دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مواد گرایش سرامیک

بررسی اثر افزودن نانو اکسید کروم و نانو اکسید منیزیم بر مقاومت پوسته‌ای شدن لایه های سطحی آجرهای دولومیتی پاتیل‌های فولادسازی ذوب آهن اصفهان

استادان راهنما:

دکتر محمدرضا نیلفروشان

دکتر ساسان اطرج

پژوهشگر:

مهشید حیدرزاده هفشجانی

بهمن ماه ۱۳۹۳

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مواد

پایان نامه **خانم مهشید حیدرزاده هفشجانی** جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد گرایش سرامیک با عنوان: **بررسی اثر افزودن نانو اکسید کروم و نانو اکسید منیزیم بر مقاومت پوسته‌ای شدن لایه‌های سطحی آجرهای دولومیتی پاتیل‌های فولاد سازی ذوب آهن اصفهان**در تاریخ ۹۴/۱۱/۳ با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ..... مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

1. **استاد راهنمای اول پایان نامه دکتر محمدرضا نیلفروشان با مرتبه علمی دانشیار**

امضا

2. **استاد راهنمای دوم پایان نامه دکتر ساسان اطرج با مرتبه علمی استادیاری**

امضا

3. **استاد داور پایان نامه دکتر محمدرضا سائری با مرتبه علمی استادیاری**

امضا

4. **استاد داور پایان نامه دکتر احمد کیوانی با مرتبه علمی استادیاری**

امضا

دکتر یعقوب طادی بنی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی

دانشکده فنی و مهندسی

اینجانب مهشید حیدرزاده هفشجانی دانشجوی رشته‌ی مهندسی مواد گرایش سرامیکبا شماره دانشجویی ۹۱۱۴۰۵۱۲۹ دانشکده‌ی فنی و مهندسی دانشگاه شهرکرد،اظهارمی‌کنم که این پایان‌نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی از آن که از منابعدیگراناستفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته‌ام، همچنین تعهد می‌نمایم کهبدون مجوز استادان راهنمای پایان نامه‌ام دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیارغیر قرار ندهم. در ضمن کلیه حقوق مادی و معنوی حاصله از نتایج مطالعات، ابتکارات ونوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

مهشید حیدرزاده هفشجانی

تاریخ و امضا:

سپاسنامه

سپاس بی‌کران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه‌چینی از علم و معرفت را روزیمان کرد و سپاس فراوان از همه کسانی که چراغ وجودشان روشنای من در این راه گردید.

مهشید حیدرزاده هفشجانی

تقدیم نامه

تقدیم به آنان که قامت همچون سروشان در راه شکوفایی ایران خمیده شد.

چکیده

دولوما به علت پایداری ترمودینامیکی در برابر سرباره و مذاب یک ماده‌ی دیرگداز مناسب جهت استفاده در فولاد سازی محسوب می‌شود.

این دیرگدازها در صنعت آهن و فولاد در مبدل‌های فولاد سازیو انواع پاتیل‌های ریخته‌گری مورد استفاده قرارمی‌گیرند. یکی از مشکلات مربوط به این آجرها در پاتیل‌های فولادسازی مربوط به خوردگی دیرگداز توسط سرباره می‌باشد که در این پژوهش اثر افزودن نانو اکسید کروم و نانو اکسید منیزیم بر خواص آجرهای دولومیتی مورد استفاده در پاتیل‌های فولادسازی ذوب آهن اصفهان مورد مطالعه قرار گرفته است. نمونه‌ها شامل مقدارهای متفاوتی از نانو اکسید کروم و نانو اکسید منیزیم، در دمای بالای $^{\circ}C$ ۱۶۰۰ درجه حرارت داده شدند.

برای این منظور خواص مختلف این دیرگداز شامل دانسیته و تخلخل ظاهری، استحکام فشاری سرد، مقاومت به شوک حرارتی و مقاومت به خوردگی در برابر مذاب سرباره بررسی شد. هم‌چنین بررسی‌های مینرالوژی توسط دستگاه پراش اشعه ایکس و مطالعات ریزساختاری و مقاومت در برابر خوردگی توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی شد. نتایج حاکی از بهبود خواص آجر در مقدار بالای افزودنی نانو اکسید کروم (۰/۸ درصد وزنی) است که این به دلیل ایجاد اسپینل منیزیا-کرومیتی می باشد که مقاومت به خوردگی را افزایش داده است. دانسیته بالک افزایش و تخلخل ظاهری کاهش یافته است و در نتیجه استحکام فشاری سرد نیز بهبود یافته است. مقاومت به شوک حرارتی به دلیل تفاوت بین ضرایب انبساط حرارتی آهک، پریکلاس و اسپینل منیزیا- کرومیتی بهبود یافت. افزودنی نانو اکسید منیزیم خواص را کاهش داده است. چون منیزیا نتوانسته پیوندی با آهک و پریکلاس ایجاد کند.

