به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

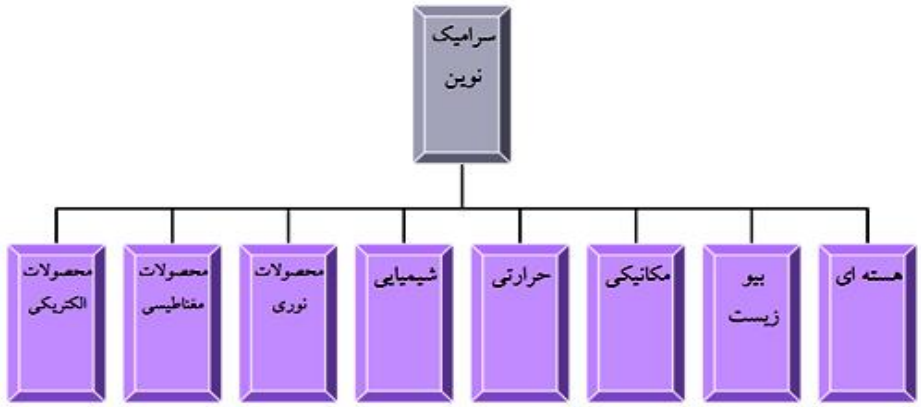
---

www.Iran-mavad.com

- سـرامیک های پیشرفته

(از کتاب ساخت و تولید سرامیک ها– مولف سالاریه)

توسعه صنایع مختلف، ضرورت ارائه محصولات جدید با کیفیت بالا و وظایف سنگینی که بر دوش آنها گذاشته است، موجب چالش بسیاری شده است. زیرا از یک سو باید در جستجوی موادی با ویژگی نو و بهتر بود و از طرف دیگر می‌بایست موادی را جستجو نمود که محصولاتی ارزان‌تر و مرغوب‌تر نسبت به مواد شناخته شده موجود تولید نمایند. در حال حاضر صنعت با مواد بسیار متنوعی روبرو بوده و نیازمندی‌های گوناگونی دارد، بنابراین رشد و توسعه تولید مواد نوین، تنها با صرف ابتکار و خلاقیت در شناخت دقیق خصوصیات و روش‌های مختلف ساخت آن‌ها امکان پذیر خواهد بود. مشخصه ویژه در سرامیک های مدرن این است که این مواد در برابر شرایط سخت از قبیل حرارت و خوردگی در محدوده مواد داغ و مذاب و همچنین گازها با حفظ خواص فیزیکی، شیمیایی خود پایدار هستند. محصولات سـرامیکی ای که از مواد اولیه با خلوص خیلی بالا با ترکیبات معدنی و یا/ سنتزی که پس از طراحی با خواص ویژه ساخته می شوند، به سـرامیک های پیشرفته معروف هستند. سـرامیک های پیشرفته به گروه هایی به این شرح تقسیم بندی می شوند: الکتریکی، مغناطیسی، نوری، شیمیایی، حرارتی، مکانیکی، بیولوژیکی، هسته ای شکل1.

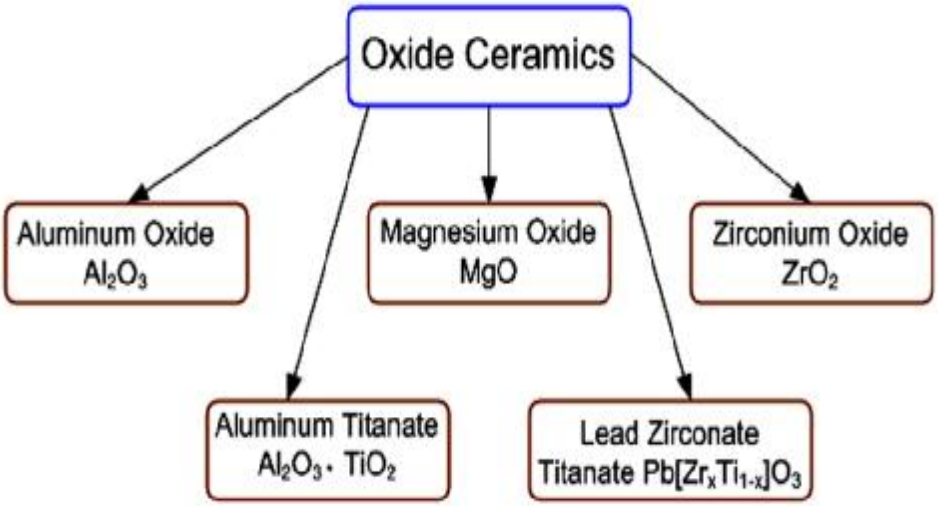


شکل1-شاخه بندی سـرامیک های نوین

سـرامیک های نوین شامل ترکیباتی از اکسیدها***oxides***، کاربیدها***carbides***، نیتریدها***nitrides***، سیلیسیدها***silicides***، بوریدها***borides***، فسفیدها***phosphides***، تلوریدها***tellurides*** و سلنیدها ***selenides*** هستند. پس از واکنش بعضی از عناصر مانند***Zr*** و ***Al*** و ***Ca*** با اکسیژن، اکسیدهای پیشرفته ای بوجود می آیند که در ساختار سرامیک ها نقش بازی می کنند. این اکسیدها عبارتند از:

