



دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "M.Sc"
مهندسی مواد - شناسایی، انتخاب و ساخت مواد فلزی

عنوان:
بررسی گرافیت های پیرولیتی

استاد راهنما:

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	
مقدمه	
مقدمه	۱
فصل اول: کلیات	
۱-۱ عنصر کربن در طبیعت	۳
۱-۲ تاریخچه	۳
۱-۳ تولیدات مشتق شده از عنصر کربن	۵
۱-۴ محصولات کربنی از دید صنعتی	۵
فصل دوم: ساختار و خواص گرافیت	
۲-۱ ساختار گرافیت	۸
۲-۲ ساختار کریستال گرافیت	۹
۲-۳ انواع فرم‌های پلی کریستالی گرافیت	۱۲
۲-۴ گرافیت پلی کریستالی	۱۲
۲-۵ عیوب کریستالی	۱۳
۲-۶ خواص فیزیکی گرافیت	۱۵
۲-۶-۱ آنیزوتروپی کریستال گرافیت	۱۵
۲-۶-۲ مختصری درباره خواص فیزیکی	۱۵
۲-۶-۳ دانسیته	۱۶
۲-۶-۴ ذوب، تصعید و نقطه سه گانه	۱۷
۲-۶-۵ گرمای تبخیر	۱۹
۲-۷ خواص حرارتی گرافیت	۱۹
۲-۷-۱ ظرفیت گرمایی (گرمای ویژه)	۲۰
۲-۷-۲ هدایت حرارتی	۲۲
۲-۷-۳ انبساط حرارتی	۲۵
۲-۸ خواص الکتریکی گرافیت	۲۷
۲-۸-۱ مقاومت الکتریکی	۲۸
۲-۸-۲ مقاومت و دما	۲۸
۲-۹ خواص مکانیکی گرافیت	۲۸

۳۰	۲-۱۰ خواص شیمیایی
۳۱	۲-۱۰-۱ مختصری درباره خواص شیمیایی
	فصل سوم: گرافیت پیرولیتی
۳۶	۳-۱ تاریخچه
۳۷	۳-۲ فرآیند رسوبدهی شیمیایی از فاز بخار
۳۷	۳-۲-۱ گرافیت پیرولیتی به عنوان پوشش
۳۸	۳-۲-۲ CVD گرافیت پیرولیتی
۳۹	۳-۲-۳ آنالیزهای ترمودینامیکی و سینتیکی
۴۰	۳-۲-۴ محاسبات ΔG و عملی بودن واکنش
۴۱	۳-۲-۵ حداقل کردن انرژی آزاد گیبس
۴۲	۳-۲-۶ واکنش‌های CVD برای رسوبدهی گرافیت پیرولیتی
۴۳	۳-۲-۷ سیستم رسوبدهی و دستگاه آن
۴۵	۳-۲-۸ CVD بستر سیال
۴۷	۳-۲-۹ CVD پلاسما
۴۸	۳-۳ ساختار گرافیت پیرولیتی
۴۸	۳-۳-۱ ساختارهای ستونی و لایه‌ای
۵۱	۳-۳-۲ ساختار ایزوتروپ
۵۲	۳-۳-۳ تأثیر مؤلفه‌های رسوبدهی
۵۳	۳-۴ عملیات حرارتی و گرافیت شدن
۵۴	۳-۵ خواص گرافیت پیرولیتی
۵۴	۳-۵-۱ خواص گرافیت‌های پیرولیتی ستونی و لایه‌ای
۵۸	۳-۵-۲ خواص کربن پیرولیتی ایزوتروپ
۵۹	۳-۶ کاربردهای گرافیت و کربن پیرولیتی
۵۹	۳-۶-۱ محفظه‌های دما بالا و محصولات یکپارچه
۶۰	۳-۶-۲ المنت‌های حرارتی مقاوم
۶۰	۳-۶-۳ کاربردهای هسته‌ای
۶۱	۳-۶-۴ کاربردهای بیوپزشکی
۶۱	۳-۶-۵ پوشش‌دهی گرافیت‌های ریختگی
۶۱	۳-۶-۶ پوشش‌دهی فیبرها

۶۲	۷-۶-۳ نفوذدهی کربن - کربن
	فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۶۳	نتیجه گیری
۶۴	پیشنهادات
۶۵	منابع و مراجع

فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۴	جدول ۱-۱: تاریخچه کربن.
۶	جدول ۱-۲: فرآیندهای اصلی برای تولید محصولات کربنی.
۷	جدول ۱-۳: تخمین بازار جهانی برای محصولات کربنی و گرافیتی در سال ۱۹۹۳.
۷	جدول ۱-۴: تخمین بازار جهانی برای الماس.
۱۶	جدول ۲-۱: خواص فیزیکی گرافیت.
۱۷	جدول ۲-۲: دانسیته برخی مواد دیرگداز.
۱۹	جدول ۲-۳: گرمای تبخیر برخی عناصر در نقطه جوش.
۲۰	جدول ۲-۴: خواص حرارتی تئوری گرافیت.
۲۱	جدول ۲-۵: گرمای ویژه برخی عناصر.
۲۳	جدول ۲-۶: هدایت حرارتی برخی مواد.
۳۲	جدول ۲-۷: مقاومت شیمیایی گرافیت.
۳۸	جدول ۳-۱: خواص ماده متأثر از پوشش های گرافیتی پیرولیتی.
۵۵	جدول ۳-۲: خواص گرافیت پیرولیتی همسو شده در دمای 25°C .
۵۹	جدول ۳-۳: خواص کربن پیرولیتی در دمای 25°C (به عنوان رسوب).

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۹	شکل ۱-۲: ساختار کریستالی گرافیت که چیدمان لایه های -ABAB- و سلول واحد را نشان می دهد.
۱۰	شکل ۲-۲: شمایی از کریستال گرافیت هگزاگونال که زاویه دید عمود بر صفحه ها است.
۱۱	شکل ۲-۳: شمایی از کریستال گرافیت رمبوئدرال که زاویه دید عمود بر صفحه ها است.
۱۳	شکل ۲-۴: ساختار گرافیت بی نظم. به عیوب شبکه و نابجایی ها دقت کنید.
۱۴	شکل ۲-۵: شمایی از ناخالصی های کریستالی در گرافیت و عیوبی مثل جای خالی و نقص چیدن.
۱۴	شکل ۲-۶: لغزش نابجایی ها در کریستال گرافیت.
۱۸	شکل ۲-۷: فشار بخار و نقطه سه گانه گرافیت.
۲۱	شکل ۲-۸: گرمای ویژه گرافیت در فشار یک اتمسفر.
۲۲	شکل ۲-۹: دامنه نوسان حرارتی کریستال گرافیت در راستا های مختلف.
۲۴	شکل ۲-۱۰: هدایت حرارتی کریستال گرافیت در راستاهای ab و c.
۲۵	شکل ۲-۱۱: مقدار انرژی گرافیت در راستا های ab و c.
۲۷	شکل ۲-۱۲: انبساط حرارتی کریستال گرافیت در راستاهای ab و c.
۲۹	شکل ۲-۱۳: مدول یانگ کریستال گرافیت به عنوان تابع زاویه Θ نسبت به محور c.
۳۰	شکل ۲-۱۴: وجوه یک کریستال گرافیت.
۴۳	شکل ۳-۱: تصویری شماتیک از تولید گرافیت پیرولیتی.
۴۴	شکل ۳-۲: شمایی از یک رآکتور دیوار سرد برای تولید گرافیت پیرولیتی.
۴۶	شکل ۳-۳: تصویری شماتیک از یک رآکتور بستر سیال برای رسوب دهی گرافیت پیرولیتی.
۴۹	شکل ۳-۴: ساختار ستونی گرافیت پیرولیتی.
۵۰	شکل ۳-۵: تأثیر نقص زیر لایه بر ساختار رسوب گرافیت پیرولیتی.
۵۰	شکل ۳-۶: اثر جوانه زنی ناخالصی های بر ساختار رسوب گرافیت پیرولیتی.
۵۱	شکل ۳-۷: ساختار لایه ای گرافیت پیرولیتی، که بر روی رشته های کربن رسوب داده شده است.
۵۲	شکل ۳-۸: ساختار متراکم ایزوتروپ گرافیت پیرولیتی که تصویر آن توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری تهیه شده است. زاویه دید موازی صفحه های رسوب است.
۵۶	شکل ۳-۹: استحکام خمشی گرافیت پیرولیتی تابعی از دما است.
۵۷	شکل ۳-۱۰: ضریب انبساط حرارتی (CTE) گرافیت پیرولیتی تابعی از دما است.
۵۸	شکل ۳-۱۱: مقاومت الکتریکی گرافیت پیرولیتی تابعی از دماست.

