

بسم الله الرحمن الرحيم



سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

پیل سوختی اکسید جامد

نویسندگان: مریم رنجبر

مجید عبداللهی

سرنسایش: رنجبر، مریم، ۱۳۴۶-

عنوان و نام پدیدآور: پیل سوختی اکسید جامد.

مشخصات نشر: تهران: نشر ایده‌نگار، ۱۳۹۴.

مشخصات ظاهری: ۲۵۶: مصور.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۶۲۱-۹-۳

یادداشت: فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی <http://opac.nlai.ir> قابل دسترسی است.

شناسه افزوده: عبداللهی، مجید، ۱۳۴۶-

شناسه افزوده: سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

وضعیت فهرست‌نویسی: ف. سی مختصر

شماره کتابشناسی: ۳۷۹۱۸۷۱



ناشر: نشر ایده‌نگار www.idenotar.ir

با همکاری سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

پیل سوختی اکسید جامد

نویسندگان: مریم رنجبر، مجید عبداللهی

ناظر چاپ: منیر غربی

ویراستار: الهام مهرابی

صفحه‌آرایی و طراحی جلد: نشر ایده‌نگار

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۴

شمارگان: ۵۰۰

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۶۲۱-۹-۳

تکثیر تمام یا قسمتی از این اثر به هر شکل ممنوع است.

متخلفان بموجب قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

نشانی مرکز پخش: تهران، میدان فردوسی، خیابان ایرانشهر، پلاک ۱۶، طبقه سوم، واحد ۵

تلفن: ۲۱ و ۲۰ ۸۸ ۵۳ ۵۸ کدپستی: ۱۵۸۱۶۱۷۷۳۵ صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۷۶۴۳

