

کرافیت

تولید و کاربرد

مؤلفین

احمد نوزاد کلی کند میکانیل آباوندی خان

محمد رضا کریمی بناب داود مصباحی

نوزاد گلی کند، احمد، ۱۳۵۰، مؤلف

گرافیت، تولید و کاربردها / مؤلفین: احمد نوزاد گلی کند، میکائیل آبافت یگانه،

محمدرضا کرمی بناب، داود مصباحی.

تهران: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، ۱۳۹۳.

[۱۴]، ۳۲۲ ص، مصور، جدول، نمودار.

ISBN: ۹۷۸-۶۰۰-۹۲۵۷۹-۰-۴

فهرست نویسی بر اساس اطلاعات فیپا

عنوان علمی: گرافیت: تولید و کاربردها

پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

۱. گرافیت ۲. کربن

رده‌بندی کنگر ۱۳۹۲ ۵۴/۵۵/۴۵۵ TN

رده‌بندی دیویی: ۳۰/۱۰

شماره‌ی کتابشناسی ملی: ۴۳۶/۳۷

نام کتاب: گرافیت، تولید و کاربردها

مؤلفین: احمد نوزاد گلی کند، میکائیل آبافت یگانه، محمدرضا کرمی بناب، داود مصباحی.

ویراستار علمی: میکائیل آبافت یگانه، داوود قدوسی؛

ویراستار ادبی و فنی: مهدیه‌السادات عامل ابراهیم

ویرایش صفحه‌بندی: شادی معماری‌آذر

ناظر چاپ: فریبا علی اکبری

حروف‌چینی: مریم رحیمی، آرزو محمدی

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

چاپ: ۱۳۹۳

نوبت چاپ: اول

قیمت: ۱۵۰۰۰۰ ریال

ناشر: پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

چاپ و صحافی: پیام رسان فردا ایرانیان، تلفن: ۸۸۷۲۸۰۰۲

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۲۵۷۹-۰-۴



پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

کلیه‌ی حقوق چاپ و انتشار این اثر متعلق به پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای است. ۲

بعضی عقیده دارند، کربن به تنهایی قابلیت همه‌ی عناصر جدول تناوبی را دارد. امروزه با پیشرفت علم و کشف خواص انواع مختلف کربن، این فرضیه به یقین تبدیل شده است. کربن با قابلیت‌های فراوان، خواصی از عایق‌ها تا بهترین هادی‌ها را از خود نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر، انولهاها، کربنی انقلاب عظیمی در علوم مختلف ایجاد کرده‌اند. گرافیت یکی از اشکال کربن است. خواص منحصر به فرد گرافیت اعم از خواص مکانیکی و الکتریکی کاربردهای بیش‌ماری را برای آن رقم زده است. اهمیت انواع گرافیت و تنوع کاربردهای آن بر کسی پوشیده نیست. این ماده در تمامی زمینه‌های زندگی بشر تأثیرگذار بوده و کاربردهای آن در مازم و زندگی به اشکال مختلف دیده می‌شود. کاربردهای فراوان و روز افزون گرافیت، این ماده را به ماده‌ای استراتژیک تبدیل کرده است. در نتیجه می‌توان گفت سرمایه‌گذاری در زمینه تولید انواع گرافیت در کشور و نیز تولید مواد پایه‌ای یا اولیه‌ی مورد نیاز آن از موارد ضروری به شمار می‌آید.

هدف از تألیف این کتاب توجه دادن اهل علم و صنعت برای سرمایه‌گذاری مادی و معنوی برای توسعه‌ی علوم و فنون مربوط به تولید و تبدیل گرافیت به است. اکثر مطالب منتشرشده در این کتاب حاصل تلاش علمی مؤلفین است که در قالب پروژهای تحقیقاتی گرافیت برای اولین بار در کشور ارائه شده است. امید است این کتاب گامی هر چند کوچک برای اعتلای علمی کشور عزیزمان ایران اسلامی بر دارد.