$$ZrO_2\ ,Cr_2O_3\ ,CaO\ ,MgO\ ,Al_2O_3\ ,SiO_2$$

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com



شکل2- واکنش بین اکسیژن با عناصر و تشکیل سرامیک های اکسیدی

جدول1- اطلاعاتی در مورد سرامیک های پیشرفته اکسیدی

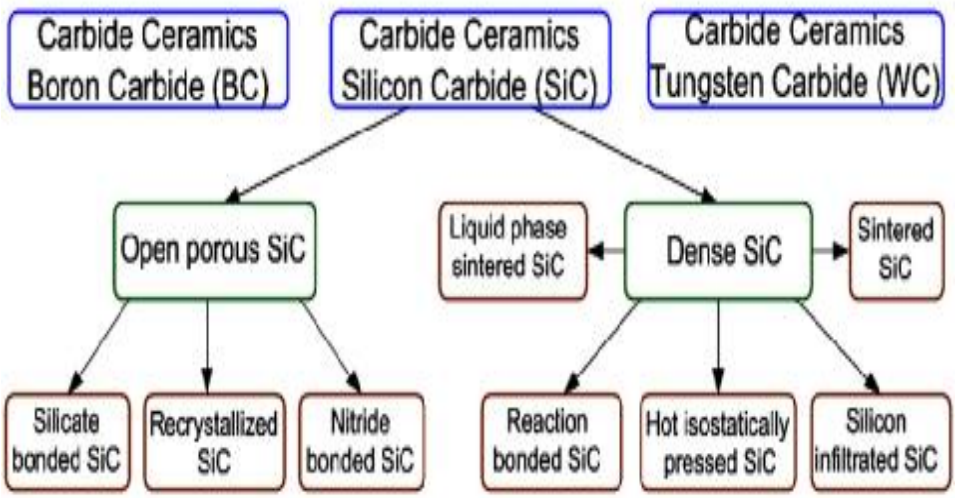
سرامیک	T_m	T_b	صفحه	$g_p\ (J/m^2)$
MgO	2,75	3600	001	2,6-0,48*10,3
CaO	2860	3800	001	2,2-0,38*10,3
BaO	2820	4390	001	2,44-0,47*10,3
Al_2O_3	2300	3700	1034	1,2-0,23*10,3

جدول2- دمای ذوب مواد اکسیدی خالص

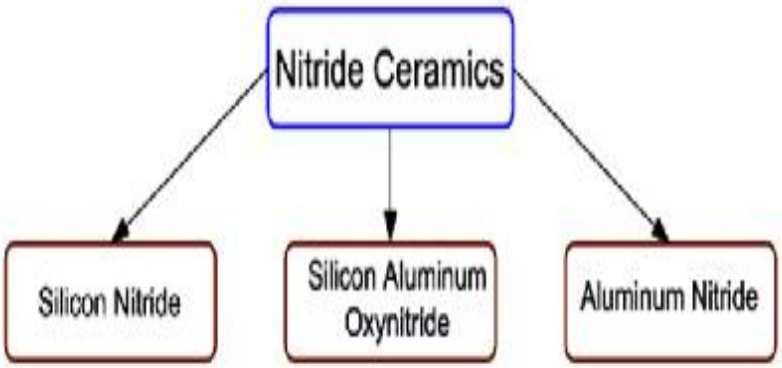
عناصر دیرگداز خالص	دمای ذوب$(^\circ c)$
ThO_2 خالص زینتر شده	2999
MgO خالص زینتر شده	2799
ZrO_2 خالص زینتر شده	2699
CaO آهک خالص	2571
BeO_2 خالص زینتر شده	2549
اکسید منیزیم (95-90%)	2010
آلومینا (Al_2O_3)	1890

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

اخیرا" ترکیبات بینابینی در اثر واکنش این عناصر با کربن(C) و نیتروژن(N) بوجود آمده اند که دارای کاربردهای ویژه ای هستند شکل های 3 و 4 .



شکل3- نتیجه واکنش بین کربن با بعضی عناصر و تشکیل سرامیک های کاربیدی



شکل4- نتیجه واکنش بین نیتروژن با بعضی عناصر و تشکیل سرامیک های نیتریدی

جدول3- دمای ذوب تعدادی از سرامیک های پیشرفته

مواد دیرگداز	ذوب $^{\circ}c$	مواد دیرگداز	ذوب $^{\circ}c$
B_4C	2445	HfB_2	3250
SiC	2730	NbC	3500
TiB_2	2970	ZrC	3530
NbB_2	3050	HfC	3890

