکیل آلومینات کبالت

نمونه سنتز شده در دمای  $950\text{ }^{\circ}\text{C}$  از ته رنگ آبی متمایل به فاکستری برخوردار بود که بیانگر کامل نشدن واکنش و حضور مواد واکنش نکرده در آن است در حالیکه نمونه های  $1050\text{ }^{\circ}\text{C}$  و  $1150\text{ }^{\circ}\text{C}$  از شدت رنگ آبی بالاتری برخوردارند، و از دمای  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$  تا  $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$  بر شدت رنگ آبی افزوده می شود.

شایان ذکر است که با افزایش دما سختی رنگدانه افزایش می یابد، بطوریکه نمونه های  $1350\text{ }^{\circ}\text{C}$  و  $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$  تشکیل کلافه های سخت و بهم چسبیده ای را داده بودند و فرد شدن آنها به سختی انجام می شد. با این نتایج در ادامه کار سنتز رنگدانه آلومینات کبالت و کلسیناسیون مخلوط مواد اولیه از دمای  $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$  استفاده شد.

## بررسی اثر زمان نگهداری در دمای $1300^{\circ}\text{C}$ بر فرآیند تشکیل آلومینات کبالت

پس از انتخاب دمای  $1300^{\circ}\text{C}$  برای سنتز رنگدانه آلومینات کبالت، اثر زمانهای نگهداری ۰.۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۳ و ۴ ساعت در این دما مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به الگوهای بدست آمده، از زمان ۰/۵ تا ۱ ساعت تخییرات خاصی در افزایش شدت پیک ۱۰۰ آلومینات کبالت مشاهده نشد.

در محدوده زمانی 1-1.5 ساعت، افزایش محسوس در شدت پیکها مشاهده می شود. در محدوده زمانی 2 - 1.5 ساعت یک جهش ناگهانی در شدت پیکهای اسپینل به چشم می خورد و نهایتاً اینکه در محدوده 2-4 ساعت مجدداً از شدت پیکهای مربوطه کاسته شد.



## بررسی اثر زمان نگهداری در دمای $1300^{\circ}\text{C}$ بر فرآیند تشکیل آلومینات کبالت

واکنشهای حالت جامد جزو فرآیندهای Thermal Active (فعال شده توسط حرارت) بوده و دیفوزیون اتمها در تشکیل محصول نقش اصلی را بر عهده دارند. ضریب دیفوزیون اتمها تابعی از دما و زمان واکنش است، بنابراین فاکتور زمان مشابه دما نقش تعیین کننده ای را بر عهده دارد.

طبق الگوهای پراش ایکس که در شکل‌های 19-24 نشان داده شده است، زمان نگهداری ۲ ساعت اثر شدیدتری را بر تشکیل آلومینات کبالت دارد ولی زمانهای طولانی تر در فرآیند تشکیل موثر نبوده و حتی می تواند منجر به تجزیه آلومینات کبالت شود. بنابراین در این تحقیق زمان نگهداری ۲ ساعت در دمای  $1300^{\circ}\text{C}$  مناسبترین حالت جهت سنتز رنگدانه آلومینات کبالت است.

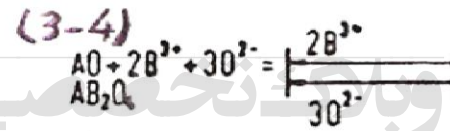
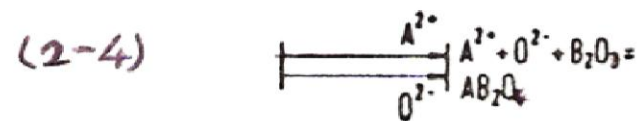
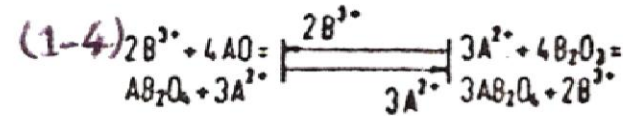
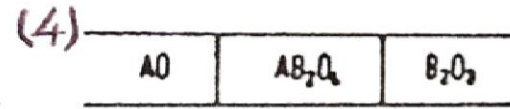
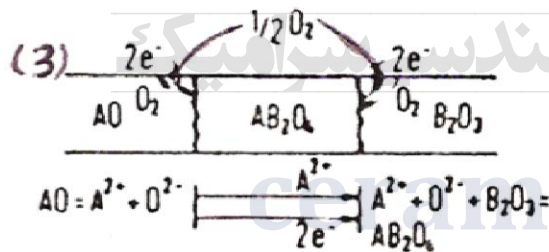
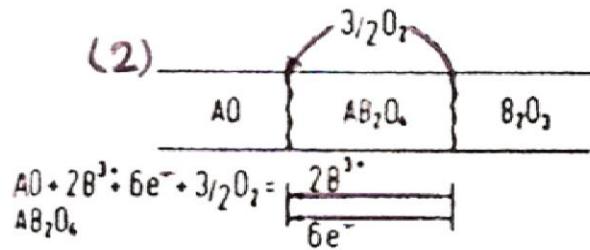
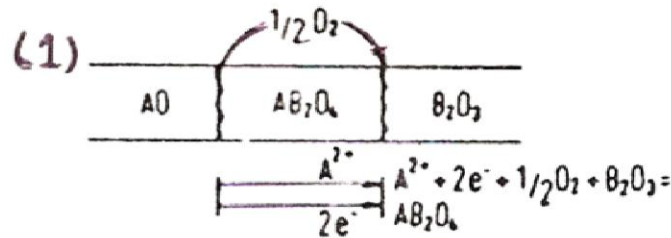
## بررسی سازوکار (مکانیزم) تشکیل آلومینات کبالت

اسپینل به علت داشتن ساختار کریستالوگرافی خاص و ویژگی های فنی جالب توجه، تا کنون به طور بسیار گسترده ای مورد بررسی قرار گرفته اند. برای بررسی دقیق سازوکار و سرعت واکنش تشکیل اسپینل، باید انرژی استاندارد گیبس و ضرایب دیفوزیون یونهای موجود در واکنش کننده ها را داشته باشیم.

از طرفی دیگر فرضیات دیگری را نیز مد نظر قرار می دهند که عبارتند از:

- ۱- دانسیته اکسیدهای واکنش دهنده در سیستم دو جزئی و محصول اسپینل بدست آمده را با مقدار تئوری آنها یکسان فرض می کنند.
- ۲- محصول واکنش را بصورت  $AB_2O_4$  فرض می کنند.
- ۳- واکنش در حالت ایزوترمال (دمای ثابت) انجام می شود.
- ۴- تعادل ترمودینامیکی در لایه های واکنش کننده و مرزفازها باید قرار گیرد.

# بررسی سازوکار (مکانیزم) تشکیل آلومینات کبالت



شکل ۲۵: سازوکارهای احتمالی در مورد واکنش تشکیل اسپینل ( $AO + B_2O_3 = AB_2O_4$ )

در شکل ۲۵ سازوکارهای احتمالی مربوط به تشکیل اسپینل نشان داده شده است.