در فصل اول این کتاب در مورد کربن و ایزوتوپ‌های آن بحث شده است. در فصل دوم خصوصیات و ساختار گرافیت بررسی شده است. در فصل سوم و چهارم به ترتیب انواع گرافیت و مختصری از کاربردهای این ماده آورده شده است که تقریباً همه‌ی عرصه‌های علم و صنعت را شامل می‌شود. فصل پنجم کتاب نیز فرایند و مراحل تولید گرافیت مصنوعی را شرح می‌دهد. این فصل شامل کلیه‌ی نظرات علمی و نکات فنی مربوط به تولید گرافیت است که حاصل تلاش چندین ساله‌ی مؤلفین است. فصل ششم کتاب به بررسی خواص گرافیت هسته‌ای و آنالیزهای مربوطه اختصاص دارد. در پایان امید است این کتاب دریچه و آغازی برای تحقیقات و پژوهش بیش‌تر در زمینه‌ی مطالعه، سرمایه‌گذاری و تولید این ماده در کشور باشد.

در این جا لازم است از ریاست وقت پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای جناب آقای دکتر قنادی که امکان انجام پروژه‌ی تحقیقاتی تولید گرافیت هسته‌ای را در کشور فراهم آوردند، هم‌چنین از همکاران و همکارانی که در پروژه «کسب دانش فنی گرافیت» مشارکت داشته‌اند، تشکر و قدردانی کنیم.

احمد نوزاد گلی‌کند

مکائیل آبافت یگانه

محمد رضا کرمی بناب

داود مصباحی

فهرست

۱

- ۱.....کربن
- ۱-۱ ساختار کربن.....۲
- ۱-۱-۱ ترکیبات و آلوتروپ‌های کربن.....۲
- ۲-۱-۱ ساختار اتم کربن.....۳
- ۱-۲-۱-۱ موقعیت الکترونی و دسته‌بندی اتم کربن.....۳
- ۳-۱-۱ ویژگی‌های اتم کربن.....۵
- ۱-۳-۱-۱ جرم اتمی (وزن اتم).....۶
- ۲-۳-۱-۱ شعاع اتمی.....۶
- ۲-۱ ایزوتوپ‌های کربن.....۷
- ۳-۱ آلوتروپ‌های کربن.....۸
- ۱-۳-۱ نمودار فازی کربن.....۸
- ۲-۳-۱ اشکال آلوتروپی.....۹
- ۳-۳-۱ مقایسه‌ی خواص ساختاری الماس و گرافیت.....۱۰
- ۴-۱ انواع پیوند کربن - کربن.....۱۱
- ۵-۱ ترکیبات غیرآلی.....۱۳
- ۶-۱ کاربردها.....۱۳

۲

- ویژگی‌ها و ساختار گرافیت.....۱۵
- ۱-۲ ساختار گرافیت.....۱۵
- ۱-۱-۲ گرافیت با ساختار هگزاگونال.....۱۶
- ۲-۱-۲ گرافیت با ساختار رمبوهدرال.....۱۷
- ۲-۲ گرافیت پلی کریستال.....۱۸

۱۹	۱-۲-۲ عیوب کریستالی
۲۱	۳-۲ انواع گرافیت
۲۳	۴-۲ ویژگی‌های مکانیکی گرافیت
۲۸	۵-۲ خواص فیزیکی گرافیت
۲۹	۱-۵-۲ دانسیته
۳۱	۲-۵-۲ نقاط سه‌گانه، جوش و تصعید
۳۲	۳-۵-۲ گرمای تبخیر
۳۲	۴-۵-۲ نا همسان‌گردی (غیر همسان‌گردی) کریستال گرافیت
۳۲	۶-۲ ریزگی‌های الکتریکی گرافیت
۳۳	۱-۶-۲ مقاومت الکتریکی گرافیت
۳۴	۷-۲ خواص شیمیایی گرافیت
۳۶	۱-۷-۲ واکنش با اکسیژن و هالوژن
۳۷	۲-۷-۲ واکنش با فلزات
۳۸	۳-۷-۲ واکنش با هالوژن‌ها، اسیدها و بارها
۳۸	۸-۲ خواص حرارتی گرافیت
۳۹	۱-۸-۲ گرمای ویژه گرافیت
۶۲	۲-۸-۲ ضریب انبساط حرارتی گرافیت
۸۱	۳-۸-۲ هدایت حرارتی گرافیت