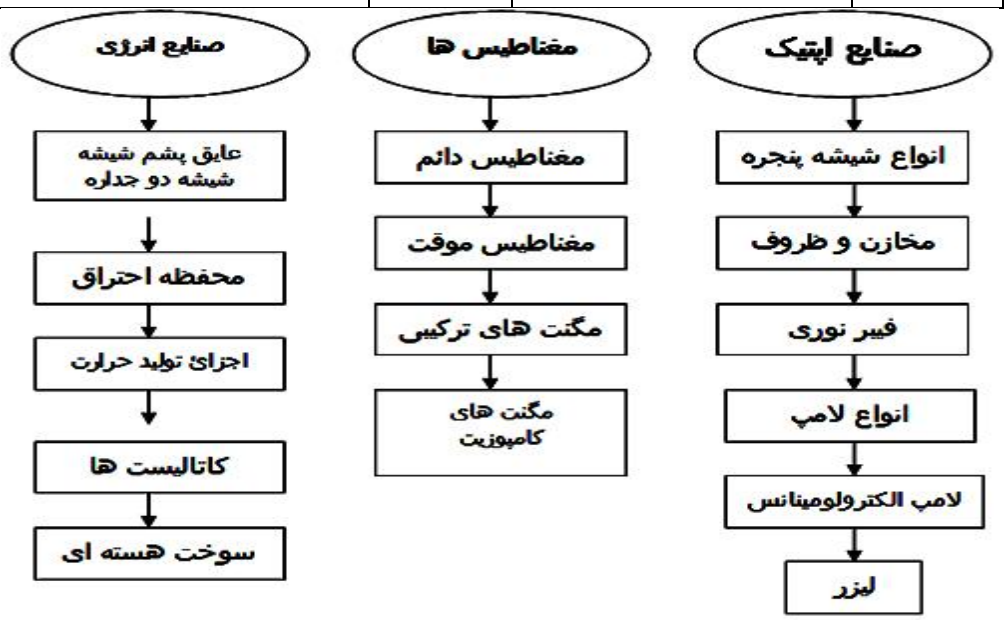
مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

کاربرد سرامیک های مدرن

انتخاب قطعه برای کاربرد اغلب نیاز به **اطلاع از ارتباط بین تنش و مهمترین ویژگی های کاربردی آن ها** برای کنترل تولید، ضروری است .

جدول4- ارتباط بین تنش و مهمترین ویژگی های کاربردی آن ها

نوع تنش	مهمترین خصوصیات کاربردی	نوع تنش	مهمترین خصوصیات کاربردی
حرارتی	مقاومت دیرگدازی	حرارتی - فنی	وزن مخصوص ظاهری
	مقاومت حرارتی تحت بار		ظرفیت گرمایی و ضریب پخش گرما
	نرم شدگی تحت بار	مکانیکی	مقاومت فشاری سرد
	خزش تحت بار		مقاومت سایشی
	مقاومت خمشی تحت بار		مقاومت خمشی و ضریب تغییر شکل
	انبساط حرارتی		تخلخل و وزن مخصوص حقیقی
	تغییرات طولی ماندگار	شیمیایی	ترکیب شیمیایی
	مقاومت در مقابل شوک حرارتی		ساختمان کانی و رشد بلوری
حرارتی - فنی	قابلیت هدایت گرما		توزیع اندازه حفره ها و نوع آن ها
	گرمای ویژه		قابلیت نفوذ گازها



شکل- صنایع اپتیک، مغناطیس ها، صنایع انرژی

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

شکل صنایع الکتریک، صنایع حرارتی، صنایع نظامی

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

شکل- صنایع مقاومت های ضد سایش و خوردگی، صنایع تراشکاری و خردایش، صنایع پزشکی

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

شکل - الحنت حرارتی، لوله حرارتی، قطعات مبدل حرارتی، قطعات توربین، قطعات سخت، قطعات ماشین

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

شکل -شمع اتومبیل، مفصل استخوان، قطعات آب بندی پمپ، سوپاپ، بلبرینگ و ساچمه، لوله و صفحه، پروانه

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

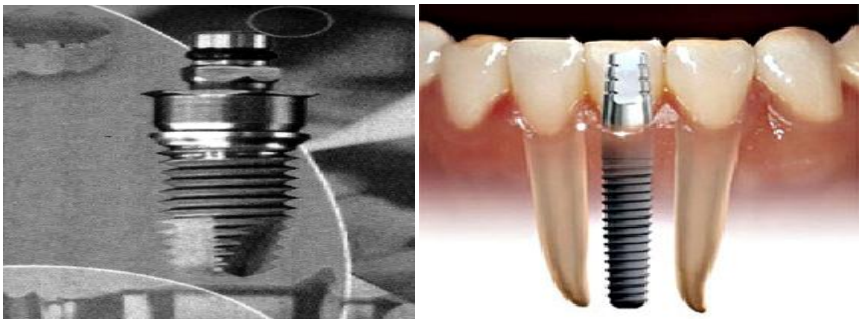
شکل – جلیقه ضدگلوله، ابزار تراش، فیلتر سرامیکی، رشته ابررسانا، لامپ، قطعات سیلیکون کاربید، دی الکتریک ها، قطعات ماشین

شکل7- لوله و سطوح آلومینایی

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

-بیوسرامیک ها(*bioceramics*)