کلمات کلیدی: دیرگدازهای دولومیتی، نانو اکسیدکروم، نانو اکسید منیزیم، مقاومت به خوردگی

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

فهرست شکل‌ها ۱۱
فهرست جداول ۱۳
فصل اول ۱۴
۱مقدمه ۱۴
فصل دوم مروری بر منابع مطالعاتی ۱۶
۲-۱ مقدمه ۱۶
۲-۲ تعریف و دسته بندی مواد دیرگداز ۱۷
۲-۳ ساختار دولومیت ۲۰
۲-۴ تولید دولوما ۲۲
۲-۵ تولید دیرگدازهای دولومیتی ۲۴
۲-۵-۱ تولید دیرگدازهای دولومیتی پخته شده نیمه تثبیت شده ۲۴
۲-۵-۲ تولید دیرگدازهای پخته شده تثبیت شده ۲۵
۲-۵-۳ تولید دیرگدازهای پخته نشده با پیوند قیری ۲۵
۲-۶ خواص دیرگدازهای دولومیتی ۲۵
۲-۶-۱ خواص دیرگدازهای پخته شده (نیمه تثبیت شده و تثبیت شده) ۲۵
۲-۶-۲ خواص دیرگدازهای پخته نشده پیوند قیری ۲۶
۲-۷ کاربردهای دیرگدازهای دولومیتی ۲۶
۲-۸ مزایای دیرگدازهای دولومیتی ۲۷
۲-۹ معایب دیرگدازهای دولومیتی ۲۷
۲-۱۰ آجرهای دولومایی پیوند کربنی ۲۸
۲-۱۱ شرح پدیده خوردگی ۲۹
۲-۱۱-۱ عوامل مکانیکی و فیزیکی ۲۹
۲-۱۱-۲ شوک های حرارتی (عوامل ترمومکانیکی) ۲۹
۲-۱۱-۲-۱ ایجاد ترک بر اثر تنش‌های گرمایی ۳۱
۲-۱۱-۳ واکنش‌های دیرگداز -سرباره ۳۲
۲-۱۲ مشکلات آجرهای دولومیتی ۳۶
۲-۱۲-۱ پوشش دولوما با قیر و قطران ۳۷
۲-۱۲-۲ نقش افزودنی‌ها و گدازآورها (فلاکس‌ها)ی اکسیدی در تثبیت دولوما ۳۷
۲-۱۳ دیرگدازهای منیزیا-دولومیتی ۳۸
۲-۱۳-۱ روش‌های تولید دیرگدازهای منیزیا – دولومیتی ۴۱
۲-۱۳-۲ کاربردهای دیرگدازهای منیزیت دولومیتی ۴۱
۲-۱۴ تأثیر افزودنی‌ها بر خواص آجرهای دولومیتی ۴۲
۲-۱۵ سینترینگ دولومیت ۵۰
۲-۱۶ بررسی علل تخریب آجرهای دولومیتی پاتیل‌های فولادسازی ذوب آهن اصفهان ۵۲
فصل سوم فعالیت های تجربی ۵۴