## بررسی سازوکار (مکانیزم) تشکیل آلومینات کبالت

با توجه به سازوکارهای احتمالی، اکسیژن نمی تواند از طریق فاز گازی وارد مرز شود زیرا این امر مستلزم ترکهای سطحی زیاد در مرز مشترک اکسیدهای واکنش کننده است.

از طرف دیگر دیفوزیون اکسیژن نیز در اسپینل‌های اکسیدی در مقایسه با دیفوزیون کاتیونها کندتر صورت می گیرد بنابراین عملاً تعدادی از مسیرهای ذکر شده خودبخود حذف می شوند.

ceramic.blog.ir

## بررسی سازوکار (مکانیزم) تشکیل آلومینات کبالت

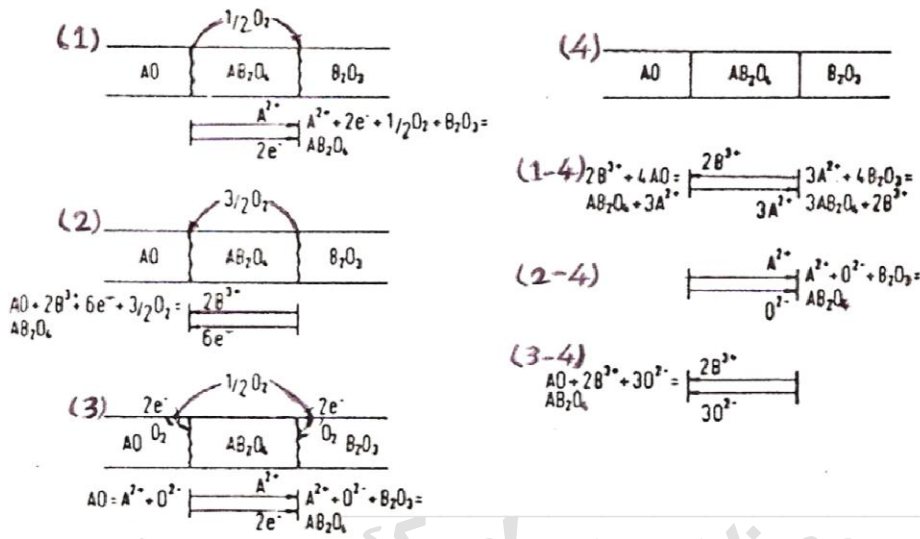
در اینجا برای بررسی سازوکار تشکیل اسپینل آلومینات کبالت از روش اثر کرندال استفاده شد. ابتدا قرصهایی از آلومینا و اکسید کبالت با این مشخصات آماده شدند:

فشار پرس  $700 \text{ kg/cm}^2$ ، قطر  $3 \text{ cm}$ ، ضخامت  $2 \text{ mm}$ .

اکسید کبالت قرصی شکل را بر روی قرص آلومینا قرار دادیم و مجموعه را در دمای  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ ، زمان نگهداری ۲ ساعت و سرعت گرمایش  $10 \text{ }^\circ\text{C/min}$  کلسینه کردیم.

پس از پخت که در مرز تماس آلومینا و اکسید کبالت یک لایه واکنشی آبی رنگ تشکیل شد. این کار در مورد چندین نمونه دیگر با شرایط ذکر شده تکرار شد و نتیجه مشابهی بدست آمد. با بررسی الگوی پراش پرتو ایکس لایه آبی رنگ ایجاد شده، تشکیل فاز اسپینل آلومینات کبالت به اثبات رسید.

# بررسی سازوکار (مکانیزم) تشکیل آلومینات کبالت



نکته جالب توجه این که در مرز تماس دو قرص همواره از اکسید کبالت کنده شده ولایه واکنشی بر روی قرص آلومینا ایجاد شد، به عبارت دیگر یونهای دو ظرفیتی کبالت به سمت آلومینا حرکت کرده و در مرز تماس آلومینا - اکسید کبالت، منجر به تشکیل فاز اسپینل آلومینات کبالت می شود.

بنابراین با توجه به شکل ۲۵ و بررسی اثر کردال، سازوکار تشکیل اسپینل آلومینات کبالت طبق مرحله (2-4) انجام می شود.

شکل ۲۵: سازوکارهای احتمالی در مورد واکنش تشکیل اسپینل ( $AO + B_2O_3 = AB_2O_4$ )

# آنالیز شیمیایی XRF

این روش برای شناسایی مناسب نبود  
میزان تئوریک عناصر در اسپینل:

کبالت 33/3  
آلومینیوم 30/51  
اکسیژن 36/19

نتایج طبق آنالیز XRF وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

آلومینیوم 29/1  
کبالت 66/8

ceramic.blog.ir

## آنالیز حرارتی همزمان DTA،TG (STA)

برای بررسی تغییرات حرارتی ناشی از تمولات فازی، از دست دادن آب و مواد فرار، ذوب، تبلور و ... از آنالیز حرارتی DTA و TG استفاده می شود. تکنیک TG (Thermogravimetry) بر اساس تغییرات وزنی ناشی از حرارت بوده و DTA (Differential Thermal Analysis) تغییرات حرارتی مربوط به واکنشهای گرمازا یا گرماگیر را نشان می دهد.

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

آنالیز TG و DTA همزمان را (Simultaneous Thermal Analysis) STA گویند. برای بررسی رفتار حرارتی اکسید کبالت و مخلوط استوکیومتری مواد اولیه و آلومینا از دستگاه آنالیز حرارتی STA مدل ۱۶۴۰ سافت شرکت Polymer Laboratories انگلیس استفاده شد.

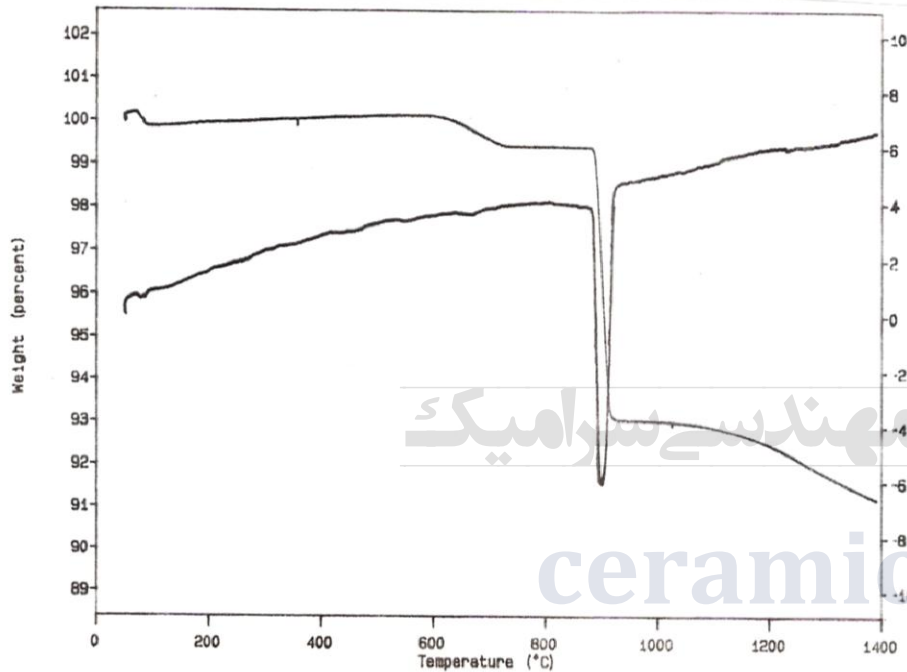


## بررسی آنالیز حرارتی STA اکسید کبالت

اکسید کبالت ۲ و ۳ ظرفیتی مورد استفاده با سرعت گرمایش  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$  تا دمای  $1400^{\circ}\text{C}$  حرارت داده شد و پس از رسیدن به دمای مذکور با سرعت عادی تا دمای  $200^{\circ}\text{C}$  سرد شد.

