



## فصلنامه سرامیک ایران

نشریه خبری تحلیلی، آموزشی، پژوهشی و صنعتی  
انجمن سرامیک ایران

سال اول ، شماره چهارم

زمستان ۱۳۸۴

ISSN: ۱۷۳۵-۲۳۵۱

« با درجه علمی ترویجی »

صاحب امتیاز:

انجمن سرامیک ایران

مدیر مسئول:

دکتر واهاک کاسپاری مارقوسیان

سر دبیر:

دکتر حسین سرپولکی

مدیر اجرایی:

سعیده علیشاهی

### نشانی:

تهران، نارمک، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده  
مهندسی مواد و متالورژی، دفتر انجمن سرامیک  
ایران

سندوق پستی: تهران، ۱۱۱-۱۶۸۴۵

### تلفن:

۰۹۱۲۲۱۸۶۵۹۹، ۰۷۷۳۹۱۲۸۲۷، ۰۷۷۸۹۹۳۹۹

### دورنگار:

۷۷۸۹۹۳۹۹

پست الکترونیکی: info@Icers.ir

نشانی سایت اینترنتی: www.Icers.ir

طراحی، گرافیک و صفحه آرایی:

تمام طرح ۷۷۲۰۹۲۲۸

چاپ: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

### هیأت تحریریه

دکتر بیژن افتخاری یکتا

دکتر علیرضا آقایی

دکتر سعید باغشاهی

دکتر محمد علی بهره ور

دکتر علی بیت الهی

مهندس علیرضا سوری

دکتر مهران صولتی

دکتر احسان طاهری نساچ

دکتر محمد علی فقیهی ثانی

مهندس حسین قصابی

دکتر عباس کیانوش

دکتر فرهاد گلستانی فرد

دکتر فتح ا... مضطرزاده

دکتر علیرضا میرحبیبی

دکتر زیارتعلی نعمتی

مهندس رحیم نقی زاده

دکتر علی محمد هادیان

دکتر عباس یوسفی

دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه بین الملل امام خمینی

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه ملایر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشگاه تربیت مدرس

دانشگاه صنعتی شریف

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه تبریز

دانشگاه علم و صنعت ایران

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه صنعتی شریف

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشگاه تهران

مرکز تحقیقات پرتاووس

### گروه مشاوران

مهندس جلیل آرین پو

مهندس سیروس ارجمند نیا

مهندس بهروز اقبالی کوهی

دکتر علی اصغر بهنام قادر

دکتر جعفر جواد پور

مهندس نادر خلیلی

دکتر حمید رضا رضایی

مهندس سیروس روشنفکر فلاح

مهندس میر حسام الدین داعی نیایی

مهندس محمود سالاریه

دکتر آرمان صدقی

مهندس عباس صفاکیش

دکتر احمد صفری

دکتر اسماعیل صلاحی

دکتر تورج عبادزاده

مهندس حسین عزیزیان

دکتر پروین علیزاده

مهندس مهران غفاری

دکتر عباس فاضلی

دکتر کاووس فلامکی

مهندس عباسعلی قصابی

دکتر کاظم قنبری

دکتر مهرداد کشمیری

دکتر علیرضا گنجی

مهندس یحیی ماله میرچگینی

دکتر ابراهیم مسعود

دکتر بهزاد میرهادی

دکتر امیر عباس نوربخش

مجله ایران سرام

شرکت بازرگانی گیتا

شرکت سامان کاشی

پژوهشگاه مواد و انرژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت نسوز مهر

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت نسوز پارس

شرکت گل سرخ گستر آمل

شرکت آرمیتاژ

دانشگاه بین الملل امام خمینی

وزارت معادن و فلزات

دانشگاه ایالتی نیوجرسی

پژوهشگاه مواد و انرژی

پژوهشگاه مواد و انرژی

صنعت سیمان

پژوهشگاه مواد و انرژی

صنعت چینی مظلوف

سازمان زمین شناسی کشور

پژوهشگاه مواد و انرژی

شرکت چینی زرین ایران

دانشگاه شفیلد انگلستان

دانشگاه بریتیش کلمبیا

شرکت معدنی و صنعتی

سوراوچین عقیق

شرکت سینا کاشی

شرکت سینا کاشی

دانشگاه علم و صنعت ایران

شرکت نسوز آذر

## فهرست مطالب:

۱	افبار و تازه‌های سرامیک
۸	گزارش: زندگینامه پروفسور بیمز وایت
۱۱	مصاحبه: مهندس زجاجی، عضو هیئت مدیره و معاونت بازرگانی صنایع شیشه گیلان
۱۵	یادواره: دکتر ابراهیم مسعود
۱۶	ژل بایندهای طبیعی، گامی نو در صنعت سرامیک
۲۷	بررسی شیشه‌ها و شیشه - سرامیک‌های بایواکتیو در دندانپزشکی
۳۷	اثر شکل و اندازه دانه بر فواصل فیزیکی جرم‌های کوبیدنی سیلیسی
۴۶	معرفی پایان‌نامه‌های تمصیلات تکمیلی
۵۰	تازه‌های نشر
۵۴	تقویم همایش‌ها
۵۶	راهنمای تهیه مقاله

اصلاح و خلاصه کردن مطالب با  
نظر مترجمان و نویسندگان  
انجام می‌شود. مسئولیت  
محتوای مقالات به عهده  
نویسندگان و مترجمان است.  
مطالب ارسالی برگردانده  
نمی‌شود.

با همکاری:

مهندس امیرحسین حاج‌دایی

نصیر معماریان

الهه داوری



توضیح عکس روی جلد:

محصول بیوسرامیکی سر استخوان ران از جنس اکسید زیر کونیوم

توضیح عکس پشت جلد:

ظرف تزئینی شیشه‌ای

# اخبار و تازه‌های سرمایه‌گذاری

## نیم میلیون تن سیمان وارد کشور شد

روزنامه دنیای اقتصاد

گروه صنعت و معدن - به منظور سامان بخشیدن به روند عرضه سیمان در بازار، حدود ۴۷۰ هزار تن از این کالای پر مصرف ساختمانی در نیمه اول امسال وارد شد.

این در حالی است که بر اساس وعده مسوولان باید تا پایان سال حداقل یک برابر و نیم این رقم سیمان وارد شود تا نیاز داخلی به سیمان مرتفع شود. به گزارش ایلنا، ظرفیت تولید سیمان کشور با توجه به راه‌اندازی پروژه‌های جدید و بهینه‌سازی و نوسازی در برخی پروژه‌ها، حدود دومیلیون تن افزوده خواهد شد. عباس شرفی مدیر امور سیمان سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی کشور، با بیان این مطلب افزود: تولید سیمان تا پایان سال گذشته به حدود ۳۲ میلیون تن رسید و بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته این رقم در سال جاری به ۳۴ میلیون تن خواهد رسید.

## سازمان نظام مهندسی معدن در آستانه انتخابات

روزنامه دنیای اقتصاد

گروه صنعت و معدن - علیرضا بهداد: جزئیات انتخابات دوره دوم هیأت مدیره و هیأت ریسه گروه‌های تخصصی سازمان نظام مهندسی معدن در استان‌ها اعلام شد.

هرمز ناصرنیا، دبیر اجرایی شورای مرکزی سازمان نظام مهندسی معدن ایران و رییس سازمان نظام معدن استان تهران در گفت و گو با خبرنگار ما گفت: انتخابات دوره دوم هیأت مدیره و هیأت ریسه گروه‌های تخصصی سازمان نظام مهندسی معدن چهارم اسفند ماه سال جاری به طور همزمان در تمامی استان‌های کشور برگزار می‌شود. او افزود: هم‌اکنون در همه استان‌ها نامزدهای هیأت مدیره و هیأت ریسه گروه‌های تخصصی مشخص شده و کلیه اعضای سازمان نظام مهندسی معدن می‌توانند در انتخابات چهارم اسفند ماه شرکت کنند. ناصرنیا گفت: به منظور مشارکت هر چه بیشتر اعضا در انتخابات فعلا بدهی حق عضویت اعضا دریافت نخواهد شد و اعضا می‌توانند در این انتخابات شرکت کنند. او با اشاره به شرایط نامزدهای هیأت مدیره افزود: دارا بودن حداقل ۱۰ سال سابقه کار در فعالیتهای معدنی با داشتن پروانه اشتغال مهم‌ترین شرط برای کاندیداتوری هیأت مدیره و دارا بودن ۵ سال سابقه کار در فعالیتهای معدنی از شرایط کاندیداتوری برای هیأت ریسه گروه‌های تخصصی است.

## نانو فیلترها و نانو غشاها

ایتکا

امروزه می‌توان با نانو فیلترها علاوه بر بازیابی عناصری مثل نمک و کلسیم از آب، قادر به بازیابی ویروس‌های و باکتریها نیز از آن باشیم. بنابراین می‌توانیم در رفع، آلودگی‌های آب‌های ذخیره نوشیدنی انسانها و آب‌های کشاورزی استفاده شوند. به گزارش ایتکا نانوفیلترها می‌توانند به فیلتراسیون سریع خون کمک فراوانی کنند.



در حال حاضر مسمومیت خونی یکی از مشکلات جدی در جهان است و خطر عفونت در واحدهایی که نیاز به مراقبت شدیدتری دارند بیشتر است، چون مریض‌ها آسیب‌پذیرترند. اگر مسمومیت خونی اتفاق بیافتد باید خون هرچه سریع‌تر از علل مسمومیت پاک شود. فرآیندهای غشایی از روش‌های نوین جداسازی هستند که بدون استفاده از تغییر فاز، اجزاء مورد نظر را از سیال جدا می‌نمایند. عدم تغییر فاز در طول فرآیند جداسازی موجب می‌شود که جداسازی با صرف انرژی کمتری صورت گیرد. دو خصیصه اصلی غشاها یعنی توانایی قابل توجه در انجام انواع جداسازی‌ها و حداقل مصرف انرژی، عوامل گسترش روز افزون فرآیندهای غشایی می‌باشد. غشاءها کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف علمی و صنعتی دارند مانند شیرین کردن آب‌دریا، دیالیز خون، تصفیه آب نظیر آب‌رودخانه، چشمه و چاه و تصفیه پسابهای خانگی، پسابهای صنعتی، تغلیظ شیر و آب‌میوه، استریل کردن مایعات و جداسازی میکروارگانیسم‌ها از مهمترین کاربردهای نانو غشاها می‌توان به کاربرد آنها در زمینه جداسازی گازها، شیرین کردن گاز طبیعی، تعیین نسبت  $CO_2/H_2$ ، تغلیظ هوا به اکسیژن و نیتروژن بازیافت هلیوم، بازیابی متان از بیوگازها و جداسازی اتیلین از گازهای خروجی واحد تولید پلی‌اتیلن اشاره کرد.

### برخی سیمان‌های تولیدی کشور در دنیا منسوخ شده است

روزنامه صبح اقتصاد

مدیر کل صنایع کانی غیر فلزی وزارت صنایع و معادن کشور گفت: یکسان سازی با استانداردهای جهانی باید در دستور کار تولیدکنندگان سیمان قرار گیرد.

محمد رضا مس فروش در گفت و گو با مهر در کرج افزود: البته بیش از ۹۲ درصد از نمونه‌های تولید شده استاندارد هستند؛ اما کالاهای یاد شده باید با استانداردهای جهانی نیز رقابت کنند. وی خاطر نشان کرد: استاندارد کردن شن و ماسه در کشور ما مورد غفلت واقع شده در حالی که در تولید بتن استاندارد به شن و ماسه استاندارد نیاز است.

مس فروش تصریح کرد: استفاده از برخی سیمان‌هایی که در کشور ما تولید می‌شوند در دنیا منسوخ شده و باید به سمت تولید سیمان‌های مفید حرکت کرد. این مسوول اظهار داشت: بحث آلاینده‌های صنایع تولیدی سیمان با توجه به افزایش تولید این کالا نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

مس فروش یاد آور شد: تولید سیمان‌هایی که  $CO_2$  کمتری ایجاد می‌کنند و آلاینده‌های کمتری دارند، باید توسط محققین کشور جدی گرفته شود. وی گفت: در صورت توجه به مسئله استانداردسازی، می‌توان به صادرات سیمان به نقاط دورتر جهان امیدوار بود. به گفته کارشناسان، استانداردهای سیمان کشور در مقایسه با استانداردهای اروپایی تولید این کالا چندان مطلوب نیست.

### تبدیل نفت خام فوق سنگین به نفت سبک با استفاده از فناوری نانو

خبرگزاری ایتکا

نخستین فرآیند نانو تکنولوژی در مقیاس صنعتی به منظور ارتقاء نفت خام سنگین در کشور به مورد اجرا گذاشته شده و به زودی در عسلویه به بهره‌برداری می‌رسد. به گزارش ایتکا با توجه به جدید بودن این فرآیند با اجرای این طرح ایران پیش‌تاز ارتقاء نفت خام سنگین در جهان می‌شود. در طول فرایند هیدروکاتورژن نفت سنگین و ته مانده خلاء به نفت سبک سنتزی



تبدیل می‌شود. مهندس سید جواد احمد پناه مسئول پروژه هیدروکاتورژنهای پژوهشگاه صنعت نفت در این

باره می‌گوید: هیدروکانورژنها در تبدیل نفت خام و ته مانده سنگین نفتی به نفت خام سبک کاربرد زیادی دارد. این فرایند ترکیبی از هیدروکراکینگ (هیدروژناسیون + کراکینگ) کاتالیتی است که فرایندی صنعتی و دارای گواهینامه ثبت اختراع بین‌المللی است.

وی ادامه داد: هیدروکانورژن فرایند شکست کاتالیتی در حضور نانو کاتالیزور و هیدروژن است که از درصد تبدیل بالایی (حدود ۹۵ درصد) برخوردار است و در فشار عملیاتی پائین انجام می‌گیرد، در طی مراحل فوق تمامی فلزات سنگین حذف و گوگرد نفت به حداقل می‌رسد و در نهایت نفت سنگین با درجه API (شاخص نفتی) پائین مبدل به نفت سبک با API بالا می‌شود. احمدپناه با اشاره به مزایای فنی نانو تکنولوژی در فرایند هیدروکانورژن گفت: عدم تشکیل کک و حذف تمامی فلزات سنگین، کاهش حداقل ۶۰ درصد از گوگرد، قابلیت بازیابی کاتالیتی تا ۹۵ درصد، نبود واکنشهای پلیمریزاسیون و سادگی عملیات نسبت به روشهای مشابه، انعطاف‌پذیری بالا نسبت به شدت جریان و ترکیبات فلزات و گوگرد، تولید بخار مورد نیاز واحد از بخش بازیابی کاتالیت، ضریب بالای بازدهی، سرمایه و هزینه پائین کاتالیت از عمده‌ترین مزایای فنی استفاده از هیدروکانورژن است. افزود: این فرایند از نظر زیست محیطی فاقد مشکلات فرایندهای مشابه نظیر کاتالیت‌های دور ریز حاوی فلزات سنگین است. مسئول پروژه هیدروکانورژن معضل صنعت نفت کشور را وجود ذخایر عظیم نفت سنگین دانست و گفت: علاوه بر کاربردهای سرچاهی هنگام استخراج، در پالایشگاهها هم با استفاده از این فرایند ته مانده‌های سنگین نفتی به برشهای سبک و مرغوب تبدیل می‌شود. وی در پایان افزود: هیدروکانورژن در بازارهای دنیا جذابیت زیادی دارد و هم اکنون مذاکرات مقدماتی برای فروش تکنولوژی و اجرای طرح در کشورهای صنعتی آغاز شده است.

## ادغام تکنولوژی‌های برتر در صنایع سنتی ایتالیا:

### تجربه ایتالیا در ادغام تکنولوژی‌های برتر در صنایع سنتی

جواد ناصر بخت / ایتکا

ادغام تکنولوژی که همان وارد نمودن فناوری‌های برتر در صنایع سنتی است به عنوان یک استراتژی کارآمد در کشورهایی همچون ایتالیا به خوبی مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحلیل به تجربه ایتالیا در ادغام تکنولوژی اشاره خواهد شد

۱- شرایط عمومی ایتالیا: ایتالیا کشوری است که از صدها شهر کوچک شکل گرفته است؛ همراه با مردمانی سختکوش که اغلب بیش از یک شغل دارند و برخوردار از مهارت‌های سنتی هستند. در حالیکه بسیاری از کشورهای صنعتی، سیاستهای صنعتی و تکنولوژیکی خود را بر صنایع مبتنی بر فناوری‌های برتر متمرکز کرده‌اند، ایتالیا تلاشهای خود را در بازارهای جهانی، متوجه صنایع بالغ نموده است. با آنکه ایتالیا تلاش‌هایش را متوجه صنایع بالغ نموده است، اما توانسته است، صنایع واقع در صدها شهر کوچک خود (به ویژه در شمال شرق و مرکز ایتالیا) را به بازارهای بین‌المللی، وارد نماید. به عنوان مثال، ساسولا که یکی از شهرهای کوچک ایتالیاست، توانسته است حدود چهل درصد سرمایه‌های دنیا را تولید نماید.

۲- عوامل مؤثر بر موفقیت ایتالیا با اینکه متوسط هزینه‌های نیروی انسانی ایتالیا نسبت به منطقه جنوب شرقی آسیا (کره، تایوان و هنگ‌کنگ) به طور متوسط ۴ برابر و نسبت به کشورهایی همچون برزیل در منطقه آمریکای لاتین، به طور متوسط ۶ برابر بیشتر است، اما این کشور همچنان دارای مزیت رقابتی در بخشهای بالغ تولیدی (همچون چرم، کفش و مبلمان) است. اگر چه این بخشها بالغ هستند، اما در طی سالیان دراز ظرفیتهای نوآوری در تولید و بازاریابی درمقیاس جهانی در آنها شکل گرفته است. در واقع، با آنکه هزینه‌های نیروی انسانی در صنایع بالغ ایتالیا از سایر کشورهای در حال توسعه بیشتر بوده است اما به علت خلاقیت در طراحی و ادغام و انطباق هوشمندانه تکنولوژی‌های جدید با ساختار صنعتی بالغ ایتالیا، این کشور

به رقابت‌مندی صنعتی دست یافته است. از سویی دیگر، همکاری‌های بین‌بنگاهی و روابط بین‌بنگاهی در درون شبکه‌های محلی تولید، قسمتی از تاریخ صنعتی شدن ایتالیا بوده است. در این میان، تکنولوژی‌های نوینی همچون فناوری اطلاعات، توانایی آن را دارند که با ادغام در شبکه‌های سنتی تولید، منجر به تحکیم روابط تاریخی موجود بین بنگاهی گردند.

۳- ENEA یک تجربه عملی یکی از تجارب موفق ایتالیا در به‌کارگیری دانش جدید در بخش‌های سنتی تولید، مرتبط با تجربه سازمان ENEA می‌باشد ENEA با آنکه در حوزه انرژی اتمی فعال است اما توانسته است دانش تکنولوژیک پیشرفته خود را در صنایع محلی مرتبط با ابریشم ادغام نماید. ENEA برنامه‌هایی را نیز برای ادغام تکنولوژی‌های پیشرفته خود، در صنایع دیگر ایتالیا (همچون شیشه‌سازی) که در مناطق مختلف این کشور قرار گرفته‌اند، پیگیری می‌نماید.

### ایران به رتبه ۳۶ تولید علم نانو در جهان دست یافت

ایتکا

براساس تازه‌ترین اطلاعات موسسه اطلاعات علمی (ISI)، محققان ایرانی در سال ۲۰۰۵ با انتشار ۱۲۵ مقاله، از لحاظ تعداد مقالات علمی نانو با هفت پله صعود نسبت به سال ۲۰۰۴ و پشت سر گذاشتن چندین کشور اروپایی به رتبه سی و ششم جهان دست یافتند. براساس آمار موسسه اطلاعات علمی (ISI)، رشد تعداد کل مقالات ایران در سال ۲۰۰۵ میلادی ۴۱ درصد بوده در حالی که رشد تعداد مقالات فن‌آوری نانو در کشور بیش از سه برابر و معادل ۱۳۵ درصد بوده است. این در حالی است که به گفته دکتر سرکار، رییس کمیته منابع انسانی ستاد ویژه توسعه فن‌آوری نانو ریاست جمهوری کل بودجه متمرکز تخصیص یافته در کشور برای توسعه فن‌آوری نانو در سال ۸۳، ۵۰ میلیارد ریال بوده است که معادل یک هزارم بودجه‌های متمرکز دولت‌های دنیاست. بر اساس یک گزارش تحقیقی منتشر شده در انگلیس در خصوص رشد نانو تکنولوژی و تحقیقات مربوط به آن در سراسر جهان، در سال ۲۰۰۵ میلادی در کل چهار میلیارد و ۸۰۰ میلیون دلار بر روی این فن‌آوری جدید سرمایه‌گذاری شده است.

براساس آمار موسسه ISI کشور آمریکا با ۱۱ هزار و ۶۲۷ مقاله فن‌آوری نانو به عنوان کشور پیشرو در این زمینه شناخته شده است. بنابر اعلام ستاد ویژه توسعه فن‌آوری نانو، چین و ژاپن با هشت هزار و ۸۰۷ و پنج هزار و ۴۳۷ اختراع بعد از آمریکا در رده‌های دوم و سوم قرار دارند. ژاپن که یکی از پیشگامان فن‌آوری نانو محسوب می‌شود، در سال ۲۰۰۱ بعد از آمریکا، بیشترین مقاله را در زمینه نانو داشته و چین با فاصله اندکی در تعقیب آن بوده است ولی با افول پیشگامی ژاپن، در سال ۲۰۰۳ چین توانسته مقام دومی را از آن خود کند. چین در سال‌های اخیر توجه چشمگیری به فن‌آوری نانو داشته و با توجه به جدید بودن این زمینه علمی، سعی دارد پایه علم و فن‌آوری خویش را به سطحی قابل مقایسه با آمریکا برساند. طبق آمار بیش از ۵۰ دانشگاه و ۲۰ مؤسسه از آکادمی علوم چین (CAS) و نیز بیش از ۱۰۰ شرکت با حدود ۳۰۰۰ پژوهشگر از مؤسسات مختلف و دانشگاه‌های سراسر چین، به تحقیق و توسعه علم و فناوری نانو پرداخته‌اند. با توجه به سرمایه‌گذاری چین در زمینه فناوری نانو این کشور در سال ۲۰۰۳ ژاپن و در سال ۲۰۰۹ آمریکا را پشت سر گذاشته و به عنوان کشور دارای بیشترین مقالات فناوری نانو در دنیا شناخته خواهد شد.

به گزارش ایسنا، پس از چین، کشورهای آلمان، فرانسه، کره جنوبی، انگلستان، روسیه، ایتالیا و هند به ترتیب رتبه‌های چهارم تا دهم جهان را در سال ۲۰۰۵ کسب کرده‌اند. از نکات قابل توجه در این فهرست رتبه بالای کشورهای نظیر تایوان، سنگاپور، برزیل، مکزیک، اوکراین، ترکیه و آرژانتین است که به ترتیب با هزار و ۳۸۹، ۷۱۲، ۶۳۴، ۴۵۷، ۴۲۶، ۲۱۴ و ۱۷۳ مقاله، پیش از ایران رتبه‌های ۱۱، ۱۸، ۲۰، ۲۳، ۲۴، ۳۳ و ۳۵ جهان را کسب کرده‌اند. گفتنی است، بر اساس راهبرد ۱۰ ساله توسعه فن‌آوری نانو در جمهوری اسلامی

ایران که مرداد ماه سال جاری با عنوان «راهبرد آینده» به تصویب هیات وزیران رسیده است، ایران باید تا سال ۱۳۹۳ جزو ۱۵ کشور اول دنیا در فن‌آوری نانو باشد.

### استاندارد ملی شیشه‌های رفلکس تدوین می‌شود

باشگاه خبرنگاران جوان ([www.yjc.ir](http://www.yjc.ir))

تدوین استاندارد شیشه رفلکس در دست اقدام است که با پایان یافتن تدوین آن، استاندارد ملی این شیشه‌ها اجباری خواهد شد.

حسن جمشیدی مدیر کل ساختمانی و معدنی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در گفتگو با خبرنگار باشگاه خبرنگاران جوان با بیان این مطلب افزود: اجباری شدن استاندارد شیشه رفلکس تصویب و استاندارد شیشه‌های دوجداره نیز تدوین شده است که پس از تصویب در کمیته ملی، اجرایی خواهد شد. وی با اشاره به اینکه شیشه‌هایی که در ساختمان استفاده می‌شود، از نوع شیشه جام است، گفت: استاندارد شیشه جام اجباری و در حال تجدید نظر است. ضمن اینکه در تجدید نظر استاندارد ملی شیشه‌ها، شیشه پیلوت هم منظور شده که استاندارد آن هم مشمول استاندارد اجباری خواهد شد.

جمشیدی اظهار داشت: بیشتر استانداردهای مصالح ساختمانی تدوین شده و تنها استانداردهای جزئی یا استانداردهایی که در حال تجدید نظرند، باقی مانده‌اند. مدیر کل ساختمانی و معدنی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران افزود: استاندارد سیمان، کاشی و شیشه در حال تجدید نظر است و استاندارد آسفالت نیز با هماهنگی وزارت راه و ترابری تدوین می‌شود.

### وضعیت مصالح ساختمانی در طرح جامع استاندارد اجباری

باشگاه خبرنگاران جوان ([www.yjc.ir](http://www.yjc.ir))

در مرحله اول طرح جامع استاندارد اجباری، کاشی و عایق‌های رطوبتی، در مرحله دوم سیمان، آجر و بتن آماده و در مرحله سوم نیز شیشه ساختمانی و پشم شیشه مشمول این طرح می‌شوند. حسن جمشیدی مدیر کل ساختمانی و معدنی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران با بیان این مطلب به خبرنگار باشگاه خبرنگاران جوان گفت: در مرحله اول از ۲۰۴ واحد تولیدی عایق‌های رطوبتی در کشور ۳۳ درصد از واحدها دارای علامت استاندارد و ۶۷ درصد فاقد علامت استاندارد بودند و در بخش کاشی و سرامیک از ۶۹ واحد تولیدی ۷۴ درصد دارای علامت استاندارد و ۱۶ درصد فاقد علامت استاندارد بودند. وی افزود: از اول بهمن، استاندارد آجرهای رسی سبک باربر و غیر باربر اجباری اعلام شده و استاندارد پشم‌های معدنی که شامل پشم شیشه و پشم سنگ است نیز از اول آبان اجباری شده که مرحله اجرایی آن از ابتدای سال ۸۵ است.

جمشیدی با اشاره به اینکه استاندارد بیشتر مصالح ساختمانی اجباری شده است، اظهار داشت: گچ ساختمانی، موزاییک، آهک و چینی بهداشتی جزء مصالح ساختمانی هستند که استاندارد آنها تشویقی است. همچنین در بخش شیمی، برق و الکترونیک، مکانیک و فلزشناسی که کاربرد ساختمانی دارند از جمله شیرآلات ساختمانی، کولر گازی و لوله‌های دیگ آب گرم مشمول استاندارد اجباری هستند.

### سرمایه‌گذاری خارجی در معادن دولومیت نهانند

مرکز اطلاع‌رسانی صنایع و معادن ایران ([www.mom.gov.ir](http://www.mom.gov.ir))

رئیس سازمان صنایع و معادن استان همدان از سرمایه‌گذاری ۴ کشور آمریکا، برزیل، استرالیا و اتریش خبر داد و افزود: با توجه به اینکه در جهان منیزیم از آب دریا تولید می‌شود به دلیل نادر بودن معادن دولومیت در

دنیا مرغوبیت دولومیت نهبوند باعث جذب این سرمایه‌گذاران شده است. مهندس میرابوالفتحی تاکید کرد: در صورتی که این سرمایه‌گذاران بتوانند ۳۰ درصد در ساخت کارخانه پیشرفت فیزیکی داشته باشند ما میتوانیم یکی از معادن را جهت استخراج دولومیت در اختیار آنها بگذاریم. لازم به ذکر است که در استان آذربایجان شرقی چند معدن دولومیت وجود دارد که با آزمایش‌های به عمل آمده توسط کارشناسان مرغوبیت مواد کانی نهبوند در مقایسه با آنها بسیار مرغوبتر نشان داده شده است.