۳-۱مقدمه ۵۴
۳-۲مواد استفاده شده در پژوهش ۵۴
۳-۲-۱ دولومیت سینترشده ۵۴
۳-۲-۲ نانو پودر اکسید منیزیم ۵۵
۳-۲-۳ نانو پودر اکسید کروم ۵۵
۳-۲-۴ قیر و قطران ۵۶
۳-۲-۵ رزین فنولیک ۵۶
۳-۳ فرمولاسیون ۵۷
۳-۴ مراحل انجام فعالیت‌های عملی پروژه ۵۷
۳-۵آماده سازی نمونه‌ها ۵۹
۳-۵-۱ ساخت نمونه ۵۹
۳-۵-۲ فرآیند پرس ۶۰
۳-۵-۳ عملیات تمپرینگ ۶۰
۳-۵-۴ عملیات پخت ۶۰
۳-۶آزمون‌های انجام شده بر روی نمونه‌ها ۶۰
۳-۶-۱ آزمون استحکام فشاری سرد ۶۰
۳-۶-۲ آزمون تعیین دانسیته بالک و درصد تخلخل ظاهری ۶۱
۳-۶-۳ آزمون مقاومت به شوک حرارتی ۶۱
۳-۶-۴آزمون خوردگی ۶۱
۳-۶-۵ مطالعات ریز ساختاری ۶۲
۳-۶-۳مطالعات فازی ۶۲
فصل چهارم نتایج و بحث ۶۳
۴-۱ بررسی اثر افزودن نانواکسید کروم بر خواص دیرگدازهای دولومیتی ۶۳
۴-۱-۱ بررسی فازی اثر افزودن نانو اکسید کروم ۶۳
۴-۱-۲ بررسی ریزساختاری اثر افزودن نانو اکسید کروم ۶۵
۴-۱-۳ بررسی اثر افزودن نانو اکسید کروم بر دانسیته بالک و تخلخل ظاهری ۶۷
۴-۱-۴ بررسی اثر افزودن نانو اکسید کروم بر مقاومت فشاری سرد ۶۹
۴-۱-۵ بررسی اثر افزودن نانو اکسید کروم بر مقاومت به شوک حرارتی ۶۹
۴-۲ بررسی اثر افزودن نانواکسید منیزیم بر خواص دیرگدازهای دولومیتی ۷۰
۴-۲-۱ بررسی فازی اثر افزودن نانو اکسید منیزیم ۷۰
۴-۲-۲ بررسی ریزساختاری اثر افزودن نانو اکسید منیزیم ۷۱
۴-۲-۳ بررسی اثر افزودن نانو اکسید منیزیم بر دانسیته بالک و تخلخل ظاهری ۷۲
۴-۲-۴ بررسی اثر افزودن نانو اکسید منیزیم بر مقاومت فشاری سرد ۷۳
۴-۲-۵ بررسی اثر افزودن نانو اکسید منیزیم بر مقاومت به شوک حرارتی ۷۴
۴-۳ بررسی اثر افزودنی نانو اکسید کروم و نانو اکسید منیزیم بر مقاومت به خوردگیدر مقایسه با نمونه بدون افزودنی ۷۵

۴-۳-۱ بررسی خوردگی نمونه فاقد افزودنی..... ۷۷
۴-۳-۲ بررسی اثر افزودن نانو اکسید کروم بر مقاومت به خوردگی..... ۷۹
۴-۳-۳ بررسی اثر افزودن نانو اکسید منیزیم بر مقاومت به خوردگی..... ۸۱
فصل پنجم نتیجه گیری و پیشنهاد..... ۸۳
منابع..... ۸۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **شماره صفحه**