۳

۹۳	انواع گرافیت
۹۳	۱-۳ گرافیت طبیعی
۹۳	۱-۱-۳ خصوصیات
۹۴	۲-۱-۳ انواع گرافیت طبیعی
۹۵	۳-۱-۳ فرایند و کاربردها
۹۵	۲-۳ کربن مشتق‌شده از پودرها و ذرات
۹۶	۱-۲-۳ ترکیب شیمیایی و خواص
۹۶	۲-۲-۳ کاربردها

- ۹۷ ۳-۲-۳ دوده‌ی چراغ
- ۹۷ ۱-۳-۲-۳ اندازه‌ی ذرات
- ۹۷ ۲-۳-۲-۳ خواص
- ۹۸ ۴-۲-۳ دوده‌ی استیلنی
- ۹۸ ۱-۴-۲-۳ ترکیب شیمیایی و خواص
- ۹۹ ۳-۳ ترکیبات گرافیت
- ۹۹ ۱-۳-۳ گرافیت با ترکیبات کووالانس
- ۹۹ ۱-۱-۳-۳ اکسید گرافیت
- ۱۰۱ ۲-۱-۳-۳ فایبر با گرافیت
- ۱۰۲ ۲-۳-۳ ترکیبات بین‌لایه‌ای گرافیت
- ۱۰۳ ۴-۳ گرافیت قالب‌گیر شده
- ۱۰۴ ۱-۴-۳ فرایند گرافیت قالب‌گیر شده
- ۱۰۴ ۱-۱-۴-۳ مواد اولیه
- ۱۰۴ ۱-۱-۱-۴-۳ انتخاب مواد اولیه
- ۱۰۴ ۲-۱-۱-۴-۳ فیلر یا پرکننده
- ۱۰۴ ۳-۱-۱-۴-۳ چسبنده‌ها
- ۱۰۵ ۲-۴-۳ فرایند تولید
- ۱۰۶ ۱-۲-۴-۳ آسیاب کردن
- ۱۰۶ ۲-۲-۴-۳ مخلوط کردن
- ۱۰۷ ۳-۲-۴-۳ تکنیک شکل‌دهی
- ۱۰۷ ۱-۳-۲-۴-۳ اکستروود
- ۱۰۸ ۲-۳-۲-۴-۳ پرس تک‌محوری
- ۱۰۸ ۳-۳-۲-۴-۳ قالب‌گیری با پرس ایزواستاتیک
- ۱۰۹ ۴-۲-۴-۳ کربونیزه کردن
- ۱۱۰ ۱-۴-۲-۴-۳ فرایند کربونیزاسیون (پیرولیس)
- ۱۱۰ ۲-۴-۲-۴-۳ اصول کربونیزاسیون
- ۱۱۰ ۳-۴-۲-۴-۳ خواص مواد کربونیزه‌شده
- ۱۱۱ ۴-۴-۲-۴-۳ مواد اولیه و کربن باقی‌مانده (کک)

- ۱۱۱..... ۵-۴-۲-۳ اثر فشار روی کربن باقی مانده و ساختار آن.....
- ۱۱۲..... ۶-۴-۲-۳ ساختار هیدروکربن های آروماتیک (معطر).....
- ۱۱۳..... ۷-۴-۲-۳ مکانیزم کربونیزاسیون.....
- ۱۱۳..... ۸-۴-۲-۳ کربونیزاسیون پلیمرها.....
- ۱۱۵..... ۵-۲-۴-۳ مرحله ی اشیاع سازی.....
- ۱۱۵..... ۶-۲-۴-۳ مرحله ی گرافیتیزه کردن یا گرافیتاسیون.....
- ۱۱۵..... ۱-۶-۲-۴-۳ بادکردگی کردن.....
- ۱۱۵..... ۷-۲-۴-۳ مرحله ی خالص سازی.....
- ۱۱۶..... ۸-۱-۴-۳ شین کاری.....
- ۱۱۶..... ۳-۴-۳ خصر سیار کراتت قالب گیری شده.....
- ۱۱۶..... ۱-۳-۴-۳ روش ماده اساندا های آزمایش.....
- ۱۱۷..... ۲-۳-۴-۳ دانسیته و تحول.....
- ۱۱۸..... ۳-۳-۴-۳ اثر اندازه ی دانه روی خواص فافیت قالب گیری شده.....
- ۱۱۹..... ۴-۳-۴-۳ اثر جهت گیری دانه ها روی خواص.....
- ۱۱۹..... ۴-۴-۳ خواص مکانیکی.....
- ۱۱۹..... ۱-۴-۴-۳ استحکام و مدول.....
- ۱۲۰..... ۲-۴-۴-۳ سختی.....
- ۱۲۱..... ۵-۳ الیاف کربن.....
- ۱۲۱..... ۱-۵-۳ تاریخچه ی الیاف کربن.....
- ۱۲۲..... ۲-۵-۳ تجارت الیاف کربن.....
- ۱۲۴..... ۳-۵-۳ الیاف کربن و ویژگی های آن.....
- ۱۲۷..... ۱-۳-۵-۳ استحکام و وزن.....
- ۱۲۷..... ۴-۵-۳ الیاف شیشه ای.....
- ۱۲۷..... ۵-۵-۳ الیاف سرامیکی.....
- ۱۲۸..... ۶-۵-۳ الیاف کاربید - سیلیکون و بور.....
- ۱۲۸..... ۷-۵-۳ دسته بندی براساس ویژگی ها.....
- ۱۲۸..... ۱-۷-۵-۳ دسته بندی براساس دمای نهایی عملیات حرارتی.....
- ۱۲۹..... ۸-۵-۳ خواص الیاف کربنی و نحوه ی تولید آن.....