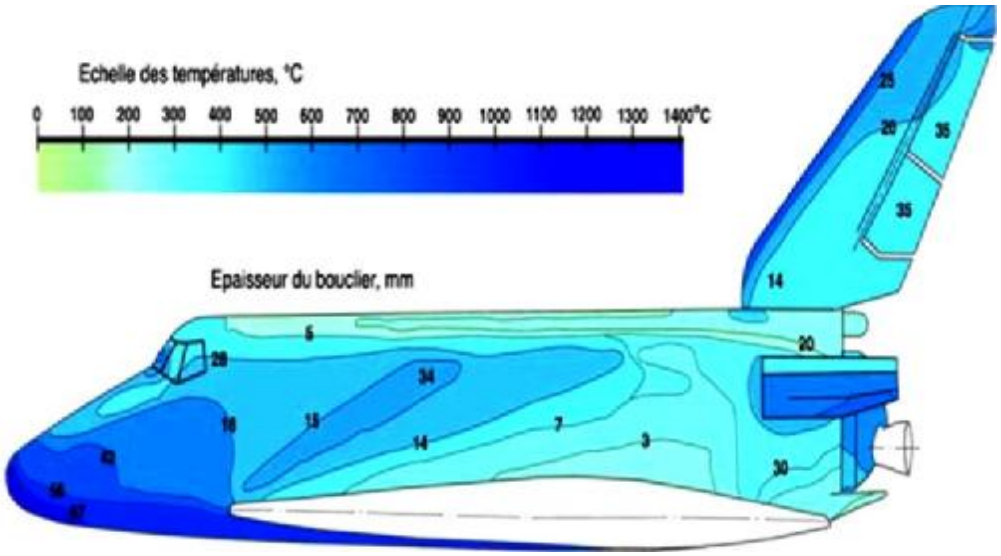
سرامیک های زیستی یا سرامیک های زیست فعال از بیوسـرامیک هایی هستند که در پزشکی به عنوان قطعات کاشتنی در بدن کاربرد دارند. مانند دریچه میترال قلب، مفاصل دست و پا و قطعاتی از سر، دندان و یا جهت ایجاد یک سطح بیوفعال روی ایمپلنت ها پوشش داده می شوند. برای مثال هیدروکسی آپاتیت برای تامین اتصال استخوان به ایمپلنت های فلزی(مانند تیتانیم) در کاربردهای ارتوپدی و دندانی بر روی آن ها با تکنیک پلاسما پوشش داده می شوند شکل8.



شکل8- کاشتنی دندانی تیتانیومی با پوشش هیدروکسی آپاتیت

-شیشه ویژه در هواپیماهای مافوق صوت و فضاپیماها

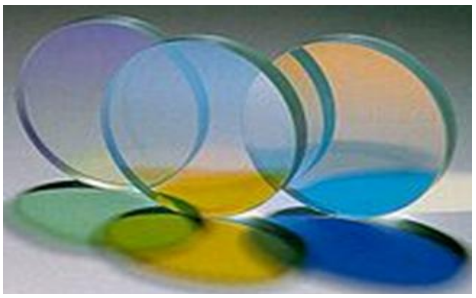
چون در **هواپیماهای مافوق صوت و** فضاپیماهای سرعت بالا از یک طرف تحت تنش های حرارتی (ناشی از اصطحکاک) و فشار ناشی از سرعت بسیار بالا و از طرف دیگری برخورد اجرام و گازهای خورنده بسیار مهم است پس استفاده از شیشه های ویژه ای اجتناب ناپذیر است شکل9.



شکل9- توزیع درجه حرارت در هواپیمای ابر سرعت

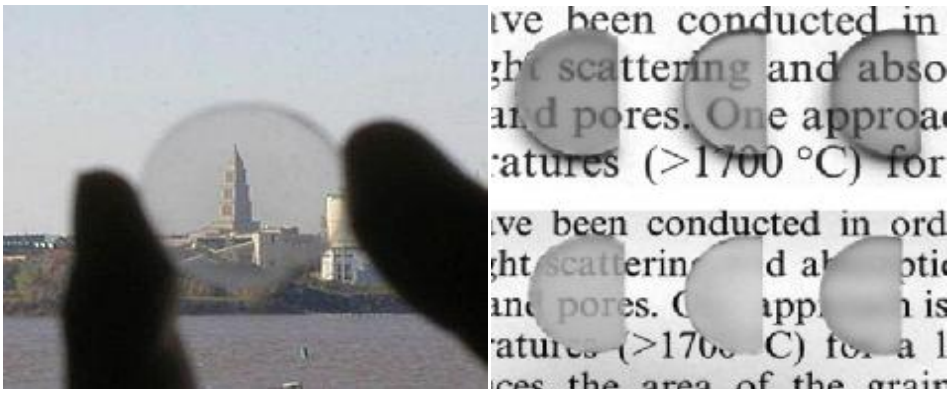
مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

در علم اپتیک ترانسپارنسی (***transparency***) ویژگی ای است که به نور اجازه عبور را می دهد. جسم شفاف یا ترانسپارنت با کاربرد معمولی مانند شیشه عینک یا شیشه پنجره است که می توانید در طرف دیگر آن تصویر را با وضوح ببینید.



شکل10- جسم شفاف

یک شی ممکن است یا به دلیل انعکاس یا به دلیل جذب نورهای ورودی، شفاف نباشد. تقریبا تمام مواد جامد بخشی از نور دریافتی را منعکس و بخشی دیگر را جذب می کنند. هنگامی که نور روی سطح فلزی تابیده می شود، برخورد نور الکترومغناطیس با اتم های موجود در یک شبکه منظم از دریایی از الکترون ها که به صورت تصادفی بین اتم ها در حال حرکت هستند، باعث برهم کنش است. در فلزات، بسیاری از این الکترون های غیر پیوندی (یا الکترون های آزاد) دارای پیوندی فلزی بوده در حالی که مواد غیرفلزی به طور معمول دارای پیوند کووالانس یا یونی هستند.