شکل ۲- ۱: A) ساختار ایده آل دولومیت B) ساختار غیرایده آل دولومیت ۲۱
شکل ۲-۲: نمودار فازی سیستم CaO و MgO ۲۳
شکل ۲-۳: تغییر چگالی کلی و تخلخل در دولوما بر حسب دمای پخت ۲۳
شکل ۲-۴: ریزساختار دانه دولوما خلوص بالا ۲۴
شکل ۲-۵ : شمایی از موارد استفاده از دولومیت ۲۷
شکل ۲-۶ : نمودار وضعیت مکانیکی تنش‌ها در دیرگداز به هنگام گرم و سرد شدن ۳۰
شکل ۲-۷ : تصویر عرضی از فصل مشترک دیرگداز/ سرباره ۳۳
شکل ۲-۸ : شمایی از حمله سرباره به دیرگداز ۳۴
شکل ۲-۹ : شمایی از بر هم کنش بین خواص فیزیکی و شیمیایی سرباره و دیرگداز ۳۵
شکل ۲-۱۰ : ریزساختار دولومیت پخته شده با افزودن زیرکونیا ۴۳
شکل۲-۱۱: تصویر SEM نمونه سینتر شده با ۶۰٪ منیزیا ۴۴
شکل۲- ۱۲: فازهای تشکیل شده در طی سینترینگ دولومیت با افزودنی اکسید آهن ۴۵
شکل ۲-۱۳ : اثر پرس بر تخلخل کل نمونه های آجر کلسینه شده با مقدارهای متفاوت از قیر ۴۶
شکل۲-۱۴ : اثر فشار بر دانسیته ظاهری نمونه های آجری کلسینه شده با مقدارهای متفاوت قیر ..۴۷
شکل۲-۱۵ : اثر چسب بر استحکام فشاری سرد آجر دولومیتی خام ۴۸
شکل ۲-۱۶ : اثر چسب بر استحکام فشاری سرد آجر دولومیتی پخته شده
در دمای بالای C ۱۰۰۰° ۴۸
شکل ۲-۱۷ : اثر درصد چسب بر استحکام فشاری سرد آجرهای دولومیتی خام و سینتر شده ۴۹
شکل۲-۱۸ : تصاویر SEM از نمونه های ساخته شده با افزودنی نانو زیرکونیا ۵۱
شکل۲-۱۹: بهبود مقاومت به شوک حرارتی در دیرگدازهای MgO-CaO با افزودن ZrO_2 ..... ۵۲
شکل۲-۲۰ : خوردگی شماتیک دیرگداز دولومیتی توسط سرباره ۵۳
شکل ۳-۱ : شمایی از مراحل انجام پروژه ۵۸
شکل ۴-۱-۱ : الگوی پراش اشعه ایکس نمونه فاقد افزودنی ۶۴
شکل ۴-۱-۲: آنالیز نقطه‌ای نمونه حاوی نانو اکسید کروم ۶۴
شکل۴-۱-۳ : تصویر SEMریز ساختار نمونه فاقد افزودنی ۶۵
شکل۴-۱-۴: آنالیز نقطه‌ای نمونه فاقد افزودنی ۶۶
شکل ۴-۱-۵ : تصویر SEM نمونه حاوی نانو اکسید کروم ۶۶
شکل ۴-۱-۶ : تصویر SEMپیوند زمینه و ماتریکس نمونه حاوی نانو اکسید کروم ۶۷
شکل ۴-۱-۷ : تغییرات تخلخل ظاهری با افزودن نانو اکسید کروم ۶۸
شکل ۴-۱-۸ : تغییرات دانسیته بالک با افزودن نانو اکسید کروم ۶۸
شکل۴-۱-۹ : تغییرات مقاومت فشاری سرد با افزودن نانو اکسید کروم ۶۹
شکل ۴-۱-۱۰: تغییرات مقاومت به شوک حرارتی با افزودن نانو اکسید کروم ۷۰
شکل ۴-۱-۱۱ : الگوی پراش اشعه ایکس نمونه حاوی افزودنی نانو اکسید منیزیم ۷۱
شکل۴-۱-۱۲ : تصویر ریزساختار SEM نمونه حاوی نانو اکسید منیزیم ۷۲
شکل ۴-۱-۱۳ : تغییرات دانسیته بالک با افزودن نانو اکسید منیزیم ۷۲

شکل ۴-۱-۱۴ : تغییرات تخلخل ظاهری با افزودن نانو اکسید منیزیم.....۷۳
شکل ۴-۱-۱۵ : تغییرات مقاومت فشاری سرد با افزودن نانو اکسید منیزیم ۷۴
شکل۴-۱-۱۶ : تغییرات مقاومت به شوک حرارتی با افزودن نانو اکسید منیزیم ۷۴
شکل ۴-۱-۱۷ : تصویر نمونه‌های آزمون خوردگیالف) نمونه خوردگی حاوی نانو اکسید کروم،
ب) نمونه خوردگی حاوی نانو اکسید منیزیم، ج) نمونه خوردگی فاقدافزودنی.....۷۵
شکل ۴-۱-۱۸ : مقایسه مساحت خوردگی نمونه‌های فاقد افزودنی، حاوی نانو اکسید کروم،
حاوی نانو اکسید منیزیم.....۷۶
شکل ۴-۱-۱۹: مقایسه میزان سرباره باقی مانده در حفره نمونه‌های فاقد افزودنی، حاوی نانو اکسید
کروم، حاوی نانو اکسید منیزیم.....۷۷
شکل ۴-۱-۲۰: تصویر SEMخوردگی نمونه فاقد افزودنی.....۷۷
شکل ۴-۱-۲۱: آنالیز خطی خوردگی نمونه فاقد افزودنی ۷۸
شکل۴-۱-۲۲ : تصاویر SEM خوردگی نمونه حاوی نانو اکسیدکروم.....۷۹
شکل ۴-۱-۲۳: آنالیز خطی خوردگی نمونه حاوی نانو اکسید کروم ۸۰
شکل۴-۱-۲۴ : تصویر SEM خوردگی نمونه حاوی نانو اکسید منیزم ۸۱
شکل ۴-۱-۲۵: آنالیز خطی خوردگی نمونه حاوی نانو اکسید منیزیم ۸۲