۱۲۹	۹-۵-۳ الیاف کربن با پیش‌زمینه‌ی پلی‌اکریل‌نیتریل
۱۲۹	۱-۹-۵-۳ پیش‌زمینه‌ی پلی‌اکریل‌نیتریل
۱۳۰	۲-۹-۵-۳ فرایند تولید الیاف کربن با پیش‌زمینه‌ی پلی‌اکریل‌نیتریل
۱۳۰	۱-۲-۹-۵-۳ ریش
۱۳۲	۲-۲-۹-۵-۳ کشیدگی
۱۳۲	۱۳-۲-۹-۵-۳ اکسیداسیون و تثبیت‌سازی
۱۳۴	۴-۲-۹-۵-۳ کربونیزاسیون
۱۳۴	۵-۲-۹-۵-۳ دافیتاسیون
۱۳۵	۲-۲-۹-۵-۳ عملیات سطحی و دسته‌بندی
۱۳۵	۱۰-۵-۳ ساختار الیاف کربن با زمینه‌ی PAN
۱۳۷	۱۱-۵-۳ علل ترجیح الیاف PAN برای تولید الیاف کربن
۱۳۸	۱۲-۵-۳ خواص الیاف کربن
۱۳۸	۱-۱۲-۵-۳ خواص فیزیکی الیاف کربن با پیش‌زمینه‌ی PAN
۱۳۹	۲-۱۲-۵-۳ خواص فیزیکی الیاف کربن با پیش‌زمینه‌ی قیر
۱۴۰	۳-۱۲-۵-۳ خواص الیاف کربنی با پیش‌زمینه‌ی رابونز (ابریشم مصنوعی)
۱۴۰	۴-۱۲-۵-۳ خواص حرارتی و الکتریکی الیاف کربن
۱۴۰	۱-۴-۱۲-۵-۳ رسانایی حرارتی
۱۴۱	۲-۴-۱۲-۵-۳ انبساط حرارتی
۱۴۱	۳-۴-۱۲-۵-۳ مقاومت الکتریکی
۱۴۱	۱۳-۵-۳ کاربردهای الیاف کربن
۱۴۲	۱-۱۳-۵-۳ صنعت حمل و نقل
۱۴۲	۲-۱۳-۵-۳ صنایع هواپیماسازی و هوافضا
۱۴۳	۳-۱۳-۵-۳ صنایع پزشکی
۱۴۳	۴-۱۳-۵-۳ بخش انرژی
۱۴۳	۵-۱۳-۵-۳ صنایع الکترونیک، تجهیزات الکتریکی
۱۴۳	۶-۱۳-۵-۳ پلاستیک‌های رسانا و کاهش الکتریسیته ساکن
۱۴۳	۷-۱۳-۵-۳ کاربردهای صنعتی
۱۴۴	۸-۱۳-۵-۳ صنعت ساختمان و کاهش حجم سازه‌ها