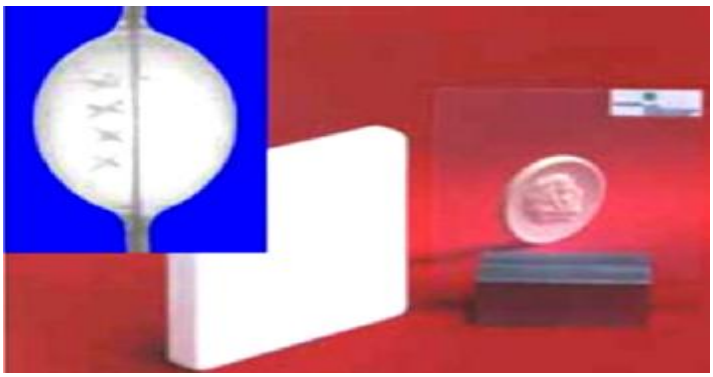
شکل11- گذردهی نوری در آلومینا (*Al2O3*) از شفاف تا مات (سمت راست)

و شیشه شفاف با ترکیب اسپینلی (*MgO. Al2O3*)

چون در پیوند فلزی، الکترون ها به راحتی می توانند توسط لایه های الکترونی در یک ساختار بلوری با سطوح مختلف انرژی از هم جدا شوند و این جدایش به معنی استقرار الکترون در سطوح با انرژی گوناگون است لذا با دریافت کمترین مقدار انرژی از تابش نور، به ترازهای بالاتر انرژی صعود کرده که

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

در برگشت این انرژی دریافتی را رها می کند که نتیجه این برهم کنش، این است که بیشتر نور ورودی در فلزات منعکس می شود، لذا به همین دلیل است که سطح فلزی را براق می بینیم. در سرامیک ها چون پیوند از نوع یونی یا کوالانس یا با نسبتی از این دو نوع اتصال هست. بنابراین، در این مواد الکترون های آزاد در هدایت شرکت نمی کنند، لذا الکترون های پیوندی تنها بخش کوچکی از نور ورودی را منعکس میکنند و بقیه فرکانس (یا طول موج) باقی مانده می توانند به صورت انتشاری و یا عبوری برهم کنش کنند. این دسته از مواد شامل تمام فازهای سرامیکی و شیشه ای هستند. بدین ترتیب، برخلاف شفاف بودن تمامی این محیط ها، ولی به جهت اختلاف ضرایب شکست نوری در فازهای گوناگون مجاور هم در زمینه، بسته به ضخامت پرسلان، بخش بیشتری از پرتو تابیده پراکنده شده و مقدار کمی نیز عبور می کند.



شکل12- آلومینای اپک و شفاف با خلوص 99,95% و دانه بندی 0,5 میکرون
(با تخلخل% 0,3 در نمونه سفید و 0,03% در نمونه شفاف)

-کاربردهای شیمیایی:

قطعاتی هستند که در صنایع شیمیایی و صنایعی که در برابر حمله مواد شیمیایی مقاوم هستند، مورد استفاده قرار می گیرند. مواد خام با خلوص بالاتر مانند زیرکونیایی و آلومینایی در این حالت مورد استفاده قرار می گیرند.

شکل13- قطعات با کاربرد در صنایع شیمیایی

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

-دی الکتریک ها

دی الکتریک های صنعتی غالباً به چند گروه تقسیم بندی می شوند که عبارتند از:

1- دی الکتریک اکسیدی مانند سرامیک های الکتریکی

در خطوط انتقال نیرو، لازم است هادی‌های تحت ولتاژ به نحوی از برج‌ها ایزوله شوند و برای این کار از مقره‌ها استفاده می‌شود. یا در دکل های مخابراتی که مقره های دو یا چند شیاره حامل سیم های مخابراتی هستند. سرامیک با توان تحمل الکتریسته مالشی بسیار بالا مانند صنایع نساجی کاربرد دارند.

شکل14- سرامیک های استاتیتی

شکل15- مقره عبور نخ در صنایع نساجی

2- دی الکتریک غیراکسیدی مانند سرامیک های استاتیتی، این دی الکتریک های استاتیتی به جهت ایجاد ضریب دی الکتریکی بالا دارای مقداری ترکیب تالکی می باشند یا سرامیک های الکتریکی معمولا" از نوع پرسلان های آلومین بالا نظیر عایق شمع اتومبیل می باشند.