در شکل ۲۶ الگوی STA مربوط به مرحله گرمایش اکسید کبالت نشان داده شده است. شایان ذکر است که با استفاده از نتایج حاصل از آنالیز حرارتی بررسی نیمه کمی تقریبی را در مورد واکنش ها می توان ارائه داد.

## بررسی آنالیز حرارتی STA اکسید کبالت



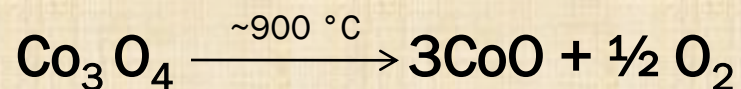
شکل ۲۶: گرمانگاشت آنالیز حرارتی STA اکسید کبالت در مرحله گرمایش

در دمای  $590^{\circ}\text{C}$  یک افت وزنی 0.2% در الگوی TG ایجاد شده ولی DTA پیکی را ارائه نداد. رفتار کاهش وزن تا موالی  $700^{\circ}\text{C}$  ادامه یافته است. اگر در DTA پیک اندوترمیکی ظاهر می شد آن را به مضور  $\text{Co}_2\text{O}_3$  نسبت می دادیم ولی این کاهش وزن ناشی از فروج اکسیژن جذب شده بر سطح اکسید کبالت و یا رطوبت سطحی است.

در محدوده دمایی  $870-950^{\circ}\text{C}$  الگوی TG یک کاهش وزن در حدود 6.3% را نشان می دهد که همزمان در DTA یک پیک شدید اندوترمیک در دمای  $900^{\circ}\text{C}$  به چشم می خورد. این رفتار می تواند بیانگر از دست دادن اکسیژن در  $\text{Co}_3\text{O}_4$  و تبدیل آن به

## بررسی آنالیز حرارتی STA اکسید کبالت

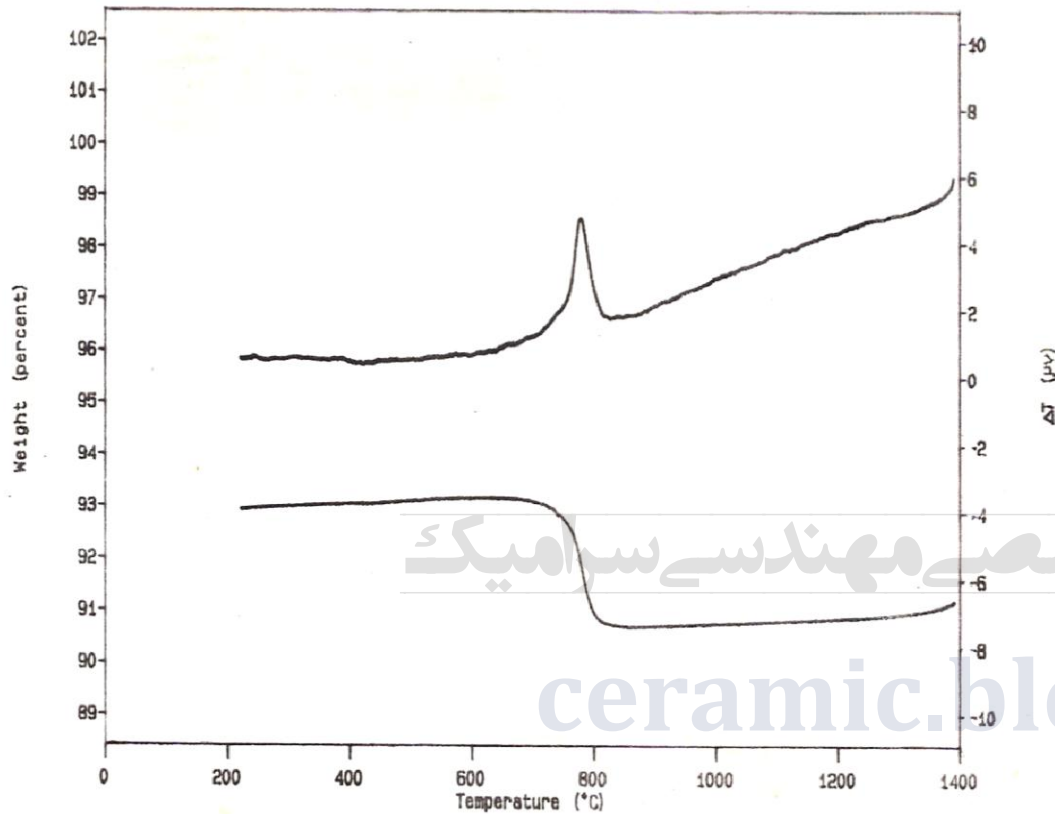
واکنش تبدیل به اکسید کبالت ۲ ظرفیتی در زیر نشان داده شده است :



از لحاظ تئوریک  $\text{Co}_3\text{O}_4$  خالص در فرآیند اکسیژن زدایی ۶.۶۴٪ کاهش وزن دارد، بنابراین کاهش وزن ۶.۳٪ در الگوی TG می تواند بیاگر وجود ۹۴.۸۸٪ اکسید کبالت ۲ و ۳ ظرفیتی باشد. با بررسی الگوی STA، درجه خلوص تقریبی اکسید کبالت مورد نظر بدست آمد، یعنی در اکسید کبالت مورد استفاده در حدود ۹۵٪ از آن بصورت فاز  $\text{Co}_3\text{O}_4$  بوده است.

با انتخاب سرعت گرمایش کمتر و زمانهای بیشتر در مین آنالیز، احتمالاً اکسیژن زدایی  $\text{Co}_3\text{O}_4$  کاملتر می شد و به مقدار تئوریک ۶.۶۴٪ نزدیک تر می شد.