مقدمه ناشر ۹/

پیش‌گفتار ۱۱/

فصل اول: پیل سوختی و انواع آن

۱-۱ پیل سوختی چیست؟ ۱۵/

۲-۱ انواع پیل های سوختی ۱۸/

۱-۲-۱ پیل سوختی قلیایی ۱۹/

۲-۲-۱ پیل سوختی کربنات مذاب ۲۱/

۳-۲-۱ پیل سوختی فوسفاتیک اسیدی ۲۴/

۴-۲-۱ پیل سوختی اکسید جامد ۲۶/

۵-۲-۱ پیل سوختی غشای تبادل یونی ۲۷/

۶-۲-۱ سایر انواع پیل سوختی ۲۹/

منابع ۳۴/

فصل دوم: مروری بر انواع و اجزای پیل سوختی اکسید جامد

۱-۲ پیدایش پیل سوختی اکسید جامد ۳۷/

۲-۲ انواع پیل سوختی اکسید جامد ۳۹/

۱-۲-۲ پیل های لوله ای ۴۰/

۲-۲-۲ پیل های صفحه ای ۴۷/

۳-۲-۲ پیل های مونولیتیک ۴۹/

۴-۲-۲ دیگر انواع پیل های سوختی اکسید جامد ۵۰/

۳-۲-۳ پیل های لوله ای ۵۱/

۴-۲-۳ پیل های صفحه ای ۵۲/

۵-۲-۳ پیل های مونولیتیک ۵۶/

۱-۵-۲ آند ۵۶/

۲-۵-۲ کاتد ۶۷/

۳-۵-۲ الکترولیت پیل سوختی اکسید جامد معمولی ۸۸/

۴-۵-۲ اتصال دهنده های داخلی ۹۷/

۵-۵-۲ آب بندها ۱۴۱/

فصل سوم: بررسی عملکرد پیل سوختی اکسید جامد

- ۱-۳ آزمون‌های عملیاتی و کنترل عملکرد پیل سوختی اکسید جامد / ۱۷۱
 - ۱-۱-۳ آزمون‌های مربوط به اجزاء / ۱۷۱
 - ۱-۲ آزمون‌های مربوط به تک‌پیل / ۱۷۲
 - ۱-۳-۳ آزمون‌های مربوط به توده پیل / ۱۷۲
 - ۲-۳ چگونگی نصب یک سیستم آزمون عملیاتی توده پیل / ۱۷۴
 - ۳-۳ شرایط بهینه و پارامترهای عملیاتی برای پیل سوختی / ۱۷۶
 - ۳-۴ پارامترهای تعیین‌کننده صحت عملکرد پیل سوختی / ۱۷۷
 - ۵-۳ دستگاه‌ها، آزمون‌های عملیاتی / ۱۸۰
 - ۶-۳ عملکرد الکتروشیمیایی پیل سوختی / ۱۸۱
 - ۱-۶-۳ مقایسه واکنش‌های شیمیایی و الکتروشیمیایی / ۱۸۱
 - ۲-۶-۳ واکنش‌های الکتروشیمیایی / ۱۸۳
 - ۳-۶-۳ واکنش‌های یک پیل سوختی / ۱۸۱
 - ۴-۶-۳ قوانین اساسی در الکتروشیمی / ۱۸۸
 - ۵-۶-۳ کمیت‌های الکتریکی / ۱۸۹
 - ۷-۳ بررسی لایه‌ها در پیل سوختی / ۱۹۲
 - ۱-۷-۳ تعیین تخلخل / ۱۹۲
 - ۲-۷-۳ تعیین سطح تماس به روش BET / ۱۹۲
 - ۳-۷-۳ میکروسکوپ الکترونی عبوری / ۱۹۳
 - ۴-۷-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی / ۱۹۳
 - ۵-۷-۳ پراش پرتو / ۱۹۳
- منابع/ ۱۹۵

فصل چهارم: تحقیق و پژوهش در زمینه پیل سوختی اکسید جامد

- ۱-۴ زمینه‌های تحقیقات جدید در مورد پیل سوختی اکسید جامد / ۱۹۹
- ۲-۴ خلاصه‌ای از پروژه "ارزیابی مواد و تجهیزات لازم برای بومی سازی پیل سوختی اکسید جامد" / ۲۰۱
- ۱-۲-۴ فاز اول شامل شرح کلی انواع پیل‌های سوختی اکسید جامد، جایگاه، مزایا و اجزاء آن / ۲۰۱
- ۲-۲-۴ فاز دوم شامل معرفی اجزا پیل سوختی اکسید جامد با ارائه مشخصات فنی و قیمت آنها و معرفی نیروی انسانی فعال / ۲۰۲
- ۳-۲-۴ فاز سوم شامل تحلیل در مورد امکان بومی سازی مواد، تجهیزات و روشها بر اساس پارامترهای نیاز و ضرورت با ارائه نمودارهای لازم، و تکمیل و به روز رسانی سند راهبرد ملی توسعه فناوری پیل سوختی اکسید جامد کشور / ۲۰۶
- ۳-۴ تهیه پودر لانتانیم استرانسیم گگند به عنوان مواد کاتدی پیل سوختی اکسید جامد / ۲۰۷
- ۴-۴ ساخت الکتروکاتالیست آندی پیل سوختی اکسید جامد دما پایین بر پایه سریا / ۲۰۸
- ۵-۴ تهیه و شناسایی نانوساختارهای اکسید زیرکونیم با استفاده از کمپلکس‌های فلزی به عنوان پیش‌ماده / ۲۰۹
- ۶-۴ تهیه و شناسایی الکترولیت مورد استفاده در پیل سوختی اکسید جامد- اکسید زیرکونیوم دوب شده با اکسید یتریم / ۲۱۰
- ۷-۴ تهیه و شناسایی نانو کامپوزیت سه جزئی CuO/YSZ به عنوان ماده ی اولیه ی آند پیل سوختی اکسید جامد / ۲۱۲
- ۸-۴ ساخت مواد اولیه کاتدی پیل سوختی اکسید جامد با استفاده از کمپلکس‌های فلزی / ۲۱۵
- ۹-۴ تهیه نانو ساختارهای اکسید نیکل و اکسید مس با استفاده از پیش ماده های کمپلکس های فلزی برای کاربرد در آند پیل سوختی اکسید جامد / ۲۱۶
- ۱۰-۴ تهیه و شناسایی یک ماده جدید کاتدی برای پیل سوختی دما متوسط / ۲۱۷
- ۱۱-۴ سنتز و شناسایی نانو ذرات کاتدی برای پیل‌های سوختی لایه نازک / ۲۲۴
- ۱۲-۴ مطالعه کاتد اصلاح شده ی Li-NiO برای پیل سوختی اکسید جامد دما پایین با الکترولیت کامپوزیتی سریم-کربنات / ۲۲۹
- ۱-۱۲-۴ سنتز پودرهای کاتدی Li-NiO / ۲۳۰
- ۲-۱۲-۴ ساخت تک پیل / ۲۳۰
- ۳-۱۲-۴ بررسی فازها / ۲۳۱