### برگزاری دوره دیرگدازهای عایق حرارت

دوره آموزشی آشنایی با دیرگدازهای عایق حرارت در تاریخ ۴ و ۵ بهمن ماه ۸۴ توسط شرکت تمام مواد و دانشکده مهندسی مواد دانشگاه علم و صنعت در محل این دانشکده برگزار گردید. اساتید این دوره آقایان دکتر سربولکی و مهندس نقی زاده بودند. این دوره شامل موضوعات خواص، کاربرد، روش‌های ساخت و استانداردهای دیرگدازهای عایق حرارتی بود.

### برگزاری دوره فتوکاتالیست‌ها

سمینار یک روزه فتوکاتالیست‌ها  $TiO_2$  در تاریخ ۵ بهمن ماه ۸۴ در محل دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شریف برگزار گردید. در این نشست سخنرانان مقاله‌هایی در زمینه روش‌های ساخت، دستگاه‌ها، کاربردها و تئوری‌های مربوط به فتوکاتالیست‌های تیتانیایی ارائه نمودند.

### فاکتوری به نام چین در تجارت جهانی دیرگداز

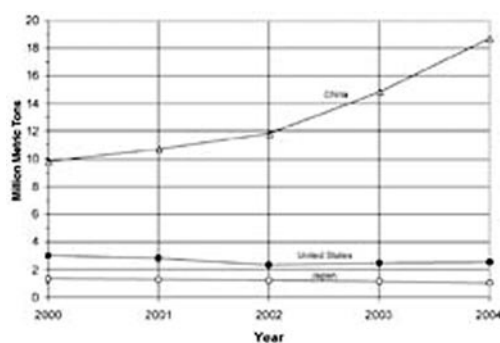
By: Dr. Charles E. Semler

برگردان: امیرحسین حاج‌دایی

امروزه جهانی‌شدن از موضوعات مطرح در دنیاست. صنایع دیرگداز نیز همگام با سایر صنایع مجبور به مقابله با چالش‌های جهانی شدن می‌باشند. عمده موارد پیش روی صنایع دیرگداز در روند جهانی شدن که اکثراً به خاطر رقابت شدید ایجاد شده می‌باشد عبارتند از: کاهش میزان مصرف دیرگدازها توسط صنایع مصرف‌کننده، افزایش قیمت مواد اولیه و انرژی و فاکتوری که به تازگی وارد شده و تمامی مردم و صنایع در سراسر جهان را تحت فشار قرار داده؛ کشور چین.

### ارزش بازار و تولیدات:

طبق آمار منتشر شده در سال ۲۰۰۴ تولید جهانی دیرگدازها ۲۸ تا ۳۰ میلیون متریک تن (mmt) است. ارزش کل این تولیدات ۱۴ تا ۱۸ میلیارد دلار آمریکاست. در سال ۲۰۰۴ چین با اقتدار کامل، اولین تولیدکننده دیرگداز با تولید ۱۸/۷ mmt و نیز بزرگترین تولیدکننده فولاد جهان بود و هم‌اکنون صادرات چین نیز با نرخ رشد قابل توجهی در حال افزایش است.



شکل ۱





با رخداد جهش اقتصادی کالا در سال ۲۰۰۴، نشانه‌های مثبتی در اقتصاد آمریکا در رابطه با دیرگدازها مشاهده شد که شامل افزایش ۳٪ تولید دیرگداز و ۷٪ ارزش تجاری آن است. در حالی که در مدت مشابه ژاپن با کاهش ۷٪ میزان تولید و افزایش ۸٪ ارزش تجاری مواجه شده است.

**جدول ۱-** میزان تغییرات در نسبت تولید دیرگداز بر ارزش کل و تولید فولاد در چین، آمریکا و ژاپن در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴

	تولید فولاد	ارزش کل بازار	تولید دیرگداز
چین	٪۱۱۴	٪۱۳۸	٪۹۱
آمریکا	٪-۲	٪-۱۰	٪-۱۶
ژاپن	٪۶	٪-۲۸	٪-۲۱

پیش بینی‌ها حاکی از این است که تا سال ۲۰۰۹ تقاضاها برای نسوز آمریکا با رشد سالیانه به میزان حدود ۱٪ افزایش خواهد یافت. تولید فولاد نیز برای اولین بار در سال ۲۰۰۴ از مرز ۱ میلیارد متریک تن (bmt) فراتر رفت (۱/۰۵ bmt) و انتظار می‌رود که این روند افزایش تولید در سال ۲۰۰۵ بر ۱/۱ bmt بالغ گردد. از آنجایی که صنایع فولاد بزرگترین مصرف کننده دیرگدازها هستند این اعداد و ارقام نوید دهنده افزایش تقاضا از طرف این بخش برای صنایع دیرگداز می‌باشد. شرایط در برخی نواحی بهتر از سایرین خواهد بود چون طبق برنامه ریزی‌های انجام شده برای سال ۲۰۰۵ چین حداقل ۲۵٪ و هند ۱۲٪ رشد تولید فولاد خواهند داشت و این در حالی است که اروپا و آمریکا برای مدت مشابه کاهش تولید ۳٪- و ۶٪- را تجربه خواهند نمود

### ارزش و تمایل برای استفاده:

استفاده از دیرگدازهای یکپارچه از جمله جرمهای ریختنی، پلاستیک، مخلوط‌های پاششی و... در مقایسه با آجرها / شکل‌ها رونق فوق العاده‌ای پیدا کرده است. علت این امر پیشرفت‌های متعدد در زمینه تولیدات، پروسه‌های نصب و تعمیر و نیز فواید زیست محیطی و قیمت نسبی پایین‌تر این نوع دیرگدازها می‌باشد. برای مثال قیمت متوسط آجرها / اشکال در سال ۲۰۰۴ در آمریکا ۹۷۲ دلار / متریک تن در مقایسه با ۶۳ دلار بر متریک تن برای دیرگدازهای یکپارچه بود.

**جدول ۳-** تغییرات میزان استفاده از دیرگدازهای یکپارچه در ژاپن نسبت به کل مقدار مصرفی

	۲۰۰۰	۲۰۰۴
Incineration	٪۷۸	٪۷۵
Steel	٪۶۳/۵	٪۶۸
Non-Ferrous Metals	٪۴۵	٪۶۳
Cement	٪۲۱	٪۲۵

دیرگدازهای یکپارچه به ترتیب ۶۵٪ و ۵۳٪ کل تولید در ژاپن و آمریکا را تشکیل می‌دهند و این در حالی است که نرخ تولید این محصول در چین هنوز زیر ۳۰٪ است ولی این رقم به طور مرتب در حال افزایش است. لذا همانطور که دیده می‌شود عمده تولید، دیرگدازهای یکپارچه هستند. همچنین شایان ذکر است که آجرها / شکل‌ها به ترتیب ۶۲٪، ۵۵٪ و ۵۱٪ ارزش سالیانه تجاری کشورهای ژاپن، کره جنوبی و آمریکا را در اختیار دارند. در ژاپن بالاترین استفاده نسوزهای یکپارچه در کوره‌های سوزاندن مرده‌ها (incinerator) و کمترین آن در کوره‌های پخت سیمان است (جدول ۲). در بسیاری از صنایع استفاده از نسوزهای یکپارچه در حال افزایش است اما نباید تصور کرد که این نوع دیرگدازها درمان هر دردی می‌باشند چرا که هنوز هم آجرها / شکل‌ها بهترین عملکرد را در برخی موارد دارند.



# گزارش

## زندگینامه پروفیسور جیمز وایت

نوشتۀ: W.F Ford

برگردان: امیرحسین حاج دایی

مرگ پروفیسور جیمز وایت در ۱۵ آگوست ۱۹۸۸ در سن ۸۰ سالگی انبوه دوستداران وی در صنعت و دانشگاه را غمگین نمود. او یک اسکاتلندی واقعی بود که در ( langholm ، dumfrieshire ) محل تولد تل فورد متولد شدوی اندکی از خصوصیات اسکاتلندی ها در مخلوط کردن چیزها را داشت ، " هم با پادشاهان نشست و برخاست داشت هم با مردم عادی در ارتباط بود " .



پروفیسور وایت در سال ۱۹۳۱ از دانشگاه گلاسکو فارغ التحصیل شد و تحقیقات خود در زمینه سرباره را زیر نظر پروفیسور Hay در کالج Royal Technical شروع کرد . ابتدا در کالج دستیار بود و سپس در بخش متالورژی استادیار گردید . در سال ۱۹۴۳ یک مقاله جامع روی شیمی فیزیک سرباره کوره ها ارائه داد که در آن اطلاعات وسیع خود در زمینه دیاگرام های فازی را به همه نشان داد . در آن سال موفق به اخذ درجه دکترا گلاسکو و مدال طلای Carnegie انیستیتوی متالورژیست ها گردید . سپس به انگلستان رفت و پست تکنولوژیست دیرگدازها در شرکت General Refractories واقع در Worksop را گرفت . مقاله ای که وی با Harold parnham منتشر کرد اطلاعات موجود در مورد سرباره های بازی در بررسی های فازها را برای شرح دادن رفتار پوشش های دیرگداز دولومیتی را به شدت افزایش داد . اولین دیدار نویسنده با پروفیسور وایت نمونه ای از طبیعت عملی لازم برای یک مرد دانشمند بود . در آن زمان وی مشغول ثبت راه حل خود برای مشکل " کروم پلاستیک " در مخلوطی از سنگ معدن کروم و سیلیکات سدیم کاربردی در دیرگدازهای کوره های عملیات حرارتی بود . وی دریافته بود که شکنندگی چسب های باند سیلیکاتی مورد استفاده در نسوزهای کوره با اضافه کردن مقدار کمی کربنات کلسیم در سنگ معدن کروم برطرف خواهد شد .

در سال ۱۹۴۶ پروفیسور وایت سخنرانی خود را در مورد مواد دیر گداز در بخش متالورژی دانشگاه شفیلد ارائه داد . در ابتدا او هر روز از worksop با قطار یا Lagonda به محل دانشگاه می آمد که هزینه این سفرها در مجموع بالغ بر قیمت یک اتومبیل آستون مارتین DB9 گردید ولی مواردی از این دست و سختی های محیط اطراف مانع تحقیقات وی نمی گردید بلکه وی را مصمم تر نیز می نمود . چاپ ۱۰۰ مقاله طی بیست سال توسط او و همکارانش موید این مطلب است . وایت در سال ۱۹۵۲ دانشیار در سرامیک و در سال ۱۹۵۶ مدیر تکنولوژی دیرگداز شرکت Dyson شد . در طی این زمان او یک عضو فعال در نشست های انجمن متالورژی شفیلد ( ۱۹۵۲ رئیس ) ، انیستیتو تکنولوژی رس ( ۱۹۵۹ نایب رئیس ) و انجمن دیرگدازهای انگلستان ( ۶۰- ۱۹۵۹ رئیس ) بود . در انجمن سرامیک او اولین رئیس قسمت علوم پایه از سال ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۵ و از سال ۱۹۶۱ الی ۱۹۶۲ رئیس انجمن بود . زمانی که انیستیتو سرامیک در سال ۱۹۵۵ شکل گرفت پروفیسور وایت به عنوان همکار موسس انتخاب گردید . سال های زیادی او رئیس کمیته آزمایشات انجمن تحقیقات



سرامیک انگلستان بود مشابه پنج انجمن تحقیقاتی دیگر که از کمک های راهگشای وی در کمیته های مختلف خود استفاده می کردند . بعد از سال ۱۹۵۶ که دانشکده مواد دانشگاه شفیلد کارهای تحقیقاتی و علمی خود را افزایش داد و پروفیسور وایت در سال های ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۲ رئیس قسمت متالورژی شد . در سال ۱۹۶۶ دانشکده متالورژی از محل قدیم خود جابجا شد . قبل از این جابجایی در ۱۹۶۰ یک تیم از انجمن های دیرگداز برای بازدید از صنایع و تحقیقات دیرگداز انجام شده در اتحاد جماهیر شوروی تشکیل داد . در زمستان سال ۶۳-۱۹۶۲ پروفیسور سفری به مرکز تحقیقات ملی در قاهره به عنوان بازدید کننده داشت . قبل از آنکه پروفیسور وایت در سال ۱۹۷۳ بازنشسته شود برای ارائه مقالات مربوط به کارهای تحقیقاتی خود یا دانشکده سفرهایی به آفریقای جنوبی ، آمریکا ، کانادا ، برزیل ، آلمان ، اسرائیل ، اسپانیا ، سوئد و مکزیک انجام داده بود و به بین ترتیب یک اعتبار بین المللی برای خود و دانشکده کسب کرده بود .

جیم وایت ارتباط ویژه ای با صنایع و با دانشجویان خود داشت . دانستن چگونگی آغاز این ارتباطات در شفیلد جالب خواهد بود . اولین دانشجو Basil Vassiliou یونانی بود که برنده جایزه بورس کنسولگری انگلستان در یونان شده بود و روی حرکت آب از سطح گرم شده ستون رس تحقیق می کرد . این کار با تجهیزات ابتدایی منجر شد به ارائه مقالاتی روی فشاربخار / کاپیلاری / وابستگی های دمایی که اولین آنها توسط Nature در سال ۱۹۴۸ منتشر شد . کارهای انجام شده توسط Davies و Rees روی ماسه قالبگیری با استفاده از تجهیزات آزمایش تحقیقات باندهای رسی که منجر به آزمایشات سینتیکی روی شکست باندهای رسی در قالب های دیرگداز مورد استفاده در قالب های ریخته گری فولاد شد . Agamawi مصری برای کمک به پروژه تعیین اثر تیتانیا روی خواص super duty آجرهای سیلیسی با مطالعه سیستم چهارتایی  $CaO-Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$  وارد گروه شد . تحقیقاتی روی زینترینگ پودرهای اکسیدی آغاز شد و سپس با پشتیبانی انجمن سرامیک انگلستان ، یک بالانس حرارتی خانگی برای شروع کار روی ارتباط فازی اکسید آهن که حاوی اسپینل های مربوط به رفتار آجرهای منیزیت - کرومیتی حین کار ، استفاده شد . تصور کلی آجری که اکسیژن را در حین گرم شدن بیرون می دمد و مجدداً آن را در زمان سرد شدن جذب می کند شکل گرفت که پی آیند شکست آجرها در حین کار منجر به تحقیق روی خواص مکانیکی آجرهای قلیایی همزمان با کشف آجرهای باند مستقیم توسط Richardson و Laming با پشتیبانی انجمن دیرگدازها ( که کمک هزینه تحصیلی تحقیق Rees را پرداخت کردند ) ، شرکت های B.I.S.R.A ، Steetly Magnesite و دانشجویان بسیاری که در تحقیقات بعدی همکاری داشتند ، گردید . در فاکتور کنترل ترکیبات فازی ، نسبت های ترساز و میکروساختارهای دیرگدازهای اصلی روشن شدند . در زمان بازنشستگی وی در سال ۱۹۷۳ قلمرو تحقیقات از زمانی که سرامیک ها به زمینه های مواد وارد شدند طور وسیعی گسترش یافتند و ارتباطات سیستم های اورانیوم - کربن - فلز و در سیستم های غیر فشرده شامل مس ، کروم ، کبالت بنا نهاده شدند . در آن زمان پروفیسور وایت مدال A.A Griffiths و کلوپ علم مواد و به عنوان عضو کمیته مشاوره در مرکز تحقیقات سرامیک Harvel را دریافت نمود . بعد از بازنشستگی از دانشگاه در سن ۶۵ سالگی طبق قانون به ناحیه Worksoپ برگشت و به عنوان مشاور شرکت GR-Stein Refractory Ltd. به انتشار کارهای با کیفیت بالای خود ادامه داد . وی روز قبل از مرگش سی و ششمین مقاله دوران بازنشستگی اش را به پایان برده بود تا به رکورد کلی ۱۰۰ مقاله برسد . این تلاش های مستمر قابل توجه در سال ۱۹۸۲ توسط انجمن سرامیک آمریکا با جایزه Alfred W.Allen ارج نهاده شد در سال ۱۹۸۸ نیز این جایزه مجدداً تکرار شد . در سال ۱۹۸۷ او تنها امتیاز دیگر به نام Honorary Degree of D.Sc Tech. را از دانشگاه شفیلد دریافت کرد .

جیم وایت همواره چهره ای بشاش داشت و علاقمند به کمک به دیگران ، بسیار باهوش ، با نثری شیوا و دلنشین ، و بسیار انسان بود . روحش شاد و یادش گرامی باد .



## برگزاری دوره های آموزشی

### طراحی بدنه های کاشی های لعابدار و بدون لعاب

انجمن سرامیک ایران به منظور ارتقاء سطح علمی کارشناسان و متخصصین کارخانجات صنایع کاشی و



سرامیک ایران دوره آموزشی "طراحی بدنه های کاشی های لعابدار و بدون لعاب" را در تاریخ ۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۸۴ برگزار نمود. در این دوره که در دانشکده مواد و متالورژی دانشگاه علم و صنعت توسط آقای دکتر افتخاری عضو هیات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران ارائه گردید و حدود ۲۰ کارشناس از ۱۱ کارخانه در

این دوره آموزشی شرکت داشتند. عناوین آموزشی زیر مورد بحث قرار گرفت:

- تقسیم بندی کاشی ها
- تفاوت های کاشی کف و دیواری
- انواع لعاب
- اصلی ترین آزمون های کنترل کیفیت
- ریز نگرشی بر پدیده انبساط رطوبتی
- مواد اولیه مصرفی در صنعت کاشی
- کربنات های قلیایی خاکی
- رسی ها
- سیلیس و نقش آن بر خواص بدنه های خام و پخته شده
- رفتارهای حرارتی رس ها
- انواع بدنه های کاشی دیواری
- کاشی های دیواری دوپخت
- کاشی های دیواری تک پخت
- انواع بدنه های کاشی کف
- تزئین کاشی های پرسلانی
- بال میل و پارامترهای مربوطه در تولید کاشی
- اسپری درایر و پارامترهای مربوطه
- پرس
- خشک کن
- پخت
- اعمال لعاب
- انگوب و پارامترهای مربوطه
- دکوراسیون کاشی
- Ink
- چاپ
- عیوب لعاب
- عوامل کاهش عیب
- عیوب کاشی

در این سمینار دوازده شرکت کنندگان که از شرکت های مختلف بودند به بحث ها و تبادل نظرهای سازنده با یکدیگر پرداختند و در روز پایانی سمینار در جلسه پرسش و پاسخ برگزار شده کارشناسان کارخانجات درباره برخی مسائل و مشکلات واحد تولیدی خود بحث و تبادل نظرهای سازنده ای نمودند.

مطالب ارائه شده به شرکت کنندگان به صورت جزوه ای در اختیار آنان قرار داده شد تا بتواند برای مرورهای بعدی از آنها استفاده کنند.





## مصاحبه

امیرحسین حاج‌دایی

۱- جناب آقای مهندس زجاجی با تشکر از فرصتی که در اختیار فصلنامه سرمایه قرار دادید، لطف کنید در آغاز مختصری از سوابق و فعالیتهای خود را در صنعت شیشه بفرمایید.

اینجناب حسین زجاجی متولد ۱۳۳۶ فارغ التحصیل رشته شیمی از دانشگاه کارماتا کا هندوستان از سال ۱۳۶۲ تا به اکنون بصورت مستقیم و غیر مستقیم در فعالیت های مربوط به شیشه و سرمایه کشور در سمت های مدیریتی و مشاوره در حال انجام وظیفه هستیم. در حال حاضر بعنوان عضو هیئت مدیره و معاونت بازرگانی صنایع شیشه گیلان و مشاور مدیر کل دفتر صنایع معدنی وزارت صنایع و معادن مشغول بکار می‌باشم.

۲- آقای مهندس ، همانطور که می‌دانیم شکوفایی و پیشرفت صنعت به ویژه صنعت شیشه جز با تعمیق همکاریهای جهانی محقق نخواهد شد. از نظر جنابعالی پیوستن ایران به سازمان تجارت جهانی (WTO) برای صنعت شیشه ایران می‌تواند یک فرصت تلقی شود یا یک تهدید؟ الزامات وارد شدن صنعت شیشه ایران به این سازمان تا چه حد محقق گشته است؟

لازم به توضیح است که با توجه به قوانین و مقررات واردات در حال حاضر هیچگونه محدودیتی برای ورود اقلام صنعتی وجود ندارد و تنها بحث موانع تعرفه ای است که میزان سود و حقوق پرداختی را شامل می‌شود. پس فعلاً درهای ایران برای ورود محصولات خارجی باز است و به نظر اینجناب در صورت پیوستن ایران به سازمان تجارت جهانی (WTO) واردات و صادرات کشور قانونمند تر شده که به نفع کشور خواهد بود چرا که در حال حاضر هر کالایی امکان ورود به ایران را دارد ولی کشورهای مختلف محدودیت هایی را برای ورود کالاهای ایرانی اعمال می‌کنند مثل کشور ترکیه که همواره برای ورود محصولات شیشه ای ایران محدودیت ایجاد می‌نماید، از طرفی با توجه به ظرفیت های ایجاد شده در بخش های مختلف صنعت شیشه بخصوص در صنعت شیشه تخت در صورتیکه مسائل کیفی که دستیابی به آن دور از انتظار نیست حل و فصل شود به جرات اعلام می‌کنم با توجه به مزیت نسبی و امکانات موجود کشور، در مقابل قیمت محصولات چینی نیز امکان رقابت وجود دارد. به اعتقاد بنده با کمی هوشمندی و مطالعه و هماهنگی بین صنعت ، دولت و دانشگاه زمینه تبدیل این تهدید به فرصت محیا است.

۳- در ارتباط با شرکت گروه شیشه گیلان و انواع محصولات آن توضیح بفرمایید .

گروه صنایع شیشه گیلان (سهامی خاص) در سال ۱۳۴۸ ابتدا با نام شیشه های ایمنی ایران تاسیس و در حال حاضر با در نظر گرفتن سه شرکت تابعه که شامل صنایع شیشه گیلان، شیشه ایمنی شمال و ایمن شیشه سپهر (که دارای مدرنترین و پیشرفته ترین ماشین آلات تولید شیشه های ایمنی در ایران و خاورمیانه

است) مجموعاً دارای ظرفیت تولید ۳/۷۵۰/۰۰۰ متر مربع در سال بوده و یکی از تولید کنندگان عمده در صنعت شیشه کشور می باشد و قادر است شیشه انواع خودرو ( شامل پژو ، پراید ، ون ، ولوو، دوو، ریو ، ورنه، پروتون ، MVM و ۰۰۰ ) ، شیشه های ساختمانی ، شیشه دو جداره و سایر شیشه های صنعتی را با کیفیت بسیار مطلوب و مطابق با استاندارد جهانی تولید نماید.

#### ۴- مواد اولیه اصلی شرکت از چه منابعی تامین می گردد؟

مواد اولیه اصلی شرکت عبارتند از:

- شیشه فلوت (از گاردین عربستان و تایلند، ترکیه و ۰۰۰) شایان ذکر است شیشه های فلوت داخلی در حال حاضر کیفیت لازم برای استفاده در شیشه اتومبیل را ندارند ، البته اخیراً صنایع داخلی در ارتباط با بهبود کیفیت تمهیداتی در نظر گرفته اند که انشا... بزودی به ثمر خواهد رسید.
- طلق P.V.B : این طلق وارداتی است و بیشتر از شرکتهای بلژیکی تهیه می گردد.
- رنگ مشکی سرامیکی: این لعاب از کشور هلند تهیه می شود. لازم به ذکر است مشابه این رنگ در گروه صنایع شیشه گیلان ساخته شده است.
- خمیر نقره : این خمیر در المنت گرمکن شیشه عقب استفاده می شود و از کشور هلند تهیه می گردد.

#### ۵- مهمترین مشکلاتی که اکنون پیش روی صنعت شیشه است و راه حل های پیشنهادی خود را در این رابطه بفرمائید .

صنعت شیشه مثل سایر صنایع کشور در یک دهه گذشته از نظر کمی و ایجاد ظرفیت های جدید از رشد مطلوبی برخوردار بوده و توانسته بخش عمده ای از نیازهای کشور را تامین کند و تا حدودی نیز جایگزین محصولات وارداتی شود. ولی بنظر اینجانب این توسعه نکات قابل تامل ذیل را دارد:

سرمایه گذاری صورت گرفته شده در بخش های مختلف این رشته بخصوص در بخش شیشه تخت ، ظروف شیشه ای با دید تامین نیاز و در حد خرید ماشین آلات تولید و یا بعضاً خرید و انتخاب خوب تجهیزات تولیدی صورت گرفته و به بخش دانش فنی و چگونگی تولید محصولات در حد کیفیت های خوب و استانداردهای جهانی توجه شده است . این مهم در حال حاضر بیشتر نمایان شده است زیرا ظرفیت های تولیدی بیش از نیاز داخل بوده و می بایست فعالیت جهت حضور در بازارهای جهانی را به جد آغاز نمود. در این مرحله است که توجه به دانش فنی ارزشمند می گردد.

توسعه در بخش شیشه بخصوص شیشه تخت در چند سال اخیر بسرعت انجام و ظرفیت این محصول نسبت به دهه گذشته حدود سه برابر افزایش یافته است. متأسفانه در بخش فرآوری مواد معدنی مصرفی بخصوص پودر سیلیس که حدود ۷۰ درصد مواد اولیه را شامل می شود اقدام موثر صورت نگرفته و این امر باعث شده که راندمان تولید نسبت به ظرفیت کارخانجات مذکور تا حدود ۲۰ درصد کاهش و یا از نظر کیفی امکان دستیابی به کیفیت های مناسب به سختی صورت پذیرد.

بطور کل با توجه به موارد فوق جهت توسعه بازار داخل و حضور در بازارهای جهانی مراتب ذیل دارای اهمیت ویژه ای است:

۱. ایجاد تنوع محصولات و ارتقاء کیفی
۲. کاهش قیمت تمام شده
۳. ایجاد بستر رقابتی

### ۶- طرح های توسعه احتمالی شرکت شامل چه مواردی است؟

گروه صنایع شیشه گیلان به منظور تولید شیشه اتومبیل های نسل جدید در سال ۱۳۸۱ اقدام به اجرای طرح توسعه ای بنام شرکت شیشه ایمنی سپهر در شهر صنعتی کاوه واقع در شهرستان ساوه نموده. پروژه مذکور به مدیریت اینجانب با ظرفیت ۴۰۰۰۰۰ ست انواع شیشه اتومبیل و سرمایه گذاری حدود ۲۵۰ میلیارد ریال ظرف حدود ۱۰ ماه اجرا و مورد بهره برداری قرار گرفت فاز ۲ طرح از نظر کارهای ساختمانی و افزایش ظرفیت تا سطح ۶۵۰۰۰۰ ست شیشه انواع اتومبیل آماده گردیده و ماشین آلات مربوطه انتخاب شده و اجرای آن منوط به درخواست بازار داخلی و فعالیت های صادراتی شرکت است. لازم به توضیح است که با فعالیت های صورت گرفته امکان صادرات شیشه اتومبیل میسر گردیده و اولین محموله این شرکت به یک کارخانه خودرو سازی اروپایی بنام ایویکو ارسال شده است. در خواست شرکت مذکور سالانه حدود بیست میلیون دلار است.

### ۷- علت کم رنگ بودن همکاری های صنعت و دانشگاه را در چه چیزی ارزیابی می کنید و برای رفع این معضل چه پیشنهاداتی دارید؟

به نظر می رسد در دهه های گذشته به دلیل عدم تناسب عرصه و تقاضا و محدودیت ورود کالاهای خارجی به داخل کشور واحدهای صنعتی مشکلی برای عرضه محصولات خود در کشور احساس نمی کردند و عمدتاً با تولید حتی ۵۰ درصد ظرفیت اسمی سودهای خوبی را کسب می نمودند. لذا وقتی محصول با هر کیفیتی تولید و برای آن مشتری به صف ایستاده داشته باشد نیازی به ارتقاء سطح کیفی و یا رفع معضلات تولیدی احساس نمی شود.