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

جدول ۲-۱ تقسیم بندی دیرگدازها بر اساس شکل ۱۸
جدول ۲-۲ تقسیم بندی دیرگدازها بر اساس مواد اولیه ۱۹
جدول ۲-۳ تقسیم بندی دیرگدازها بر اساس خواص فیزیکی ۲۰
جدول ۲-۴ خواص چند نوع دیرگداز دولومیتی پخته شده ۲۶
جدول۲-۵ خواص فیزیکی و شیمیایی آجر دولومایی پیوند رزینی ۲۸
جدول شماره۲-۶ مقاومت به هیدراتاسیون مواد دیرگداز پایه ۳۶
جدول ۲-۷ خواص فیزیکی و شیمایی چند دیرگداز دولومیتی، منیزیایی و منیزیا – دولومیتی ۴۰
جدول۳-۱ آنالیز شیمیایی دولومیت سینتر شده مورد استفاده ۵۵
جدول۳-۲ آنالیز شیمیایی نانو پودر اکسید منیزیم ۵۵
جدول۳-۳ آنالیز شیمیایی نانو پودر اکسید کروم ۵۵
جدول۳-۴ترکیب بچ‌های مختلف با نانو پودر اکسید منیزیم ۵۷
جدول۳-۵ترکیب بچ های مختلف ساخته شده با نانو پودر اکسید کروم ۵۷
جدول ۳-۶ توزیع دانه بندی ذرات طبق رابطه‌ی آندریازن ۵۹
جدول ۳-۷ آنالیز شیمیایی سرباره پاتیل‌های فولادسازی ۶۲
جدول ۴-۱ آنالیز نقطه‌ای مناطق ۱ و ۲ نمونه حاوی نانو اکسید کروم ۶۵
جدول ۴-۲ آنالیز نقطه‌ای مناطق ۳ و ۴ نمونه فاقد افزودنی ۶۶

فصل اول

۱مقدمه

دولومیت نخستین بارتوسط شخصی به نام دولومیه در سال ۱۷۹۹میلادی به صورت یک کانی مجزا معرفی گردید و به افتخار او منطقه کوههای تیرول جنوبی را که شامل مقادیر زیادی ازاین نوع کانی بود، دولومیت نامیدند. لیکن استفاده از دولومیت به عنوان ماده دیرگداز اولین‌بار توسط سیدنی توماس در سال۱۸۷۸ میلادی متداول گردید. دولومیت شامل کربنات کلسیم و منیزیم است که به طور تئوری مقدار ۴۵/۷٪ کربنات منیزیم [$MgCO_3$]و ۵۴/۳٪ کربنات کلسیم [$CaCO_3$]دارد. دولومیت در طی فرآیندی بوجود می‌آید که در آن منیزیم جانشین کلسیت می‌شود.دولوما همان دولومیت تکلیس شده است که پایه‌ی دیرگدازهای دولومیتی است. در اثر پخت دولومیت خام در دمای بین ^{o}C ۱۰۰۰-۷۰۰، کربنات‌های موجود به آهک (CaO) و پریکلاس(MgO) تجزیه می‌شود. این فازها، فازهای دما بالایی محسوب می‌شوند. دمای ذوبMgO (۲۸۴۰°C) و CaO(۲۵۷۰°C) است، بنابراین در دمای بالا کاملاً در برابر خوردگی مواد قلیایی مقاوم هستند برای مثال در برابر بعضی از سرباره‌های متالوژیکی.به طور خلاصه می‌توان کاربردهای زیر را نمونه‌هایی از مصرف این دیرگدازها ذکر کرد:کاربرد در صنایع فولاد مانند استفاده در انواع پاتیل‌های ذوب، پاتیل‌های عملیات فولادسازی،کنورتورها،کوره‌های قوس الکتریکی و آستر ایمنی در کنورتور. کاربرد در صنایع کانی‌هایغیرفلزی مانند کوره‌های دوار سیمان، کوره‌های قائم آهک و کوره‌های دوار دولومیت.

