

مواد دیرگداز

تدوین کننده :

جرالد روتشکا

ترجمه :

دکتر بهزاد میرهادی

استاد یار دانشگاه علم و صنعت ایران

بাহمکاری شرکت فرآورده‌های نسوز ایران

(سهامی عام)

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

مواد دیرگداز

تدوین کننده : جرالد روتشکا
Gerald Routschka

ترجمه : دکتر بهزاد میرهادی
استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران

با همکاری
شرکت فرآورده های نسوز ایران
(سهامی عام)

فهرست :

۱	..... مقدمه	.۱
۱	..... تعریف واژه ها و مفاهیم	.۱-۱
۲	..... مواد اصلی دیرگداز	.۱-۲
۴	..... شناسایی براساس رفتار شیمیایی	.۱-۳
۴	..... اصطلاحات و فرمول های فنی	.۱-۴
۴	..... نامگذاری مواد دیرگداز	.۱-۴-۱
۶	..... بیان فرمولی فازهای مینرالی	.۱-۴-۲
۶	..... طبقه بندی مواد دیرگداز	.۱-۵
۸	..... کاربردهای محصولات دیرگداز	.۱-۶
۸	..... تولیدات و مصارف ویژه محصولات دیرگداز	.۱-۷
۱۱	..... روند توسعه	.۱-۸
۱۴	..... فرآیند تولید مواد دیرگداز	.۲
۱۴	..... تولید به روش سرامیک های درشت دانه	.۲-۱
۱۸	..... ساخت به روش سرامیک های ریز دانه	.۲-۲
۱۹	..... طبقه بندی ، حمل و نقل و انبار کردن	.۲-۳
۱۹	..... ابعاد آجرها	.۲-۴
۲۰	..... انحرافات شکلی و ابعادی	.۲-۵
۲۱	..... مواد اولیه ، چسب ها و افزودنی های ویژه	.۳
۲۲	..... محصولات دیرگداز شکل دار متراکم	.۴
۲۲	..... محصولات شکل دار غیر قلیایی	.۴-۱
۲۲	..... آجرهای سیلیسی	.۴-۱-۱
۲۷	..... محصولات شیشه کوارتزی	.۴-۱-۱-۱
۲۸	..... آجرهای شاموتی و آلومینایی	.۴-۱-۲
۲۲	..... آجرهای شاموتی	.۴-۱-۲-۱
۴۸	..... آجرهای آلومینایی	.۴-۱-۲-۲
۵۴	..... آجرهای زیرکن دار	.۴-۱-۳
۵۸	..... آجرهای کربنی و گرافیتی	.۴-۱-۴
۶۳	..... محصولات کاربید سیلیسیم	.۴-۱-۵
۶۹	..... مواد کربن دار غیر قلیایی	.۴-۱-۶
۷۵	..... بوته های گرافیتی	.۴-۱-۶-۱
۸۰	..... مواد کوردئیریتی	.۴-۱-۷