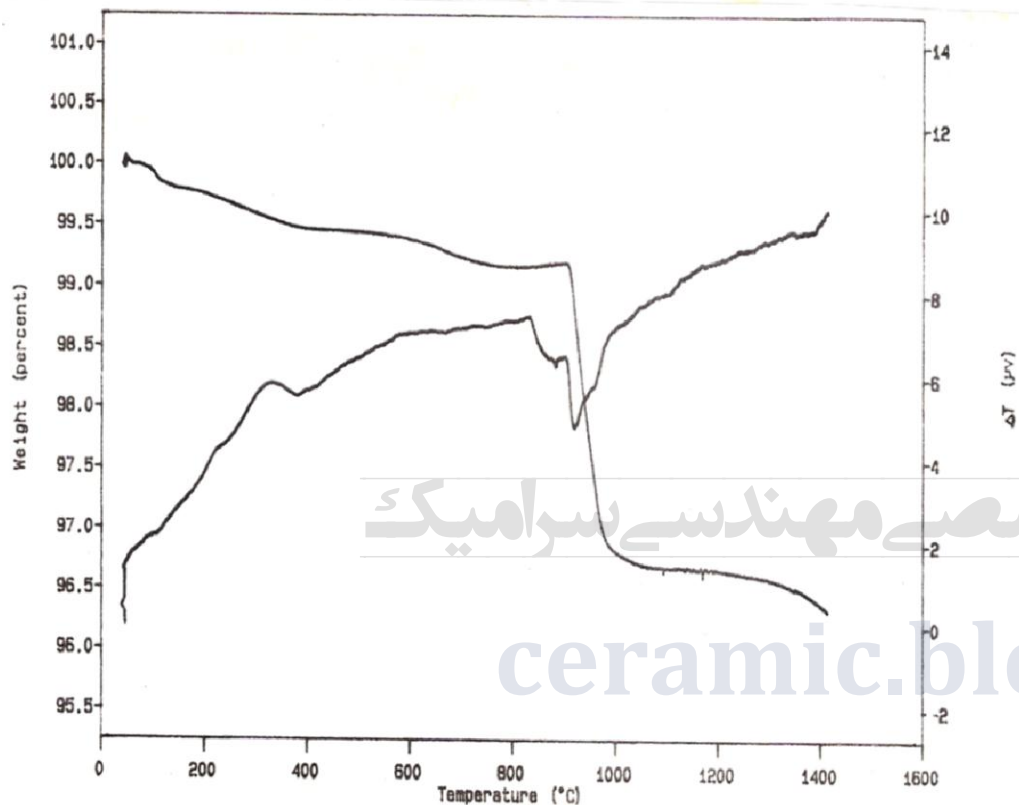
## بررسی آنالیز حرارتی STA اکسید کبالت



شکل ۲۷: گرمانگاشت آنالیز حرارتی STA اکسید کبالت در مرحله سرمایش

شکل ۲۷ الگوی STA اکسید کبالت مورد استفاده را در مین سرد شدن نشان می دهد که در محدوده دمایی  $820-680^{\circ}\text{C}$  یک افزایش وزن ۲٪ در TG مشاهده می شود که همزمان با آن در الگوی DTA یک پیک اگزوترمیک در دمای  $800^{\circ}\text{C}$  ایجاد شده است. این مسئله مربوط به جذب اکسیژن  $\text{CoO}$  و تبدیل مجدد آن به  $\text{Co}_3\text{O}_4$  است، بنابراین واکنش شماره ۱ واکنشی برگشت پذیر است.

## بررسی آنالیز حرارتی مخلوط اکسید کبالت و آلومینا

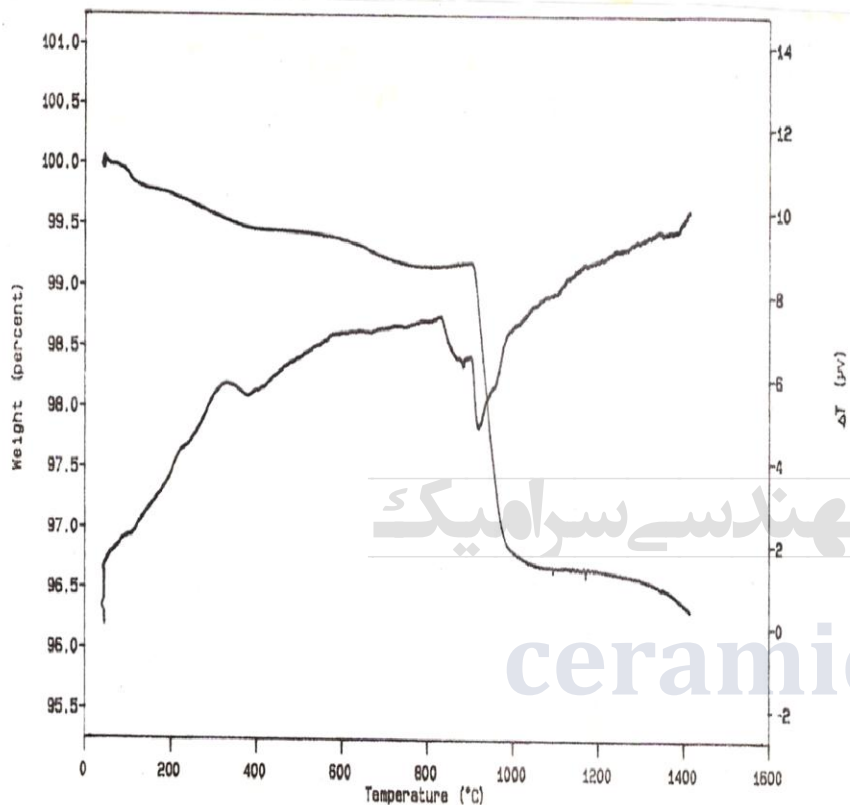


شکل ۲۸: گرمانگاشت آنالیز حرارتی STA مخلوط اکسید کبالت و آلومینا در مرحله حرارت دادن

شکل ۲۸ الگوی آنالیز حرارتی STA مخلوط مواد اولیه در مرحله حرارت دادن را نشان می دهد. الگوی TG یک افت وزنی 0.5% را در محدوده دمایی 150-300°C نشان می دهد که همزمان در 350°C یک پیک کوچک اندوترمیک به چشم می خورد.

با توجه به جذب رامت اکسیژن توسط  $Co_3O_4$  و خشک نشدن کامل مخلوط مواد در مرحله آماده سازی، افت وزنی در TG و پیک اندوترمیک ایجاد شده در DTA را می توان توجیه کرد.