۱۴۴	۳-۵-۱۳-۹ لوازم ورزشی با بهای باورنکردنی.....
۱۴۴	۳-۵-۱۳-۱۰ صنعت خودرو، کاهش وزن و افزایش استحکام.....
۱۴۵	۳-۵-۱۳-۱۱ وسایل نقلیه‌ی دیگر (هواپیماها، قطارها، اتوبوس‌ها).....
۱۴۵	۳-۵-۱۳-۱۲ الیاف کربن در توربین‌های بادی.....
۱۴۶	۳-۵-۱۳-۱۳ الیاف کربن در تقویت‌سازه‌ها.....
۱۴۶	۳-۵-۱۳-۱۴ الیاف کربن و مقاومت در برابر سایش.....
۱۴۶	۳-۵-۱۳-۱۵ صنایع دریایی و قایق‌های تقویت‌شده با الیاف کربن.....
۱۵۱	۳-۶-۶-کربن شیشه‌ای.....
۱۵۱	۳-۶-۶-پیش‌رده‌ها و فرایندها.....
۱۵۱	۳-۶-۱-۱-۱ پیش‌ماده‌ی پلی‌استر.....
۱۵۱	۳-۶-۱-۱-۱ الکل پلی‌وینیل فلوئورید.....
۱۵۲	۳-۶-۱-۱-۲ فنولیک‌ها.....
۱۵۲	۳-۶-۱-۱-۳ پلی‌مید.....
۱۵۲	۳-۶-۱-۱-۴ پلی‌اکریل‌نیتریل.....
۱۵۳	۳-۶-۱-۱-۵ سلولز.....
۱۵۳	۳-۶-۱-۲-فرایند و کربونیزاسیون.....
۱۵۳	۳-۶-۱-۲-۱ قالب‌گیری.....
۱۵۳	۳-۶-۱-۲-۲ کربونیزاسیون.....
۱۵۴	۳-۶-۱-۲-۳ کاهش وزن و تغییرات ابعادی.....
۱۵۶	۳-۶-۱-۲-۴ گرافیتاسیون.....
۱۵۶	۳-۶-۲-ساختار و خواص کربن شیشه‌ای.....
۱۵۶	۳-۶-۲-۱ ساختار.....
۱۵۷	۳-۶-۲-۲ تخلخل.....
۱۵۷	۳-۶-۳-انواع کربن شیشه‌ای.....
۱۵۸	۳-۶-۳-۱ کربن شیشه‌ای جامد.....
۱۵۸	۳-۶-۳-۱-۱ خواص حرارتی، فیزیکی و مکانیکی.....
۱۶۰	۳-۶-۳-۱-۲ خواص شیمیایی.....
۱۶۱	۳-۶-۳-۱-۳ کاربردها.....

۱۶۱	۳-۶-۴ فوم کربن شیشه‌ای.....
۱۶۲	۳-۶-۴-۱ ویژگی‌ها.....
۱۶۳	۳-۶-۴-۲ کاربردها.....
۱۶۳	۳-۶-۵ گلوله‌ها و کره‌های کربن شیشه‌ای.....
۱۶۴	۳-۷-۷ گرافیت پیرولیتیک تجزیه‌ی حرارتی شده.....
۱۶۴	۳-۷-۱ فرایند رسوب‌دهی شیمیایی بخار (CVD).....
۱۶۶	۳-۷-۲ کاربرد گرافیت پیرولیتیک به منزله‌ی پوشش.....
۱۶۶	۳-۷-۲-۱ خواص ذاتی پوشش‌ها.....
۱۶۷	۳-۷-۳ تولید گرافیت پیرولیتیک از فرایند CVD.....
۱۶۷	۳-۷-۳-۱ آنالیزهای سینتیک و ترمودینامیک.....
۱۶۸	۳-۷-۳-۲ واکنش‌های CVL رسوب‌گذاری گرافیت پیرولیتیک.....
۱۶۹	۳-۷-۳-۳ مکانیزم رسوب‌دار.....
۱۷۰	۳-۷-۴ تجهیزات و سیستم رسوب‌گذاری.....
۱۷۱	۳-۷-۵ نفوذ شیمیایی بخار (CVI).....
۱۷۱	۳-۷-۶ بستر سیال CVD.....
۱۷۲	۳-۷-۷ CVD به کمک پلاسما.....
۱۷۳	۳-۷-۸ انواع ساختارگرافیت پیرولیتیک.....
۱۷۳	۳-۷-۸-۱ ساختار ستونی.....
۱۷۴	۳-۷-۸-۱-۱ تأثیرات شکل هندسی زیرلایه.....
۱۷۵	۳-۷-۸-۲ ساختار لایه‌ای.....
۱۷۵	۳-۷-۸-۳ ساختار ایزوتروپیک.....
۱۷۶	۳-۷-۹ اثر پارامترهای رسوب‌گذاری.....
۱۷۶	۳-۷-۹-۱ اثر فشار.....
۱۷۶	۳-۷-۹-۲ اثر نسبت C/H.....
۱۷۶	۳-۷-۹-۳ اثر درجه حرارت.....
۱۷۷	۳-۷-۱۰ ویژگی‌های گرافیت پیرولیتیک.....
۱۷۷	۳-۷-۱۰-۱ خواص مکانیکی.....
۱۷۸	۳-۷-۱۰-۲ رسانایی حرارتی.....