اما این آجرها معایبی نیزدارند مانند مقاومت به هیدراتاسیون ضعیف و مقاومت به شوک حرارتی پایین، که به منظور رفع این عیوباستفاده از افزودنی‌ها یکی از راه‌های پیشنهادی است. نانوتکنولوژی در سال‌های اخیر تحولی در صنعتدیرگداز ایجاد کرده است. مقدار کمی از نانوذرات اثر زیادی بر خواص ترموشیمیایی دیرگدازها می‌گذارد. نانو ذرات در فضاهای بین ذرات پراکنده شده و حفره‌ها را پر می‌کنند. هم‌چنین تنش‌های ناشی از انبساط حرارتیو انقباض را جذب نموده و استحکام و مقاومت به خوردگی دیرگداز را در دمای بالا افزایش می‌دهد. بنابراین در این پروژه اثر افزودنی‌های نانو ذرات بر خواص این آجرها بررسی شده است. در فصل اول

خلاصه‌ای از پروژه ذکر شده است. در فصل دوم فعالیت‌های تحقیقاتی که توسط پژوهشگران قبلی انجام شده، مرور شده است. در فصل سوم مواد اولیه مورد استفاده در این پژوهش ذکر شده است. فصل چهارم نتایج بدست آمده از این پایان نامه آورده شده است. در فصل پنجم نیز پیشنهاداتی جهت پروژه‌های آینده عملی در صنعت آورده شده است.

فصل دوم

مروری بر منابع مطالعاتی

۲-۱مقدمه

دیرگدازها برای تولیدات فولاد ضروری هستند و یک بخش مهم در صنعت فولاد محسوب می‌گردند، بنابراین اثر مهمی بر قیمت تولیدات دارند. تکنولوژی فولاد و دیرگداز با یکدیگر پیشرفت کردند. دیرگدازها به منظور آستر درونی پاتیل‌ها، تثبیت فولاد تولیدی و بهبود کیفیت محصول نهایی استفاده می‌گردند، به همین دلیل انتخاب دیرگداز مناسب با شرایط کاری بسیار مهم است. در فرآیند فولاد سازی ویژگی‌های فلز مذاب، شیمی سرباره، اتمسفر و دما در بخش‌های مختلف بسیار متنوع است بنابراین توجه به عملکرد دیرگداز و طراحی صحیح آن اهمیت ویژه‌ای دارد[۱].

در بیست سال اخیر استفاده از دیرگدازهای پایه دولومایی با خلوص بالا برای کاربردهای فولاد و مناطق انتقال و سوختن کوره‌ها رشد زیادی کرده است.آجرهای دیرگداز دولومیتی به طور عمده در صنایع آهن و فولاد، سیمان و کوره‌های پخت آهک کاربرد دارند. در صنعت آهن و فولاد در مبدل‌های فولاد سازی، کوره‌های قوس

الکتریکی و انواع پاتیل‌های ریخته گری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فولاد سازی این رشد اولیه ناشی از افزایش تصفیه فولاد پایه برای تولید فولادی با کیفیت بالاتر با کنترل متالوژیکی دقیق است. این ویژگی‌ها ناشی از دیرگدازی بالای آنها و سازگاری خوبشان با سرباره‌های پایه است[۲].

ترکیب اصلی دولوما CaO و MgO است و پایداری بیشتری از دیرگدازهای اکسیدی دارند. دولومیت در اثر گرما به دولوما با ترکیب MgO,CaO تبدیل می‌شود. فاز CaO موجود در دولوما جاذب رطوبت بوده و براساس واکنش $CaO+H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$ آب می‌گیرد. این عمل باعث پایین آمدن مقاومت آبگیری آجرهای دولومیتی می‌شود که خود یکی از معایب این آجرها محسوب می شود. از طرف دیگر مقاومت به شوک حرارتی این آجرها نیز پایین است. لذا برای برطرف کردن این عیوب باید فاز CaO آزاد موجود در دولوما را به گونه‌ای مهار کرد تا از این واکنش جلوگیری شود که استفاده از افزودنی‌ها یکی از این راه‌ها می باشد[۳].

۲-۲ تعریف و دسته بندی مواد دیرگداز

به طور کلی سرامیک‌ها به سه دسته‌ی سرامیک‌های سنتی، دیرگدازها و سرامیک‌های پیشرفته دسته بندی می‌شوند[۴]. دیرگدازها موادی هستند که شکل و خواص شیمیایی خود را در دمای بالا حفظ می‌کنند و برای کاربردهایی که نیازمند مقاومت به گرما هستند استفاده می‌گردند. به طور کلی دیرگدازها باید توانایی تحمل دماهای بالای ۵۳۸ °C را داشته باشند. هم چنین استحکام مکانیکی دارند و در برابر تغییرات سریع دمایی و خوردگی و فرسایش بوسیله‌ی مذاب فلزی، شیشه، سرباره و گازهای داغ مقام هستند[۵].