## بررسی آنالیز حرارتی مخلوط اکسید کبالت و آلومینا

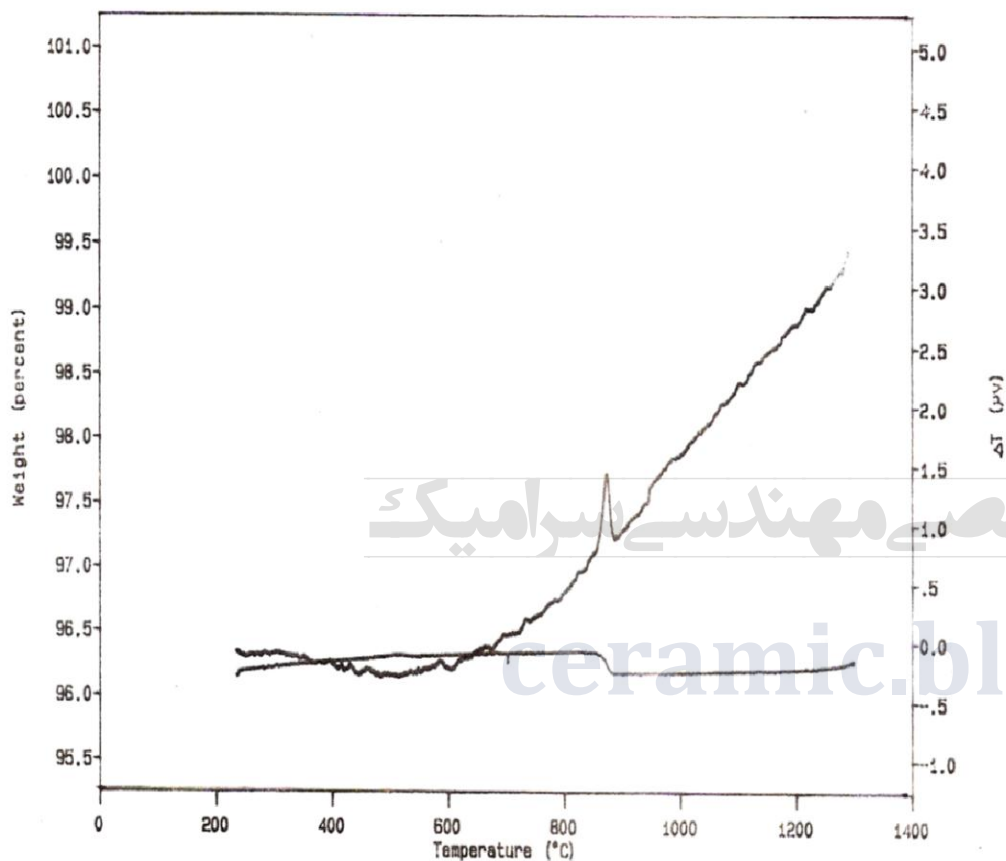


شکل ۲۸: گرماتگانش آنالیز حرارتی STA مخلوط اکسید کبالت و آلومینا در مرحله حرارت دادن

در محدوده دمایی  $900-1050^{\circ}\text{C}$  یک افت وزنی ۲.۵٪ در TG مشاهده می شود که در  $920^{\circ}\text{C}$  نیز همزمان پیک اندوترمیک ایجاد شده است. با توجه به اینکه تشکیل اسپینل آلومینات کبالت یک فرآیند گرماگیر است، دمای شروع واکنش در حوالی  $900-950^{\circ}\text{C}$  است که با توجه به نتایج بدست آمده از الگوهای XRD نیز این مسئله صادق است.

طبق واکنش تئوری تشکیل اسپینل میزان افت وزنی ناشی از فروپاشی اکسیژن در این فرآیند ۲.۹۳٪ است، در حالی که افت وزنی بدست آمده از الگوی TG، ۲.۷۵٪ بوده که بطور تقریبی می توان گفت که تشکیل آلومینات کبالت در حدود ۹۴٪ است.

## بررسی آنالیز حرارتی مخلوط اکسید کبالت و آلومینا



شکل ۲۹: گرمانگاشت آنالیز حرارتی STA مخلوط اکسید کبالت و آلومینا در مرحله سرد شدن

در شکل ۲۹ الگوی آنالیز حرارتی مربوط به مرحله سرد شدن مخلوط مواد اولیه را نشان می دهد. الگوی TG در محدوده دمایی  $880-850^{\circ}\text{C}$  یک افزایش وزن  $0.18\%$  همزمان با یک پیک اگزوترمیک در دمای  $870^{\circ}\text{C}$  را نشان می دهد. که این مسئله را به جذب اکسیژن توسط اکسید کبالت ۲ ظرفیتی می توان نسبت داد.

بنابراین در این آنالیز مقداری از  $\text{Co}_3\text{O}_4$  دور از دسترس واکنش به  $\text{CoO}$  تبدیل شده که در مین سرمایه‌ش، مجدداً اکسیژن هوا را جذب کرده و به  $\text{Co}_2\text{O}_3$  تبدیل می

# آنالیزهای تکمیلی

توزیع اندازه ذرات 0/4-0/8 میکرومتر

دانسیته پودر 4/465

pH برای سوسپانسیون حاوی 10% رنگدانه 9/45

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir



# آنالیز شیمیایی به روش ICP

اندازه و توزیع اندازه ذرات، دانسیته پودر و pH سوسپانسیون مایه رنگدانه از مهمترین خواص فیزیکی رنگدانه است که در مورد نمونه بهینه سنتز شده انجام شد.

برای اندازه گیری آنالیز عنصری آلومینات کبالت ابتدا از روش XRF استفاده شد ولی بدلیل مشکلات مربوط به این روش، از روش ICP استفاده شد:

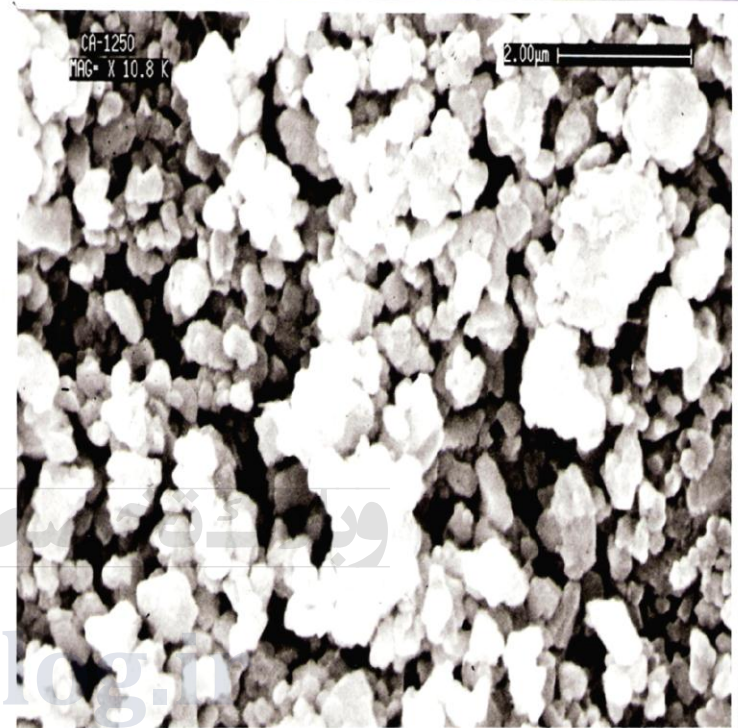
- ۱- عدم شناسایی اکسیژن به دلیل کم بودن وزن اتمی ( $z=8$ )
- ۲- وجود عنصر سنگین کبالت در کنار آلومینیم می تواند منجر به پدیده جذب مضاعف در مورد کبالت شده و کبالت بیشتر از مقدار واقعی نشان داده شود.

## آنالیز شیمیایی به روش ICP

برای اندازه گیری آنالیز شیمیایی رنگدانه سنتز شده در شرایط بهینه از دستگاه ICP مدل ARL-340 سافت سویس استفاده شد. جدول ۱۸ درصد وزنی عناصر Al و Co را نشان می دهد.