در سال های اخیر با ظرفیت سازی های انجام شده و باز شدن درهای کشور به روی محصولات خارجی، در صنایع مختلف در بحث کیفی و تولیدی در حد راندمانهای بالا احساس ضعف گردید و در بسیاری از صنایع امکان رقابت را محدود نمود. با مشکلات بوجود آمده و احساس خطری که مدیران محترم صنعتی نموده اند به سرعت در پی رفع این موانع می باشند در این مقطع احساس می شود دانشگاه می تواند نقش مهمی را در این موارد داشته باشند.

تجربه نشان داده که مدیران صنعتی در سال های اخیر بقدری سرگرم حل و فصل مسائل مالی شرکت ها می باشند که کمتر به رفع معضلات تکنولوژی خود می رسند، در این مرحله دانشگاه می تواند نقش مهمی داشته باشد و با توجه به احساس نیازی که از سوی طرفین مشاهده شده و با هماهنگی های لازم که ساز و کار عملی آن از طرف سازمانهای مربوطه تدوین شده است می تواند همکاری های بسیار سازنده ای بین صنعت و دانشگاه صورت پذیرد.

### ۸- با توجه به ورود محصولات دو کشور ترکیه و چین به داخل بازار ایران، مختصری در مورد مشکلات و محاسنی که این واردات برای صنایع شیشه کشور ایجاد کرده است توضیح فرمائید.

با عنایت به بررسی های بعمل آمده و مزیت نسبی موجود برای بخش های مختلف تولید محصولات شیشه ای در کشور اعتقاد بر این است که چنانچه واحدهای تولیدی این رشته از صنعت بخصوص شیشه تخت، شیشه آینه، شیشه اتومبیل و ۰۰۰ استانداردهای تولید راه، که باتوجه به تجهیزات نصب شده امکانپذیر است، رعایت بنمایند ظرفیت سازی های انجام شده امکان رقابت داخلی و خارجی با سایر کشورها از جمله ترکیه و چین را میسر نموده و نگرانی برای واردات محصولات کشورهای فوق به ایران نخواهد بود.

### ۹- وضعیت کارگاه های شیشه گری سنتی در ایران را چگونه ارزیابی می کنید؟

همانگونه که پیش بینی می گردید و طی جلسات متعدد به کار فرمایان محترم و زحمتکش این بخش از صنعت شیشه اعلام شده اگر در ارتقاء سطح تکنولوژی و رفع مشکلات و معضلات فنی خود اقدام ننمایند و همکاری لازم به منظور بهبود بکارگیری تجهیزات مناسب صورت نگیرد دچار مشکل خواهند شد.

این امر با رشد واحدهای تولید ظروف شیشه ای در مقیاس صنعتی الزام بیشتری یافته است. واحدهای مذکور بتدریج نه تنها رشد نکردند بلکه سهم خود را در دو دهه گذشته در بازار از دست داده اند بهر جهت و به دلایل فوق صاحبان اصلی صنعت ظروف شیشه ای که تجارب بسیار با ارزش را دارند در حاشیه قرار گرفته و در حال حاضر بخشی از این واحدها با امکانات بسیار جزئی در حال تولیداند که از نظر اقتصادی در وضعیت مناسبی قرار ندارند.

پیشنهاد می گردد با همت سازمان صنایع کوچک و کارفرمایان محترم سرعت نسبت به بررسی و ساماندهی این بخش اقدام شود که اینجانب اعتقاد دارم با توانمندی موجود و تجارب استادکاران این رشته از صنعت شیشه و با توجه به ارزش افزوده بالایی که این گروه از تولیدات دارند این گروه از صنایع می توانند حیاتی دوباره پیدا نمایند و اینجانب با توجه به علاقه مندی که دارم حاضرم تجارب خود را در اختیار قرار دهم.

### ۱۰- در پایان بار دیگر از شما تشکر می کنیم و برای شما آرزوی موفقیت داریم. لطفاً

**چنانچه مطلب دیگری باقی مانده است، بیان نمایید.**

ضمن تشکر از فرصتی که به من داده اید تا نقطه نظرات خود را در این فصلنامه وزین مطرح نمایم ، پیشنهاد می نمایم که انجمن سرامیک نشست های دوستانه ای به منظور تبادل اطلاعات متخصصین سرامیک کشور برگزار نماید، منظور برگزاری سیمینارهای تخصصی و از این گونه موارد هزینه بر نیست بلکه این امر می تواند با دعوت تعدادی از افراد بصورت دوره های منظم چند ساعتی انجام پذیرد. این امر باعث می شود حداقل در یک محفل دوستانه و تخصصی فرصتی بدست آید تا متخصصین در کنار هم بتوانند به طرح مشکلات خود و رفع آنها بپردازند.

### **جناب آقای دکتر مهران صولتی عضو ممتزم هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران**

درگذشت پدر بزرگوارتان را تسلیت عرض نموده برای آن مرحوم علو درجات و برای جنابعالی و خانواده محترمتان از درگاه ایزد منان صبر و شکیبایی مسئلت داریم.

هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران

### **جناب آقای دکتر مهران صولتی عضو ممتزم هیئت مدیره انجمن سرامیک ایران**

فقدان پدر گرامیتان را تسلیت عرض نموده از خداوند منان برای ایشان طلب آمرزش و برای جنابعالی و خانواده داغدارتان صبر جزیل خواستاریم.

فصلنامه سرامیک ایران



# یادواره



**دکتر ابراهیم مسعود** یکی از مدیران فعال و دلسوز صنعت سرامیک ایران بودند که در شانزدهم آذر ماه ۱۳۲۶ در محله بابا طاهر همدان متولد شدند. دوران دبستان و دبیرستان را در همدان سپری کرده و پس از اخذ دیپلم متوسطه در رشته فیزیک دانشگاه تهران پذیرفته شدند. ایشان ضمن تحصیل به کار تدریس و مسئولیت بهداشت مواد غذایی شهرداری تهران مشغول بودند. پس از اخذ مدرک لیسانس در مدت هفت ترم، برای خدمت نظام وظیفه به منطقه سیستان و بلوچستان اعزام شدند. پس از طی دوران خدمت سربازی به کشور انگلستان عزیمت کردند و موفق به اخذ PHD از دانشگاه stoke on trent

شدند پس از اخذ این مدرک در لندن در دانشگاه Brunel همزمان Post Doctoral Research داشتند. در همین زمان ایشان ثبت اختراعی نیز در زمینه لعاب داشتند که توسط روش الکترولیز می توانستند روی فلزات یا مواد دیگر لعاب بزنند. این اختراع در کشور انگلستان به ثبت رسیده است. دکتر مسعود سال ۶۱ ازدواج کردند و حاصل این ازدواج دو فرزند پسر و یک دختر است. ایشان سال ۶۳ به ایران بازگشتند تا دین خود را نسبت به مملکت عزیز خود ادا کنند. ابتدا به استخدام جهاد دانشگاه صنعتی شریف در آمدند و ضمن خدمت در آنجا به کار تدریس در دانشگاه صنعتی شریف نیز مشغول بودند در همین دوران در شرکت های کاشی قائم، ایران لعاب، آردل، شیشه و سرامیک قزوین، آبگینه قزوین، آلومینیوم سازی اراک، کاشی پارس و کاشی الوند سمت مشاور را داشتند. سپس به عنوان قائم مقام و مشاور مدیر عامل به استخدام کاشی سعدی در آمدند و ضمن خدمت در کارخانه کاشی سعدی در دانشگاه شهید رجایی لویزان نیز تدریس می کردند. در سال ۷۲ نیز در کارخانه کاشی حافظ شیراز با سمت رئیس هیئت مدیره و قائم مقام مدیر عامل مشغول به کار شدند. پس از ۷ سال مجدداً به تهران و کارخانه کاشی سعدی بازگشتند و تا سال ۸۲ در این کارخانه به عنوان قائم مقام مدیر عامل و عضو هیئت مدیره با تمام توان خود خدمت نمودند.

از مهمترین کارهای ایشان در کارخانجات محل کارشان ارائه طرح های توسعه و راه اندازی قسمتهای جدید با حداقل هزینه بود. ایشان به عنوان استاد مشاور دانشجویان مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد دانشگاه علم و صنعت و دیگر دانشگاههای دولتی نیز به جامعه علمی کشور خدمت نمودند. دکتر مسعود همچنین از اعضای فعال انجمن سرامیک ایران و عضو هیئت مدیره از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳ بودند. کتب جرم های نسوز، محاسبات در تکنولوژی کوره ها، لعاب فلز و کاربرد آن در صنعت، دایره المعارف صنعت سرامیک و صنعت لعاب از تالیفات ایشان است.

مرحوم دکتر مسعود دوسال اخیر را در کارخانجات کاشی و سرامیک سینا بودند و با تمام توان خود در جهت اصلاحات و توانمند کردن این کارخانه کوشیدند و بزرگترین آرزویشان خودکفایی و پیشرفت کشور عزیزمان ایران بود و به قول خودشان آخرین یادگار خود را در کاشی سینا با گردآوری مدیران و مهندسين دلسوز و مسئول باقی گذاشتند و تا آخرین لحظات عمر از این مطلب خرسند بودند. روحشان شاد

# ژل بایندهای طبیعی، گامی نو در صنعت سرامیک

زهرا صالحپور، حسین سرپولکی

گروه سرامیک دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه علم و صنعت ایران

salehpourz@iust.ac.ir

## ۱- مقدمه

چسب یا بایندهر نقش بسیار مهمی در روشهای نوین شکل دادن سرامیکها دارد. بطور کلی در ساخت سرامیکهای متداول و صنعتی از رس بعنوان چسب معدنی استفاده می شود حال آنکه نقش بایندهای غیر معدنی در فرایند ساخت محصولات سرامیکی فاقد پلاستیسیته اهمیت بسزایی دارد بطوریکه انتخاب روش شکل دادن بر پایه نوع و مقدار این افزودنیها تعیین می شود. افزودن بایندهر به مخلوط مواد اولیه، شکل پذیری را میسر ساخته و به جسم شکل داده شده مقاومت می بخشد تا امکان جابجائی آن را قبل از پخت فراهم نماید [۱].

چسبها و افزودنی های مصرفی در صنایع سرامیک، به دونوع آلی و معدنی تقسیم می شوند که هرکدام کاربردهای خاص خود را دارند. بعنوان مثال از پلی وینیل الکل<sup>۱</sup>، کربوکسی متیل سلولز<sup>۲</sup>، سیمانها و رسها در تولید قطعات سرامیکی می توان نام برد. همانطور که اشاره شد رسها بعنوان متداولترین بایندهر معدنی در ریختهگری سرامیکها استفاده می شود. بدلیل اینکه فرآیند ریخته گری دوغابی یک فرآیند تقریباً آرام (زمانبر) می باشد، مشکل توزیع ناهمگن بایندهر و نیز شیب غیریکنواخت دانسیته بخصوص در مورد قطعات ضخیم وجود دارد. همچنین در روش قالبگیری تزریقی که معمولاً از بایندهای آلی استفاده می شود، سوختن و خروج بایندهر نیاز به زمان طولانی داشته و عیوب مختلفی از جمله بادکردگی، ترک خوردگی و تغییر فرم بخصوص زمانیکه حجم پلیمر یا واکس مورد استفاده زیاد باشد، بوجود می آید. بهمین دلیل، این روش نیز محدود به قطعات کوچک یا نازک می گردد.

نوع و مقدار بایندهای آلی بر روی بارهای سطحی ذرات، تولید حباب و پایداری آن، دستیابی به بالاترین مقدار جامد، استحکام خام، کنترل ابعاد و تشکیل عیوب درطول فرآیند سوختن و خروج بایندهر موثر می باشند. فرآیندهائی که حاوی مقادیر کم بایندهای آلی بوده و در عین حال محصولی با دانسیته خام بالا و استحکام بالا تولید می نمایند، در شکل دهی سرامیکها بسیار مطلوب می باشد. در سالهای اخیر، تکنیکهای شکل دهی کلوئیدی جدید مانند ریخته گری ژلی<sup>۳</sup> و ریخته گری کواگوله ای مستقیم (DCC)<sup>۴</sup> در شکل دادن قطعات سرامیکی پیچیده مورد استفاده قرار گرفته است که در این روش ها همگنی مناسبی در بدنه خام تامین شده است.

ریخته گری ژلی که بر پایه پلیمریزاسیون بایندهر منومر آلی میباشد، قابلیت تولید بدنه های خام با شکلهای پیچیده را فراهم می سازد. در این محصولات با مصرف مقادیر کمتر از ۴٪ وزنی بایندهر، بدنه هایی با دانسیته خام بالا بدست میاید [۲].

بطور کلی بایندها را می توان از دیدگاه های مختلف و با توجه به نوع کاربرد تقسیم بندی نمود. برای مثال

<sup>1</sup> PVA

<sup>2</sup> CMC

<sup>3</sup> Gel casting

<sup>4</sup> Direct coagulation casting

از بایندهای معدنی و آلی، بایندهای محلول و غیر محلول و همچنین بایندهای سنتتیک و طبیعی می‌توان نام برد.

## ۲- بایندهای طبیعی

بایندهای طبیعی موادی هستند که مستقیماً یا با انجام تغییراتی از طبیعت استخراج می‌شوند. این افزودنیها، کاربرد زیادی در صنایع غذایی دارد که نشان دهنده میزان بی خطر بودن مصرف این نوع بایندها می باشد. با توجه به گستردگی مصرف بایندها در فرآیندهای سرامیکی و بدلیل مخاطرات ناشی از استفاده از بایندهای آلی سنتزی از جمله منومر آکریل آمید<sup>۵</sup>، که کاربرد وسیعی در صنایع سرامیک دارد [۲]، در سالهای اخیر گرایش جدیدی به سمت استفاده از بایندهای طبیعی در فرآیندهای ساخت سرامیکها بوجود آمده است.

### ۲-۱- مزایای استفاده از بایندهای طبیعی

بایندهای طبیعی دارای مزایای متفاوتی هم در فرآیند تولید و هم حین کاربرد می باشند [۳]:

- غیر سمی هستند.
  - زیست تخریب پذیر بوده و دوستدار محیط زیست می باشند.
  - ارزان قیمت و در دسترس می باشند.
  - برای شروع یا تکمیل فرآیند ژل شدن نیاز به افزودنی های شیمیائی ندارند.
  - برخی از ژل بایندهای طبیعی امکان رساندن دانسیته محصول به ۹۵ تا ۹۷ درصد دانسیته تئوریک را فراهم می کنند.
  - برخی از ژل بایندهای طبیعی امکان تولید نوارهای با ضخامت های کم (حداقل ۶۰ میکرون) را فراهم می کنند.
  - برای تهیه قطعات سرامیکی همگن با اشکال پیچیده مناسب می باشند.
  - با توجه به خواص بالای برخی از بایندهای طبیعی، مقدار مصرف بایندها را می توان کاهش داد.
  - امکان دستیابی به استحکام خام بالاتر در مقایسه با بدنه های تهیه شده با استفاده از بایندهای شیمیایی منومر و پلیمر با درصد وزنی برابر بایندها را فراهم می سازد.
- امروزه ژل بایندهای طبیعی کاربرد گسترده ای در پژوهش و صنعت سرامیک یافته اند. از جمله کاربرد موفقیت آمیز آنها در سنتز پودرها به ویژه پودرهای نانوسایز و همچنین در ساخت قطعات سرامیکی می باشد. این بایندها که عموماً عمل اتصال دهی را با تغییر دما از طریق فرآیند ژلاسیون<sup>۶</sup> یا ژله ای شدن انجام می دهند، در فرآیندهای قالبگیری تزریقی و ریخته گری ژلی سرامیکها مورد استفاده قرار می گیرند [۳].

### ۲-۲- انواع ژل بایندهای طبیعی

ژل بایندهای متداول در شکل دهی سرامیکها که عمدتاً برپایه پلی ساخارید ها یا پروتئین ها می باشند، متداولترین آنها عبارتند از [۳]:

- ژلاتین
- آگار
- آگارز
- پلی ساخارید
- اوالبومین (سفیده تخم مرغ)

<sup>5</sup> Acryl amide monomer

<sup>6</sup> Gelation



• پروتئین هایی مثل آلبومین موجود در سرم خون گاو و کنسانتره پروتئین گندم [۳]

### ۲-۲-۱ ژلاتین (Gelatin)

ژلاتین نوعی ماده پروتئینی است که از جوشاندن استخوان حیوان و بافتهای نرم آن که حاوی کلاژن می باشد، در آب یا اسید رقیق بدست می آید. ژلاتین بی رنگ، شفاف، ترد، بدون بو و به شکل خالص بدون مزه می باشد و با قرار گرفتن در آب سرد، به ۵ تا ۱۰ برابر وزن خود رسیده، باد کرده و تبدیل به یک جرم شفاف الاستیک می شود [۴].

### ۲-۲-۲ آگار (Agar)

آگار ماده ای ژلی است که کاربردهای تجاری زیاد دارد. این ماده در دیواره سلول انواع مختلف جلبک دریایی قرمز بویژه انواع آسیایی نوع Gelidium یافت می شود.

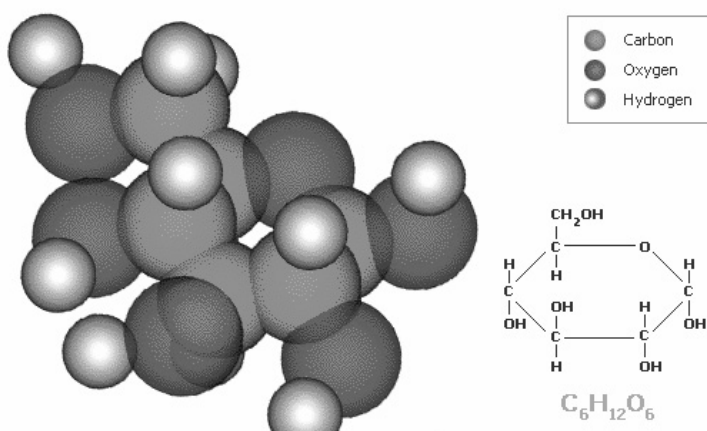
آگار با جوشاندن جلبک دریایی بدست می آید و سپس سرد و خشک شده و به شکل ورقه های نازک فروخته می شود که معمولاً آگار آگار نامیده می شود که نام یک کلمه مالایی برای جلبکهای دریایی محلی است. این محصول در شرق آسیا تولید می شود اما امروزه در دیگر مناطق حاشیه اقیانوس آرام مانند کالیفرنیا و استرالیا نیز تهیه می شود [۴].

### ۲-۲-۳ آگارز (Agarose)

یک کربوهیدرات (پلی ساخارید) بدست آمده از آگار است. آنالیز آگارز شامل ۲٪ وزنی ناخالصی های یونی به شکل  $SO_4^{2-}$  و دارای کمتر از ۱٪ وزنی خاکستر می باشد. بطور کلی مولکولهای آگارز پایدار بوده و خارج از محدوده pH = ۴-۱ تجزیه نمی شود. آگارز آب جذب کرده و در دمای محیط در آب باد می کند و در آب داغ با دمای حدود  $80^{\circ}C$  حل می شود. استحکام ژلی یک محلول حاوی ۱/۵٪ آگارز به بیشتر از  $600 \text{ gr/cm}^2$  می رسد [۲].

### ۲-۲-۴ پلی ساخاریدها (کربوهیدرات ها)

کربوهیدراتها به همه گروههای بزرگ ترکیباتی که شامل اکسیژن و هیدروژن به شکل آب در ترکیب باکربن می باشند، اطلاق می گردد. فرمول اغلب این ترکیبات بصورت:  $C_m(H_2O)_n$  بیان می شود. کربوهیدراتها فراوان ترین ترکیبات آلی در طبیعت هستند که بوسیله عمل فتوسنتز توسط گیاهان سبز ساخته می شوند. ساده ترین نوع کربوهیدراتها قند ساده یا منوساخارید است که مهمترین آن گلوکز است. مولکول گلوکز شامل حلقه ای از یک اتم اکسیژن و پنج اتم کربن می باشد. بقیه اتمهای اکسیژن و اتمهای کربن و هیدروژن از بیرون به این حلقه چسبیده اند (شکل ۱).

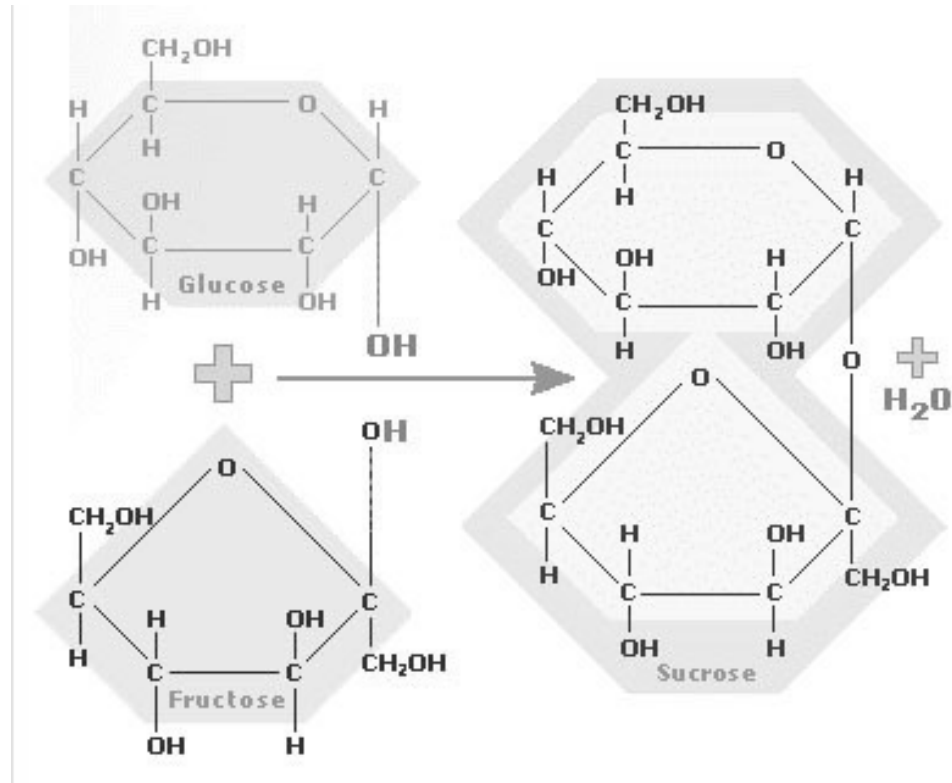


Encarta Encyclopedia, © Microsoft Corporation. All Rights Reserved.

شکل ۱- یک مولکول گلوکز که شامل حلقه ای از یک اتم اکسیژن و پنج اتم کربن می باشد [۴].



دای ساخارید از اتصال دو منوساخارید بوسیله یک اتم اکسیژن و گرفتن آب از آن بوجود می‌آید که مهمترین آن ساکروز(شکر نیشکر) لاکتوز و مالتوز است (شکل ۲). پلی ساخارید دارای مولکولهای زیادی است که از یک یا چند نوع واحد منوساخارید ساخته شده است [۴].



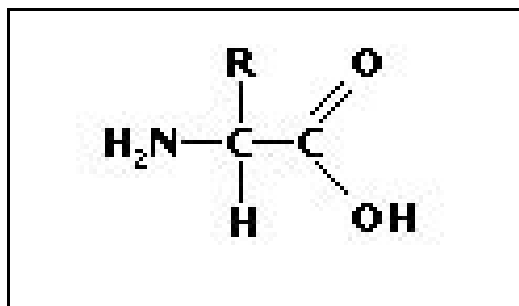
شکل ۲- یک مولکول دای ساخارید ( ساکروز) [۴]

### ۲-۲-۵- اوالبومین (Ovalbumin)

اوالبومین پروتئین موجود در سفیده تخم مرغ است که از ۴۰۰ زنجیره اسید آمینه فرآورده (محصول هیدرولیز پروتئین) به شکل یک زنجیره پلی پپتیدی (Polypeptide) تکی تشکیل شده است [۴].

### ۲-۲-۶- پروتئین (Protein)

یک مولکول پروتئین از هزاران اتم که عمدتاً هیدروژن، اکسیژن، کربن و نیتروژن می‌باشند، تشکیل شده است. پانزده درصد بدن انسان از پروتئین تشکیل شده که شامل ۱۰۰،۰۰۰ نوع مختلف می‌باشند. از شکسته شدن مولکولهای بزرگ پروتئین با جوشاندن طولانی مدت آن در آب یا با ترکیب نمودن آن با اسید یا قلیا اسیدهای آمینه بوجود می‌آیند که ساختار ساده تری نسبت به پروتئین دارند [۴] (شکل ۳).

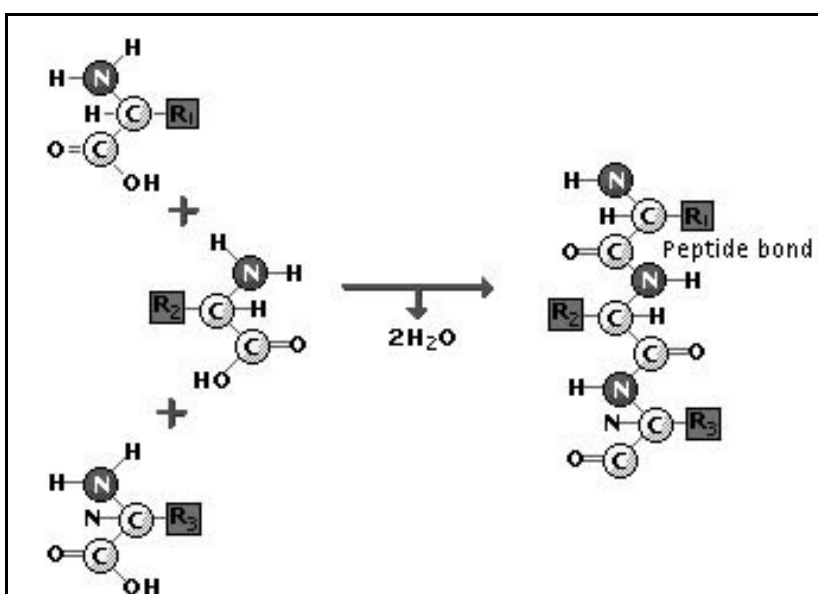


شکل ۳- ساختار یک مولکول اسید آمینه پروتئین [۴]

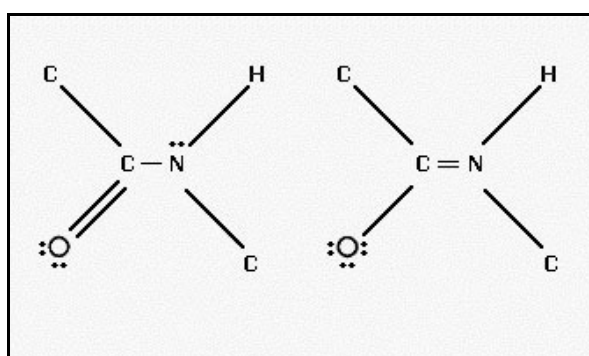
## ۷-۲-۲- اسیدهای آمینه فرآوری شده<sup>۷</sup>

بعد از گرفتن یک مولکول آب از یک مولکول اسید آمینه، گروههای اتمی موسوم به اسیدهای آمینه فرآورده بجا میمانند. زنجیرهای طولانی این اسیدهای آمینه حاصل از هیدرولیز پروتئین، زنجیرهای پلی پپتید نامیده می شوند. این زنجیرها معمولاً خیلی بزرگ هستند. در این زنجیرها فاصله بین اتمها حدود ۰/۰۲ آنگستروم و زاویه بین پیوندهای شیمیائی حدود ۳ درجه می باشد (شکل ۴). جزء اصلی ساختار که اهمیت خاصی دارد، گروههای شش اتمی بنام گروه آمید (CCNH) هستند که آرایش صفحه ای دارند. این گروه آمید صفحه‌ای، قسمت صلب زنجیر پلی پپتید را تشکیل می دهند. پیوند های شیمیائی در گروههای آمید به دو صورت زیر است:

- وجود پیوند دوگانه بین اتم کربن و اتم اکسیژن مجاور
- وجود پیوند دوگانه بین اتم کربن مشابه و اتم نیتروژن مجاور (شکل ۵)



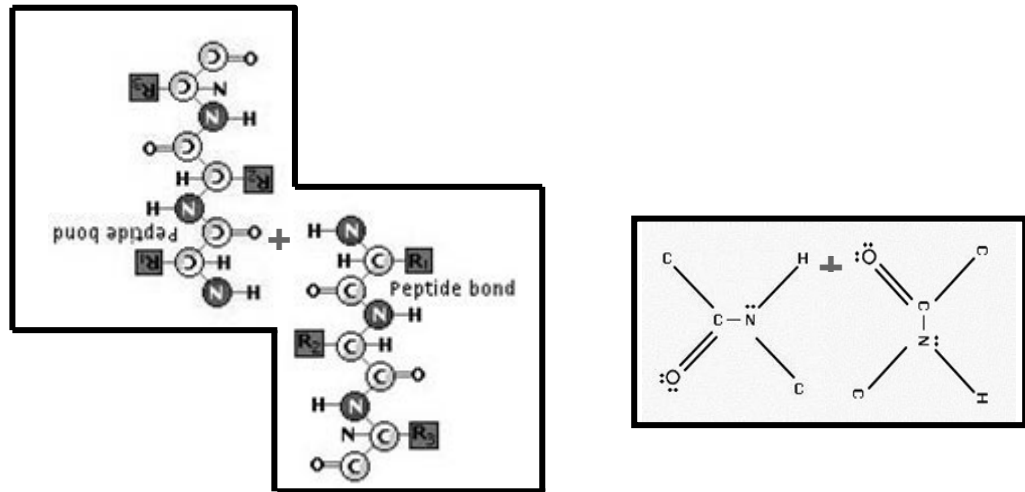
شکل ۴- زنجیر های پلی پپتاید حاصل از هیدرولیز [۴]



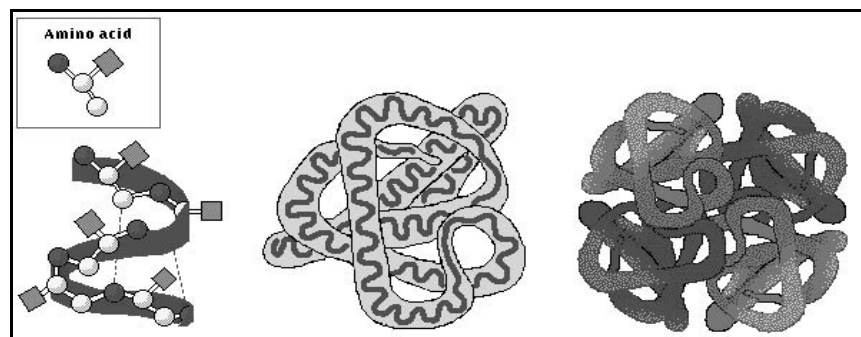
شکل ۵- ساختار صفحه ای گروههای آمید [۴]

در زنجیرهای پلی پپتیدی گروههای آمید توسط پیوند هیدروژنی به یکدیگر متصل می شوند. پیوند هیدروژنی بین دو گروه آمید، یک پیوند ضعیف است که اتم نیتروژن از یک گروه آمید را با اتم اکسیژن گروه دیگر پیوند می دهد (شکل ۶). و در نهایت پیوند هیدروژنه بین گروههای آمید در زنجیرهای پلی پپتید در سه بعد، ساختاری مارپیچ به نام  $\alpha$ -Helix ایجاد می نماید [۴] (شکل ۷).