- ۴-۱۲-۴ میکرو ساختار کاتدها/ ۲۳۴
- ۴-۱۲-۵ عملکرد الکتروشیمیایی کاتدهای مختلف/ ۲۳۵
- ۴-۱۳ پیل های سوختی اکسید جامد میکرو لوله ای دما متوسط / ۲۴۱
- ۴-۱۴ کاتدهای کامپوزیتی SOFC بر پایه LSM و با سریاهای دوپ شده / ۲۴۲
- ۴-۱۵ آند های LSCM حاوی استخلاف Ba برای پیل های سوختی اکسید جامد / ۲۴۳
- ۴-۱۶ کاربردهای پیل سوختی اکسید جامد / ۲۴۴
- منابع / ۲۵۱

www.ketab.ir



به نام خدا

مقدمه ناشر

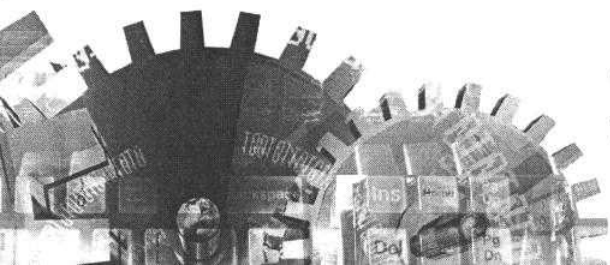
ما معذرت می‌خواهیم با توجه به شرایط کنونی کشور عزیزمان، باید اولویت کارهای پژوهشی و انتشار مقالات و کتاب‌های علمی با موضوعاتی باشد که بتواند بخشی از نیازهای جامعه ایرانی را برطرف سازد و حاصل آن در نهایت به صورت عینی در جهت کاستن از حلقه‌های زنجیره‌های کهنه و قطور وابستگی به بیگانگان باشد. در حالی که متأسفانه شاهدیم، در سال‌های اخیر بسیاری از کارهای پژوهشی انجام شده و مقالات منتشر شده در مجلات و سایت‌های خارجی به هیچ عنوان در این راستا نبوده‌اند. لذا ما و مجموعه هم‌فکرانمان در نشر ایده‌نگار، هدف خود را انتشار و حمایت از آثاری قرار داده‌ایم که علاوه بر اینکه ناشر در جهت علمی نمودن علوم و تکنولوژی‌های نوین باشد، قرار گرفتن در زنجیره تولید علم، پاس‌گویی بخشی از نیازهای علمی جامعه صنعتی کشور باشد تا افق استقلال میهن عزیزمان را با پیشرفت‌های بنیادین علمی و صنعتی شاهد باشیم. در راستای این هدف بلند و با امضای توافقنامه همکاری مشترک با سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران در حوزه نشر کتب مرجع و برگزاری کارگاه‌های آموزشی مرتبط، امیدواریم با یاری متخصصین این سازمان، آثار ارزشمندی منتشر نماییم که در حوزه خود سبیل ارجاء باشند. کتاب حاضر از جمله آثاری است که در این راستا تهیه و در اختیار شما سروران گرامی قرار گرفته است. در اینجا لازم می‌دانیم از مؤلفین این کتاب که با کار مستمر پژوهشی توانستند این پروژه را به نحو شایسته‌ای به اتمام برسانند سپاسگزاری نماییم. بی‌شک اگر پشتوانه خوب علمی و تجارب بسیار گرانقدر ایشان در این حوزه نبود امکان تولید این اثر جامع وجود نداشت.