در صنعت مدرن شرایط کاری متنوع و گسترده‌ای وجود دارد که اغلب این شرایط در دمای بالا هستند و دیرگدازها در این شرایط استفاده می‌شوند. طبقه بندی دیرگدازها بر اساس روش‌های مختلفی است. یکی از دسته بندی‌ها بر اساس مواد اولیه آن‌ها است اما می‌توانند بر اساس روش ساخت و بر اساس رفتار شیمیایی نیز طبقه بندی شوند.

هم‌چنین طبقه بندی‌هایی نیز از دیرگدزهای خاص مانند سیلیکون کاربید، گرافیت، زیرکون، زیرکونیا و ... وجود دارد. دیرگدازها بر اساس روش ساخت به دیرگدازهای شکل‌دار و بی‌شکل تقسیم بندی می‌شوند. دیرگدازهای شکل‌دار را در صنعت آجر می‌نامند که معمولاً پرس می‌شوند و خواص یکنواختی دارند که دیرگدازهای دولومیتی جز این دسته هستند.

نام دیرگدازهای بازی در حقیقت از مقاومت به خوردگی آنها در شرایط بازی در دمای بالا گرفته شده است.این دیرگدازها در پنج گروه طبقه بندی می شوند:

- مینزیا یا منیزیت سوخته شده[۱]
- منیزیت سوخته یا منیزیا با مواد شامل کروم
- منیزیت سوخته یا منیزیا با اسپینل
- منیزیت سوخته یا منیزیا با کربن
- دولومیت[۴].

در جداول (۲-۱) و (۲-۲) و (۲-۳) تقسیم بندی دیرگدازها بر اساس شکل، مواد اولیه و خواص آورده شده است[۵].

جدول۲- ۱: تقسیم بندی دیرگدازها بر اساس شکل[۵]

نوع	تعریف
دیرگدازهای شکل‌دار	
آجرها	دیرگدازهای شکل‌داری که در کوره‌ها، مخازن شیشه کاربرد دارند
آجرهای عایق	آجرها با هدایت حرارتی پایین
دیرگدازهای بی شکل[۲]	
ملات[۳]	موادی که برای اتصال آجرها در یک آستر استفاده می‌شود. سه نوع ملات وجود دارند که مکانیزم عملکرد متفاوتی دارند: بر اساس گرما، هوا و هیدرولیک.
جرم‌ها[۴]	دیرگدازهایی که با مواد خام و سیمان هیدرولیک ترکیب می‌شوند وبا ریخته‌گری شکل داده می‌شوند.
پلاستیک‌ها	دیرگدازهایی که در آن‌ها مواد خام و مواد پلاستیک با آب ترکیب می‌شود.دیرگدازهای پلاستیکی به سختی شکل داده می شوند و گاهی اوقات نیاز به افزودنی های شیمیایی است.
گانینگ[۵]	دیرگدازهایی که با یک اسپری کننده بر روی سطح اسپری می‌شوند.
رمینگ[۶]	دیرگدازهایی که با فرمولی از پیوند سرامیکی بعد از گرما دادن تقویت می‌شوند.

[۱] deadburned magnesite
[۲] Monilitic refractories
[۳] mortar
[۴] castable
[۵] ganing
[۶] ramming

ادامه جدول ۲-۱

مواد پوششی	دیرگدازهایی که خواص آنها شبیه ملات‌های دیرگداز است. اندازه ذرات را برای پوشش آسان کنترل می‌کنند.
جرم‌های سبک وزن	دیرگدازهایی که با سیمان هیدرولیک و مواد سبک وزن خلل و فرج دارد ترکیب می‌شوند. با آب مخلوط می‌شوند و با ریخته گری شکل داده می‌شوند. این دیرگدازها برای کوره‌ها کاربرد دارند.
مواد فیبری	
فیبر سرامیکی	دیرگدازهای فیبری

جدول ۲-۲ :تقسیم بندی دیرگدازها بر اساس مواد اولیه[۵]