<sup>7</sup> Amino Acid Residue



شکل ۶- پیوند هیدروژنی بین دو گروه آمید [۴]



شکل ۷- ساختار فضائی زنجیره‌های پلی پپتاید [۴]

### ۲-۳- کاربرد ژل بایندرهای طبیعی در سنتز سرامیکهای نوین

استفاده از ژل بایندرهای طبیعی برای ساخت قطعات سرامیکی و نیز سنتز پودرهای نانوسایز، در قرن بیست و یکم توسعه زیادی یافته و زمینه‌های تجاری این نوع بایندرهای دوستدار محیط زیست به سرعت فراهم می‌گردد. در بخش پایانی با توجه به گسترش مصرف این افزودنیها در صنایع سرامیک به نمونه‌هایی از کاربردهای بایندرهای طبیعی اشاره می‌گردد.

#### ۲-۳-۱- سفیده تخم مرغ

#### ۲-۳-۱-۱- کاربرد سفیده تخم مرغ در ریخته‌گری ژلی سرامیکها

در تحقیقی که توسط Dhara و Bhargava انجام شد، استفاده از سفیده تخم مرغ بعنوان بایندر در ساخت قطعات آلومینایی با استفاده از دوغاب سنگین آلومینا بصورت ریخته‌گری و تزریق در قالب و نیز ریخته‌گری نواری<sup>۸</sup> مورد مطالعه قرار گرفت [۳].

انگیزه این تحقیق، مشاهده عادی تغییر فیزیکی محتویات مایع تخم مرغ با جوشاندن آن در آب بوده است. در این تحقیق دوغابهای غلیظی (slurry) با درصد متفاوت حجمی جامد آلومینا (۳۴-۵۰٪) و سفیده تخم مرغ مخلوط شده در آب، آماده می‌شوند.

با افزایش مقدار جامد، مقدار الوبومین موجود در مخلوط اولیه کاهش می‌یابد. برای تهیه بدنه‌های بالک، دوغاب ریخته‌گری شده تا دمای ۸۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود که در نتیجه الوبومین بصورت ژل درمی‌آید. سپس نمونه‌های ژلی تحت اتمسفر با رطوبت کنترل شده، خشک شده و در پایان برای رسیدن

<sup>8</sup> Tape Casting

به دانسیته ۹۴ تا ۹۷ درصد دانسیته تئوریک در هوا زینتر می شود. برای تولید نوارهای با ضخامت ۶۰ میکرون از دوغابهای آلومینایی با سفیده تخم مرغ و بدون استفاده از آب استفاده می شود.

میزان بایندر باقیمانده در بدنه خام خشک، پائین ترین مقدار بوده و حدود ۴-۶٪ مقدار بایندر باقیمانده در روش ریخته گری ژلی با استفاده از بایندهای آلی می باشد.

### آماده سازی دوغاب (اسلاری)

محلول ۱- اکتانول (۵ میلی لیتر به ازای هر ۱۰۰ میلی لیتر سفیده تخم مرغ) بعنوان کنترل کننده کف به سفیده تخم مرغ اضافه شده و توسط یک همزن مغناطیسی به مدت ۲ ساعت همزده می شود. و البومین با آب مقطر با نسبتهای مختلف مخلوط می گردد.

### ریخته گری و عملیات بعدی

پس از آماده شدن دوغابها، آنها تحت خلاء پائین به مدت ۱ ساعت هوازدایی شده و سپس در قالبهای چهارگوش که با نوعی ژل نفتی پوشانده شده اند، ریخته گری می شوند. قالبها در یک کوره پیش گرم در دمای °C ۸۰ بمدت ۱ ساعت قرار داده شده و سپس تا دمای اطاق سرد می شوند و بدنه ها از قالب جدا شده و تحت شرایط رطوبتی کنترل شده، خشک می شوند.

گرم کردن اوالبومین تا دمای °C ۸۰ باعث تغییر ساختار پروتئین ماریچی شده و بدلیل این استحاله، دوغاب تبدیل به ژلی با ذرات سرامیکی که در ساختار ژل محکم شده اند می گردد. بدنه سرامیکی خام ژل شده صلب و محکم بوده و به راحتی از قالب جدا می شود. جذب بایندر روی سطوح ذرات آلومینا بدلیل ماهیت قطبی بایندر و ذرات پودر آلومینا می باشد.

### ۲-۳-۱-۲- تهیه نوارهای آلومینائی

نوارها روی صفحات نازک PET<sup>۹</sup> با استفاده از روش ریخته گری نواری در مقیاس آزمایشگاهی ریخته گری شده و سپس در معرض رطوبت بالا (۹۵٪) و دمای °C ۶۰ قرار داده می شوند. سطح رطوبت بتدریج تا ۵۰٪ در یک دوره زمانی ۶ ساعته کاهش می یابد.

در هر دو نوع بالک و نواری، مراحل سوختن بایندر و زینترینگ به صورت زیر انجام می شود:

### مراحل زینترینگ

- نیم ساعت نگهداری در هریک از دماهای: ۱۲۰ ، ۳۵۰ ، ۵۵۰ درجه سانتیگراد
- پخت بیسکویت در دمای °C ۹۰۰ به مدت ۲ ساعت.
- زینترینگ در کوره جداگانه در دمای °C ۱۶۰ به مدت ۲ ساعت

در این تحقیق نتیجه گرفته شد که سفیده تخم مرغ برای شکل دادن دوغابهای آبی با میزان جامد بالا که رفتار سودوپلاستیک (shear thinning) از خود نشان می دهند مطلوب بوده و ویسکوزیته دوغابها با تنظیم مقدار اوالبومین برای درصد حجمی مشخص ذرات جامد آلومینا قابل تنظیم است.

اگرچه کاربرد اوالبومین بعنوان یک بایندر مزایای زیادی مانند: قیمت ارزان، زیست تخریب پذیر بودن، غیرسمی و سهل الوصول بودن دارد، اما بدلیل تشکیل حباب در طول فرآیند مخلوط کردن و آسیاب کردن، مشکلاتی را ایجاد می نماید که برای کنترل آن می توان از عوامل ضد کف استفاده نمود[۳].

### ۲-۳-۱-۳- کاربرد سفیده تخم مرغ در سنتز آلومینای نانوکریستالین

در تحقیق دیگری نیز که توسط Dhara در سال ۲۰۰۵ میلادی انجام شد[۵]، روش جدیدی برای سنتز آلومینای کریستالین در ابعاد نانومتری با استفاده از اوالبومین پیشنهاد گردید. روشهای متداول برای تهیه

<sup>9</sup> Poly Ethylene



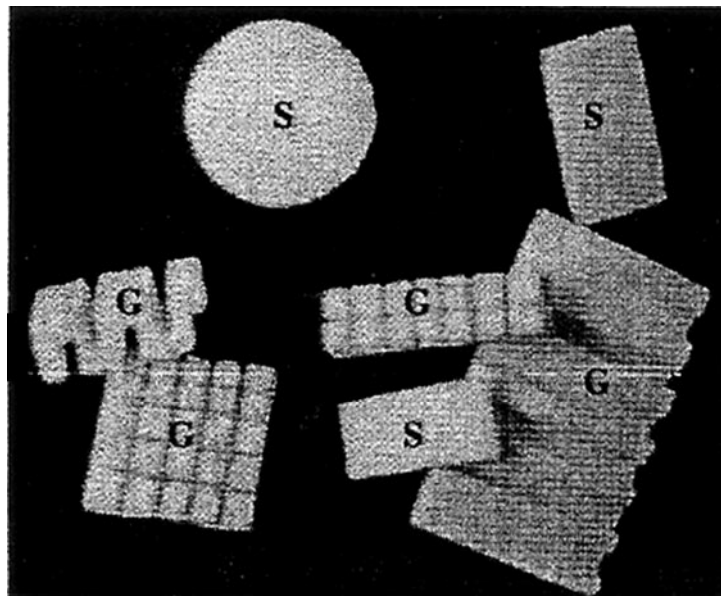
سرامیک‌های نانو کریستالین روشهای برپایه محلول مانند: سل ژل، هیدروترمال، هم‌رسوبی می باشد. اما در روش حاضر، از سفیده تخم مرغ (اوبومین) و نیترات آلومینیم در یک واسط آبی استفاده گردید. تغییرات استحکام یونی به ازای افزایش نیترات آلومینیم باعث ژلاسیون اوبومین می گردد. یونهای فلزی افزوده شده نیز در این زمینه ژلی پخش گردیده و پس از عملیات حرارتی این توده ژلی، در دمای پائین حدود  $330^{\circ}\text{C}$ ، ۷- آلومینای نانوسایز با محدوده اندازه ۸۰-۱۵ nm بوجود می آید.

پروتئینهای موجود در سفیده تخم مرغ که به شکل ژل در می آیند، زمینه بسیار مناسبی برای محبوس کردن و به دام انداختن یونهای فلزی ایجاد می کنند که با عملیات حرارتی تبدیل به اکسیدهای کریستالی یا آمرف با اندازه ذرات بسیار ریز می گردند. استفاده از سفیده تخم مرغ، این فرآیند را آسان نموده و یک فرآیند جایگزین دیگری برای سنتز اقتصادی ذرات سرامیکی می باشد.

### ۲-۳-۱-۴- کاربرد سفیده تخم مرغ در ساخت بدنه های متخلخل<sup>۱۰</sup> سرامیکی (فوم)

Bhargava و Dhara در تحقیقی دیگر که در سال ۲۰۰۳ میلادی در انستیتو تکنولوژی هند انجام دادند، به روشی ساده برای ریخته گری مستقیم فوم های سرامیکی و فلزی با استفاده از اوبومین در دوغابهای آبی، دست یافتند [۶].

فوم های سرامیکی دارای کاربردهای جداسازی مختلف، مانند کاتالیست، فیلتراسیون، عایق حرارت همچنین ساختارهای ضربه گیر، مواد با استحکام ویژه بالا، اشکال اولیه برای کامپوزیت های فلز - سرامیک، ایمپلنت های پزشکی و مشعلهای احتراقی با بازده بالا می باشند. روشهای متعددی برای تهیه بدنه های متخلخل براساس روش سنتز پودر وجود دارد که سل - ژل یکی از این فرآیندهای شناخته شده می باشد.



شکل ۸- اشکال مختلف تولید شده با ماشینکاری بدنه های متخلخل خام و زینتر شده. نمونه های با علامت G مربوط به نمونه های خام و نمونه های مشخص شده با علامت S مربوط به نمونه های زینتر شده می باشد [۶].

یکی دیگر از متداولترین روشها برای تهیه بدنه های سرامیکی با تخلخل های ماکرو، فیلتراسیون ماده اولیه پلی اورتان<sup>۱۱</sup> که معمولاً همراه با دوغابهای آبی سرامیکی است، می باشد. نمونه های فیلتر شده، خشک شده و پلی اورتان سوخته و از شبکه سرامیک خارج می شود که پس از زینتر، یک فوم سرامیکی بدست می آید. در این روش، سمی بودن  $\text{NO}_x$  متصاعد شده در مرحله آماده سازی پلی اورتان و نیز سوختن آن، شدیداً برای

<sup>10</sup> Foam

<sup>11</sup> Polyurethane

محیط زیست مضر می‌باشد. همچنین ساختار فوم سرامیکی تولید شده به این روش، محدود به ساختمان پلی اورتان بوده و نتیجتاً فوم تولید شده در این روش بدلیل وجود حفرات ناشی از خروج پلی اورتان، دارای قابلیت ماشینکاری ضعیف می‌باشد.

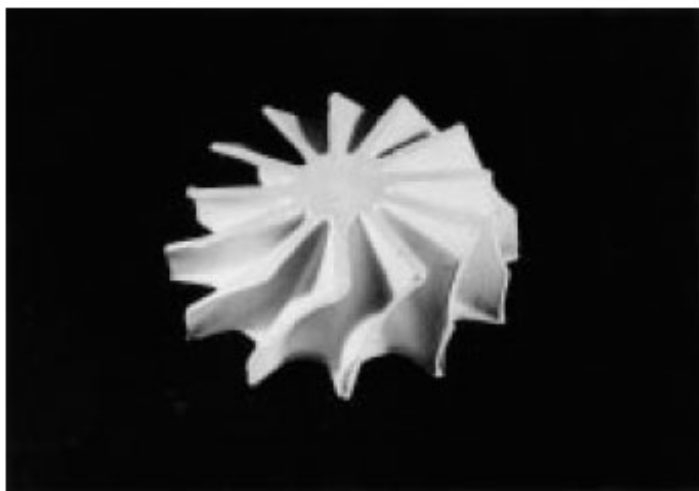
در این تحقیق با استفاده از اوالبومین و ساکروز ساختاری متخلخل و مستحکم ایجاد کرده که در آن، ریزساختار فوم حاصله شدیداً به رئولوژی دوغاب وابسته می‌باشد. در صورتیکه مقدار ماده جامد بیش از ۲۰٪ حجمی باشد برای گیرش فوم از اسید استفاده می‌گردد، که علاوه بر گیرش فوم، مانع مهاجرت بایندر نیز می‌شود. اما افزایش اسید باعث انقباض بیشتر و در نتیجه ترک خوردن فوم با مقدار بیش از ۲۰٪ حجمی ماده جامد می‌شود که افزودن ساکروز به دوغاب، مانع انقباض شده و در نتیجه فوم عاری از عیب با تخلخل بیش از ۹۵٪ تولید می‌گردد [۶].

تخلخل کلی و ریزساختار فوم با تغییر در میزان ماده جامد سرامیکی، نسبت اوالبومین - آب، زمان گیرش فوم، مقدار ساکروز و دمای زینترینگ کنترل می‌شود. فوم های سرامیکی که به این روش تولید می‌گردند، دارای استحکام خام بالا و قابلیت ماشینکاری درحالت خام و تبدیل آنها به شکل‌های مختلف می‌باشند. (شکل ۸).

## ۲-۳-۲- آگارز

### ۲-۳-۱- کاربرد آگارز در شکل دهی ژلی بدنه های متراکم سرامیکی

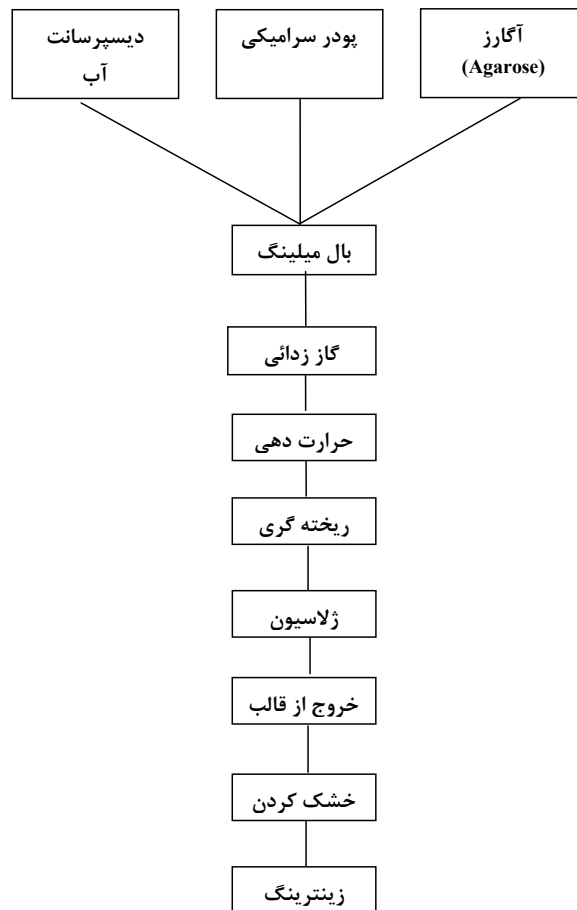
تعدادی از محققین دانشگاه سینگه‌وای چین در تحقیقی، برای ریخته گری آلومینا از آگارز بعنوان عامل ژل شونده، استفاده نموده و نتایج بسیار موفقیت آمیزی بدست آوردند [۲]. هدف از این تحقیق، مطالعه ریخته گری ژلی سوسپانسیونهای سرامیکی با ویسکوزیته ظاهری پائین، حاوی آگارز بعنوان بایندر، برای تولید بدنه های خام با اشکال پیچیده و کاملاً همگن بوده است.



شکل ۹- روتور توربین ( به قطر ۱۱۰ میلی متر) تهیه شده به روش ژل فورمینگ [۲]

در این روش از دوغابهایی با ۵۳-۵۵ درصد جامد و ۱/۰۵-۱/۰۷٪ وزنی آگارز استفاده گردید. نتایج حاصله نشان دهنده توزیع هموزن دانسیته در بدنه خام و استحکام خام بیشتر از ۳ مگا پاسکال می‌باشد. این روش برای تهیه قطعات پیچیده با سطوح صاف و دقت ابعادی بالا مثل روتور توربین که مستقیماً و بدون نیاز به مراحل ویژه برای سوختن بایندر، زینتر می‌شوند، بخوبی استفاده می‌گردد که محصول نهایی عاری از تغییر فرم و ترک می‌باشد. (شکل ۹)

مراحل آماده سازی دوغاب، عملیات حرارتی، ریخته گری و زینترینگ بدنه های ساخته شده به این روش را می‌توان در نمودار زیر خلاصه نمود:



شکل ۱۰ - نمودار مراحل ساخت یک قطعه سرامیکی به روش ریخته گری ژلی [۲]

### ۲-۳-۳- ژلاتین و آنزیم

#### ۲-۳-۳-۱- کاربرد ژلاتین و آنزیم موجود در سویا<sup>۱۲</sup> در ریخته گری سرامیکها

ژلی پنگ زی<sup>۱۳</sup> و همکاران به یک نوع جدید از فرآیند ژلاسیون برای شکل دهی بدنه خام سرامیکی دست یافتند که در آن از ژلاتین، آنزیم موجود در سویا و اوره استفاده شده است [۷]. زمانیکه محلول داغ ژلاتین سرد می شود اوره مانع از چسبیدن و جاذبه بین مولکولهای ژلاتین می گردد تا یک سوسپانسیون کاملاً دیسپرس توسط بال میل ایجاد شود و سپس در شرایط محیط گاز زدائی می گردد. بعد از افزودن آنزیم به سوسپانسیون مولکولهای ژلاتین یکدیگر را جذب نموده و یک شبکه سه بعدی با پیوندهای هیدروژنی ناشی از تجزیه آنزیم بوجود می آورند.

دوغابهای حاوی آلومینا و ژلاتین با فرآیند ژلاسیون فوق الذکر در دمای اطاق می گیرد و یک بدنه خام با ریزساختار هموزن و سطح صاف بدست می آید [۷].

### ۲-۳-۴- پروتئین و آلومین

#### ۲-۳-۴-۱- کاربرد کنسانتره پروتئین گندم و آلومین سرم گاوی برای شکل دهی ژلی

#### سرامیکها

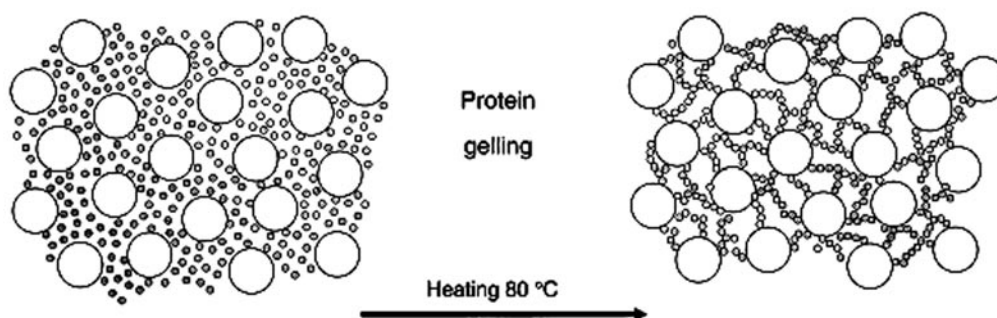
اولا لایک فیلد<sup>۱۴</sup> و همکاران از انستیتوی سرامیک سوئد، در سال ۲۰۰۰ میلادی به روشی جدید برای

<sup>12</sup> Urease

<sup>13</sup> Zhi-Peng Xie

<sup>14</sup> OlaLyckfeldt

شکل دهی ژلی سرامیکها با استفاده از پروتئین های کروی بعنوان عامل انعقاد و نیز چسب در دوغاب های سرامیکی دست یافتند[۸]. در این روش آلبومین سرم گاوی (BSA)، آلبومین (پودر سفیده تخم مرغ) و کنسانتره پروتئین گندم<sup>۱۵</sup> (WPC) به عنوان عوامل ژل شونده استفاده گردیدند. سوسپانسیون های حاوی  $ZrO_2$  و  $Al_2O_3$ ،  $Si_3N_4$  با درصد های مختلف ماده جامد (۴۴-۵۵٪ حجمی) برای این منظور تهیه شده، پروتئین های فوق الذکر اضافه گردیده و دوغاب حاصله در قالب های با اشکال ساده ریخته گری شده و در دمای  $80^{\circ}C$  عمل گیرش دوغاب (ژلاسیون) انجام می گیرد (شکل ۱۱). در مرحله ای از فرآیند، بدنه شکل داده شده برای رسیدن به دانسیته بالا (دانسیته تئوری  $> 99\%$ ) زینتر می گردد، که عمل زینترینگ می تواند از نوع زینترینگ تحت فشار گاز (GPS) برای  $Si_3N_4$  و زینترینگ بدون فشار تحت اتمسفر هوا برای اکسیدها باشد. در میان پروتئین های کروی مورد مطالعه، WPC خواص مطلوبتری از خود نشان داده است از جمله: جلوگیری از ضخیم شدن (سفت شدن) دوغاب<sup>۱۶</sup>، ایجاد کف کمتر، ژلاسیون سریعتر، استحکام خام بسیار بالاتر که امکان خروج بدنه خام از قالب را در حالت تر امکان پذیر نموده و ترک کمتری در طول فرآیند خشک کردن ایجاد می شود. بنابراین مقدار بالاتری از WPC برای رسیدن به ژلاسیون مطلوب، در مقایسه با پروتئین های دیگر، مورد نیاز می باشد. اثر نامطلوبی که WPC روی شرایط زینترینگ می گذارد باعث می شود که دانسیته بدنه شکل داده شده به این روش در مقایسه با روش های زینترینگ عادی پودرهای سرامیکی پائینتر باشد. بحرانی ترین مرحله در فرآیند حاضر، خروج کامل هوا و جلوگیری از تشکیل کف می باشد تا از ترک خوردگی در حین خروج از قالب و خشک کردن بدنه های ریخته شده، جلوگیری شود.



شکل ۱۱- تصویر شماتیک تشکیل ژل با یک پروتئین کروی در یک سوسپانسیون پودر سرامیکی[۸]

## مراجع

۱. دکتر ابراهیم مسعود، "دائرة المعارف سرامیک"، انتشارات نوید شیراز، ۱۳۷۶
۲. Z.P.Xie, J.L.Yang, D.Huang, "Gelation Forming of Ceramic Compacts Using Agarose", British Ceramics Transactios, 1992, vol.98, No.2
۳. Santanu Dhara & Parag Bhargava, "Egg White as an Environmentally Friendly Low - Cost Binder for Gel Casting of Ceramics", J.Am Ceram. Soc. 84 [12]3048-50, 2001
۴. Microsoft Encarta Reference Library, 2003.
۵. Santanu Dhara, " Synthesis of Nano crystalline Alumina Using Egg White", J. Am. Soc. 88[7] 2003-2004, 2005
۶. Santanu Dhara and Parag Bhargava, "A simple Direct Casting Route to Ceramic Foams", J. Am. Soc. 86[10] 1645-50, 2003
۷. Zhi-Peng Xie, Ya-Li Chen, Yong Huang, "A Novel Casting Forming for Ceramics by Gelatine and Enzyme Catalysis" Journal of the European ceramic society, 20 253-257, 2000
۸. Ola Lyckfeldt, Jesper Brandt, Silvia Lesca, " Protein Forming – A Novel Shaping Technique for Ceramics" Journal of the European ceramic society, 20, 2551-2559, 2000

<sup>15</sup> Wheat Protein Concentrate

<sup>16</sup> Slip Thickening

# بررسی شیشه ها و شیشه - سرامیکهای بایواکتیو در دندانپزشکی

مارال دبیر، واهاک کاسپاری مارقوسیان

دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران

mdabir@yahoo.com

**چکیده:** سالهاست که از ایمپلنت ها برای بازسازی یا جانشینی اعضاء از دست رفته استفاده می کنند. برای ساخت این ایمپلنتها از مواد مختلف فلزی، سرامیکی، پلیمری و کامپوزیتی استفاده می شود سرامیک ها خود شامل سرامیکهای اکسیدی، کربن، شیشه و شیشه-سرامیکها می باشد. همیشه بین ایمپلنت و بافت اطرافش، اعم از سخت یا نرم، فعل و انفعالاتی صورت خواهد گرفت و دانستن این نکته که این واکنش برای بدن مفید یا مضر خواهد بود از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و هست. در قدیم برای کاهش ضررهای وارده سعی می شد که حتی الامکان از موادی استفاده شود که در بدن واکنش کمتری انجام دهند و از نظر زیستی غیر فعال باشند. اما بقای یک ایمپلنت نیازمند تشکیل یک فصل مشترک پایدار با بافت زنده میزبان می باشد. با بررسی مواد بایواکتیو در دندانپزشکی و مشاهده عملکرد مناسب و فواید فراوان آنها، در سالهای اخیر شیشه-سرامیکهای بایواکتیو برای ساخت ایمپلنتهای دندانی مورد توجه خاصی قرار گرفته اند.