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

شکل16- تعدادی از سرامیک های الکتریکی

ب- دی الکتریک اکسیدی از نوع تیتانات باریم

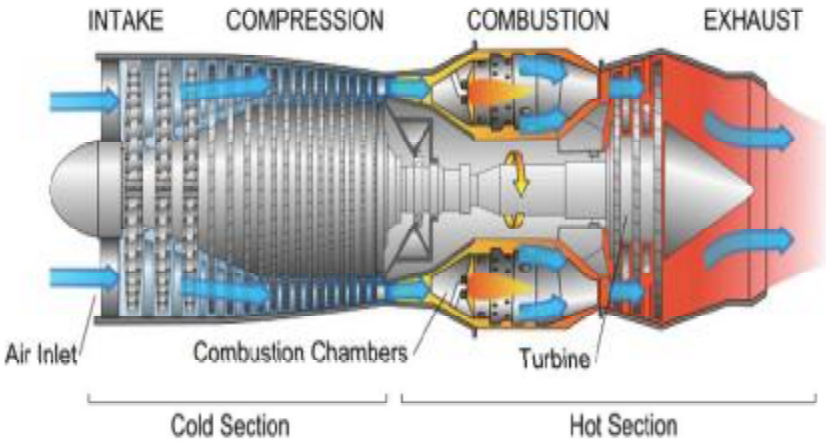
تیتانات باریم از جمله موادی است که بصورت سـرامیک عایق مورد استفاده قرار می گیرد. این ماده دارای نفوذپذیری الکتریکی بسیار زیادی است در نتیجه بعنوان دی الکتریک خازنی بکار برده می شود. همچنین به عنوان مواد سـرامیک پیزوالکتریک کاربرد دارد. کربنات باریم، دی اکسید تیتانیم و سایر مواد خام بین 1200 تا 1400 درجه سانتی گراد زینترینگ می شوند. این امر مانع از خواص نیمه رسانایی همراه با ضرایب دمایی مثبت مقاومت اهمی می شود، که به این دلیل به عنوان مقاومت ضریب دمای مثبت (***PTC***) بکار می رود.

شکل17- ترکیبات تولید شده از سـرامیک ***PTC*** مانند سنسورهای دمایی

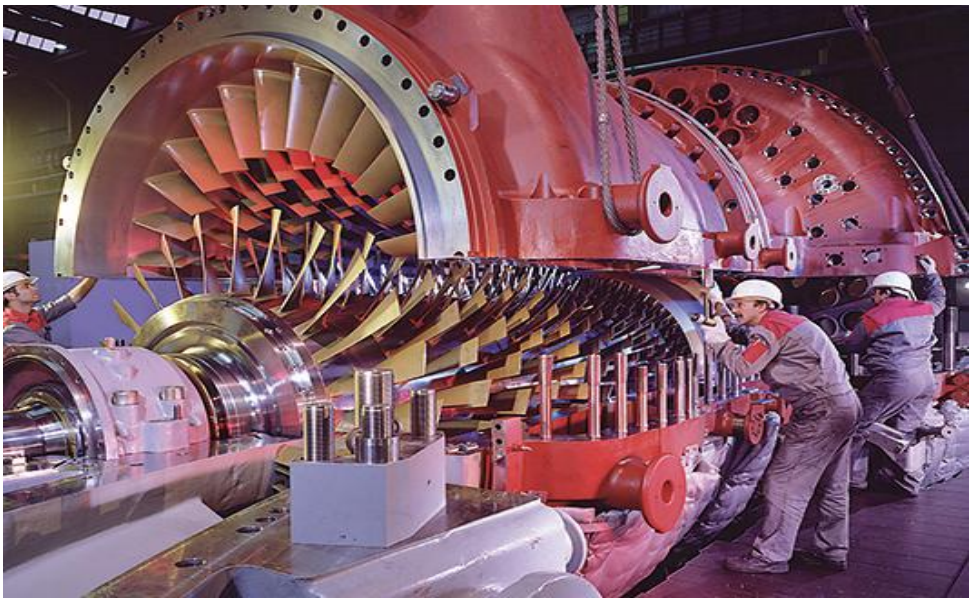
مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

-کاربرد سرامیک ها در قطعات موتور

بریلیا ماده ای بسیار گران قیمت است. ویژگی حرارتی خوب، دیرگدازی بالا و ویژگی خنثایی به واکنش در مقابل آلومینا، منیزیت در زیر دمای 1800°C از این بریلیاها می توانیم به عنوان ترموکوپل و سنسورهای کنترلی استفاده کنیم.