درصد وزنی	عنصر
32/77	Co
30/38	Al

## بررسی ریز ساختاری



شکل ۳۲: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه سنتز شده در دمای  $125^{\circ}\text{C}$  و زمان نگهداری

۲ ساعت با بزرگنمایی‌های مختلف

## جمع بندی و نتیجه گیری

رنگ یک روش اقتصادی در خلق جذابیت در محصول نهایی است که در اولین نگاه به چشم می خورد. در فرآیند تولید سرامیکها و از جمله رنگدانه ها انتخاب روش تهیه، از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا روش تولید بر درجه خلوص، همگنی، شکل و اندازه ذرات و نهایتاً خواص فیزیکی و شیمیایی محصول نهایی تاثیر می گذارد.

با توجه به اینکه فرآیند تولید آلومینات کبالت از طریق روشهای مرسوم سرامیکی از سادگی نسبی و ارزان بودن مواد اولیه برخوردار است، لذا تولید انبوه آن در مقیاس صنعتی انجام شده است. استفاده از روشهای دیگر از جمله سل-ژل اگرچه منجر به تولید پودری ریز و خالص تر می شود ولی بدلیل پیچیدگی های نسبی و گران بودن مواد اولیه، تولید انبوه آن هنوز بصورت صنعتی در نیامده است.

## جمع بندی و نتیجه گیری

با این تفاسیر در این پژوهش از روش سرامیکی جهت سنتز رنگدانه آبی آلومینات کبالت (آبی تنارد) استفاده شد. خلاصه نتایج حاصل از این تحقیق در زیر آورده شده است:

۱- به دلیل اهمیت و نقشی که اکسید کبالت در تهیه رنگدانه آلومینات کبالت از خود نشان می دهد، لذا جهت بررسی رفتار حرارتی آن از روش آنالیز حرارتی استفاده شد. طبق نتایج حاصل از گرمانگاشت حرارتی STA اکسید کبالت مورد استفاده  $(Co_3O_4)$ ، در دمای  $900^{\circ}C$  پیک اندوترمیک DTA همراه با کاهش وزن در الگوی TG ایجاد شد که دلیل اصلی این مسئله امیا شدن  $Co_3O_4$  و تبدیل آن به  $CoO$  است. از طرف دیگر در مین سرد شدن نیز یک پیک اگزوترمیک همراه با افزایش وزن در گرمانگاشت حرارتی مشاهده شد، که با این نتایج تبدیل به اکسید کبالت  $Co_3O_4$  ظرفیتی  $(Co_3O_4)$  به اکسید کبالت  $Co_3O_4$  ظرفیتی، یک واکنش برگشت پذیر است. با توجه به ساختار اسپینل نرمال آلومینات کبالت، یونهای  $Co_3O_4$  ظرفیتی کبالت در فضاهای چهار وجهی قرار می گیرند. بنابراین دمای بحرانی تجزیه  $Co_3O_4$  در تشکیل ساختار بلورین اسپینل بسیار مائز اهمیت است.

## جمع بندی و نتیجه گیری

۲- نتایج حاصل از آنالیز حرارتی همزمان STA در مورد مخلوط اکسید کبالت و آلومینا (نسبت مولی 1/3) نشان داد که در محدوده دمایی  $900-1000^{\circ}\text{C}$  یک افت وزنی در الگوی TG و همزمان در  $920^{\circ}\text{C}$  یک پیک اندوترمیک در الگوی DTA نیز ایجاد شد که این تمولات می تواند مربوط به شروع واکنش تشکیل آلومینات کبالت باشد.

۳- در مرحله آماده سازی و مخلوط کردن مواد اولیه، استفاده از روش آسیاب تر از بهره کاری بالاتری برخوردار است. در روش آسیاب خشک پس از ۴ ساعت عمل آسیاب، ۹۵٪ کل ذرات ریز  $1.4\mu\text{m}$  قرار گرفتند در حالیکه با شرایط مشابه در آسیاب تر این مقدار به  $0.9\mu\text{m}$  کاهش یافت.

همچنین در روش مخلوط سازی تر، یکنواختی بهتری در توزیع اندازه ذرات مخلوط مواد حاصل شد.

## جمع بندی و نتیجه گیری

۴- مقایسه الگوهای XRD مخلوط مواد اولیه پرس شده و پودری، نشان دادند که برای سنتز رنگدانه آلومینات کبالت بهتر است که از مخلوط پودری مواد اولیه استفاده شود. بنابراین نیازی به پرس کردن مخلوط مواد نیست.

این مسئله احتمالاً بدلیل ایجاد مشکل در خارج شدن گاز اکسیژن مین تشکیل اسپینل آلومینات کبالت ( در مورد نمونه های پرس شده) است که از لحاظ ترمودینامیکی با خارج نشدن محصولات جانبی از سطح واکنش، واکنش در جهت تشکیل مواد اولیه پیش می رود.

با این تفاسیر مرحله فرم دهی توسط پرس هیدرولیک در مورد مخلوط مواد مذف شده و از طرفی دیگر آسیاب کردن محصول نهایی سنتز شده پس از کلسیناسیون راحت تر می شود.

## جمع بندی و نتیجه گیری

۵- در سنتز آلومینات کبالت افزایش سرعت گرمایش از ۳ به  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$  بر شدت پیک ۱۰۰ فاز اسپینل می افزاید و مواد اولیه واکنش نکرده (عمدتاً آلومینا) نیز مذف می شود.

احتمال امر را می توان چنین توجیه کرد که در سرعتهای گرمایش کم بدلیل فشار بخار بالای اکسید کبالت (در مین تجزیه شدن)، مقداری از کبالت قبل از وارد شدن به واکنش در دماهای پایین از سیستم خارج شده و با به هم زدن نسبت استوکیومتری مواد اولیه (نسبت مولی اکسید کبالت به آلومینا  $1/3$ )، از میزان تشکیل فاز اسپینل کاسته می شود. بنابراین در سنتز رنگدانه آلومینات کبالت جهت انتفاع الگوی رژیم حرارتی، سرعت گرمایش  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$  مورد استفاده قرار گرفت.



## جمع بندی و نتیجه گیری

۶- طبق بررسی های انجام شده به روش آنالیز فازی XRD، در دمای  $850^{\circ}\text{C}$  فاز اسپینل تشکیل نشد. در دمای  $950^{\circ}\text{C}$  تشکیل فاز اسپینل همراه با آلومینای واکنش نکرده به اثبات رسید و در دماهای بالاتر از  $1050^{\circ}\text{C}$  اثری از موادواکنش نکرده مشاهده نشد.

با افزایش دما تا  $1300^{\circ}\text{C}$  بر شدت پیکهای  $100$  فاز اسپینل افزوده شد ولی شدت پیکهای نمونه سنتز شده در  $1350^{\circ}\text{C}$  ,  $1300$  اختلاف چندانی با هم ندارد ولی در دمای  $1400^{\circ}\text{C}$  است بطور ناگهانی از شدت پیکها کاسته می شود بنابراین با توجه به مطالب ذکر شده ممدوده پایداری این رنگدانه درموالی  $1400^{\circ}\text{C}$  است که در این تحقیق مناسب ترین دما جهت سنتز آلومینات کبالت، دمای  $1300^{\circ}\text{C}$  گزارش می شود.