۸۴	..... آجرهای مقاوم در برابر اسید	.۴-۱-۸
۸۷	..... مواد سرامیکی زینتری ویژه	.۴-۱-۹
۸۸	..... محصولات زیرکونیایی ، زیرکونیا ، آلومینیوم اکسیدی و آلومینیوم تیتاناتی	.۴-۱-۹-۱
۹۲	..... محصولات اکسید کروم و اکسید قلع	.۴-۱-۹-۲
۹۵	..... محصولات غیر اکسیدی	.۴-۱-۹-۳
۹۵	..... سرامیک های نیتريد بور	.۴-۱-۹-۳-۱
۹۷	..... سرامیک های سيليكون نيتريدی	.۴-۱-۹-۳-۲
۱۰۱	..... آجرهای ذوبی	.۴-۱-۱۰
۱۰۱	..... آجرهای ذوبی برای صنایع شیشه	.۴-۱-۱۰-۱
۱۰۷	..... آجرهای ذوبی برای صنایع فولاد	.۴-۱-۱۰-۲
۱۰۹	..... مواد قلبایی شکل دار	.۴-۲
۱۱۲	..... آجرهای منیزیایی	.۴-۲-۱
۱۲۰	..... آجرهای منیزیایی حاوی کربن و آجرهای منیزیا - کربنی	.۴-۲-۲
۱۲۵	..... آجرهای منیزیایی پخته شده حاوی کربن	.۴-۲-۲-۱
۱۲۶	..... آجرهای منیزیایی اتصال کربنی	.۴-۲-۲-۲
۱۳۰	..... آجرهای منیزیا - کربنی	.۴-۲-۲-۳
۱۳۳	..... آجرهای منیزیا - کرومیتی ، کرومیتی و پیکروکرومیتی	.۴-۲-۳
۱۳۳	..... آجرهای منیزیا - کرومیتی	.۴-۲-۳-۱
۱۴۰	..... آجرهای کرومیتی	.۴-۲-۳-۲
۱۴۰	..... آجرهای پیکروکرومیتی	.۴-۲-۳-۳
۱۴۱	..... آجرهای منیزیا - اسپینلی و اسپینلی	.۴-۲-۴
۱۴۲	..... آجرهای منیزیا - اسپینلی	.۴-۲-۴-۱
۱۴۴	..... آجرهای اسپینلی	.۴-۲-۴-۲
۱۴۶	..... آجرهای منیزیا - زیرکونیا و منیزیا - زیرکون	.۴-۲-۵
۱۴۷	..... آجرهای منیزیا - زیرکونیا	.۴-۲-۵-۱
۱۴۷	..... آجرهای منیزیا - زیرکون	.۴-۲-۵-۲
۱۴۸	..... آجرهای دولومیتی ، منیزیا - دولومیتی و آهکی	.۴-۲-۶
۱۴۸	..... آجرهای دولومیتی و منیزیا - دولومیتی	.۴-۲-۶-۱
۱۵۳	..... آجرهای آهکی	.۴-۲-۶-۲
۱۵۵	..... آجرهای فورستریتی	.۴-۲-۷

۱۵۸	مواد دیرگداز بی شکل (مونولیتیک ها)	۵
۱۵۸	طبقه بندی	۵-۱
۱۵۸	طبقه بندی براساس کاربرد	۵-۱-۱
۱۵۹	طبقه بندی براساس نوع اتصال	۵-۱-۲
۱۶۰	طبقه بندی براساس نوع محصول	۵-۱-۳
۱۶۳	طبقه بندی براساس نوع ترکیب شیمیایی	۵-۱-۴
۱۶۴	آزمایشات - طبقه بندی	۵-۲
۱۶۶	نصب و نحوه کار با محصولات دیرگدازهای مونولیتیک	۵-۳
۱۶۷	بتون های دیرگداز	۵-۳-۱
۱۶۹	جرم های پلاستیک	۵-۳-۲
۱۷۰	جرم های کوبیدنی	۵-۳-۳
۱۷۰	سایر روش های نصب	۵-۳-۴
۱۷۱	مواد دیرگداز مونولیتیک غیر قلیایی و خواص آنها	۵-۴
۱۷۱	بتون های دیرگداز	۵-۴-۱
۱۷۷	جرم های پلاستیک	۵-۴-۲
۱۷۸	جرم های کوبیدنی	۵-۴-۳
۱۷۸	جرم های پاشیدنی	۵-۴-۴
۱۸۰	محصولات ویژه	۵-۴-۵
۱۸۲	الیاف افزودنی	۵-۵
۱۸۶	قطعات پیش ساخته	۵-۶
۱۸۶	خشک کردن و گرم کردن	۵-۷
۱۸۸	محصولات مونولیتیک قلیایی	۵-۸
۱۸۹	جرم های کوبیدنی و ریختنی	۵-۸-۱
۱۸۹	جرم های اتصال کرنی	۵-۸-۱-۱
۱۸۹	جرم های سازه ای اتصال شیمیایی	۵-۸-۱-۲
۱۹۲	جرم های اتصال سرامیکی	۵-۸-۱-۳
۱۹۳	جرم های تعمیراتی	۵-۸-۲
۱۹۳	جرم های پاشیدنی	۵-۸-۲-۱
۱۹۵	جرم های تاندیش	۵-۸-۲-۲
۱۹۸	مالته‌ها و مواد مورد نیاز برای حفاظت سطح	۵-۹