شکل18-کاربرد قطعات بریلیم اکسید

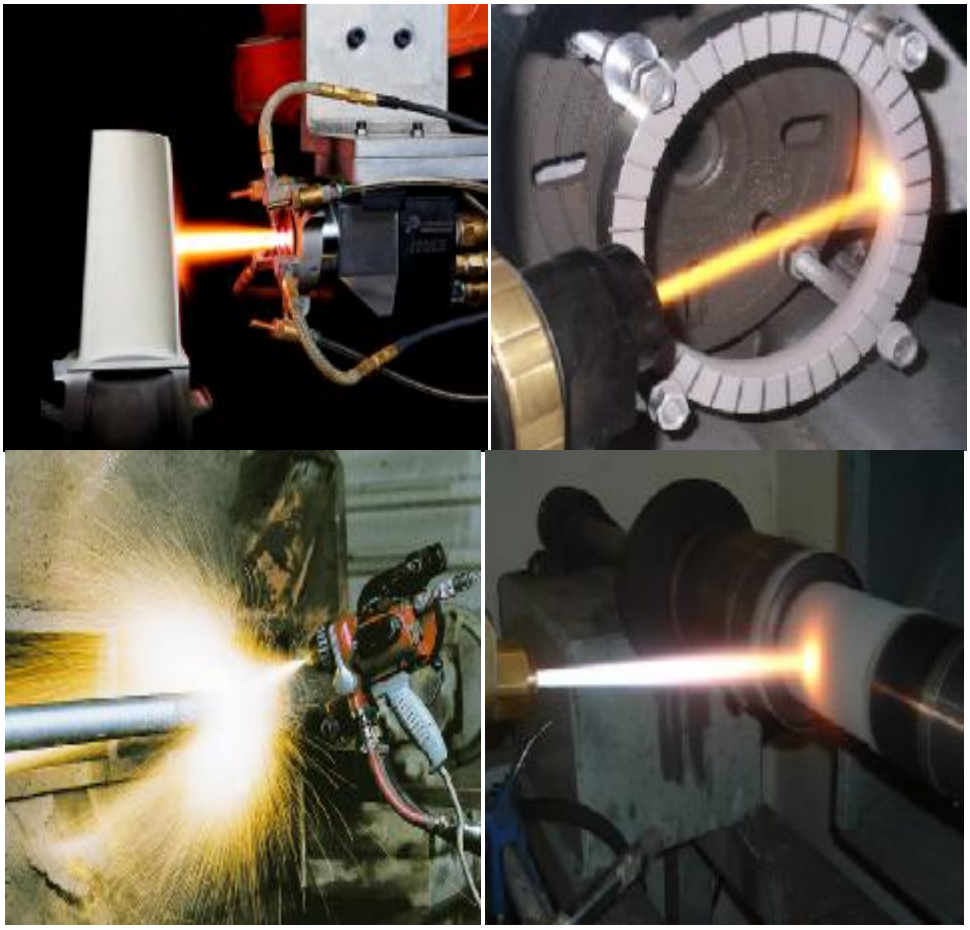


شکل19- محصولات متنوع ذوب و ریخته گری از آلومینا، مولایت، زیرکونیا و زیرکونیا – مولایت از کمپانی ایمریس(***Imerys Fused Minerals***)

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

- دیرگدازهای پوششی

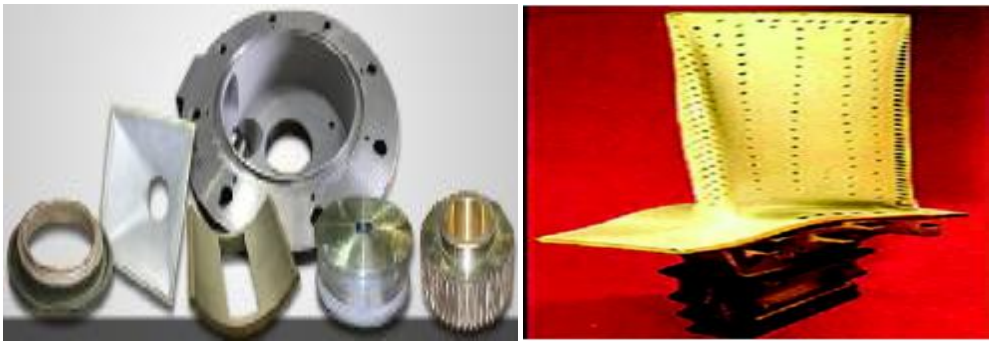
دیرگدازهای پوششی هم به صورت نقاشی و هم به صورت پاششی به شکل مخلوطی از دیرگدازهای بسیار دانه ریز و نرم در دمای اتاق در دسترس هستند که با حرارت دادن به این آستر پوششی، لایه ای متراکم تشکیل می شود. یکی دیگر از روش های استفاده از دیرگدازهای پوششی، اسپری حرارتی یا پلاسما اسپری است. در این روش ابتدا مواد پوشش دهنده به صورت پودر به داخل شعله ای تغذیه و با دمای مشخص پاشیده می شوند.



شکل20- دیرگدازهای پوششی با پلاسما اسپری

دانه های شبه پلاستیک (در دمای بسیار بالا) هنگامی که روی سطوح قرار می گیرند لایه ای یک پارچه و متراکمی را بوجود می آورند. در این روش با کمک یک گاز یونیزه شده با جریان الکتریکی پودرها پوشش را تا دمای 16700°C افزایش می دهند.

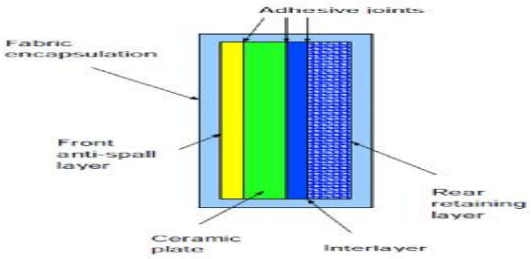
مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com



شکل21- تیغه توربین گازی با دیرگداز پوشش شده در 1300°Cو محصولات دیگر

- سرامیک های مرکب(*composite ceramicse*)

گرچه هر دیرگدازی به ظاهر خودش یک دیرگداز ترکیبی است،ولی این دیرگدازها با کمک فلزات دیرگداز مسلح شده اند. اخیراً دیرگدازهای شکل داده شده یا بی شکل که با فلز مسلح شده اند در بازار عرضه شده اند. مانند سازه ساندویچی صفحه ای شکل(***Setter Tile***) به طوری که یک لایه داخلی از لایه قابل تغییر شکل ولی مقاوم به حرارت مانند سیلیکون کاربید که توسط دو لایه دیگر که در مقابل اکسیداسیون مقاوم هستند، ساخته شده اند این محصولات در صنایع مدرن هوا فضا کاربرد دارند.