## جمع بندی و نتیجه گیری

۷- نتایج حاصل از طیف های XRD نشان دادند که در زمانهای نگهداری 4-0.5 ساعت در دمای  $1300^{\circ}\text{C}$ ، زمان نگهداری ۲ ساعت اثر بهتری را در تشکیل آلومینات کبالت از خود نشان می دهد و زمانهای طولانی در فرآیند تشکیل موثر نبوده و حتی می تواند منجر به کاهش شدت فاز اسپینل گردد.

۸- برای بررسی سازوکار تشکیل اسپینل از اثر کرندال استفاده شد. پس از کلسیناسیون قرصهای آلومینا و اکسید کبالت، در مرز تماس مواد اولیه یک لایه آبی رنگ تشکیل شد که با بررسی های XRD، لایه آبی رنگ ایجاد شده مربوط به تشکیل فاز اسپینل آلومینات کبالت است.

بنابراین یونهای کبالت و اکسیژن از جانب اکسید کبالت به سمت آلومینا حرکت کرده و در مرز تماس آلومینا-اکسید کبالت، فاز اسپینل تشکیل می شود.

## جمع بندی و نتیجه گیری

۹- برقی از مشخصات فیزیکی اندازه گیری شده شامل توزیع اندازه ذرات، دانسیته، پودر و pH سوسپانسیون حاوی ۱۰٪ رنگدانه، در مورد سنتز شده در شرایط بهینه، مطابق با ویژگی های فیزیکی رنگدانه آلومینات کبالت ( درجهٔ رنگدانه ای) است.

۱۰- شناسایی و آنالیز شیمیایی (عنصری) آلومینات کبالت به روش XRD روش مناسبی نخواهد بود زیرا این تکنیک قادر به شناسایی عنصر اکسیژن نبوده و از طرفی دیگر وجود عنصر سبک Al در کنار عنصر سنگین Co منجر به پدیدهٔ جذب مضاعف در مورد کبالت شده و مقدار کبالت خیلی بیشتر از مقدار واقعی آن نشان داده می شود.

علاوه بر روش های شیمیایی تر، یکی از روشهای بسیار دقیق جهت تعیین عناصر ترکیبات مختلف استفاده از تکنیک ICP است. طبق نتایج حاصل از این تکنیک در مورد نمونه سنتز شده در شرایط بهینه (  $T=1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t=2\text{ hr}$  ,  $\text{Rate}=10^{\circ}\text{C}/\text{min}$  ) عناصر Co و Al در مد مقادیر تئوریک آن می باشد بطوریکه مقادیر حاصل از آنالیز ICP  $\text{Al}=30.38\%$ ,  $\text{Co}=32.77\%$  و مقادیر تئوریک این عناصر  $\text{Al}=30.51\%$  ,  $\text{Co}=33.30\%$  می باشد.

## جمع بندی و نتیجه گیری

۱۱- به منظور شناخت ترکیب و ارزیابی ویژگی های فیزیکی محصول نهایی، رنگدانه سنتز شده در لعاب فام، لعاب فریتی و در بدنه کاشی کف، مورد استفاده قرار گرفت.

پس محاسبات لازم در مورد انتخاب ترکیب و فرمولاسیون مناسب در بدنه های چینی بهداشتی و کاشی کف با اضافه کردن 1-2% رنگدانه آلومینات کبالت در لعاب فام، بدون ایجاد هیچ مشکلی لعاب رنگی فام اعمال شده بر روی بدنه ها در محدوده دمایی  $1200-1250^{\circ}\text{C}$  حرارت داده شدند.

## جمع بندی و نتیجه گیری

همچنین با آماده سازی لعاب رنگی فریتی و اعمال آن بر روی بدنه های کاشی دیواری، پس از مرارت دادن در دمای  $980^{\circ}\text{C}$ ، لعاب بدست آمده از کیفیت بسیار مطلوبی برخوردار شد.

افیراً در صنعت کاشی کف بدلیل بهبود خواص مکانیکی و افزایش مقاومت سایشی کاشی های کف بدون لعاب، از رنگدانه آلومینات کبالت استفاده می شود. افزودن ۱٪ از این رنگدانه اثر شدیدی در طبیعت و ریز سافتاری کاشی ندارد ولی سایر خواص ذکر شده را افزایش می دهد. به این دلیل ۱٪ رنگدانه سنتز شده به بدنه کاشی کف اضافه شد و در محدوده  $1200-1250^{\circ}\text{C}$  بدنه کاشی کف پخت شد و هیچ آثاری از باد کردن نمونه، پوسته کردن Pin hole و ... در بدنه ها مشاهده نشد.

# جلسه دهم

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

[ceramic.blog.ir](http://ceramic.blog.ir)

# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیم

## دلایل عمده استفاده از این نوع رنگدانه

- ۱- پایداری دمایی بالا  $1180-1300^{\circ}\text{C}$
- ۲- با مواد مختلف لعاب واکنش نکرده و ترکیب نمی شوند ( در لعابهای اپک دارای پایداری شیمیایی بالایی هستند)
- ۲- شدت رنگ بیشتر
- ۳- مساسیت کمتر در برابر اتمسفر کوره
- ۴- عدم مساسیت نسبت به ترکیبات مختلف لعاب
- ۵- قابلیت مصرف در کنار رنگهای دیگر داخل لعاب و عدم واکنش با آنها ( کاربرد در دکوراسیون )

# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیم

باید توجه کرد که در اینجا از عناصر رنگی برای dope کردن مینرال زیرکون استفاده نمی شود زیرا ساختار مستحکم داشته و زیرکون به ساختاری غیر از زیرکون تجزیه شده و در نهایت زیرکون جدید تشکیل می شود.

عناصر رنگی که در داخل زیرکون dope می شوند

ceramic.blog.ir

- ۱- اکسید عناصر انتقالی
- ۲- اکسید فاکهای نادر



# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیم

## رنگهای اصلی پایه زیرکون

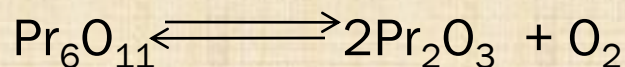
- ۱- صورتی آهن
- ۲- زرد پرازودیوم
- ۳- آبی وانادیوم

زیرکون ساختار تتراگونال دارد. عناصر پرازودیوم جایگزین زیرکون می شود.

ترکیب (درصد وزنی)

ceramic.blog.ir

ZrO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	NaF	NaCl	Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>
60.55	29.74	2.77	4.07	2.87



# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیم

بین NaF و NaCl یوتکتیکی تشکیل شده و  $\text{SiO}_2$  جامد با مذاب وارد واکنش شده و در حالت مایع و جامد و حتی گاز واکنش انجام می شود

بدلیل الکترونگاتیویته بالای مینرالیزرها تشکیل سیلیکات زیرکونیم تشدید می شود.