۲۰۱	..... محصولات دیرگداز عملگر	۶
۲۰۱	..... قطعات سرامیکی برای عملیات شستشوی گازی	۶-۱
۲۰۵	..... مواد سرامیکی مصرفی در عملیات تخلیه مذاب	۶-۲
۲۱۱	..... فیلترهای سرامیکی	۶-۳
۲۱۵	..... مواد عایق حرارتی	۷
۲۱۷	..... آجرهای عایق حرارتی و آجرهای دیرگداز سبک	۷-۱
۲۱۷	..... آجرهای عایق حرارتی	۷-۱-۱
۲۱۸	..... آجرهای دیرگداز سبک	۷-۱-۲
۲۲۶	..... سایر محصولات عایق حرارتی	۷-۲
۲۲۶	..... محصولات کلسیم سیلیکاتی	۷-۲-۱
۲۲۷	..... محصولات حاوی تخلخل های میکرونی	۷-۲-۲
۲۲۷	..... فوم های مینرالی	۷-۲-۳
۲۲۷	..... محصولات پشم شیشه ای و پشم مینرالی	۷-۲-۴
۲۳۰	..... محصولات الیافی سرامیکی	۷-۳
۲۴۱	..... معیار انتخاب مواد دیرگداز، آزمایش محصولات ، روش های اندازه گیری و کنترل کیفی	۸
۲۴۱	..... معیار انتخاب مواد دیرگداز	۸-۱
۲۴۱	..... آزمایش محصولات و روش های اندازه گیری	۸-۲
۲۵۲	..... کنترل کیفیت و تضمین کیفیت مواد دیرگداز	۸-۳
۲۵۲	..... کنترل کیفیت	۸-۳-۱
۲۵۵	..... تضمین کیفیت	۸-۳-۲
۲۵۶	..... ایمنی محیط کار و حفاظت محیطی	۹
۲۵۸	..... کتاب ها ، مقالات (موضوعات ویژه) خلاصه مراجع ، مجلات ، لغت نامه ها و بانک های اطلاعاتی	۱۰
۲۶۵	..... ضمایم	۱۴

پیشگفتار:

این کتاب نگاهی خلاصه به مواد پیشرفته دیرگداز و خواص مهم آنها جهت کاربرد بهتر آنها است. قسمت های مختلف این کتاب که در مورد گروه های متفاوت مواد نسوز بحث کرده است، توجه خاصی به خصوصیات و مشخصات گروه ها دارد. بخش های مختلف کتاب که کوتاه و کاربردی انتخاب شده اند تا نیاز خواننده را در زمینه های عملی برآورده سازند، توسط کسانی نوشته شده است که سال ها تجربه عملی داشته اند. اطلاعات و فهرست مراجع در انتهای هر بخش آورده شده است تا علاقه مندان به مطالعه بیشتر بتوانند از متون تخصصی تر بهره گیرند.

این کتاب همانطور که ذکر شد، توسط متخصصین با تجربه نسوز در زمینه های مختلف نگاشته شده است. به همین علت در فصول مختلف کتاب نحوه نگارش و زبان بیان مطالب تفاوت می کند که این مطلب این مساله را خاطر نشان می سازد که چطور هنوز اصطلاحات یکسانی برای علم مواد دیرگداز رایج نشده است. فصل مقدمه کتاب به همین مطلب پرداخته و سعی می کند که اصطلاحات یکسان و قابل قبولی را جایگزین اصطلاحاتی کند که فقط در برخی منابع به کار می روند.

در ضمائم برای جلوگیری از زیاد شدن صفحات کتاب به حداقل اکتفا شده است. هدف از آنها نزدیک کردن علم پایه و اطلاعات عملی به صورت مختصر می باشد. اطلاعات داده شده در بخش ضمائم شامل خواص مواد دیرگداز، آزمایشات مربوط به این مواد و بیان ارقام خواص دیرگدازها است که بوسیله جداول و اشکال مقایسه ای، رابطه بین گروه های مختلف مواد دیرگداز نشان داده می شود.

مؤلف امیدوار است که این کتاب به صورت منبع اطلاعاتی جامعی به تمام کسانی که با مواد دیرگداز سر و کار دارند، خدمت کند و نیز پاسخ سریع و یا حداقل مرجع مطمئنی به مشکلات مواد دیرگداز و سئوالات مطرح شده، ارائه نماید.

از کلیه نویسندگان و تولیدکنندگان مواد دیرگداز برای همکاری سازنده شان تشکر می شود. تقدیرات ویژه مؤلف از انستیتو مواد دیرگداز و سرامیک آلمان در بن و سازمان تولیدکنندگان مواد دیرگداز آلمان می باشد که حمایت آنها از این کتاب باعث موفقیت آن شد.

این کتاب توسط پروفیسور کامپلو کونویکی که استاد اینجانب در زمینه مهندسی مواد دیرگداز بوده است، تأیید شده است.