۱۷۹	 ۳-۱۰-۷-۳ انبساط حرارتی
۱۸۰	 ۴-۱۰-۷-۳ خواص الکتریکی
۱۸۱	 ۱۱-۷-۳ خواص کربن پیرولیتیک همگن
۱۸۱	 ۱-۱۱-۷-۳ خواص مکانیکی
۱۸۱	 ۲-۱۱-۷-۳ نفوذپذیری گاز
۱۸۱	 ۱۲-۷-۳ کاربردهای گرافیت و کربن پیرولیتیک

۴

۱۸۳	 کاربردهای گرافیت
۱۸۳	 ۱-۴ کاربردها
۱۸۳	 ۱-۱-۴ کاربرد گرافیت در الکترونیک با دانسیته بالا
۱۸۴	 ۱-۱-۱-۴ کاربرد گرافیت در ساخت صفحه‌های حفاظتی پوشش‌دار
۱۸۴	 ۲-۱-۱-۴ کاربرد در صنایع تولید ذرات
۱۸۴	 ۱-۲-۱-۴ تولید الکتروود استفاده‌شده در ساخت باتری منبع الکتریکی
۱۸۵	 ۳-۱-۱-۴ کاربرد در نیمه‌رساناهل
۱۸۵	 ۴-۱-۱-۴ کاربردهای الکتریکی
۱۸۶	 ۵-۱-۱-۴ کاربردهای مکانیکی
۱۸۶	 ۶-۱-۱-۴ کاربردهای زیست - پزشکی
۱۸۶	 ۷-۱-۱-۴ کاربردهای شیمیایی
۱۸۷	 ۸-۱-۱-۴ کاربردهای الکتروشیمیایی
۱۸۷	 ۹-۱-۱-۴ کاربرد در هوافضا
۱۸۷	 ۱۰-۱-۱-۴ کاربردهای هسته‌ای
۱۸۹	 ۲-۴ خواص گرافیت مورد نیاز در صنایع هسته‌ای
۱۹۲	 ۱-۲-۴ صنایع هسته‌ای
۱۹۳	 ۳-۴ کاربردهای صنعتی گرافیت
۱۹۳	 ۱-۳-۴ استفاده از گرافیت در ساخت ابزار
۱۹۴	 ۲-۳-۴ صنعت سرامیک و شیشه

- ۳-۳-۴ متالورژی فلزات آهنی..... ۱۹۵
- ۴-۳-۴ متالورژی فلزات غیر آهنی..... ۱۹۵
- ۵-۳-۴ صنایع عملیات حرارتی..... ۱۹۶
- ۶-۳-۴ فرآوری اجسام نسوز..... ۱۹۷
- ۷-۳-۴ الکترو شیمی..... ۱۹۷
- ۸-۳-۴ فن آوری پزشکی و آزمایشگاهی..... ۱۹۸
- ۹-۳-۴ فرآوری پردازش شیمیایی..... ۱۹۹
- ۴-۴ کاربردهای الکترونیک گرافیت..... ۱۹۹
- ۱-۴-۴ مواد رسانا و کوارتز..... ۱۹۹
- ۲-۴-۴ اجزای الکترونیکی با توجه (کیفیت) بالا..... ۲۰۰
- ۳-۴-۴ کنترل و مدیریت گرمایی..... ۲۰۱
- ۴-۴-۴ کنترل و تولید نیرو..... ۲۰۱
- ۵-۴ کاربردهای مکانیکی و خودر..... گرافیت..... ۲۰۲
- ۱-۵-۴ اجزای کمپرسورها و پمپ‌های حلأ..... ۲۰۲
- ۲-۵-۴ درزبندی اجزای متحرک..... ۲۰۲
- ۳-۵-۴ بلبرینگ‌ها و المان‌های صلب..... ۲۰۴
- ۴-۵-۴ اجزای پمپ‌ها..... ۲۰۴
- ۵-۵-۴ پوشش‌های کربنی، پرکننده‌ها و گرانول‌ها..... ۲۰۵
- ۶-۴ کاربردهای دیگر گرافیت..... ۲۰۵