## ۱- مقدمه

به طور کلی به هر جسمی که در بدن کاشته شود ایمپلنت گفته می شود. هیچ ماده کاشتنی در بافت زنده خنثی و بدون واکنش نیست. با ورود ماده جدید به سیستم ماهیچه ای- استخوانی، چهار نوع واکنش متفاوت بافتی انجام خواهد گرفت :

۱. مواد قابل جذب<sup>۱</sup>: با استفاده از این مواد در بدن بافت اطراف جایگزین آن می گردند.
۲. مواد تقریباً خنثی<sup>۲</sup>: با استفاده از این مواد در بدن بافت فیبری با ضخامتی متغیر تشکیل خواهند داد.
۳. مواد زیست فعال<sup>۳</sup>: با ادامه تولید بافت قبلی اتصالی در فصل مشترک بوجود خواهند آورد.
۴. مواد سمی: موجب مرگ بافت اطراف خود خواهند شد.

زمانیکه واکنش بین ایمپلنت با محیط اطراف محدود شده، یا واکنش منجر به ایجاد یک بافت ضخیم فیبری در اطراف ایمپلنت گردد، دیگر اتصالی بین بافت و ایمپلنت وجود نخواهد داشت در نتیجه فصل مشترک نمی تواند تنش زیادی را تحمل کند. این در حالی است که ایمپلنت ها باید در جای خود ثابت باشند. برای محکم کردن و ثابت نگه داشتن ایمپلنت ها از روشهای مکانیکی مختلفی از قبیل چسباندن<sup>۴</sup>، پیچاندن<sup>۵</sup> یا رشد بافت به درون سطح متخلخل استفاده می کنند. ایمپلنتهای ساخته شده از مواد بایواکتیو قبل از ایجاد

<sup>1</sup> Resorbable

<sup>2</sup> Bioinert

<sup>3</sup> Bioactive

<sup>4</sup> Cementing

<sup>5</sup> Screwing



کپسول فیبری، سریع و سخت محکم خواهند شد و با ایجاد اتصال قوی به استخوان و بافت اطراف، برای محکم شدن به عوامل مکانیکی که در قبل از آنها نام برده شد، احتیاجی ندارند. آپاتیت، یا بهتر بگوئیم کلسیم هیدروکسی آپاتیت ( $Ca_{10}(P_2O_5)_6(OH)_2$  یا HA) جزء اصلی تشکیل دهنده بافت های سخت، مانند استخوان، عاج و مینای دندان می باشد و با وجود هیدروکسی آپاتیت در استخوان، این ماده گزینه قابل توجهی برای استفاده در ایمپلنتها و بررسی بایواکتیویته می باشد. در دهه هفتاد میلادی هیدروکسی آپاتیت برای ایمپلنتهای استخوانی و دندانی پیشنهاد شده بود و در اواسط همین دهه هیدروکسی آپاتیت متراکم و زینتر شده ساخته شد. متأسفانه هیچکدام از مواد HA و یا شیشه های زیست فعال، خواص مکانیکی مناسبی برای کاربردهایی با تنش بالا ندارند و تنها هنگامی که روی موادی با خواص مکانیکی خوب، مانند تیتانیوم و آلیاژهای آن پوشش داده می شوند، می توان از آنها استفاده نمود. به همین دلیل تلاش برای ساخت موادی با خواص مکانیکی مناسب آغاز شد و در نهایت منجر به پیدایش شیشه-سرامیکهای بایواکتیو با خواص مکانیکی مطلوب گردید. [۱]

## ۲- شیشه های بایواکتیو

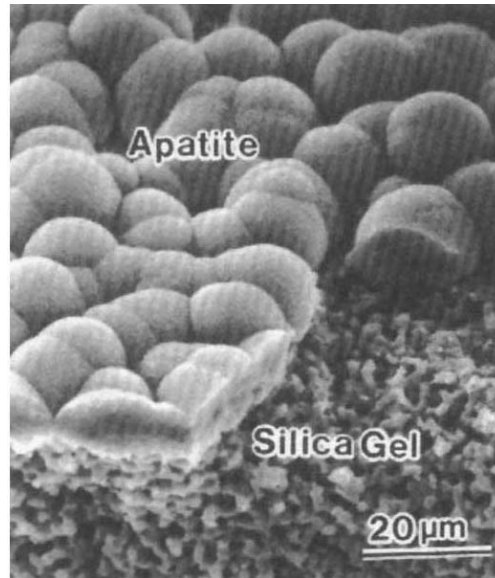
همانطور که در جدول (۱) مشاهده می کنید جزء اصلی ساختار شیشه های بایواکتیو  $SiO_2$  است یعنی این شیشه ها در دسته شیشه های سیلیکاتی قرار دارند، هر چند که  $CaO$  و  $Na_2O$  نیز مقدار کمی نخواهند داشت، که در آینده جای خود را به  $CaF_2$  و  $P_2O_5$  خواهند داد.

جدول ۱- ترکیب (درصد مولی) چند نمونه از شیشه های بایواکتیو معرفی شده توسط Hench و همکارانش [۱]

	45S5	52S4.6	455F
$SiO_2$	46.1	52.1	46.1
$Na_2O$	24.4	21.5	24.4
$CaO$	26.9	23.8	13.4
$CaF_2$	-	-	13.5
$P_2O_5$	2.6	2.6	2.6

پس از قرارگیری شیشه بایواکتیو در بدن واکنشهای پیچیده ای در نه مرحله به شرح زیر، بر روی سطح شیشه اتفاق خواهد افتاد [۷ و ۸]:

- تعوین  $Na^+$  یا  $K^+$  با  $H^+$  یا  $H_3O^+$  در محلول (دگرگونی اجزاء شیشه)
- از دست دادن سیلیکاتهای قابل حل شیشه به داخل محلول
- باند های Si-O-Si شکسته شده و تبدیل به گروههای Si-OH و  $Si(OH)_4$  بر روی سطح شیشه خواهند شد
- تراکم و پلیمریزه شدن مجدد با واکنش زیر بر روی سطح
- مهاجرت گروههای  $Ca^{2+}$  و  $PO_4^{3-}$
- تشکیل فیلمهای غنی از  $CaO-P_2O_5$
- (روی لایه غنی از سیلیکا یک فیلم فسفات-کلسیا ژل تشکیل خواهد شد)
- رشد لایه  $SiO_2$
- رشد لایه آمورف غنی از  $CaO-P_2O_5$
- کریستالیزاسیون لایه آمورف غنی از  $CaO-P_2O_5$
- پیوستن اجزاء آلی



شکل ۱- شکل گیری یک لایه هیدروکسید آپاتیت بر روی سیلیکا ژل [۸]

### ۳- شیشه- سرامیکهای بایواکتیو

شیشه- سرامیکها پلی کریستالهای ریزدانه ای هستند که با عملیات حرارتی یک شیشه با ترکیب مطلوب و در نتیجه کریستالیزاسیون کنترل شده شکل می گیرند. همانطور که می دانیم تمامی شیشه ها قابلیت تولید شیشه- سرامیک را ندارند، بعضی شیشه ها بسیار پایدار بوده و به سختی تبدیل به کریستال می شوند در حالیکه بعضی دیگر به طور غیر قابل کنترلی که منجر به ایجاد ریز ساختار نامطلوب خواهد شد آماده کریستاله شدن هستند. ترکیب شیشه های اولیه برای تولید شیشه- سرامیک های قابل قبول، بسیار مهم است. برای تولید شیشه- سرامیکهای بایواکتیو نیاز به تولید یک فاز آپاتیت داریم، در نتیجه در تمامی شیشه- سرامیکهای بایواکتیو مورد بحث، فاز کریستالین هیدروکسی آپاتیت وجود دارد و برای ایجاد این فاز اکثر شیشه- سرامیکهای بایواکتیو بر پایه سیلیکوفسفاتها بنا شده اند. ترکیب چند نمونه از شیشه- سرامیک های بایواکتیو در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲- ترکیب چند نمونه از سرامیکهای بایواکتیو مورد استفاده در پزشکی [۸]

Ref.	1	2	3	4	5	6	7-9	10, 11
	Bioglass® 45S5	S53P4	Glass- Ceramic Ceravital®	Glass- Ceramic Cerabone® A-W	Glass- Ceramic Ilmaplant® LI	Glass- Ceramic Bioverit®	Sintered HA* >99.2%	Sintered β-TCP* >99.7%
Composition (wt%)								
Na <sub>2</sub> O	24.5	22.6	5-10	0	4.6	3-8		
K <sub>2</sub> O	0		0.5-3.0	0	0.2	3-8		
MgO	0		2.5-5.0	4.6	2.8	2-21		
CaO	24.5	21.8	30-35	44.7	31.9	10-34		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0		0	0	0	8-15		
SiO <sub>2</sub>	45.0	53.9	40-50	34.0	44.3	19-54		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6.0	1.7	10-50	16.2	11.2	2-10		
CaF <sub>2</sub>	0			0.5	5.0	3-23		
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0							
Phase*	Glass	Glass	Apatite Glass	Apatite β-Wollastonite Glass	Apatite β-Wollastonite Glass	Apatite Phlogopite Glass	HA	Whit- lockite

بیشتر اجزاء موجود در این شیشه- سرامیکها شبیه به اجزاء تشکیل دهنده شیشه های بایواکتیو هستند، اما معمولاً دارای درصد بالاتری از P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> و درصد کمتری Na<sub>2</sub>O می باشند. به عنوان مثال در A/W و

CERVITAL درصد کمتری  $P_2O_5$  مشاهده می شود. برای این شیشه-سرامیکها،  $P_2O_5$  به عنوان عامل جوانه‌زا عمل می کند و می تواند جزء مهمی برای فاز آپاتیت کریستالینی باشد که وابسته به ترکیب شیشه‌های مادر ممکن است هیدروکسی آپاتیت، هیدروکسیل کربنات آپاتیت و یا فلتورواپاتیت تشکیل شود. تأثیر گذاری  $P_2O_5$  به عنوان یک عامل جوانه‌زا در شیشه‌ها به طور کلی وابسته به قدرت میدان بالای یون  $P^{5+}$  است.  $P_2O_5$  جدایش فازی شیشه در شیشه را تشویق می کند، بدین صورت که شکل‌گیری یک ریزساختار ظریف متشکل از دو شیشه با ترکیب متفاوت اتفاق خواهد افتاد، که می تواند منجر به جوانه زنی بسیار موثر گردد. قابل ذکر است که در شیشه-سرامیکهایی که ترکیبشان از حالت نرمال خارج شده است، فاز اصلی کریستالین نخواهد بود. زمانیکه که شیشه-سرامیکها با روش معمولی ذوب و ریخته‌گری شیشه‌های اولیه و سپس کریستالیزاسیون آنها تولید شوند، ضروری است که جوانه زنی در حجم انجام گرفته و جوانه‌زنی در سطح محدود شود. معمولاً در جوانه‌زنی در دمای پائین، برای اطمینان از جوانه زنی حجمی به هسته‌های درونی کافی احتیاج داریم. [۸]

### ۳-۱- کاربرد مواد بایواکتیو در دندانپزشکی

#### ۳-۱-۱- ساختمان دندان

به طور کلی هر دندان از دو قسمت تاج<sup>۶</sup> و ریشه<sup>۷</sup> تشکیل شده است. تاج قسمت قابل رویت در دهان و ریشه بخشی از دندان است که داخل استخوان فک قرار دارد. در وسط هر دندان حفره ای وجود دارد که حاوی مغز دندان یا پالپ<sup>۸</sup> است که قسمتی از پالپ در وسط تاج و بقیه آن در ریشه قرار دارد. پالپ دندان حاوی عروق و اعصابی است که از استخوان وارد آن می شوند.

ساختمان تاج دندان: در هر دندان از خارج به داخل سه لایه وجود دارد: مینا<sup>۹</sup>، عاج<sup>۱۰</sup> و مغز. آن قسمت از تاج دندان که در دهان قابل مشاهده و لمس است مینا نامیده می شود. سایر قسمت‌های تاج در زیر مینا قرار دارد. یکی از خصوصیات مینا سختی آن است به طوری که استحکام آن از استخوان هم بیشتر است. مینا با داشتن ۹۶٪ مواد معدنی و آهکی سخت ترین بافت بدن محسوب می گردد. استحکام عاج بسیار کمتر از میناست و بر خلاف مینا بافتی زنده بوده و در مقابل تحریکات حساسیت نشان می دهد.

ساختمان ریشه دندان: ریشه دندان نیز از سه نوع بافت تشکیل می شود که به ترتیب از خارج به داخل عبارتند از: سیمان<sup>۱۱</sup>، عاج<sup>۱۲</sup> و مغز<sup>۱۳</sup>. سیمان لایه نازکی است که در سطح خارجی ریشه دندان قرار دارد. سیمان از نظر استحکام اندکی از عاج سست تر و رنگ آن نیز روشن تر است. در زیر سیمان لایه ای از عاج وجود دارد که ادامه عاج قسمت تاج است و تقریباً همان خصوصیات را دارد.

بر این اساس می توان دو قسمت تاج و ریشه را صرف نظر از مغز یا پالپ، به صورت مصنوعی و با استفاده از شیشه-سرامیکها تولید کرد. [۹]

#### ۳-۱-۱-۱- ایمپلنت ها

ایمپلنتها وابسته به جایی که کاشته می شوند نوع و شکل خاصی خواهند داشت. برای ساخت ایمپلنتها از مواد مختلفی مثل انواع فلزات پلیمرها و سرامیک ها استفاده می شود. اولین ماده به کار رفته در دهان سرامیک

<sup>6</sup> Crown

<sup>7</sup> Root

<sup>8</sup> Pulp

<sup>9</sup> Enamel

<sup>10</sup> Dentin

<sup>11</sup> Cement

<sup>12</sup> Dentin

<sup>13</sup> Pulp

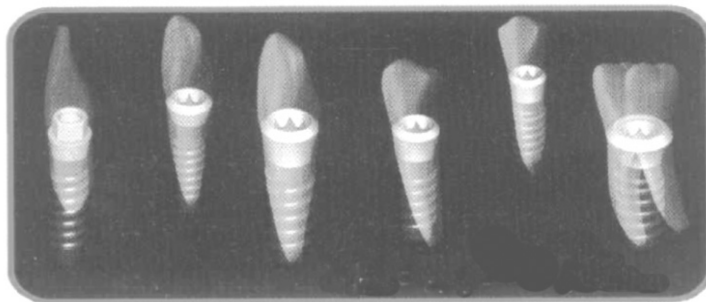




بوده است و تاریخچه استفاده از آن در دندانپزشکی به مصر باستان باز می گردد.

موارد استفاده از ایمپلنتها در جراحی های دهانی را می توان به سه دسته مهم تقسیم نمود. دسته اول شامل ایمپلنتهایی می شود که برای جانشینی دندانهای از دست رفته به کار می روند، این دسته خود به دو زیر مجموعه تقسیم می شود: (الف) ایمپلنتهایی که خود با شکل آناتومیک دندان به طور مستقیم جایگزین خواهند شد یا زیرساختار و پایه ای را برای قرار گیری تاج، در زیر لثه مهیا خواهند کرد، (ب) ایمپلنتهایی که به طور غیر مستقیم و به صورت تیغه های استخوانی به نگهداری دندانها کمک می کنند. [۱۰]

در حال حاضر بیشترین کاربرد را دسته اول یعنی ایمپلنتهای جانشین دندان دارند (شکل ۲). جانشین کردن هر نوع از دندانهای مصنوعی در دهان مشکلات عمده ای را به دنبال دارد که تا چند سال پیش راه حلی جز کنار آمدن با آن وجود نداشت، ولی در حال حاضر ایمپلنت توانایی جایگزینی تمامی این موارد را بدون ایجاد مشکلات متعدد ثانویه دارد.



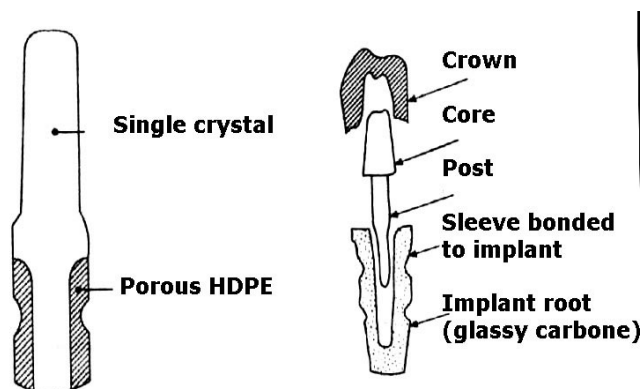
شکل ۲- ایمپلنت متشکل از دو قسمت تاج و پایه

مواد مختلفی مثل : استینلس استیل<sup>۱۴</sup>، آلیاژهای Co-Cr-Mo، Ti، پلیمرهای PMMA، HDPE، آلومینا، کلسیم آلومینا، بایوگلس، کربن پیرولیتیک و شیشه ای، برای ایمپلنتهای متخلخل دندانی آزمایش شده اند. در مورد آلیاژهای مختلف فلزی و امکان ایجاد پایه هیدروکسی آپاتیت بر روی آنها در قبل به طور مختصر توضیحاتی ارائه شد. پلیمرها نیز همانطور که در شکل (۳) مشاهده می کنید می توانند به صورت متخلخل در ایمپلنتها به کار گرفته شوند. [۱۱]

کربنها خواص متفاوت و منحصر به فردی دارند که در مواد دیگر یافت نمی شود. این مواد کاملاً می توانند با هر دو بافت سخت و نرم به صورت خنثی سطح مشترک داشته باشند. پس از معرفی کربن پیرولیتیک ایزوتروپ به علم پزشکی در سال ۱۹۶۹، این ماده برای ایمپلنتهای عروقی به کار گرفته شد. این ماده به خاطر استحکام بالا و همچنین مدول الاستیک نزدیک به استخوان و همچنین نداشتن خستگی، گزینه خوبی برای استفاده در ایمپلنتها است. پوششهای کربنی به طور گسترده ای در دریچه های قلب و پیوندهای رگهای خونی، کاربرد دارند. قابلیت جذب پروتئینها در کربن، بدون ایجاد تغییرات، مهمترین فاکتور در آن است. همانطور که گفته شد و در شکل (۳) ملاحظه می کنید کربن نیز می تواند در ایمپلنتهای دندانی استفاده شود. [۱۲]

مشکل اساسی تمام مواد بالا اینست که کپسول فیبری تشکیل خواهند داد در نتیجه هیچکدام از این مواد ثبات فیزیکی نخواهند داشت و پس از مدتی لق خواهند شد مگر اینکه به طرق مختلفی در جای خود محکم شوند. بهترین مواد برای استفاده در ایمپلنتهای دندانی، شیشه-سرامیکها هستند که با زیست سازگاری و زیست فعالی بالا به سادگی در جای خود محکم خواهند شد، به همین دلیل در ادامه انواع شیشه-سرامیکهای بایواکتیو مورد مصرف در دندانپزشکی معرفی شده اند.

<sup>14</sup> Stainless steel



شکل ۳- دو نمونه از ایمپلنتها با استفاده از کربن شیشه ای و پلیمر متخلخل

اخیراً ماده جدیدی به نام SiC با یومورفیک نیز معرفی شده است که با پوشش بایواکتیو برای استفاده در ایمپلنتها به کار می رود. این ماده با توجه به پوشش بایواکتیوی که دارد ایجاد کپسول نکرده و در جای خود ثابت خواهد ماند و به دلیل استحکام بالا، دانسیته پائین و خواص مطلوب آینده روشنی را برای کاربردهای دندانپزشکی و ارتوپدیک نشان داده است. [۱۳]

### ۳-۲- شیشه- سرامیکهای دندانی

با پیشرفت شیشه- سرامیکهای زیست سازگار و زیست فعال برای کاربردهای دندانپزشکی، دو دسته ماده معرفی شده اند که در محیط کاربری و خواص مطلوب متفاوت هستند:

۱. مواد مورد استفاده برای اعضاء کاشته شده (ایمپلنت ها)

۲. مواد مورد استفاده برای دندانپزشکی ترمیمی

شرایط لازم برای ساخت شیشه- سرامیکها در دو دسته فوق کاملاً متفاوت است. برای ایمپلنت ها خواص زیست سازگاری و زیست فعالی بیشتر مورد نظر است، یک شیشه- سرامیک بایواکتیو که یک لایه هیدروکسی آپاتیت زیست فعال با قدرت اتصال بالا به بافتهای نرم و سخت، تولید کند. بسته به کاربرد شیشه- سرامیکها، برای برآورده شدن انتظارات ما، استحکام خمشی، چقرمگی و مدول یانگ خاصی مطلوب است، اگرچه خواص اپتیکی مثل شفافیت، رنگ در این دسته برای ما اهمیتی ندارند. این وضعیت در مورد شیشه- سرامیکهای ترمیمی متفاوت است. این مواد می بایست با محیط اطراف خود یعنی محیط دهان سازگار باشند. در حالیکه بایواکتیویته سطح این نوع مواد اهمیتی ندارد، خواص سطحی مهمتری در این شیشه- سرامیک ها مثل تیرگی رنگ<sup>۱۵</sup>، شفافیت<sup>۱۶</sup>، چقرمگی و سایش آنها باید مشابه با دندان طبیعی باشد. برای پایداری شیمیایی این مواد استانداردهای بالاتری نسبت به دندان طبیعی قرار داده شده است در نتیجه از ایجاد تخلخل در این شیشه- سرامیکها به شدت جلوگیری می شود. به خاطر وجود این تفاوتها، سیستمهای شیمیایی مختلفی استفاده می شوند. برای روشن تر شدن تفاوتهای این دو گروه، ابتدا در مورد شیشه- سرامیکهای بایواکتیو دندانی صحبت می کنیم.

### ۳-۳- شیشه- سرامیکهای بایواکتیو دندانی:

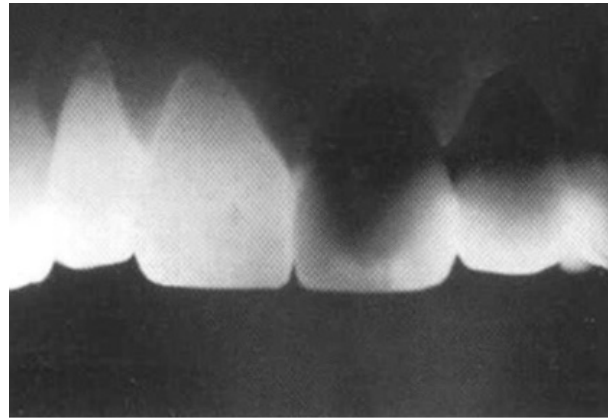
این دسته از مواد پزشکی برای جراحی های ارتوپدیک سر و گردن به کار می روند، به طور مثال ایمپلنتهای دندانی و پرکننده های ریشه<sup>۱۷</sup> که وارد بدن انسان می شوند، به این گروه تعلق دارند. همانطور که در قسمت اول بحث شد برای پر کردن ریشه دندان می توان از ذرات و یا پودرهای بایواکتیو

<sup>15</sup> shade

<sup>16</sup> translucency

<sup>17</sup> root fillers

استفاده نمود، ولی برای ایمپلنت‌ها خواص زیست‌سازگاری و زیست‌فعالی با قدرت اتصال بالا به بافت‌های نرم و سخت بیشتر مورد نظر است. علی‌رغم اینکه در حال حاضر ساخت ایمپلنت‌ها از پوشش‌های بایواکتیو بر روی قطعات تیتانیومی رایج است، اما با توجه به نو بودن مبحث ایمپلنت‌های دندانی و خواص مکانیکی و فیزیکی مطلوب شیشه-سرامیک‌ها (مانند شفافیت و رنگ مناسب)، این مواد با توانایی ایجاد همزمان هر دو خاصیت مورد نیاز مواد دندانی، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۴) به همین دلیل ما نیز برای آشنایی بیشتر در این قسمت به معرفی چند نمونه از شیشه-سرامیک‌های بایواکتیو با توجه به فازهای رسوبی ناشی از ترکیب اولیه پرداخته ایم.



شکل ۴- مقایسه‌ای از شفافیت ایمپلنت‌های فلزی و شیشه-سرامیکی

### ۳-۳-۱ - $P_2O_5-Na_2O-CaO-SiO_2$ (آپاتیت)

اواخر دهه ۱۹۶۰ نقطه شروع رشد شیشه-سرامیک‌های آپاتیتی در این سیستم، محصول موفقیت آمیز اولین شیشه بایواکتیو برای جانشینی استخوان در بدن انسان بود. اما Hench از نظر بایواکتیویته یعنی شکل‌گیری سریع و اتصال مستقیم، بدون وجود بافت مرتبط‌کننده، بین بایومترال و استخوان زنده از شیشه‌ای در سیستم بایوگلس نتایج بهتری نسبت به شیشه-سرامیک ساخته شده از همان ترکیب گرفت.

### ۳-۳-۲ - $F-P_2O_5-CaO-MgO-SiO_2$ (آپاتیت، ولاستونیت)

این سیستم شیشه-سرامیک از ابتدا با هدف ساخت بایومترال‌های جایگزین استخوان انتخاب شد. دستیابی به مقدار زیاد آپاتیت در شیشه-سرامیک و تأمین منبع  $Ca^{2+}$  برای اطمینان از رهاش یون در ایمپلنت اهمیت ویژه‌ای داشت در نتیجه  $CaO$  و  $P_2O_5$  به ترکیب شیشه-سرامیک افزوده شدند.

پژوهشگران کامپوزیتی شبیه به استخوان طبیعی بدن را با استفاده از فرآیندهای کریستالیزاسیون شیشه تهیه کرده‌اند. آنها  $\beta$ -ولاستونیت ( $CaO.SiO_2$ ) را که از یک ساختار زنجیره‌ای سیلیکاتی تشکیل شده است، به عنوان فاز تقویت‌کننده انتخاب نمودند. در سال ۱۹۹۳ با کنترل کریستالیزاسیون سطحی پودر شیشه، شیشه-سرامیک، آپاتیت-ولاستونیت (CERABONE یا A/W) ساخته شد. مقدار کمی  $CaF_2$  به ترکیب شیشه مادر افزوده شده و پودر شیشه‌ای تهیه شده، در دمایی نزدیک به  $830^\circ C$  متراکم شد. در نتیجه این فرآیند پودر شیشه به طور کامل متراکم شده و سپس اکسی‌فلئوروآپاتیت ( $Ca_{10}(PO_4)_6(O, F)$ ) و ولاستونیت رسوب کردند و شیشه-سرامیکی یکنواخت و بدون ترک و تخلخل بدست آمد. [۱۴]

این شیشه-سرامیک با استحکام خمشی  $215 MPa$ ، استحکام فشاری  $1080 MPa$  و چقرمگی شکست  $0.2 MPa.m^{0.5}$  خواص مکانیکی بسیار مطلوبی را، به خصوص برای ایمپلنت‌هایی که متحمل بار هستند، نشان داد

### ۳-۳-۳ - $P_2O_5-CaO-K_2O-Na_2O-MgO-SiO_2$ (آپاتیت)

شیشه-سرامیک‌های مختلفی بر پایه  $P_2O_5-CaO-K_2O-Na_2O-MgO-SiO_2$  و فاز کریستالین آپاتیت توسط

کمپانی Leitz, Wetzlar تحت نام تجاری سروایتال<sup>۱۸</sup> تولید شده است. جوانه زنی شیشه پایه پس از ۲۴ ساعت در ۶۰۰°C انجام شده و کریستالیزاسیون آپاتیت در ۷۵۰°C پس از ۲۴ ساعت رخ می دهد. در سال ۱۹۷۷ این شیشه-سرامیکها برای ایمپلتهای ریشه دندان آزمایش شدند. شیشه-سرامیکهای سروایتال با اندازه کریستالی بین ۴۰-۵۰nm استحکام خمشی ۱۵۰MPa و استحکام فشاری ۵۰۰MPa مشخص می شوند. [۱۵ و ۱۴]

### ۳-۳-۴ F-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O-CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> (آپاتیت، میکا)

کریستالهای میکا خواص ماشینکاری قابل پیش بینی ایجاد می کنند. شیشه-سرامیکهای پایه میکایی قابل ماشین کاری اولین بار توسط Beal و برای کاربردهای فنی ساخته شدند. ترکیب شیشه اولیه از سیستم سیلیکات-فلئور، بور و قلیایی ها انتخاب شده بود. برای تولید ماده ای بایواکتیو و قابل ماشینکاری هر دو فاز میکا و آپاتیت لازم هستند.