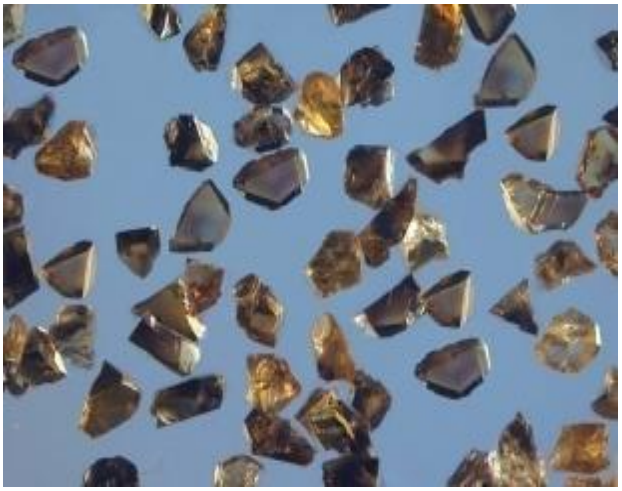


شکل22- لایه ساندویچی سرامیکی و کاربرد آن

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

-سرامیک های ضد سایش و تیغه های تراشنده

نیترید بور مواد سرامیکی پیشرفته مصنوعی ای است که به صورت پودر، مایع، جامد، و اشکال های اسپری آئروسل(***aerosol spray***) وجود دارد. ویژگی منحصر به فرد آن، از ظرفیت گرمایی بالا و برجسته، هدایت حرارتی بالا، ماشینکاری آسان و استحکام دی الکتریک برتر، نیترید بور را برای ساخت قطعات مهندسی واقعا" متمایز کرده است. نیترید بور را ماده ای سبک، خنثی از نظر شیمیایی، با هدایت حرارتی بالا و نرمی بی نظیر، غیر سمی، روغنکاری کننده(به عنوان روغنکاری کننده برای یاطاقان های با فشار بالا) و برای تحمل ضربه در قطعات مکانیکی و الکتریکی استفاده می‌شود. نیترید بور به عنوان افزودنی به پلاستیک، به روغن و گریس برای افزایش رسانایی حرارتی و بهبود استحکام دی الکتریکی استفاده می‌شود. نیترید بور به صورت پودر(پودر سفید) برای بهبود و افزایش عملکرد در ترکیبات، آب بندی نسوزها و روغنکاری کننده ها کاربرد دارد.



شکل23- نیترید بور سرامیک پیشرفته

- فنرهای سرامیکی

می دانیم وجود ترک های ریز، از عوامل اصلی اختلاف شدید استحکام تئوری با استحکام عملی است که کاهش دهنده اســـــتحکام مکانیکی است. باید توجه کرد مکانیزم شکست در سرامیک ها را با دو نظریه می توان ارتباط داد:

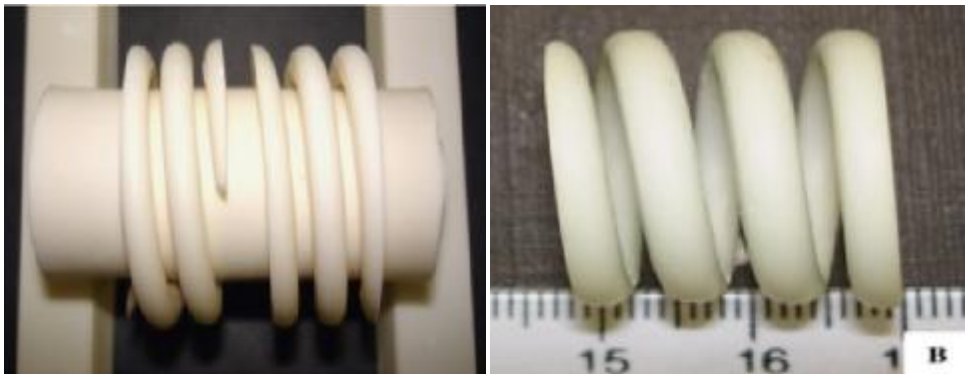
1- مکانیزم جوانه زنی و شکست آنی قطعه

2- مکانیزم جوانه زنی و رشد ترک و شکست تاخیری قطعه

اگر شکست قطعه با مکانیزم جوانه زنی اتفاق افتاده باشد، تقریبا" هیچ عامل باز دارنده ای قادر به توقف رشد ترک نبوده و ترک با سرعت نور قطعه را در خواهد نوردید که همراه با صدای"جیغ زدن"

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com

شکسته می شود. ولی اگر شکست از مکانیزم جوانه زنی و سپس از رشد ترک پیروی کند، احتمال توقف این ترک وجود دارد. در بدنه های ترد که عموما" دارای فاز شیشه ای بالایی هستند، مکانیزم جوانه زنی ترک، مکانیزم غالب برای شکست قطعه است. غالبا" حضور تخلخل ها، مرز دانه ها، ناخالصی ها و ... باعث کند شدن رشد ترک بوده که همراه با بهبود استحکام است. شاید باور نشود که با استفاده از حضور ریزترک ها توانسته اند شبکه ای با در هم تنیده کردن آنها، فنرهای سرامیکی مثلا" از جنس زیرکونیا بوجود آورد.



شکل24- فنز سرامیکی از جنس زیرکونیا

مرجع اینترنتی مهندسی مواد ایران
www.iran-mavad.com