ما از ابتدا یکی از اهداف اصلی خود را در نشر ایده‌نگار، معرفی تولیدات فاخر ایرانی و شرکت‌های برتر در زمینه ارائه خدمات نوین صنعتی در کتاب‌های مرتبط قرار دادیم تا ضمن آشنا نمودن متخصصین و دانشجویان عزیز با توانمندی‌های داخلی، جامعه صنعتی کشور را به استفاده هرچه بیشتر از خدمات و تولیدات ایرانی تشویق نماییم و در کنار سایر هم‌میهنان خود، نقشی شایسته در

راه اندازی جنبش ارج نهادن به تولید، دانش و توانمندی های بومی کشور ایفا نماییم. لذا بدین وسیله از شرکت های برتر تولید کننده و ارائه دهنده خدمات نوین علمی و صنعتی دعوت می نمایم تا با حمایت از انتشار چنین آثاری ضمن معرفی برند خود به جامعه صنعتی کشور و سازمان های دولتی، بازار خود را نیز در رقابت با تولیدات خارجی به شکل پایداری توسعه دهند. همچنین مدیران سازمان های مختلف می توانند با حمایت از این گونه آثار، نیازهای آموزشی مجموعه تحت سرپرستی خود را به شکلی مناسب تامین نمایند. نشر ایده نگار دست تمامی این عزیزان را برای همکاری می فشارد. در پایان مدیریت محترم سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران و اعضای محترم کمیته انتشارات خصوصاً سرکار خانم عشق آبادی که از نشر این اثر حمایت نمودند سپاسگزاری می نمایم. به امید سربلندی این و همه ایرانیان

سعید غریبی - هادی غریبی

نشر ایده نگار



پیش‌گفتار

هدف از نگارش و تدوین این کتاب تهیه منبعی آموزشی به زبان فارسی در زمینه پیل سوختی اکسید جامد برای تدریس در مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری است که تاکنون جای خالی آن در منابع درسی رشته‌های شیمی، فیزیک، مواد و... احساس می‌شده است.

مطالب عنوان شده در این کتاب مشتمل بر چهار فصل است که با استفاده از کتاب‌های خارجی، مقاله‌ها، و یادداشت‌های مؤلف در خلال تحقیقات خود و نیز پروژه‌های دانشجویی تدوین شده است. در اینجا لازم می‌دانم از همکاری‌ها و راهنمایی‌های ارزشمند همکاران ارجمند خود در سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، آقای دکتر سید حیدر محمودی نجفی، آقای دکتر علی کفلو، آقای دکتر محمد حسن نانی، سرکار خانم دکتر ناهید خندان، آقای دکتر سید احمد مظفری گاریز و نیز از جناب آقای محمود ضایی، کارشناس محترم دفتر پیل سوختی سازمان انرژی‌های نو، به دلیل همکاری‌های صمیمانه ایشان، سپاسگزاری نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر نوزاد، عضو هیئت علمی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، به دلیل مطالعه متن اولیه و رهنمودهای ارزشمند و سازنده ایشان قدردانی می‌کنم.

همچنین از ریاست سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، جناب آقای دکتر اکبری و مسئول واحد انتشارات، سرکار خانم عشق‌آبادی که زمینه چاپ این کتاب را فراهم آوردند، قدردانی و تشکر می‌نمایم.

سخن آخر اینکه، مؤلف اذعان دارد که این کتاب خالی از کاسته نیست و پیشاپیش از همه خوانندگانی که نظرهای اصلاحی خود را برای غنا بخشیدن چاپ‌های آتی برای اینجانب ارسال می‌کنند، سپاسگزاری می‌نماید.

مریم رنجبر - مجید عبداللهی