جرالد روتشکا

مدت زمان مدیدی بود که ترجمه کتابی جامع در زمینه مواد دیرگداز را در اندیشه می پروراندم. در بین کتب منتشر شده هیچکدام نظرم را جلب نمی کرد، یا قدیمی بودند و اطلاعات به روز نداشتند و یا عموماً شامل تئوری و فاقد دیدگاه کاربردی بودند. تا اینکه نسخه انگلیسی کتاب "Refractory Materials" که توسط Gerald Routschka تدوین گردیده و در سال ۱۹۹۷ به چاپ رسیده است، به دستم رسید. این کتاب ترجمه ای از "Feuerfeste Werkstoffe" به زبان آلمانی است که در سال ۱۹۹۶ چاپ گردیده است.

در نگاه اول کتابی جامع و به روز به نظر آمد اما پس از مطالعه عمیق تر روشن گردید که این کتاب توانسته خلاء بین المللی موجود در این زمینه را پر کند. این امر تنها با یک کار تیمی امکان پذیر بوده که به خوبی توسط مولف انجام پذیرفته و توانسته است پیوند بین کتب دانشگاهی و مطالب پایه ای با مهندسی صنعت دیرگدازها (که بیشتر در کارخانه ها و مراکز تحقیقاتی موجود است) برقرار سازد. اطلاعات این کتاب با توجه به پیشرفت های حاصله در زمینه تولید محصولات نوین دیرگداز در سالیان اخیر از اهمیت به سزایی برخوردار است بطوریکه به راحتی میتوان این ادعا را داشت که این کتاب در حال حاضر تنها نوشتار کاربردی و به روز در زمینه مواد دیرگداز است.

ترجمه این کتاب نیز به صورت یک کار تیمی دسته جمعی انجام گرفت تا بتواند یکی از مشکلات کنونی کتاب های ترجمه شده به زبان فارسی را که طولانی بودن زمان ترجمه یا به عبارت دیگر فاصله زمانی طولانی بین چاپ اصلی و چاپ فارسی می باشد، حل نماید. از طرف دیگر امید است به کمک واژه نامه تهیه شده در انتهای کتاب گامی در جهت یکنواختی اصطلاحات رایج در این صنعت نیز برداشته شده باشد.

در اینجا لازم است از شرکت فرآورده های نسوز ایران و خدمات ارزشمند مدیر عامل فقید آن، زنده یاد مهندس سید مرتضی فتاح که با حمایت و پشتیبانی خود کمک بزرگی در راه اشاعه علم مهندسی مواد دیرگداز نموده اند، قدردانی و تشکر نمایم.

ویراستار:

دکتر جلال حجازی

دستیاران ترجمه:

مهندس حامد صمدی
مهندس چنگیز خضری
مهندس نوید رضوی
مهندس سیروس باوند وندچالی
مهندس شارقه مهر آیین

همکاران نگارش:

خانم آزاده صفرزاده
خانم نیلوفر نوروزی

۱. مقدمه

نویسنده: Gerald Routschka, Heinz Barthel

۱-۱. تعریف واژه ها و مفاهیم

مطابق با یک تعریف بین المللی، محصولات دیرگداز، موادسرامیکی غیر فلزی هستند (سرامیکهایی که حاوی یک جزء فلزی می باشند نیز مشمول این تعریف هستند). این مواد، دیرگدازی (Refractoriness) یا دمای مخروط زگری (دمای نهایی که نوک مخروط زگر مورد نظر با صفحه نگهدارنده تماس می یابد) بالاتر از 1500°C دارند (ISO/R 836, DIN 51060). دمای مخروط زگر بوسیله نمونه های کوچک مخروطی شکل که همراه با مخروط های سرامیکی استاندارد حرارت داده می شود، تعیین می گردد (ISO/R 528, DIN EN 993-12).

مواد دیرگداز معمولاً نقطه ذوب مشخصی ندارند و غالباً در یک دامنه دمایی کم و بیش باریک، ذوب یا نرم می شوند. در نتیجه بجای بیان یک نقطه ذوب مشخص، دمای نرم شدن بوسیله تعیین شاخص مخروط زگر اندازه گیری می شود.