این شیشه-سرامیکها بایووریت<sup>۱۹</sup> نامیده شده و بر سه نوع هستند، در نوع اول و دوم شیشه مادر جدایش فازی یافته و در حین عملیات حرارتی کریستالهای دو فاز میکا و آپاتیت جوانه زنی و رشد می کنند. این دو نوع به دلیل وجود فاز میکا قابلیت ماشینکاری زیادی دارند تا حدی که در هنگام جراحی با ابزار فلزی استاندارد به راحتی می توان اصلاحشان کرد. در نوع سوم که از شیشه مادری، معروف به شیشه معکوس فسفاتی ساخته می شود، جدایش فازی نداشته و کریستالهای آپاتیت و دیگر کریستالهای فسفاتی از فرآیندهای دیگری در طی عملیات حرارتی تشکیل می شوند. ویژگیهای مکانیکی شیشه-سرامیکهای بایووریت نوع اول و دوم همچون استحکام خمشی و چقرمگی شکست، آنها را برای کاربرد به عنوان جایگزین استخوان مناسب ساخته است. این شیشه-سرامیکها به صورت ایمپلنت در جراحی های سر و گردن، و ارتوپدی به طور موفقیت آمیزی به کار گرفته شده اند. ویژگیهای مکانیکی شیشه-سرامیکهای بایووریت نوع سوم به ویژه استحکام مکانیکی اش از شیشه-سرامیکهای میکایی کمتر است ولی ویژگیهای حرارتی آن برای ساخت کامپوزیت با فلزات معین بویژه آلیاژهای Co-Cr-Ni بسیار مناسب است. [۱۴ و ۱۶]

### ۳-۳-۵ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-TiO<sub>2</sub>-CaO-MgO-SiO<sub>2</sub> (آپاتیت، تایتانات منیزیم)

اکثر شیشه-سرامیکهای آپاتیتهای با عنوان بایواکتیو معرفی شده اند. این سیستم از شیشه-سرامیکها با وجود زیست سازگاری و فاز آپاتیت فاقد بایواکتیویته، و به اصطلاح خنثی<sup>۲۰</sup> می باشد. برای تولید این دسته از جوانه زنی و کریستالیزاسیون حجمی استفاده می شود و جدایش فازی در شیشه سرامیک پایه برای جوانه زنی عامل مهمی می باشد.

شیشه-سرامیکهایی با درصد بالایی از CaO و P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (بالای ۱۵٪ وزنی CaO و بالای ۹٪ وزنی P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) در سیستم P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-CaO-MgO-SiO<sub>2</sub> با فاز کریستالی اصلی فلئوروآپاتیت، آپاتیت و دایوپساید<sup>۲۱</sup> (MgO.CaO.2SiO<sub>2</sub>) با تولید بایومتریالها برای کاربردهای دندانپزشکی، رشد یافته اند. برای مواد دندانی خواص ویژه اپتیکی مثل عبور نور بالا به همراه مقاومت شیمیایی و استحکام لازم هستند در صورتیکه این مواد تا حدی این انتظارات را برآورده می کنند. در نتیجه این شیشه-سرامیکها برای مدت محدودی توسط Kyocera ژاپن تحت نام تجاری CeraPearl تولید شدند.

این نوع از شیشه سرامیکها بیشتر برای ساخت تاج دندان به کار می روند. پس از اینکه فازهای اصلی کریستالی، آپاتیت و تایتانات منیزیم شکل گرفتند، شیشه-سرامیک با لایه های تا ضخامت ۱mm از خود

<sup>18</sup> Cervital

<sup>19</sup> Bioverit

<sup>20</sup> Bioinert

<sup>21</sup> Diopside

شفافیت<sup>۲۲</sup> نشان می‌دهند. این شیشه- سرامیکها استحکام خمشی ۲۰۵MPa و چقرمگی شکست  $46/1 \text{MPa.m}^{0.5}$  را از خود نشان می‌دهند. [۱۴]

### ۳-۳-۶ - F-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> (آپاتیت، لوسایت<sup>۲۳</sup>)

بر پایه پیشرفتهای شیشه- سرامیکهای لوسایتی، با گسترش دامنه ترکیب و استفاده از عوامل جوانه زاء، یک ماده جدید با پایداری شیمیایی بالا و شفافیت مناسب به نام شیشه- سرامیک آپاتیت- لوسایتی ساختند. آپاتیت به صورت فلئوروآپاتیت رسوب می‌کند. در اینجا، در شیشه- سرامیکهای سفید اپک، آپاتیتهای سوزنی شکل یا سوزنهای آپاتیتی مولایتی مشاهده شده اند. در مقایسه با سیستم لوسایت، ماده جدید ما CaO، F<sub>2</sub>O<sub>5</sub> و افزودنیهای متعدد دیگری را در بر دارد. [۱۷]

کریستالیزاسیون کنترل شده این پایه شیشه با پودر شیشه ای در اندازه دانه ۴۰-۲۰ μm انجام می‌گیرد. جوانه‌زنی و زینترینگ منجر به تولید یک بدنه یکپارچه در دمایی بین ۱۱۰۰-۸۰۰ °C خواهد شد. پس از بررسی جوانه زنی و رشد، کریستالیزاسیون همزمان دو فاز مشاهده گشت، لوسایت با جوانه‌زنی سطحی و آپاتیت با جوانه زنی در حجم شکل گرفتند. در اینجا مرحله نامحلولی شیشه به سرعت گذشته و آپاتیت سریعاً در مرز فازهای آمورف (قطره- قطره‌ها) رشد خواهد کرد، از سویی دیگر هیچ انئیزوتروپی در رشد مشاهده نمی‌شود. پس از جوانه زنی در شیشه- سرامیکهای آپاتیت- لوسایتی، آپاتیت به صورت انئیزوتروپ در جهات ترجیحی به صورت سوزنی رشد می‌کند. در قبل این کریستالها فقط در شرایط هیدروترومال تولید می‌شدند. مورفولوژی این ساختار بسیار شبیه به ساختار هیدروکسی آپاتیت طبیعی دندان (enamel) است. [۱۴]

از میان شیشه- سرامیکهایی که معرفی شدند، شیشه- سرامیکهای سراون<sup>۲۴</sup> (آپاتیت- ولاستونیت)، سروایتال (آپاتیت- دواترایت<sup>۲۵</sup>) و بایووریت<sup>۲۶</sup> (میکا- آپاتیت)، برای ساخت ایمپلنت های دندانی مورد بررسی قرار گرفته و در حال حاضر بیشترین احتمال را برای تولید به خود اختصاص داده اند. باید توجه داشت شیشه های بایواکتیوی نیز وجود دارند که با نام تجاری بایوگلس<sup>۲۷</sup> برای جراحی های سر و گردن، و ساخت قطعات مورد استفاده در گوش میانی به کار می‌روند. در پزشکی دهان این شیشه ها به شکل ابزار نگهداری پلهای داخل فک و یا ذرات قابل تزریق به کار می‌روند اما شیشه- سرامیکهایی با ترکیب مشابه با این شیشه ها قابل استفاده در چنین دامنه وسیعی از کاربردها نیستند.

## منابع

1. Rees D.Rawlings , Bioactive Glasses and Glass- Ceramics,Clinical Materials,vol. 14, 1993, pp.155-179
2. by Allison A.Campbell, Bioceramics for implant coatings , Elsevier 2003
3. L.L.Hench, Bioactive Glasses and Glass- Ceramics, Materials Sience Forum, vol.293, 1999, pp. 37-64
4. Kaj H. Karlsson , Heimo Ylanen , Hannu Aro ,Porous bone implants , Ceramics International ,vol. 26,2000 , pp. 897-900
5. A.U.J.Yap ,Y.S.Pek ,R.A.Kumar ,P.Cheang ,K.A.Khor, Experimental studies on a new bioactive material: HAIonomer cements,Biomaterials,vol. 23 , 2002,pp. 955-962
6. O.Peitl, E . Dutra , Zanutto, L.L.Hench, highly bioactive P2O2 – Na2O –CaO – SiO2 glass-ceramics, Journal of Non-Crystalline Solids, vol 292, 2001, pp. 115-126
7. P.Gonzalez,J.Serra,S.Liste,S.Chiussi,B.Leon,M.Perez-Amor,J.Martnez-Fernandez,A.R.de Arellano-Lopez,F.M.Varela-Feria , New biomorphic SiC ceramics coated with bioactive glass for biomedical applications, Biomaterials, Vol. 24, 2003, pp. 4827-4832

<sup>22</sup> Translucency

<sup>23</sup> Leucite

<sup>24</sup> Cerabone

<sup>25</sup> Devitrite

<sup>26</sup> Bioverit

<sup>27</sup> Bioglass



8. T.Kokubo, Novel Biomedical Materials Based on Glasses, Materials Science Forum, vol. 293, 1999, pp. 65-82
9. هادیان، داریوش، نکات و مطالب مهم در دندانپزشکی، سپند، ۱۳۷۳، صفحات ۷-۱۴
10. D.Williams, Dental Implants, Encyclopedia of medical and dental materials, Deragamon Press, 1990, pp.134-139
11. Sojata , V.Bahat, Dental Materials, Biomaterials, Alpha Science, 2002, pp.201-206
12. Sojata , V.Bahat, Ceramics, Biomaterials, Alpha Science, 2002, pp.39-50
13. P.Gonzalez,J.Serra,S.Liste,S.Chiussi,B.Leon,M.Perez-Amor,J.Martnez-Fernandez, A.R.de Arellano-Lopez, F.M.Varela-Feria , New biomorphic SiC ceramics coated with bioactive glass for biomedical applications, Biomaterials, Vol. 24, 2003, pp. 4827-4832
14. W. Holand , G.Beal , Glass- Ceramic technology, The American Ceramic Society, 2002, pp.145-159 and pp. 272-308
15. U.M.Gross, C.Muller-Mai, C.Voigt, Cervital bioactive glass- ceramics, in An Introduction to Bioceramics, ed. L.L.Hench & J.Wilson, World Scientific, Singapore, 1993, pp.105-123
16. W.Holand, W.vogel, Machinable and Phosphate glass- ceramics, in An Introduction to Bioceramics, ed. L.L.Hench & J.Wilson, World Scientific, Singapore, 1993, pp.125-137
17. I.Szabo, B.Nagy , G.Volksch, W.Holand, structre, chemical durability and microhardness of glass- ceramics containing apatite leucite crystals, Jornal of Non-Crystalline Solids, vol 272, 2000, pp. 19 1-199

# اثر شکل و اندازه دانه بر خواص فیزیکی جرم‌های کوبیدنی سیلیسی

حمیدرضا رضایی، مریم صمدانی، حسین سرپولکی، جلیل پوراسد، مهدی شفیعی، سارا بنی‌جمالی

گروه سرامیک، دانشکده مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه علم و صنعت ایران  
hrezai@iust.ac.ir

**چکیده:** دیرگدازهای بی‌شکل سیلیسی از جمله دیرگدازهای کوبیدنی می‌باشند که به دلیل نقطه ذوب بالا، اسیدی بودن، ارزان بودن، ضریب انبساط حرارتی مناسب، مقاومت به شوک حرارتی خوب در محدوده بالاتر از تبدیلات فازی دارای کاربرد اصلی در کوره‌های القایی با سرباره اسیدی می‌باشند. هدف از مطالعه حاضر، بررسی اثر توزیع دانه‌بندی بر خواص فیزیکی جرم سیلیسی نظیر تغییرات پایدار حجم، دانسیته کلی، تخلخل و استحکام فشاری است که بر فرسایش و طول عمر آن تأثیر زیادی می‌گذارد. بدین منظور چهار نوع جرم سیلیسی از چهار شرکت تولیدکننده انتخاب شد. آنالیز شیمیایی آنها به روش‌های XRF و ICP و آنالیز مینرالی به روش XRD بدست آمد. توزیع دانه‌بندی نمونه‌ها به روش تر تعیین شده و تصاویر دانه‌ها با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شد. از جرم‌ها به روش کوبیدنی نمونه‌هایی ساخته شده و در دماهای  $500^{\circ}\text{C}$ ،  $1000^{\circ}\text{C}$  و  $1450^{\circ}\text{C}$  حرارت داده شدند. تغییرات پایدار حجم، دانسیته و تخلخل نمونه‌ها اندازه‌گیری و استحکام فشاری آنها تعیین شد. نتایج نشان می‌دهد شکل دانه به صورت نهان بلور (cryptocrystalline) و توزیع اندازه ذرات با نسبت‌های ۴۱ قسمت وزنی درشت، ۱۸ قسمت وزنی متوسط و ۴۱ قسمت وزنی ریز نتایج استحکام بهتری می‌دهد.

## ۱- مقدمه

امروزه استفاده از دیرگدازهای بی‌شکل (جرم‌ها) در کوره‌های صنعتی به واسطه مزایای زیاد آنها نسبت به انواع شکل‌دار از جمله روش‌های نصب سریع و آسان، هزینه‌های تولید کمتر و عدم حضور درزهای اتصالی، در حال گسترش است [۱]. تقسیم‌بندی مرسوم دیرگدازهای بی‌شکل (مونولیتیک) بر اساس روش‌های نصب و کاربرد به صورت محصولات کوبیدنی، ریختنی، پاشیدنی، ملات و جرم‌های تعمیراتی می‌باشد [۲]. دسته‌ای از دیرگدازهای کوبیدنی با عنوان جرم‌های کوبیدنی سیلیسی به واسطه‌ی پایداری و عملکرد مناسب در کوره‌های القایی با سرباره‌ی اسیدی کاربرد بسیاری یافته‌اند [۳].

از نظر ترکیب شیمیایی بخش اعظم دیرگداز سیلیسی را  $\text{SiO}_2$  تشکیل می‌دهد، همچنین دیرگداز سیلیسی حاوی اکسیدهای  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ،  $\text{CaO}$ ،  $\text{MgO}$  و اکسیدهای قلیایی است. به منظور پایین آوردن نقطه‌ی ذوب سطحی دانه‌های سیلیس و اتصال آنها به یکدیگر، جهت به دست آوردن جداره‌ی یکپارچه، از مواد کمک ذوب نظیر اکسید بور ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) به میزان ۰/۴ تا ۱ درصد استفاده می‌شود. نمونه‌ای از ترکیب شیمیایی دیرگداز سیلیسی که در جداره‌ی کوره‌های القایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در جدول ۱ آورده شده است [۳].

جدول ۱- نمونه‌ای از ترکیب شیمیایی دیرگداز سیلیسی [۳]

اکسید	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	قلیایی‌ها
درصد وزنی	۹۸/۹	۰/۶	۰/۲	۰/۱	۰/۰۴	۰/۲

دانه‌بندی جرم‌های سیلیسی در محدوده ۰ تا ۶ میلی‌متر متناسب با ظرفیت کوره و نوع جرم دیرگداز انتخاب



می‌گردد. دانه‌بندی تأثیر بسیاری بر خواص فیزیکی نظیر دانسیته، تخلخل و استحکام دیرگداز دارد، بنابراین باید به گونه‌ای تنظیم شود که حداکثر تراکم پس از کوبیدن بدست آید. حداکثر تراکم‌پذیری با در نظر گرفتن شکل دانه‌ها، از مخلوط نمودن دانه‌بندی‌های ریز و متوسط و درشت با درصد‌های مشخص بدست می‌آید [۴].

چنانچه توزیع دانه‌بندی مناسب نباشد و جدایش در آنها صورت گیرد، دانه‌های درشت‌تر در یک منطقه و دانه‌های ریز در منطقه‌ی دیگر تجمع نموده و سبب کاهش میزان تراکم و مقاومت جداره می‌گردند. در مناطقی که دانه‌های درشت‌تر جمع شده‌اند، به دلیل تخلخل زیاد، احتمال نفوذ مذاب به داخل جداره وجود دارد، به طوری که با وجود تخلخل‌هایی با اندازه‌ی بیش از  $0.5 \mu\text{m}$  در جداره، طول عمر دیرگداز به شدت کاهش می‌یابد. در محل‌هایی که دانه‌های ریزتر تجمع یافته‌اند، کاهش نقطه‌ی زینتر به دلیل غنی‌شدن منطقه از اسید بوریک رخ داده و این نواحی به شدت در اثر ذوب‌گیری خورده شده و یا به صورت پوسته پوسته از سطح جداره کنده می‌شوند [۵].

جهت نصب جرم‌های سیلیسی، لایه‌ای از آن روی کف کوره ریخته شده و کوبیده می‌شود. سپس شابلون در مرکز کوره سوار شده و دیرگداز کوبیدنی در فضای بین شابلون و بتون دیرگداز موجود در روی سیم پیچ ریخته و کوبیده می‌شود. با استفاده از یک ویراتور مخصوص، شابلون حین کوبیدن دیرگداز، به ارتعاش در می‌آید تا جداره در محل خود محکم‌تر شود [۶].

هدف از مطالعه‌ی حاضر بررسی اثر شکل و اندازه‌ی دانه بر خواص فیزیکی جرم سیلیسی نظیر دانسیته، تخلخل و استحکام است که تأثیر بسیاری بر خواص خوردگی و طول عمر آن می‌گذارد.

## ۲- فعالیت‌های تجربی

به منظور بررسی اثر توزیع دانه‌بندی بر خواص فیزیکی، چهار نوع جرم سیلیسی از چهار شرکت تولیدکننده انتخاب شده و مراحل عملی ذیل بر آنها انجام شد:

### ۲-۱- آنالیز شیمیایی و مینرالی جرم‌ها

برای تعیین آنالیز شیمیایی، نمونه‌ها پس از آسیاب از الک مش ۱۴۰ استاندارد ASTM عبور داده شد و آنالیز عناصر مختلف بجز  $\text{B}_2\text{O}_3$  با دستگاه XRF مدل PW1480/10 انجام گرفت. سپس برای تعیین اکسید بور از دستگاه ICP مدل V5 کمک گرفته شد که نتایج مربوط به آنالیز عنصری در جدول ۲ آمده است. برای تعیین آنالیز فازی مقداری از پودرهای آسیاب شده تحت پراش اشعه X با دستگاه XRD مدل JDX-8030 قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۲ آمده است.

### ۲-۲- آنالیز دانه‌بندی تر

آزمایش‌های آنالیز دانه‌بندی طبق استاندارد ASTM C92 انجام گرفت. در این روش، مقدار ۱۰۰ گرم نمونه‌ی اولیه در دمای  $105-110^\circ\text{C}$  به مدت ۳ ساعت خشک می‌شود. در روش دانه‌بندی تر با افزودن آب لازم به مقدار ماده‌ی خشک‌شده، دوغابی تهیه شده و پس از حدود یک ساعت جهت همگن‌شدن، روی درشت‌ترین الک منتقل شده و پس از یک دقیقه الک کردن پیوسته، مانده‌ی روی الک به مدت ۲ ساعت در دمای  $105-110^\circ\text{C}$  می‌ماند تا به وزن ثابت برسد. برای دوغاب عبوری از الک نیز با استفاده از الک‌ها، به ترتیب از درشت به ریز عمل فوق تکرار شده و در نهایت آب دوغاب عبوری از ریزترین الک نیز پس از ته‌نشین شدن مواد ریز، سرریز شده و باقی مواد به خشک‌کن منتقل می‌شود. الک‌های بکاررفته و نتایج حاصل از آنالیز دانه‌بندی تر در شکل ۳ آمده است.



## ۲-۳- آماده‌سازی نمونه‌ها

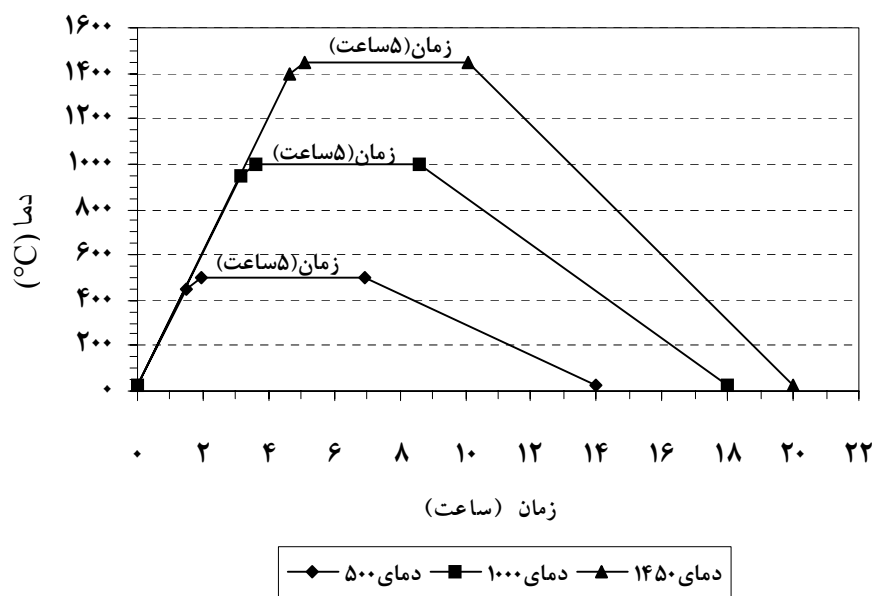
از هر جرم، نمونه‌های لازم جهت تعیین خواص فیزیکی به روش کوبیدنی مشابه استاندارد BS 1902-7.5 به شرح ذیل ساخته می‌شود: قالب فولادی به شکل استوانه با قطر ۵۰ mm و ارتفاع حدود ۷۰ mm روغن کاری می‌شود. سپس جرم کوبیدنی خشک با ۷/۵٪ آب و ۳٪ وزنی چسب کربوکسی متیل سلولز (CMC) نسبت به آب، مخلوط شده و برای رسیدن به همگنی مناسب به مدت ۴ ساعت در محیط بسته نگهداری می‌شود. برای تهیه‌ی هر نمونه ۱۴۰ گرم از مخلوط حاصل در قالب ریخته شده و با چرخاندن دستگیره‌ی مربوطه در دستگاه کوبش، ۲۰ ضربه به آن وارد شده و کوبیده می‌شود. قالب از زیر دستگاه کوبش بیرون آورده شده و سطح صاف جرم کوبیده شده با خراشنده‌ی ناهموار می‌شود. دوباره ۶۰ گرم جرم در قالب ریخته شده و کوبش همانند حالت قبل با ۲۰ ضربه تکرار می‌شود. نمونه از قالب خارج شده و در خشک کن  $105-110^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۴ ساعت قرار می‌گیرد.

## ۲-۴- آنالیز تصویری میکروسکوپ الکترونی روبشی

با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) (Cambridge 360) شکل دانه نمونه‌های خشک‌شده، مشاهده شد که در شکل ۴ آمده است.

## ۲-۵- عملیات حرارتی نمونه‌ها

نمونه‌های خشک‌شده حاصل از مرحله آماده‌سازی، مطابق شکل ۱ در دماهای  $500^{\circ}\text{C}$ ،  $1000^{\circ}\text{C}$  و  $1450^{\circ}\text{C}$  حرارت داده می‌شوند:



شکل ۱- نمودار پخت نمونه‌ها

## ۲-۶- تعیین تغییرات پایدار حجم، دانسیته و تخلخل نمونه‌ها

اندازه‌گیری تغییرات پایدار حجم نمونه‌ها در دماهای مختلف، با محاسبه ابعاد نمونه با توجه به استاندارد B.S 1902-Part IA-Section 8 و دانسیته و تخلخل نمونه‌ها با توجه به استاندارد ASTM C20 انجام گرفت. بدین ترتیب علاوه بر حجم کلی، مؤلفه‌های ذیل از هر نمونه بدست آمد که در آنها؛ W وزن اشباع، D وزن خشک، V حجم بالک و S وزن غوطه‌وری نمونه‌ها می‌باشد:

• تخلخل ظاهری (Apparent Porosity): نسبت حجم تخلخل باز به حجم کلی

$$P\% = [(W-D)/V] \times 100$$

- دانسیته ظاهری (Apparent Specific Gravity):  $T=D/(D-S)$
- دانسیته کلی (Bulk Density):  $B, (g/cm^3)=D/V$

## ۲-۷- اندازه‌گیری استحکام فشاری سرد

استحکام فشاری سرد با توجه به ASTM C133 اندازه‌گیری شد. نمونه روی صفحه‌ای که بار به آن وارد می‌شود قرار داده شده، بار به طور موازی اعمال می‌شود به گونه‌ای که کل نمونه به طور یکنواخت پرس شود. سرعت اعمال نیرو برابر  $550 \cdot 0 \text{ lbf/min}$  ( $24/3 \text{ kN/min}$ ) می‌باشد. نتایج در شکل ۹ آمده است.

## ۳- نتایج و بحث

با توجه به جدول ۲ مشخص است که جرمهای سیلیسی مورد مصرف دارای  $\text{SiO}_2$  بیش از ۹۷٪ بوده که میزان  $\text{Al}_2\text{O}_3$  در جرمهای ۴۱ نسبتاً بالا می‌باشد که باعث افت شدید دیرگدازی سیلیس می‌گردد. جرم شماره ۱ حاوی اکسید بور بیشتری نسبت به سایر جرمها می‌باشد که به نظر می‌رسد برای کاربرد در دماهای پایین طراحی شده است.

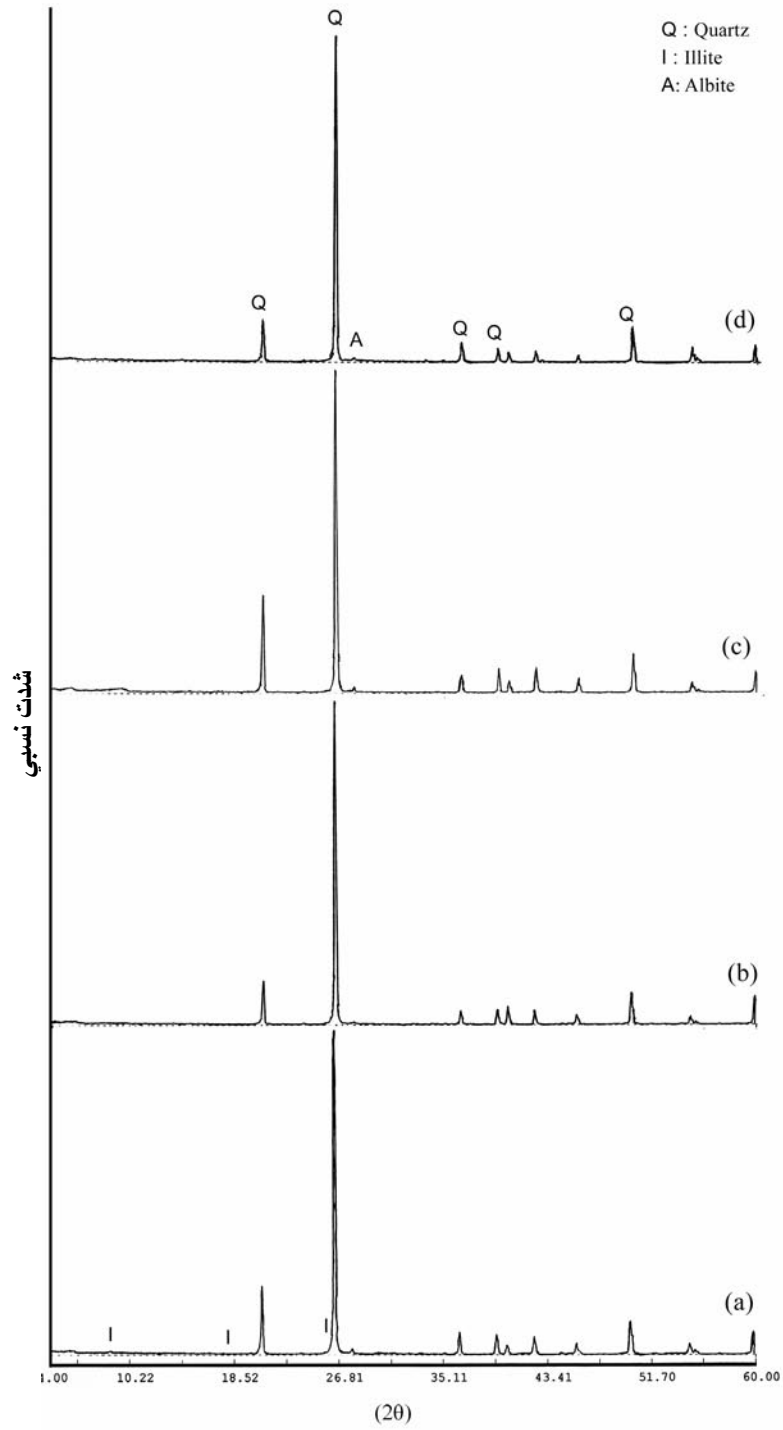
آنالیز مینرالی جرمها در شکل ۲ نشان می‌دهد که فاز کوارتز به عنوان فاز اصلی در همه نمونه‌ها وجود دارد و مقدار جزئی فازهای آلپیت ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) و ایلیت ( $(\text{H}_3\text{O},\text{K})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$ ) نیز به صورت ناخالصی وجود دارد.