انواع	ویژگی ها
دیرگدازهای رسی	
رس نسوز(خاک نسوز)	شامل کائولینیت و مقدار دیگری از مواد رسی است.این دیرگدازها برای تولید آجر، دیرگدازهای عایق و آجرهای پاتیل استفاده می‌شوند
آلومینا بالا	ترکیبی از بوکسیت یا دیگر مواد خام که شامل ۸۷/۵-۵۰٪ آلومینا هستند. این دیرگدازها برای تولید آجر و دیرگدازهای عایق کاربرد دارند.
دیرگدازهای غیر رسی	
بازی	تولید شده از یک ترکیب منیزیت سوخته، دولومیت، کروم و مقدار کمی مینرال‌های دیگر هستند. برای ساخت آجر استفاده می‌شوند.
آلومینا فوق بالا	عمدتاً ساخته شده از بوکسیت یا آلومینا می‌باشند.این دیرگدازها ۱۰۰-۸۷/۵٪ آلومینا دارند و ثبات حجمی خوبی از خود نشان می‌دهند.
مولایت	ساخته شده از سیلیمانیت، آندولوزیت، بوکیست و یا ترکیبی از مواد آلومینا سیلیکات می‌باشند. دیرگدازهای مولایتی بالای ۷۰٪ آلومینا دارند. سطح کمی از ناخالصی دارند و مقاومت بالایی در بارگذاری دما بالا دارند.
سیلیکا	این دیرگدازها با ضریب انبساط حرارتی بالا در دمای اتاق و دمای $500^{\circ}C$ شناخته می‌شوند
سیلیکون کاربید	از واکنش ماسه و کک در یک کوره الکتریکی تولید می‌شوند. هدایت حرارتی بالا و مقاومت خوب در برابر تغییرات دمایی دارد.
زیرکون	شامل ZrO_2SiO_2است. ثبات حجمی خوب در دمای بالا و در صنعت شیشه کاربرد دارند.

جدول۲- ۳: تقسیم بندی دیرگدازها بر اساس خواص فیزیکی[۵]

انواع دیرگداز			
کامپوزیت	غیر اکسیدی	آجرهای اکسیدی	
سیلیکون کاربید	کربن	رسکی	سیلیکا
منیزیا- کربن	سیلیکون کاربید	زیرکون	سیلیکا ذوبی
آلومینا- کربن	سیلیکون کاربید- گرافیت	زیرکونیا	خاک نسوز
	سیلیکون نیتراید	سیلیکا زیرکونیا آلومینا	آلومینا
		کروم	آهک
		دولومیت	منیزیا
		اسپینل	منیزیا-کروم
			آلومینا بالا

۲-۳ ساختار دولومیت

دولومیت نخستین بار توسط شخصی به نام دولومیه[۱] درسال ۱۷۹۹میلادی به صورت یک کانی مجزا معرفی گردید و به افتخار او منطقه کوههای تیرول[۲] جنوبی را که شامل مقادیر زیادی از این نوع کانی بود، دولومیت نامیدند. لیکن استفاده از دولومیت به عنوان ماده دیرگداز اولین‌بار توسط سیدنی توماس[۳] در سال۱۸۷۸میلادی متداول گردید. در سال ۱۸۸۵میلادی کمپانی استیتلی[۴] از دولومیت سوخته استفاده نمود. سرانجام در سال۱۹۳۰میلادی اولین آجرهای پخته شده دولومیتی به مرحله تولید رسید اما پیشرفت تکنولوژی تهیه دیرگدازهای دولومیتی در طی جنگ جهانی دوم در نتیجه مطالعات و تلاش‌های کمیته پوشش‌های کوره‌های قلیائی در انگلستان بود که نتیجه مطالعات انجام شده توسط این کمیته، از طرف سازمان آهن و فولاد منتشر گردید. درنهایت با توسعه صنایع فولادسازی، دیرگدازهای دولومیتی نیز توسعه و پیشرفت نمود[۶].

همان‌طور که از شکل (۲-۱) مشخص است، سیستم تبلور دولومیت،شش‌بر(هگزاگونال) است. دولومیت ایده‌آل یک شبکه کریستالی است که در آن لایه‌های متناوبCaو Mgبا لایه‌هایی از CO_3جدا شده‌اند و معمولاً با ترکیب شیمیایی [$CaMg(CO_3)_2$]شناخته می‌شود که Caو Mg در نسبت‌های مساوی استوکیومتری قرار می‌گیرند[۷].

[۱] Dolomieu
[۲] Tyrol
[۳] Sydney Thomas
[۴] Steetly Company