در عمل دمای مخروط زگر، جز اینکه حد پایداری و دوام در حرارت را نشان دهد، اهمیت زیادی ندارد بنابراین تعیین یک حد برای دیرگدازی مواد سرامیکی در دمای 1500°C بمنظور تنظیم تعرفه های گمرکی و آئین نامه های معادن دارای اهمیت می باشد. بعضی از محصولات صنعت دیرگداز به جهت شاخص مخروط زگرشان، تعریف 'دیرگداز' را به طور کامل برآورده نمی کنند. با این حال، آنها سایر خواص مواد دیرگداز را دارند و در دسته مواد دیرگداز گنجانده می شوند و اغلب بعنوان محصولات دیرگداز مورد بحث قرار می گیرند.

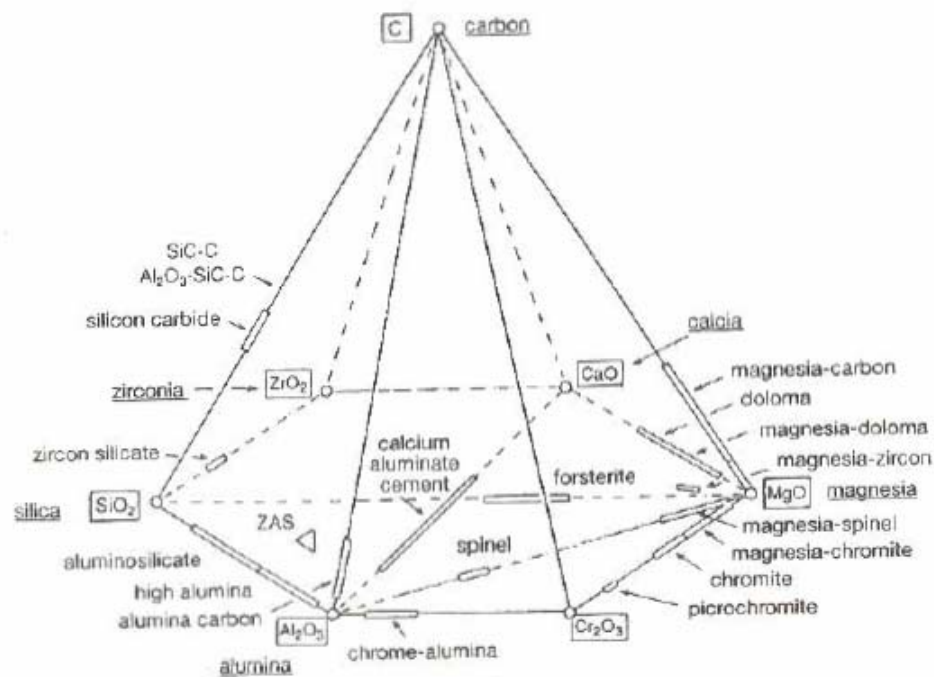
بطورکلی می توان محصولاتی را که در دماهای بالا (بین 600 تا 2000 درجه سانتیگراد) در دستگاهها و کوره ها در صنایع مختلف بکار گرفته می شوند بعنوان دیرگداز توصیف کرد. (فصل ۶-۱).

می توان چهار گروه از مواد دیرگداز را بصورت زیر از یکدیگر متمایز کرد (فصل ۴ تا ۷):

- محصولات شکل دار (آجرها)
- محصولات بی شکل که مونولیتیک نیز نامیده می شوند (جرمهای سازه ای و تعمیراتی، مواد اتصال دهنده)
- محصولات ویژه (المانهای سازه ای)
- محصولات عایق

۲-۱. مواد اصلی دیرگداز

مواد دیرگداز بر پایه شش اکسید اصلی، ZrO_2 ، Cr_2O_3 ، CaO ، MgO ، Al_2O_3 ، SiO_2 و ترکیبات بین آنها که اخیراً اغلب در ترکیب با کربن نیز هستند، قرار دارند (شکل ۱). علاوه بر کربن و کاربید سیلیسیم، مقدار کمی کاربید بور (B_4C) و نیتrideها (Si_3N_4 ، BN) نیز برای کاربردهای ویژه به مجموعه فوق اضافه می شود. این مواد و ترکیبات اصلی بواسطه این حقیقت که در دماهای بالا ذوب می شوند، اهمیت دارند (جدول ۱). بمنظور درک رفتار پیچیده نرم شوندگی مواد چند فازی ساخته شده از مواد دیرگداز، می توان به دیاگرام های فازی مراجعه کرد [1].



شکل ۱: هرم مواد اصلی یا موقعیت مواد دیرگداز (از H. Barthel)