جدول ۲- نتایج آنالیز عنصری نمونه‌های جرم سیلیسی

نمونه اکسید	1	2	3	4
$\text{SiO}_2$	97/800	98/900	98/800	97/200
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1/600	0/760	0/780	1/300
$\text{MgO}$	0/130	0/081	0/087	0/960
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0/100	0/030	0/074	0/071
$\text{CaO}$	0/032	0/130	0/097	0/170
$\text{Na}_2\text{O}$	0/046	0/054	0/074	0/090
$\text{K}_2\text{O}$	0/240	0/035	0/052	0/056
$\text{MnO}$	0/000	0/012	0/016	0/013
$\text{TiO}_2$	0/018	0/000	0/000	0/024
$\text{B}_2\text{O}_3$	0/347	0/173	0/180	0/189

در شکل ۳ و جدول ۳ آنالیز دانه‌بندی نمونه‌ها آمده است. در جدول ۳ دانه‌بندی نمونه‌ها به سه قسمت درشت، متوسط و ریز تقسیم شده است [۳]. از روش دانه‌بندی تر برای دانه‌بندی استفاده شد تا دقت کافی در اندازه‌های ریز حاصل گردد. دانه‌بندی‌ها مطابق شکل ۳ و جدول ۳ بیانگر آن است که درصد دانه‌های درشت نمونه ۱ کمتر و درصد دانه‌های درشت نمونه ۳ بیشتر از دیگر نمونه‌ها است. اصولاً برای رسیدن به فشردگی مناسب لازم است که درصدهای مناسبی از دانه‌های درشت، متوسط و ریز در کنار هم قرار بگیرند. این درصدها مطابق فرمول آندریازن مشخص می‌شود [۷] اما در تولید صنعتی با توجه به تنظیم سه یا چهار الک در خط تولید، دانه‌بندی کمی از تئوری تفاوت خواهد کرد که نتایج این تفاوت‌ها در جدول ۳ به خوبی نشان داده شده است. با توجه به تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی در شکل ۴ به نظر می‌رسد، کوارتز نمونه ۱ از نوع نهان‌بلور (cryptocrystalline) و کوارتز سایر نمونه‌ها بدلیل داشتن کریستالهای درشت و مرزهای کریستالی مشخص با بزرگنمایی ذکر شده در تصویر از نوع صخره‌ای می‌باشد.

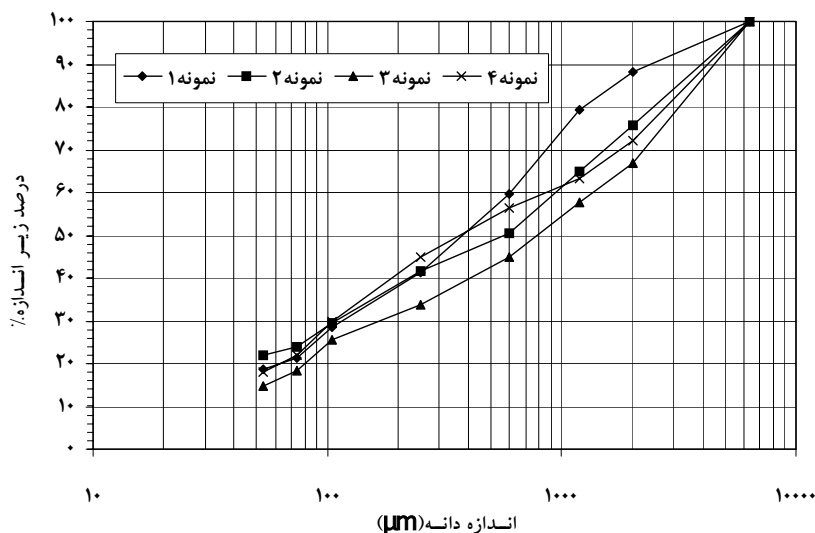




شکل ۲- الگوی پراش اشعه X نمونه‌های جرم سیلیسی (a) نمونه ۱ (b) نمونه ۲ (c) نمونه ۳ (d) نمونه ۴

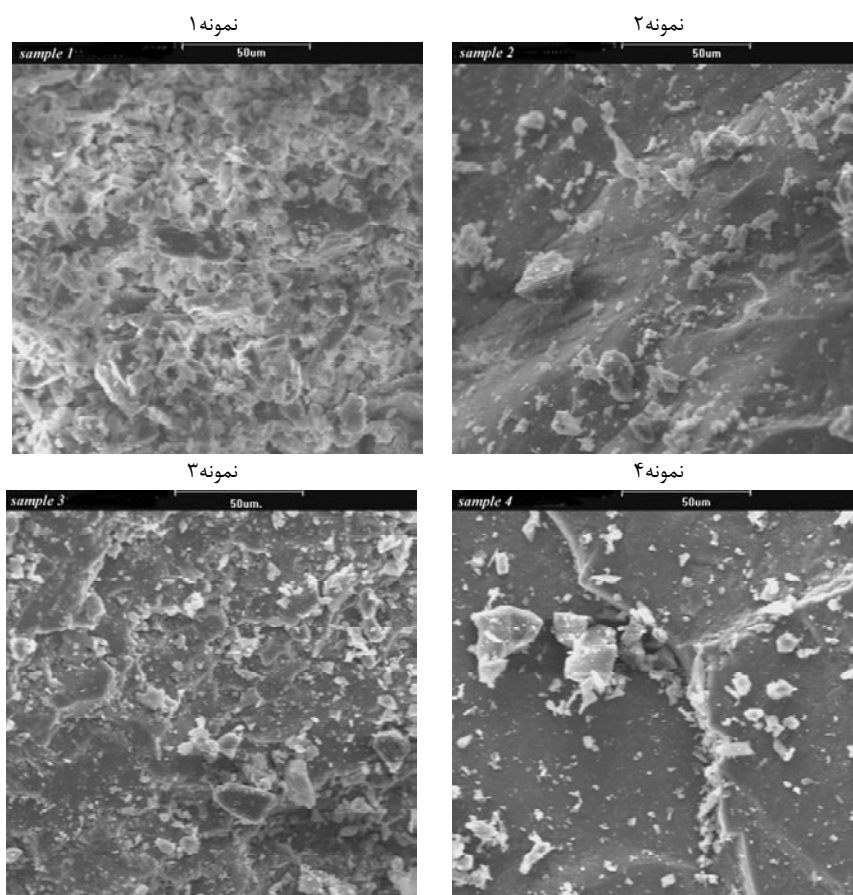
جدول ۳- دسته‌بندی اندازه‌ی دانه نمونه‌ها

ریز	متوسط	درشت	دسته
$< 250 \mu\text{m}$	$250 - 600 \mu\text{m}$	$> 600 \mu\text{m}$	اندازه نمونه
۴۱	۱۸	۴۱	۱
۴۲	۹	۴۹	۲
۳۴	۱۱	۵۵	۳
۴۵	۱۲	۴۳	۴



شکل ۳- نمودار تراکمی توزیع دانه‌بندی نمونه‌ها به روش تر

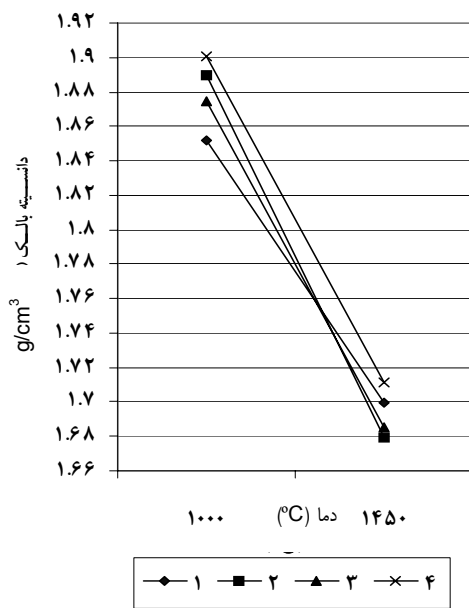
با توجه به شکل ۵ در دمای بین  $110^{\circ}\text{C}$  تا  $1000^{\circ}\text{C}$  تغییر حجمی حدود  $1/7$  -  $0/9$ ٪ هنگام گرم کردن رخ می‌دهد. از آنجایی که تبدیل کوارتز به تری‌دیمیت با  $14/2$ ٪ انبساط حجمی همراه بوده [۸] و در دمای حدود  $870^{\circ}\text{C}$  انجام می‌گیرد [۹] و از طرفی در دمای  $1000^{\circ}\text{C}$  تغییر حجمی کمتر از  $1/7$ ٪ رخ داده است، می‌توان نتیجه گرفت در نمونه‌ها استحاله کوارتز به تری‌دیمیت بسیار کم انجام شده است و بجای آن استحاله‌ی کوارتز به کریستوبالیت به عنوان تغییر فاز غالب رخ داده است که حضور فاز کریستوبالیت در کنار فاز کوارتز در الگوی پراش اشعه X (XRD) نمونه‌ها در دمای  $1450^{\circ}\text{C}$  نیز مؤید آن است.



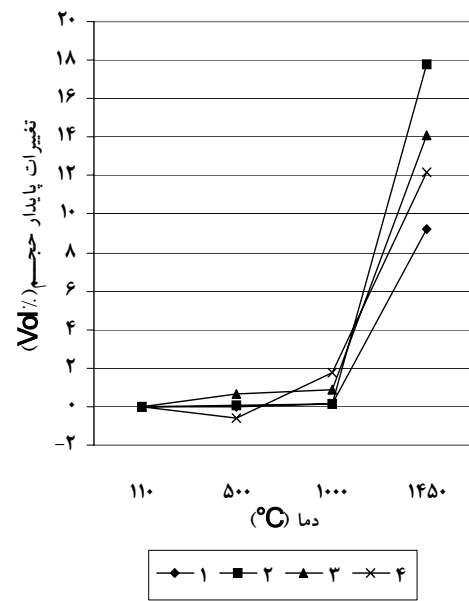
شکل ۴- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه‌ها

در دمای بین  $1000^{\circ}\text{C}$  تا  $1450^{\circ}\text{C}$  حجم به طور چشمگیری (حدود ۹-۱۸٪) افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد در دمای  $1450^{\circ}\text{C}$  انبساط حاصل از استحاله‌ی کوارتز به کریستوبالیت در دمای حدود  $1200^{\circ}\text{C}$  [۱۰] بر انقباض زینتر غلبه دارد. هر چند نمونه ۱ تا دمای  $1000^{\circ}\text{C}$  دانسیته کلی کمتری مطابق شکل ۶ نشان می‌دهد، اما در دمای  $1450^{\circ}\text{C}$  با کمترین شیب تغییر (۹/۲۱٪)، به حجم کمتری نسبت به دیگر نمونه‌ها مطابق شکل ۵ رسیده است. از طرفی حجم نمونه ۲ به شدت (۱۷/۲۶٪) افزایش می‌یابد.

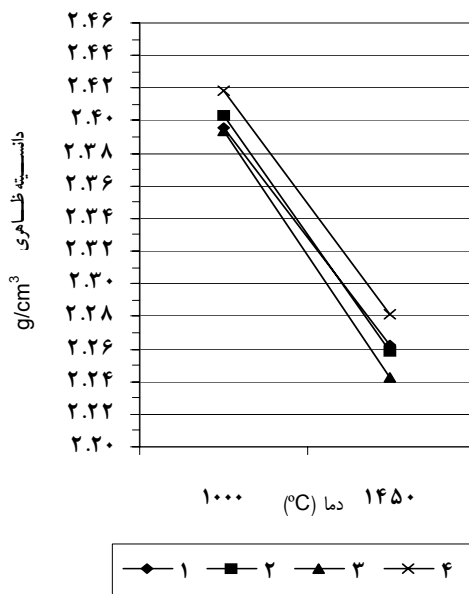
در کوارتزیت استحاله کوارتز به کریستوبالیت به دلیل وجود سیمان سیلیسی به تدریج صورت می‌گیرد [۱۰]، به طوری که با حضور فازهای کریستوبالیت در کنار فاز کوارتز در الگوی پراش اشعه‌ی X (XRD) نمونه‌ها در دمای  $1450^{\circ}\text{C}$  به نظر می‌رسد زمان ۵ ساعت پخت کافی نباشد. بخشی از افزایش حجم تغییر فازی حاصل، به دلیل الاستیک بودن سیمان سیلیسی جذب می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد از دلایل شیب تغییر حجم کم نمونه ۱، اندازه دانه ریز و در نتیجه مقدار سیمان سیلیسی گسترده و مناسب آن باشد که مطابق شکل ۴ در نمونه ۴ نیز به دلیل بالا بودن سیمان سیلیسی، حجم کمتر بوده است.



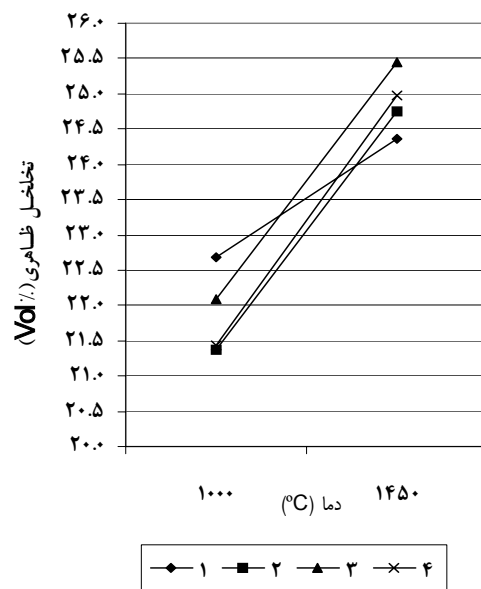
شکل ۶- تغییرات دانسیته بالک نمونه‌ها برحسب دما



شکل ۵- تغییرات پایدار حجم نمونه‌ها برحسب دما



شکل ۸- تغییرات دانسیته ظاهری نمونه‌ها برحسب دما

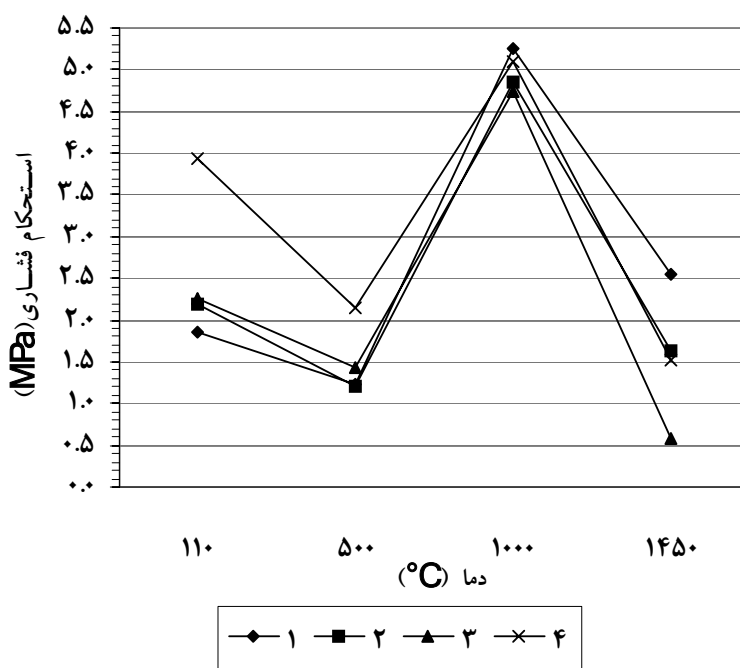


شکل ۷- تغییرات تخلخل ظاهری نمونه‌ها برحسب دما

با توجه به شکل ۹، استحکام نمونه ۴ در دماهای  $110^{\circ}\text{C}$  و  $500^{\circ}\text{C}$  به دلیل ریزبودن توزیع اندازه‌ی دانه‌های آن بیشتر از سایر نمونه‌ها است. از دمای  $110^{\circ}\text{C}$  تا  $500^{\circ}\text{C}$  افت استحکام در حد ۳۳-۴۶٪ رخ می‌دهد که می‌تواند ناشی از ایجاد تخلخل با خروج آب اسید بوریک در دماهای حدود  $170^{\circ}\text{C}$  و  $300^{\circ}\text{C}$  طبق روابط ذیل و ضعف پیوند آن باشد [۹].



از دمای  $500^{\circ}\text{C}$  تا  $1000^{\circ}\text{C}$  به دلیل زینتر، استحکام به میزان ۳۰۰-۱۳۱٪ افزایش می‌یابد. به هنگام زینتر، اکسید بور موجود، در دمای  $580^{\circ}\text{C}$  [۹] شروع به ذوب کرده و فاز شیشه‌ای بوروسیلیکاتی ایجاد می‌نماید، فاز شیشه‌ای فضای خالی بین دانه‌ها را پر کرده و سبب افزایش استحکام می‌شود [۳]. در محدوده‌ی دمایی  $1000^{\circ}\text{C}$  تا  $1450^{\circ}\text{C}$  استحکام تا حدود ۸۸-۴۸٪ کاهش می‌یابد که می‌تواند آن را به استحاله‌ی کوارتز به کریستوبالیت با شروع از دمای حدود  $1200^{\circ}\text{C}$  نسبت داد [۱۰] که این تبدیل ۱۴/۲٪ انبساط حجمی را همراه خواهد داشت [۸]. چنین انبساطی می‌تواند سبب ایجاد ترک‌های مویی گردد که استحکام را کاهش می‌دهد [۱۱].



شکل ۹- تغییرات استحکام فشاری نمونه‌ها بر حسب دما

استحکام نمونه ۱ در دمای  $1450^{\circ}\text{C}$  بیشتر از سایر نمونه‌ها است که بخشی از آن می‌تواند به دلیل ریزدانه بودن آن باشد. بدین ترتیب که به نظر می‌رسد با دانه‌های ریزتر سیمان سیلیس بیشتری حاصل شده، در نتیجه ترک‌های مویی کمتری ایجاد می‌گردد که خود سبب افزایش استحکام می‌شود و به همین دلیل نمونه ۳ به سبب داشتن دانه‌های درشت استحکام کمتری دارد. از طرفی استحکام نمونه ۱ بیشتر از نمونه‌ی نسبتاً ریز ۴ است که علاوه بر داشتن درصد کمتری از دانه‌هایی با اندازه‌ی بیش از  $600\ \mu\text{m}$  نسبت به نمونه ۴ (جدول ۳)، می‌تواند به دلیل احتمال وجود سیلیس ذوبی (fused silica) آمورف در آن باشد که مطابق با ویژگی‌های ذکر شده در برگه مشخصات آن بوده است. به طوری که سیلیس ذوبی آمورف به هنگام استحاله‌ی کوارتز به کریستوبالیت، بستر ویسکوزی را فراهم می‌کند که بخشی از تنش حاصل از افزایش حجم را جذب کرده، خود به کریستوبالیت تبدیل می‌شود که منجر به افزایش استحکام می‌گردد.

## ۴- نتیجه گیری

رفتار جرمهای سیلیسی هنگام حرارت دادن تا دمای  $1450^{\circ}\text{C}$  از نظر روند تغییرات پایدار حجم، دانسیته و استحکام بستگی زیاد به درصد اسید بوریک، نوع دانه بندی سیلیس و افزودنی سیلیس ذوبی دارد. نتایج حاصله نشان می دهد که نمونه های دارای توزیع ۴۱ درصد دانه درشت، ۱۸ درصد دانه متوسط و ۴۱ درصد دانه ریز کوارتزیت و سیلیس نهان بلور در دمای  $1450^{\circ}\text{C}$  خواص فیزیکی و مکانیکی بهتری دارند.

## مراجع

1. H. Shikano, "Refractories Handbook, Technical Association of Refractories", Japan, (1998).
  2. ISO 836:2001, "Terminology for Refractories", (2001).
  3. L. J. Miles, "Refractories for Induction Furnaces", the Foundryman, P.66-70, Feb. (1989).
  4. J. H. Chesters, "Refractories for Iron- and Steelmaking", the Metals Society, London, (1974).
  5. Z. V. Popovic & et. al. "the Types of Corrosion of Refractory in Coreless Induction Furnaces", The Foundryman, P.327-330, Aug. sep. (1991).
۶. داریوش سلیمی، «کوره ی القایی بدون هسته (قسمت سوم)»، مجله ریخته گری، سال هجدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۷۶.
7. J. S. Reed, "Principles of Ceramics Processing", 2<sup>nd</sup> edition, John Wiley & sons, (1993).
  8. F. Singer and S. S. Singer, "Industrial Ceramics", Chapman and Hall Ltd., London, (1979).
  9. M. Grayson, "Encyclopedia of Glass, Ceramics, Clay and Cement", John Wiley & sons, (1984).
  10. P. P. Budnikov, "the Technology of Ceramics and Refractories", the M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, (1964).
  11. W. N. Santo, J. B. Baldo, R. Taylor, "Phase Transformation of Cristobalite and it's Influence on the Thermal Diffusivity of a Typical Silica Refractory", Ceramica (Sao Paulo). Vol. 40, no. 266, pp. 64-65. (1994).

# مهرنی پلایر نامه‌های تخصصی تکمیلی

## پروژه‌های کارشناسی ارشد

### دانشگاه آزاد اسلامی (واحد علوم و تحقیقات)

پایان نامه کارشناسی ارشد (سرامیک)

د/ود قهرمانی

استادان راهنما: دکتر کاوه ارزانی، دکتر حسین سرپولکی

#### کاربرد نفلین سیانیت به عنوان جایگزین فلدسپات در انگوب کاشی کف و بررسی خواص آن

**چکیده:** در تحقیق حاضر مقادیر مختلفی از فلدسپات پتاسیک در فرمولاسیون انگوب مینا، توسط نفلین سیانیت معدن کلپیر آذربایجان جایگزین گردید. با افزودن مقدار نفلین در ترکیب انگوب، ضمن کاهش درصد تخلخل، ضریب انبساط حرارتی انگوب افزایش یافت، ضمن اینکه خواص مکانیکی سرد کاشی با افزایش درصد نفلین در انگوب آن، افزایش یافت. میزان سفیدی محصول تا حد معینی (۱۲۸/۵٪) بهبود و سپس با افزودن مقدار بیشتر نفلین، کاهش یافت. گرچه جایگزینی های انجام گرفته در چهار گروه جایگزینی مقدار اکسید سدیم موجود در آنالیز شیمیایی فلدسپات توسط مقدار اکسید سدیم موجود در نفلین سیانیت، جایگزینی مقدار اکسید پتاسیم موجود در فلدسپات توسط مقدار اکسید پتاسیم موجود در نفلین سیانیت، جایگزینی مجموع اکسید سدیم و پتاسیم فلدسپات توسط نفلین و در نهایت جایگزینی معادل وزنی فلدسپات موجود در ترکیب انگوب توسط نفلین سیانیت صورت گرفت و خواص هر چهار گروه مورد بررسی واقع شد، بررسیها بهترین نتایج را در جایگزینی معادل وزنی فلدسپات نشان داد.

ریز ساختار نمونه ها به خوبی نشان می دهد که با افزایش درصد نفلین سیانیت در ترکیب انگوب، ویسکوزیته فاز مذاب انگوب افزایش یافته، ضمن به دام انداختن و حبس حبابهای ناشی از خروج گازهای فرار بدنه، مانع از ورود این حبابها به لعاب شده و بنابراین به کاهش عیب حبابهای ریز سطح لعاب کمک می شود. چسبندگی انگوب به بدنه و لعاب در نمونه های جایگزین شده نیز به خوبی انجام پذیرفته است.

### پژوهشگاه مواد و انرژی

پایان نامه کارشناسی ارشد (سرامیک)

بابک ارفعی

استاد راهنما: دکتر محمد حسن امین

استاد مشاور: دکتر بیژن افتخاری یکتا

#### بررسی عوامل فورجی تاندیش های مورد مصرف در فولاد مبارکه

**چکیده:** در کار حاضر سعی شده است عوامل بلوکه شدن تاندیش های مورد مصرف در شرکت فولاد مبارکه اصفهان مورد بررسی قرار گیرد. به منظور بررسی مشکل بلوکه شدن، تاثیر پارامترهای متعدد از



جمله درصد عناصر و نوع فازهای مختلف موجود در سرباره تاندیش و پاتیل، کیفیت فولاد، نوع جرم مصرفی و عوامل اپراتوری از قبیل نحوه پوشش دهی در مدت زمان یک سال به صورت آماری مورد بررسی قرار گرفت. با در نظر گرفتن آمارهای حاصل، مشخص گردید که دو عامل ورود سرباره از پاتیل به تاندیش و نوع جرم مصرفی به طور عمده بر بلوکه شدن تاندیش ها تاثیر گذار می باشند.

تعداد زیادی از نمونه های سرباره پاتیل، تاندیش و همچنین جرم مصرفی از محل کارخانه جمع آوری گردید. سطح مقطع جرم منیزیایی در تماس با سرباره به کمک میکروسکوپ الکترونی روشی مجهز به اسپکتروسکوپی اشعه X (SEM/EDS) مورد ارزیابی قرار گرفت همچنین آنالیزهای XRF و XRD بر روی نمونه ها انجام پذیرفت. مشخص گردید که تغییر ترکیب و بازیسیته در سرباره تاندیش، ناشی از ورود سرباره پاتیل به تاندیش بوده و این امر باعث تغییر ویسکوزیته سرباره و در نتیجه نفوذ بیشتر آن در آستر شده است.

علت کاهش سرعت خوردگی و کم شدن تاندیش های بلوکه در نتیجه افزایش نسبت بازیسیته در سرباره را می توان به افزایش ویسکوزیته سرباره نسبت داد. ورود عناصری همچون Mn از سرباره پاتیل به داخل تاندیش باعث کاهش ویسکوزیته سرباره و در نتیجه نفوذ بیشتر سرباره به داخل جرم منیزیایی می گردند. در نسبت بازیسیته ثابت، کاهش میزان  $Al_2O_3$  باعث کاهش تاندیش های بلوکه می گردد.

با توجه به اهمیت نوع جرم مصرفی، دو نوع جرم داخلی و خارجی که به طور عمده در پوشش تاندیش ها مورد مصرف قرار می گرفتند، انتخاب گردید. خواص فیزیکی این دو نوع جرم شامل توزیع اندازه دانه و جرم مخصوص، میزان تخلخل و سطح ویژه مورد بررسی قرار گرفت. مشخص گردید که ابعاد تخلخل ها در نمونه خارجی به طور پیوسته تغییر می کند. نتیجه گیری شد که درصد کم تخلخل و ریزتر بودن آنها در جرم خارجی باعث نفوذ کمتر سرباره به داخل آن خواهد شد.