چکیده

معنای کربن به زغال چوب محدود نمی‌شود و شامل گستره وسیعی از مواد می‌شود. کربن ماده‌ای است که فیبرهای با استحکام بالا، یکی از بهترین روانسازها (گرافیت)، محکم‌ترین کریستال و سخت‌ترین ماده (الماس) از آن بدست می‌آید. به علاوه از کربن محصولی غیرکریستالی (کربن زجاجی)، یکی از بهترین جذب کننده های گاز (زغال چوب فعال شده) و یکی از بهترین ممانعت کننده های گاز هلیوم (کربن زجاجی) بدست می‌آید. هنوز تحقیق و مطالعه بر روی انواع جدید کربن ادامه دارد و مواد جدیدی مثل مولکول‌های فولرین و الماس‌های هگزاگونال چند شکلی کشف شده است. اغلب خود اصطلاح « کربن » به معنای عنصر کربن در نظر می‌گیریم ولی درباره مواد کربنی باید ویژگی آن مواد را توصیف کنیم مثل فیبر کربن، کربن پیرولیتی، کربن زجاجی و غیره. طبیعت موادی که مثال زدیم گرافیتی است. در حقیقت گرافیت از ابتدای تاریخ و تمدن بشری برای نوشتن استفاده می‌شده است و اولین مداد در انگلستان در قرن پانزدهم تولید شد. در قرن هجدهم ثابت شد که گرافیت درحقیقت، یک آلوتروپی از کربن است. گرافیت برای تولید انواع گوناگونی از مواد مثل فیبرهای بسیار محکم، روانسازهای لغزنده، برای آب بندی محفظه‌های گاز و مواد جاذب گاز استفاده می‌شود. تمام این مواد گوناگون دارای یک خصیصه عمومی هستند: همه آنها بر اساس پیوند سه گانه اتم‌های کربن ساخته شده‌اند. گرافیت طبیعی در بسیاری از مناطق جهان به وفور یافت می‌شود و در تاریخ بارها و بارها از آن استفاده شده است. اما کاربرد آن همیشه و حتی هم اکنون نیز محدود است. در قرن اخیر با ورود کربن و گرافیت سنتز شده، جستجو برای یافتن کاربردهای متنوع این مواد رشد روزافزون یافته است ولی گرافیت طبیعی هنوز هم در برخی موارد کاربرد دارد. تنوع محصولات کربنی و گرافیتی روز به روز گسترده‌تر می‌شود و کیفیت آنها نیز بیش از پیش بهبود می‌یابد. محصولات کربنی و گرافیتی بسیار متنوع و گوناگون هستند. کربن و گرافیت سنتز شده به شش گروه اصلی طبقه‌بندی می‌شود: کربن و گرافیت ریختگی، کربن زجاجی (شیشه‌ای)، کربن و گرافیت پیرولیتی، فیبرهای کربن، کامپوزیت‌های کربن و کربن - کربن‌ها، ذرات و پودرهای کربنی و گرافیتی.

کلمه « کربن » از کلمه لاتین « کربو » به معنای زغال چوب گرفته شده البته امروزه معنای کربن به زغال چوب محدود نمی‌شود و شامل گستره وسیعی از مواد می‌شود. کربن ماده‌ای است که فیبرهای با استحکام بالا، یکی از بهترین روانسازها (گرافیت)، محکم‌ترین کریستال و سخت‌ترین ماده (الماس) از آن بدست می‌آید. به علاوه از کربن محصولی غیر کریستالی (کربن زجاجی)، یکی از بهترین جذب کننده های گاز (زغال چوب فعال شده) و یکی از بهترین ممانعت کننده های گاز هلیوم (کربن زجاجی) بدست می‌آید. هنوز تحقیق و مطالعه بر روی انواع جدید کربن ادامه دارد و مواد جدیدی مثل مولکول‌های فولرین و الماس‌های هگزاگونال چند شکلی کشف شده است.

اصطلاحات موجود در زمینه کربن و محصولات کربنی درهم و برهم و آشفته است. این وضعیت به علت انواع گوناگون کربن است. برخلاف اکثر عناصر، کربن به فرم‌های متنوعی وجود دارد که به آنها پلی‌مورف‌های (آلوتروپ‌های) کربن می‌گویند. همه این مواد از کربن تشکیل شده‌اند ولی ساختار فیزیکی هر یک از آنها با هم متفاوت است. یکی خواص منحصر به فرد کربن نیز همین است. ساختارهای مذکور اسم‌های متفاوتی دارند مثل گرافیت، الماس، لانسدالیت¹، فولرین¹ و غیره.

وقتی درباره اصطلاحی بحث می‌کنیم باید مشخص کنیم که درباره چه فرمی از کربن صحبت می‌کنیم. اغلب خود اصطلاح « کربن » به معنای عنصر کربن در نظر می‌گیریم ولی درباره مواد کربنی باید ویژگی آن مواد را توصیف کنیم مثل فیبر کربن، کربن پیرولیتی، کربن زجاجی و غیره. مواد که مثال زدیم ساختار اتمی SP^2 دارند و طبیعت آنها گرافیتی است.

موادی که ساختار اتمی SP^3 دارند در حقیقت به اسم آلوتروپی خودشان شناخته می‌شوند و در مورد آنها اشاره‌ای به کلمه کربن نمی‌شود مثل : الماس، لانسدالیت و غیره.

هم اکنون درباره کربن، گرافیت، الماس و اصطلاحات وابسته به آنها تعاریف مشخصی وجود دارد. این تعاریف گویا از آشفتگی معانی درباره کاربرد این کلمات جلوگیری خواهد کرد. این تعاریف

¹ - Fullerene

توسط کمیته جهانی برای مشخصات و اصطلاحات کربن ارائه می‌شود.