مواد اولیه

زیرکون شرکت Cookson - مش ۵۰۰

کربنات سدیم : پتروشیمی شیراز

سیلیس همدان

فلور سدیم از شرکت Merck آلمان

سولفات سدیم

کلرید آمونیم

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir

# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیم

## فرآیند تولید مرحله اول

سافت سیلیکو زیرکونات سدیم  $(Na_2O.Zr_2O.Si_2O)$  (۹۵۰-۱۰۰۰ درجه سانتیگراد)

→



بدست آوردن دمای شروع واکنش توسط STA حدود 700-800 است. بعد از کلسینه کردن مخلوط در دماهای ۸۵۰، ۹۰۰، ۹۵۰، ۱۰۵۰ پیکهای اصلی NZS و ZS تشکیل شد که با افزایش دما نسبت NZS در مقایسه با ZS کاهش یافت.

۹۵۰ در زمان ۲ ساعت شرایط مناسب برای کلسیناسیون

# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیم

## مرحله دوم

ساخت سولفات زیرکونیم بازی  $2ZrO_2 \cdot SO_3 \cdot nH_2O$

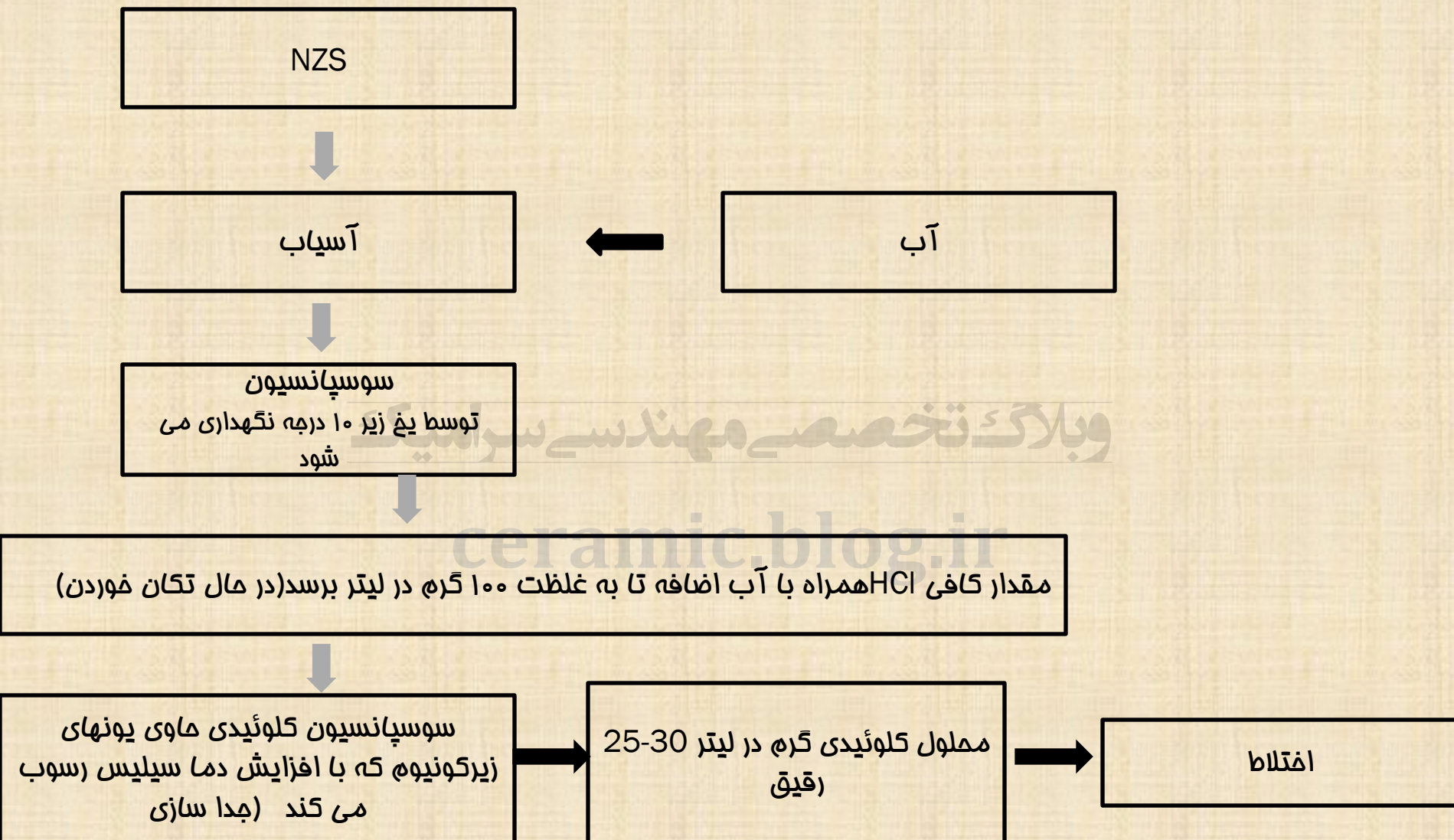
وقتی همراه NZS باشد در دمای ۷۰۰ درجه سانتی گراد خیلی فورنده است و باعث میشود

NZS در ۷۰۰ تجزیه شده و  $ZrO_2$  و  $SiO_2$  بصورت فعال در مرحله کلسیناسیون نهایی

تشکیل زیرکون نهایی را در کنار مینرالیزرها دهند.

ceramic.blog.ir

# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیوم



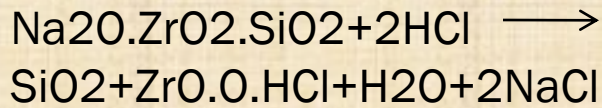
# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیوم

گرم کردن ( تا دمای ۴۰ درجه سانتی گراد)

جدا سازی و شستشو

فشک کردن

رسوب سفید



# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیم

## مرحله سوم

### کلسیناسیون نهایی و تولید پیگمنت

بع فام مناسبه و تنظیم می شود



یکنواخت شدن



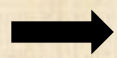
کلسیناسیون



آسیاب



فیلتر



فشک

- ۱۴/۷۲ فریت سیلیکوزیرکونات سدیم
- ۱۰/۶۸ سولفات زیرکونیم بازی
- ۳/۵۴ سیلیس
- ۳/۲۱ کلرید آمونیم
- ۰/۹۶ فلورید سدیم
- ۰/۹۶ اکسید پرازودیوم

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک  
ceramic.blog.ir

# پیگمان زرد پرازودیوم بر پایه زیرکون با استفاده از مینرال زیرکون به جای اکسید زیرکونیم

پس از کلسیناسیون پیگمان بدست آمده بهترین حالت در  $t=2$  hr و  $T=900$  °C ارائه شد. با گرفتن XRD از زیرکون مصرفی و پیگمان نهایی، ساختار زیرکون نهایتاً بدست آمده است.

ناخالصیهای عمده: زیرکون واکنش نکرده، سیلیکای مصرفی و دانه های درشت واکنش نکرده

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

دانه بندی مناسب  $5\mu\text{m}$  است.

ceramic.blog.ir

وبلاگ تخصصی مهندسی سرامیک

ceramic.blog.ir