۵

- فرایند تولید گرافیت..... ۲۰۷
- ۱-۵ فرایند تولید گرافیت..... ۲۰۷
- ۱-۱-۵ پرکننده‌ها..... ۲۰۸
- ۱-۱-۵-۱ کک نفتی..... ۲۰۸
- ۱-۱-۵-۲ مقایسه‌ی کک‌های سوزنی و ایزوتروپ..... ۲۰۸
- ۱-۱-۵-۳ مهم‌ترین خواص کک..... ۲۰۹
- ۱-۱-۵-۴ کک قیرقطران زغال‌سنگ..... ۲۰۹

۲۱۰	۵-۱-۱-۵ کلسیناسیون مواد اولیه
۲۱۱	۵-۱-۲ مواد چسباننده
۲۱۱	۵-۱-۲-۱ قیر قطران زغال سنگ
۲۱۱	۵-۱-۲-۲ قیر نفتی
۲۱۲	۵-۱-۳ مواد افزودنی
۲۱۳	۵-۲ مراحل تولید گرافیت
۲۱۶	۵-۲-۱ خردایش
۲۱۶	۵-۲-۱-۱ شکستن های چکشی
۲۱۷	۵-۲-۲ آبیاب دورانی
۲۱۸	۵-۲-۳ آبیاب گریه
۲۲۱	۵-۲-۴ دانه بند ذرات
۲۲۱	۵-۲-۴-۱ شیکر الک
۲۲۳	۵-۲-۲ اختلاط
۲۲۴	۵-۲-۲-۱ میکسر
۲۲۶	۵-۲-۳ شکل دادن و تهیه قطعات خام
۲۲۶	۵-۲-۳-۱ اکسترودر
۲۲۷	۵-۲-۳-۲ پرس تک محوره و پرس هیدرولیکی
۲۲۸	۵-۲-۳-۳ پرس ایزواستاتیک
۲۳۱	۵-۲-۴ پخت اولیه (کربونیزاسیون)
۲۳۲	۵-۲-۵ چگال سازی
۲۳۹	۵-۲-۶ گرافیتاسیون و مکانیسم آن
۲۴۰	۵-۲-۶-۱ کوره ی گرافیتاسیون
۲۴۳	۵-۲-۶-۲ ایجاد تورم در محصول گرافیت
۲۴۴	۵-۲-۶-۳ مکانیسم انبساط برگشت ناپذیری تک های نفتی
۲۴۴	۵-۲-۶-۴ آنتی پف های استفاده شده به منظور جلوگیری از تورم کک
۲۴۵	۵-۲-۶-۵ خالص سازی گرافیت
۲۴۶	۵-۲-۶-۱-۵ خالص سازی شیمیایی مواد اولیه
۲۴۷	۵-۲-۶-۲ خالص سازی حرارتی

۲۴۷	۵-۲-۶-۳ خالص سازی با گازهای هالوژنی
۲۴۸	۵-۲-۶-۴ روش های مختلف خالص سازی حرارتی و شیمیایی گرافیت
۲۴۳	۵-۲-۷ ماشین کاری