## دانشگاه علم و صنعت ایران

پایان نامه کارشناسی ارشد (سرامیک)

نازیلا ابراهیم

استادان راهنما: دکتر فرهاد گلستانی فرد، دکتر حسین سرپولکی

استاد مشاور: مهندس علیرضا سوری

### ساخت و بررسی خواص جرم های ریختنی آلومینا - کاربرد سیلیسیم - کربن

**چکیده:** جرم های ریختنی آلومینا - کاربرد سیلیسیم - کربن از نسل جرم های ریختنی پیشرفته هستند که از جنبه مقاومت به خوردگی، پایداری حجمی، مقاومت به شوک حرارتی، هدایت حرارتی و استحکام، خواص مطلوبی دارند. کاربرد اصلی این دسته از جرم های ریختنی در جوی مذاب و سرباره کوره بلند ذوب آهن است. در ایران در حال حاضر هنوز از جرم های کوبیدنی که قدیمی ترین نوع دیرگداز مصرفی برای این بخش از کوره بلند هستند. امروزه به دلیل طول عمر بالا و نصب آسان و کم هزینه جرم های ریختنی، کاربرد آن ها در این ناحیه تشویق شده است.

در این تحقیق به منظور ساخت و بررسی خواص جرم ریختنی آلومینا - کاربرد سیلیسیم - کربن به منظور کاربرد در راهگاه کوره بلند، ابتدا دو ترکیب بر پایه اگریگیت های تبولار آلومینا و آلومینای ذوبی قهوه ای با توزیع دانه بندی بهینه طراحی شدند. سپس دانسیته کلی، تخلخل ظاهری، تغییرات طولی پایدار (PLC)، استحکام مکانیکی سرد (MOR و CCS) در دماهای  $110^{\circ}C$ ،  $1000^{\circ}C$ ،  $1250^{\circ}C$  و  $1500^{\circ}C$  اندازه گیری و بررسی شد. در ادامه تاثیر مقدار و دانه بندی SiC در ترکیب پایه آلومینای ذوبی قهوه ای بر خواص فیزیکی و مکانیکی مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات فازی بر روی همه ترکیبات که در دماهای  $1000^{\circ}C$ ،  $1250^{\circ}C$  و  $1500^{\circ}C$  پخت شده بودند صورت گرفت. همچنین تست خوردگی به دو روش تست بوته (Cup Test) و Finger Test بر روی تمامی ترکیبات در دمای  $1500^{\circ}C$  انجام شد و مطالعات فازی و ریزساختاری بر روی نمونه های پس از آزمایش خوردگی انجام گرفت.

نتایج نشان داد که این ترکیبات را می توان با ۵٪-۵ آب ریخته گری نمود. افزایش میزان SiC موجب

افزایش اندک آب مصرفی می‌گردد. از سوی دیگر، افزایش مقدار SiC موجب کاهش استحکام گردید و تخلخل افزایش یافته، دانسیته کلی تغییر چندانی نکرد. همچنین مقاومت به خوردگی نیز کاهش نشان داد.

ترکیب پایه تیولار آلومینا و دارای ۱۵٪ وزنی SiC نسبت به سایر ترکیبات خواص خوردگی بهینه را نشان داد. هر چند که اگرگیت آلومینای ذوبی قهوه‌ای، مقاومت به خوردگی بهتری در مقایسه با اگرگیت تیولار آلومینا نشان می‌دهد.

## دانشگاه تربیت مدرس تهران

پایان نامه کارشناسی ارشد (سرامیک)

سامان نادری

استاد راهنما: دکتر رسول صراف مأموری

استاد مشاور: مهندس نسترن ریاحی نوری

### تهیه شیمیایی نانوپودر فلورید لیتیم مورد مصرف در قرص های پرتوسنجی

**چکیده:** پودر فلورید لیتیم (LiF) پودری است سفید رنگ با دانسیته ۲/۶۴ g/cc و با نقطه ذوب ۸۴۸ درجه سانتیگراد. این پودر دارای مصارف گوناگونی است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به کاربردهای مانند استفاده آن در شیشه به عنوان فلاکس، لعاب، لحیم کاری، و ذوب آلومینیوم اشاره نمود. مهم‌ترین کاربرد این پودر در ساخت قرص های پرتوسنجی است. پودرهای مورد مصرف برای این منظور که در حال حاضر استفاده می‌شود، ابعادی در حدود ۵ تا ۱۰ میکرون دارند که در این پروژه، هدف تولید پودر LiF با ابعادی به مراتب کوچکتر و در حد نانومتر می‌باشد. در این تحقیق، از میان چند واکنش شیمیایی که توان تولید LiF را داشته اند، واکنش  $LiOH + HF \rightarrow LiF + H_2O$  انتخاب و پارامترهایی چون دما، PH، زمان و هم‌زدن کنترل گردید.

پودرهای حاصل به کمک SEM، LPSA، XRD مورد آنالیز شکل، فاز و دانه بندی قرار گرفت و در پایان با شرایط دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، PH حدود ۲ تا ۳، زمان کمتر از ۱ ثانیه و هم‌زدن التراسونیک پودرهایی با دانه بندی ۱۰۰ نانومتر و اشکال مکعبی و با خلوص کامل پودر LiF تولید گردید.

**کلیدواژه:** فلورید لیتیم، پرتوسنجی، تهیه شیمیایی، نانوپودر، پودر نانومتری

## دانشگاه صنعتی شریف

پایان نامه کارشناسی ارشد (سرامیک)

وحید جمعی

استادان راهنما: دکتر زیارتعلی نعمتی، دکتر سعید ناطق

استاد مشاور: دکتر ارزانی

### بررسی خوردگی دیگرگدازهای منیزیا-گرافیتی در صنایع فولادسازی

**چکیده:** تحقیقات گسترده در صنایع فولادسازی دنیا حاکی از تاثیر قابل ملاحظه شرایط متالورژیکی بر عمر دیگرگداز است. به دلیل کاربرد فراوان و وسیع دیگرگدازهای منیزیا-گرافیت در صنایع فولادسازی، بررسی مقاومت به خوردگی این دیگرگدازها در حین کار در کوره و در معرض سرباره خورنده، از موارد بسیار مهم تاثیرگذار بر عمر آنها است.

در تحقیق حاضر از نمونه‌های منیزیا-گرافیتی بدون آنتی اکسیدان که در خطوط فولادسازی ذوب آهن اصفهان بکار می‌روند و همچنین نمونه‌های حاوی آنتی اکسیدان که ساخت شرکت نسوز آذر

هستند، استفاده شد. از عوامل تاثیر گذار بر خوردگی این دیرگدازها، ترکیب شیمیایی سرباره است که تحت عنوان عامل بازیسته (C/S) از آن نام می‌برند. بدین منظور دو نوع سرباره مصنوعی با ترکیب شیمیایی متفاوت در آزمایشگاه ساخته شد. سرباره شماره ۱ با  $C/S < 2$  و سرباره شماره ۲ با  $C/S > 2$ . کلیه آزمایشات انجام شده در این تحقیق تحت شرایط احیایی و در دمای ۱۶۰۰ درجه سانتیگراد انجام شده است.

با استفاده از نتایج حاصل از میکروسکوپ SEM و همچنین الگوی تفرق اشعه X (XRD) در نمونه‌ها پس از تست، ضمن بررسی مکانیزم خوردگی در این دیرگدازها، فازها و عوامل ایجادکننده خوردگی شیمیایی نیز شناسایی شدند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که در نمونه‌های تست شده با سرباره با ترکیب شیمیایی  $C/S < 2$  تشکیل فازهای زود ذوبی نظیر موتتی سیلیت (CMS) و منیزیا - وستیت باعث تشدید خوردگی شیمیایی شده و همچنین عمق نفوذ مواد خورنده نظیر Fe, Si و ... در این نمونه‌ها نسبت به نمونه‌هایی که در معرض سرباره با ترکیب شیمیایی  $C/S > 2$  قرار گرفته‌اند به مراتب بیشتر بوده است.

#### فرم اشتراک مجله

به پیوست فیش بانکی به شماره..... به مبلغ ..... بابت حق اشتراک یک ساله تعداد..... نشریه سرامیک ایران ارسال می‌گردد.

نام : .....

نام خانوادگی : .....

نام شرکت یا موسسه: .....

شغل ..... تحصیلات.....

نشانی: استان..... شهرستان.....

خیابان .....

.....

کد پستی..... صندوق پستی.....

تلفن..... فاکس .....

مبلغ اشتراک را به شماره حساب ۱-۵۴۸۸ بانک ملت شعبه دانشگاه علم و صنعت ایران واریز نموده و اصل فیش را به همراه فرم به آدرس دفتر نشریه صندوق پستی ۱۱۱-۱۶۸۴۵ ارسال نمایید.

کپی فیش پرداختی را تا دریافت اولین شماره نشریه نزد خود نگاه دارید.

مبلغ اشتراک برای چهار شماره در سال با پست عادی مبلغ ۴۰۰۰۰ ریال می‌باشد.

# تازه‌های نشر

## زره های سرامیکی پیشرفته

### Advances in Ceramic Armor

By: Jeffrey J. Swab, Editor • Dongming Zhu and Waltraud M. Kriven

Published by: American ceramic society (2005)



این کتاب شامل مطالبی در مورد گسترش و جمع آوری مطالب در مورد مواد سرامیکی کاربردی در زره هاست . سر فصلهای کتاب شامل مطالب زیر است : ضربه و مدل سازی جذب ، آزمایش های استاتیک و دینامیک پیش بینی عمل کرد ، شاخص های صدمات ، آزمایش های غیر مخرب و ایده های در مورد مواد جدید .

## پیشرفته‌ها در بیو سرامیک ها و بیوکامپوزیت ها

### Advances in Bioceramics and Biocomposites a

By: Mineo Mizuno, Editor • Dongming Zhu and Waltraud M. Kriven

Published by: American ceramic society (2005)



کاربرد سرامیک ها در محیط های بیولوژیکی و ابزارهای زیست دارویی دارای اهمیت روز افزونی اند . درک چگونگی عملکرد سیستم های بیولوژیکی در تقابل با مینرال ها برای گسترش دادن مواد جدید از اهمیت زیادی برخوردار است . در این مجموعه اطلاعاتی در مورد Biomimetic ها ، عملکرد و میانکنش مواد برای ابزارهای زیست دارویی گرد آوری شده است.

## خواص مکانیکی مواد مهندسی

### Mechanical Properties of Engineered Materials

By: W.O. Soboyejo

Published by: American ceramic society (2002)



این کتاب تشریح کننده پیشرفت ها در مواد پایه و ایده های مربوطه است . این جلد یک نگاه جامع اما خلاصه از خواص مکانیکی مواد مهندسی و ساختمانی ارائه می‌دهد. مفاهیم پوشش داده شده شامل پایه های فیزیکی و مکانیکی، الاستیسیته، پلاستیسیته، خستگی، ویسکوالاستیسیته، خزش و شکست وابسته به زمان است.



**رفتار مکانیکی مواد****Mechanical Behavior of Materials**

By: Keith Bowman

Published by: American ceramic society (2003)



فهم مکانیزم های رفتارهای مکانیکی مواد برای ساخت ابزارهای مواد جدید و طرح های جدید از مواد لازم و ضروری است. این کتاب در دقت روی شباهت ها و تفاوت ها در پاسخ های مکانیکی داخل و بین گروه های مختلف مواد بین مهندسی ابزارها و زمینه علمی رفتار مکانیکی مواد به یک تعادلی رسیده است. در این کتاب سه گروه اصلی مواد شامل فلزات، سرامیک ها و پلیمرها مورد بحث قرار گرفته اند و عناوین مباحث مطرح شده به این شرح است: تنش، کرنش، تنسور، الاستیسیته، نابجایی ها، مکانیزم های استحکام یابی، تغییر فرم دما بالا، شکست، خستگی، برش و روش های تغییر شکل.

**پیشرفت ها و پوشش های سرامیکی و سیستم های سرامیک - فلز****Advances in Ceramic Coatings and Ceramic-Metal Systems**

By: Dongming Zhu and Kevin Plucknett, Editors • Dongming Zhu and Waltraud M. Kriven,

Published by: American ceramic society (2005)



این کتاب شامل ۴۶ مقاله از پیشرفت های پوشش های سرامیکی برای مصارف ساختمانی، زیستی و ابزار کاربردی و سمپوزیوم بین المللی پیشرفت ها در سیستم های سرامیک - فلز است. سرفصل های کتاب شامل طراحی ریز ساختار و پروسه، خواص حرارتی و مکانیکی، آزمایشات پیشرفته و غیر مخرب، برش، رفتارهای سایش و خوردگی، مدلسازی و خواص کاربردی می باشد. شایان ذکر است که یک قسمت خاص در این مقالات بر روی بخش هنری صنعت سرامیک و ابزارهای روز مورد استفاده در پوشش سرامیک ها و کامپوزیت های سرامیک - فلز تمرکز دارد.

**بررسی مزیت ها، موانع و پتانسیل بالقوه صادرات کاشی های سرامیکی ایران به****بازارهای هدف حوزه خلیج فارس**

تألیف: حسن ولی بیگی

ناشر: موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی

در کتاب حاضر، که به بررسی نقش و سهم ایران در تجارت کاشی های سرامیکی در منطقه خلیج فارس و جهان اختصاص دارد، نخست، انواع طبقه بندی های تجاری و بین المللی کاشی های سرامیکی توضیح داده شده و سپس با مروری اجمالی بر کشورهای عمده تولید کننده، مصرف کننده، صادر کننده، و وارد کننده، ساختار بازار صنعت کاشی های سرامیکی در جهان تحلیل شده است. همچنین، بخشی نیز به ارزیابی روند و سهم صادرات ایران، صادرات بالقوه، و تحلیل مزیت نسبی آشکار شده ی کاشی های سرامیکی ایران اختصاص یافته است.



علاوه بر این، ضمن ارزیابی میزان تجارت کاشی های سرامیکی میان کشورهای حوزه خلیج فارس، وضعیت عرضه و تقاضای کاشی های سرامیکی در کشورهای این حوزه بررسی گردیده است. در پایان، پس از

تشریح برخی عوامل تاثیرگذار در زمینه صادرات کاشی‌های سرامیکی، توصیه‌هایی در این زمینه مطرح شده است.

### خواص مکانیکی مواد: فلزات، سرامیک‌ها

تألیف: احمد رزاقیان، آرمان صدقی

ناشر: نگارش علوم

در این کتاب مطالب مختلفی در زمینه‌ی خواص مکانیکی مواد فلزی و سرامیکی در هشت فصل مطرح شده که عبارت‌اند از: "تنش، تنش‌های اصلی، دایره مور و روابط تنش - کرنش"، "رفتار مواد برابر کشش"، "اصول نایجایی‌ها"، "لغزش"، "دوقلویی و تاثیرات تغییر شکل پلاستیک بر ساختار"، "مکانیزم‌های مقاوم شدن"، "از کار افتادگی" و "خواص مکانیکی سرامیک‌ها."

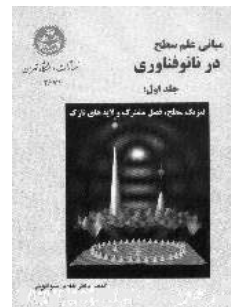


### مبانی علم سطح در نانو فناوری: فیزیک سطح، فصل مشترک و لایه‌های نازک

تألیف: هادی سوالونی

ناشر: دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ

جلد اول از مجموعه‌ی حاضر که به بررسی جنبه‌های تجربی و نظری فیزیک سطح و فصل مشترک اختصاص دارد این موضوعات را شامل می‌شود: تعریف و اهمیت فیزیک سطح و فصل مشترک؛ تکنولوژی خلاء در علم سطح کاربردی؛ روش‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری و بازرسی ضخامت لایه؛ روش‌های شیمیایی انباشت لایه‌های نازک؛ روش‌های فیزیکی (تبخیری) انباشت لایه‌های نازک؛ روش‌های فیزیکی (کند و پاشی و رورکش کاری یونی) انباشت لایه‌های نازک؛ آنالیزهای انرژی الکترون؛ شبکه‌های دو بعدی، ابر ساختار و فضای وارون؛ مکانیزم تشکیل لایه‌های نازک؛ بررسی تجربی نظریه‌های هسته‌بندی؛ مدل منطقه‌ای ساختار (SZM) و اثر پارامترهای انباشت در ساختار لایه‌های نازک؛ دینامیک شبکه سطحی؛ حالت‌های الکترونیکی سطحی.



### نانوذرات و کاربرد آنها در رهایش کنترل شده عوامل بیولوژیکی

تألیف: اسماعیل جباری؛ شهریار شریفی؛ محمد رفیعی‌نیا

ناشر: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

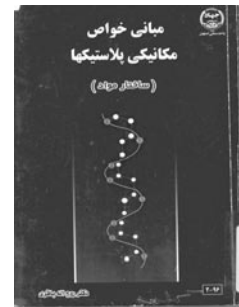
در فصل اول نانو ذرات معرفی و روش‌های تهیه آنها ذکر می‌گردد. در فصل دوم جنبه‌های دارویی نانو ذرات بررسی و در فصل سوم خصوصیات و ویژگی‌های نانو ذرات تحلیل می‌شود. فصل چهارم درباره چگونگی انتشار نانو ذرات در بدن است و در فصل پایانی کاربرد و استفاده از نانو ذرات درج گردیده است. "نانو ذرات، ذرات جامد کلوتیدی هستند که اندازه‌ای در محدوده ۱۰nm تا ۱۰۰۰nm دارا می‌باشند. این ذرات از ماکرو مولکول‌های طبیعی و یا مصنوعی تهیه می‌شوند. مواد فعال بیولوژیکی (مثلاً دارو) یا در آنها حل می‌شود و یا در داخل زنجیرهای پلیمری به صورت فیزیکی محبوس شده و یا به صورت سطحی جذب نانو ذرات می‌شود از لحاظ لفظی، به مجموعه نانو کپسول‌ها و نانو اسفرها و یا حتی شبکه‌های پلیمری که دارو در مقیاس مولکولی در آنها حبس شده باشد، نانو ذره اطلاق می‌شود."

## مبانی و خواص مکانیکی پلاستیک‌ها

تألیف: روح الله باقری

ناشر: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان

در این کتاب خواص مکانیکی مواد پلیمری به Thermoset، Thermoplastic به عنوان هدف اصلی مورد بحث قرار می‌گیرند و شامل فصول از پلیمری تا محصول پلاستیکی، ساختمان پلیمرها، دمای انتقال، آشنایی با خواص مکانیکی پلیمرها، تستهای اندازه‌گیری خواص مکانیکی، نقش مواد افزودنی موثر بر خواص مکانیکی پلاستیکها، تسلیم و شکستگی در پلاستیک‌ها، مواد Thermoset، Thermoplastic ویژه.



### شرکت‌های عضو حقوقی انجمن در سال ۱۳۸۴

- شرکت لعابیران
- شرکت صنایع کاشی خزر
- شرکت کاشی نیلو
- شرکت لعاب مشهد
- شرکت فراورده‌های نسوز پارس
- پژوهشگاه مواد و انرژی
- شرکت مقره سازی ایران
- شرکت کاشی مرجان
- شرکت صنایع چینی زرین ایران
- شرکت ایران آیمدی
- شرکت فراورده‌های دیرگداز ایران
- شرکت صنایع کاشی اصفهان
- شرکت کائولین و خاکهای نسوز خراسان
- شرکت صنایع کاشی و سرامیک سینا (سینا کاشی)
- شرکت چینی مقصود
- شرکت چینی اصفهان
- شرکت چینی نور
- شرکت چینی حمید
- شرکت مقره سازی صدف گستر زنجان
- شرکت سامان کاشی
- شرکت کاشی فیروزه مشهد
- شرکت مقره سازی پارس گستر زنجان
- شرکت معدنی و صنعتی سوراوچین حقیق
- مرکز تحقیقات مواد جهاد دانشگاهی استان یزد
- شرکت رنگدانه‌های سرامیکی گهرفام
- شرکت کاشی رویال نوین سمنان

## تقویم همایش‌ها

**International Trade Fair For The Glass Processing Machinery, Equipment, Raw Materials**

*& End Products*

March 13 – 16, 2006

Kuwait International, Fair Ground

[www.kif.net](http://www.kif.net)

**Structural Clay Division Meeting**

April 23-25, 2006

Lincoln, Nebraska USA

[www.ceramics.org](http://www.ceramics.org)

**IMAPS/ACERS International Conference on Ceramic Interconnect and Ceramic  
Microsystems Technologies (CICMT)**

April 25-27, 2006

Denver, Colorado, USA

[www.ceramics.org](http://www.ceramics.org)

**Glass and Optical Materials Meeting 2006**

May 16-19, 2006.

Hyatt Regency Greenville, Greenville, South Carolina, USA

[www.ceramics.org](http://www.ceramics.org)

**Microwave Materials and their Applications 2006**

June 12-15, 2006.

endorsed by The American Ceramic Society. University of Oulu, Finland

[www.ceramics.org](http://www.ceramics.org)

**1st International Congress on Ceramics**

June 25-29, 2006

The Westin Harbour Castle, Toronto, Ontario, Canada

[www.ceramics.org](http://www.ceramics.org)

**Fractography of Glasses & Ceramics V**

July 9-12, 2006

The American Ceramic Society, 125 E Main Street, Rochester, New York, USA

[www.ceramics.org](http://www.ceramics.org)

**2006 TMS Fall Extraction & Processing Meeting: Sohn International Symposium**

August 21-31, 2006

The American Ceramic Society, Catamaran Resort, San Diego, California, USA

[www.ceramics.org](http://www.ceramics.org)

**ICCCI 2006**

September 6-9, 2006

International forum for interface science and technology. Kurashiki, Japan

[www.ceramics.org](http://www.ceramics.org)

**Crystallization 2006 — International Symposium on Crystallization in Glasses & Liquids**

September 24-28, 2006

Snake River Lodge & Spa, Jackson Hole, Wyoming, USA

Abstract Deadline February 27, 2006

**Material Science & Technology 2006 Conference and Exhibition - MS&T06**

combined with the ACerS 108th Annual Meeting



October 15-19, 2006

Cincinnati Convention Center, Cincinnati, Ohio, USA  
[www.ceramics.org](http://www.ceramics.org)

**AMEC-5 - The Fifth Asian Meeting on Electroceramics**

December 11-14, 2006  
Bangkok, Thailand

**CIMTEC 2006**

JUNE 4-9 2006

Acireale, Sicily, Italy  
[www.cimtec-congress.org](http://www.cimtec-congress.org)

**2006 TMS Annual Meeting & Exhibition**

Mar 12-16, 2006  
San Antonio, Texas, USA  
[www.tms.org](http://www.tms.org)

**Pim 2006 : The International Conference on the Injection Molding of Metals, Ceramics and Carbides**

Mar 19-20, 2006  
Tampa, Florida, USA  
[www.imspowder.com/conference](http://www.imspowder.com/conference)

**SGCD's DECO 2006**

Mar 26-28, 2006  
Las Vegas, Nevada, USA  
[www.sgcd.org](http://www.sgcd.org)

**2006 MRS Spring Meeting**

Apr 17- 21, 2006  
San Francisco, California, USA  
[www.mrs.org](http://www.mrs.org)

**Intertech 2006**

Apr 24-26, 2006 )  
Buckhead, Georgia, USA  
[www.superabrasives.org](http://www.superabrasives.org)

**Ceramitec 2006**

May 16-19, 2006  
Munich Germany  
[www.ceramitec.de](http://www.ceramitec.de)

**هفتمین سمینار ملی مهندسی سطح**

۲۶، ۲۷ اردیبهشت ماه ۸۵

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران، دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان

**هجدهمین سمینار سالانه جامعه ریختگران ایران**

۹، ۱۰ خرداد ماه ۸۵

دانشکده مهندسی متالورژی و مواد، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران

**هفتمین کنفرانس بین المللی مدیران کیفیت**

۲۵ الی ۲۸ تیرماه ۸۵

مجموعه همایشهای بین المللی اجلاس ، تهران

[www.icrc.ac.ir/seminars.htm](http://www.icrc.ac.ir/seminars.htm)



## راهنمای تهیه مقاله

نشریه سرامیک ایران با هدف گسترش دانش سرامیک به انتشار نتایج پژوهش های اساتید و محققان و صنعتگران این رشته اقدام می نماید

موضوعات پذیرش مقاله شامل موارد ذیل می باشد: مواد اولیه - کاشی - سیمان - شیشه و شیشه سرامیکها - چینی - لعاب و رنگ - دیرگداز - مدیریت راهبردی در صنعت سرامیک - نانو سرامیک - استاندارد ، مدیریت کیفیت و تجارت جهانی - کامپوزیت - فرآیند و کنترل کیفیت سرامیکهای اکسیدی و غیر اکسیدی - بیو سرامیک - الکتروسرامیک - بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع سرامیک راهنمای تهیه مقاله:

**الف -** ویژگی های مقاله های مورد پذیرش شامل موارد ذیل می باشد:

- تحقیقی - پژوهشی و پژوهشی - کاربردی
- تدوینی و مروری به مفهوم جمع بندی نظریه های گوناگون در مورد یک موضوع خاص با استفاده از مراجع و منابع مختلف

**ب -** نویسندگان محترم خواهشمند است موارد زیر را رعایت نمایند:

- ۱- مقاله شامل بخشهای زیر باشد:
  - ۲- چکیده - مقدمه - مرور منابع مطالعاتی - فعالیتهای تجربی - نتایج و بحث - نتیجه گیری - مراجع
  - ۳- مقاله به صورت یک فایل Word (version 6) یا بالاتر ( شامل متن کامل مقاله همراه با جدولها و زیرنویس شکلها بدون اصل شکلها
  - ۴- هر شکل به صورت یک فایل مجزا ارائه شود، به عنوان مثال : Fig 1a.tif یا Fig 2 b.jpg
  - ۵- تصاویر فقط به صورت jpg یا tif با کیفیت حداقل ۳۰۰ dpi
  - ۶- نمودارها فقط به صورت فایل excel (Fig 5.xls) قابل پذیرش می باشد.
  - ۷- در صورتی که برای رسم نمودارها از نرم افزار دیگری استفاده شده، می بایستی به یکی از فرمت های تصویر (tif یا jpg) ارسال گردد.
  - ۸- مقاله در کاغذ A4 با حاشیه ۲/۵ سانتی متر از هر طرف و بالا و پایین تنظیم شود.
  - ۹- متن مقاله به صورت نرمال با قلم نازنین ۱۲ ، عنوان مقاله نازنین ۱۶ به شکل bold، نام نویسندگان و محل کار نازنین ۱۴
  - ۱۰- فاصله خطوط به صورت ۱/۵ (line space 1.5) در نظر گرفته شود.
  - ۱۱- مراجع در متن با شماره مربوط به خود مشخص شوند.
  - ۱۲- متن مراجع و منابع به صورت کامل حاوی نام نویسندگان، عنوان و نام مجله یا کتاب و سال انتشار باشد.
1. D. E. Clark and E. C. Ethridge." *Corrosion of glass enamels*". J. Am. Ceram. Soc. Bull. 60[6]: 647-649 (1981).
  2. K. A. Maskall and D. White." *Vitreous Enamelling*". (Oxford: Pregamon Press, 1986).

۳- شیمی تجزیه پیشرفته، دکتر محمد ادریسی، ۱۳۸۱، انتشارات امید مجد

- ۱۳- انتظار می رود تعداد صفحات مقاله از حداکثر ۱۰ صفحه تجاوز نکند.
- ۱۴- از به کار بردن آرم شرکت یا موسسات به صورت طراحی در صفحات خودداری به عمل آید. در صورت نیاز، از افراد یا موسسات مورد نظر در انتهای مقاله و قبل از بخش مراجع سپاسگزاری شود.
- ۱۵- نام نویسندگان به صورت کامل اما بدون ذکر القاب و عناوین با نشانی دقیق آورده شود.
- ۱۶- ضمن رعایت نکات ذکر شده خواهشمند است همراه با اصل مقاله، دو کپی از آن و CD حاوی مقاله و تصاویر به همراه نشانی کامل پستی ، شماره تلفن و دورنگار نویسنده ارسال شود.
- ۱۷- مقاله ها به ترتیب دریافت در هیات تحریریه نشریه مورد داوری و ارزیابی قرار می گیرند. مسئولیت درستی مطالب ، ارقام و نمودارها بر عهده نویسندگان مقاله است.