۶

۲۴۵	آنالیز خواص گرافیت
۲۴۷	۶-۱ آزمایش های مواد اولیه
۲۴۷	۶-۱-۱ آزمایش وی کوژی تی فیر
۲۴۸	۶-۱-۲ آزمایش نقطه نرمی
۲۴۸	۶-۱-۳ آزمایش درجه ی نفوذ
۲۴۸	۶-۱-۴ آزمایش تعیین درجه ی اشغال
۲۴۹	۶-۲ آنالیز ناخالصی های عنصری راد اکتیو
۲۴۹	۶-۲-۱ آنالیز ناخالصی ها به روش صابونی و جذب اتمی
۲۴۹	۶-۲-۲ تعیین کیفی ناخالصی ها به روش فلورسانس پرتو X
۲۷۱	۶-۳ آزمایش های مربوط به تعیین خواص شیمیایی گرافیت
۲۷۱	۶-۳-۱ نتایج و تحلیل مربوط به خالص سازی شیمیایی
۲۷۴	۶-۳-۲ بررسی تغییرات غلظت ناخالصی های کلسیم و بور در گرافیت خالص شده ی شیمیایی
۲۷۶	۶-۴ آزمایش های مربوط به خواص فیزیکی گرافیت
۲۷۶	۶-۴-۱ اندازه گیری تخلخل و دانسیته ی گرافیت و پارامترهای آن
۲۷۸	۶-۴-۱-۱ پارامترهای مؤثر بر چگالی
۲۷۸	۶-۴-۱-۱-۱ اندازه ی ذرات
۲۷۸	۶-۴-۱-۱-۲ فشار
۲۷۹	۶-۴-۱-۱-۳ ناخالصی ها و مواد فراز
۲۷۹	۶-۴-۲ روش تست استاندارد برای اندازه گیری خاکستر در نمونه های گرافیتی
۲۸۲	۶-۴-۳ روش تست استاندارد برای اندازه گیری رطوبت در نمونه های گرافیتی
۲۸۳	۶-۴-۴ اندازه گیری مقاومت ویژه
۲۸۴	۶-۴-۵ مقاومت ویژه
۲۸۵	۶-۴-۵ اندازه گیری مقاومت الکتریکی

۲۸۶	۶-۴-۵-۱ اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی به روش اتصال دوسیمه
۲۸۸	۶-۴-۵-۲ اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی به روش اتصال چهارسیمه یا روش کلونین
۲۹۰	۶-۴-۵-۲-۱ منابع خطا در اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی
۲۹۴	۶-۴-۶ اندازه‌گیری هدایت حرارتی گرافیت با استفاده از روش پالس
۲۹۴	۶-۵-۵ تست‌های مکانیکی
۲۹۵	۶-۵-۱ تست استاندارد اندازه‌گیری مقاومت خمشی گرافیت، با بارگذاری چهارنقطه‌ای و در دمای اتاق
۲۹۶	۶-۵-۲ تست کشش
۲۹۹	۶-۵-۲-۱ انجام تست روی نمونه‌های گرافیتی
۳۰۰	۶-۵-۲-۲ دلایل شکست نامتعارف نمونه‌های گرافیتی درون فکد
۳۰۱	۶-۵-۲-۳ رفع تنش فکد و نمونه‌ی گرافیتی برای جلوگیری از شکست نامتعارف
۳۰۲	۶-۵-۲-۴ خواص کششی
۳۰۲	۶-۵-۲-۴-۱ حد تناسب
۳۰۲	۶-۵-۲-۴-۲ حد الاستیک
۳۰۳	۶-۵-۲-۴-۳ نقطه‌ی تسلیم
۳۰۳	۶-۵-۲-۴-۴ استحکام تسلیم
۳۰۴	۶-۵-۲-۴-۵ استحکام نهایی
۳۰۴	۶-۵-۲-۴-۶ استحکام شکست
۳۰۵	۶-۵-۲-۴-۷ نرمی و تُردی (ازدیاد طول و کاهش سطح مقطع)
۳۰۵	۶-۵-۲-۴-۸ مدول الاستیک یا مدول یانگ (قانون هوک - مواد الاستیک)
۳۰۶	۶-۵-۲-۴-۹ مقایسه‌ی نتایج تست کشش در مواد نرم و تُرد
۳۰۷	۶-۵-۲-۴-۱۰ مقایسه‌ی سطوح شکست تُرد و نرم
۳۰۸	۶-۵-۲-۴-۱۱ مکانیزم شکست در مواد نرم و تُرد
۳۱۰	۶-۵-۳ تست مقاومت فشاری گرافیت
۳۱۱	۶-۵-۴ آنالیز تفرق پرتو (XRD)
۳۱۱	۶-۵-۱ آنالیزهای مربوط به شناسایی ساختار کریستالی

۳۱۳ مراجع

۳۱۷ پیوست

www.ketab.ir