

بسم الله الرحمن الرحيم

تحقیق و بررسی در فناوری پیل سوختی

*Investigation and Evaluation of Fuel Cell
Technology*

مؤلف:

مهندس نیلوفر سلطانی

ناشر: جهاد دانشگاهی شهید بهشتی

تابستان ۱۳۹۱

سرشناسه	: سلطانی، نیلوفر، ۱۳۶۵ -
عنوان و نام پدیدآور	: Investigation and evaluation of Fuel cell technology = تحقیق و بررسی در فناوری پیل سوختی
مشخصات نشر	: تهران: جهاد دانشگاهی، واحد شهید بهشتی، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۱۶۸ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۷۹-۰۳۱-۷
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: پیل های سوختی
شناسه روده	: جهاد دانشگاهی واحد شهید بهشتی
رده بندی کنگره	: TK۲۹۳۱/س۸ت۳ ۱۳۹۱
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۸۷۴۴۶

عنوان اصلی: تحقیق و بررسی در فناوری پیل سوختی

مؤلف: مؤلفان نیلوفر سلطانی

ناشر: مرکز انتشارات جهاد دانشگاهی - واحد دانشگاه شهید بهشتی

قیمت: ۱۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۷۹-۰۳۱-۷

شمارگان: ۱۰۰۰ ج

نوبت چاپ: اول- ۱۳۹۱



واحد شهید بهشتی

تقدیم به

پدرم، که استوارتر از او کوهی ندیدم .

مادرم، که مهربانترین بانوی ایثار است.

www.ketab.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	۷
فصل اول: معرفی پیل سوختی.....	۱۲
۱-۱ تاریخچه پیل سوختی.....	۱۲
۱-۲ پیل سوختی چیست؟.....	۱۳
۳-۱ معرفی پیل سوختی.....	۱۶
۱-۲ تعایب پیل سوختی.....	۱۸
۵-۱ ذخیره سولفید هیدروژن.....	۱۹
۱-۵-۱ ماکل، ذخیره سازی هیدروژن.....	۲۰
۶-۱ اجزای پیل های سوختی.....	۲۹
۱-۶-۱ الکتروشیمی.....	۳۰
۱-۶-۱-۱ خصوصیات الکتروشیمی.....	۳۰
۱-۶-۱-۲ انواع الکتروشیمی و مشخصات همراه با آنها.....	۳۱
۲-۶-۱ الکترولیت.....	۳۴
۷-۱ مشخصات عملکرد یک پیل سوختی.....	۳۴
۸-۱ افت ها و منحنی پلاریزاسیون.....	۳۷
فصل دوم: انواع پیل سوختی.....	۴۰
۱-۲ پیل سوختی قلیایی.....	۴۱
۱-۱-۲ تأثیر فشار بر عملکرد پیل سوختی قلیایی.....	۴۴
۲-۱-۲ تأثیر دما بر عملکرد پیل سوختی قلیایی.....	۴۵
۲-۲ پیل سوختی اسید فسفریک.....	۴۷
۱-۲-۲ تأثیر فشار بر عملکرد پیل سوختی اسید فسفریک.....	۵۰
۲-۲-۲ تأثیر دما بر عملکرد پیل سوختی اسید فسفریک.....	۵۱
۳-۲ پیل سوختی کربنات مذاب.....	۵۲
۱-۳-۲ تأثیر فشار بر عملکرد پیل سوختی کربنات مذاب.....	۵۵
۲-۳-۲ تأثیر دما بر عملکرد پیل سوختی کربنات مذاب.....	۵۸
۴-۲ پیل سوختی اکسید جامد.....	۶۰
۵-۲ پیل های سوختی با الکترولیت غشا نازک پلیمری.....	۶۲
۱-۵-۲ اجزای پیل سوختی با الکترولیت غشا نازک پلیمری.....	۶۲

۶۴	۶-۲ پیل سوختی هوا- روی
۶۶	۷-۲ پیل سوختی متانولی
۶۸	۸-۲ پیل سوختی میکروبی
۷۱	۹-۲ مقایسه‌ای بین انواع مهم پیل‌های سوختی
۷۳	فصل سوم: پیل سوختی اکسید جامد
۷۳	۱-۳ اصول پیل سوختی اکسید جامد
۷۵	۲-۳ مزایا و معایب پیل‌های سوختی اکسید جامد
۷۶	۳ کاربردهای پیل‌های سوختی اکسید جامد
۷۷	۴-۳ ساختار پیل‌های سوختی اکسید جامد
۷۷	۱-۳-۱ مواد سازنده در قسمت‌های مختلف پیل اکسید جامد
۷۸	۲-۳-۱ مواد سازنده
۷۹	۳-۴-۳ ساختار
۸۱	۴-۴-۳ انواع پیل‌های سوختی اکسید جامد
۸۲	۵-۴-۳ شرایط اتصال دهنده
۸۳	۱-۵-۴-۳ مواد مورد استفاده در ساخت اتصال دهنده‌ها
۸۴	۲-۵-۴-۳ مواد اتصال دهنده سرامیک
۸۴	۳-۵-۴-۳ مواد اتصال دهنده فلزی
۹۲	۴-۵-۴-۳ پوشش محافظ برای اتصال دهنده‌های فلزی
۹۵	۵-۵-۴-۳ تخریب اتصال دهنده‌ها
۹۶	۱-۵-۵-۴-۳ خوردگی آلیاژهای فلزی در دماهای بالا
۹۹	۲-۵-۵-۴-۳ مکانیزم‌های تخریب
۱۰۱	۶-۵-۴-۳ تکنولوژی‌های نوین پوشش‌دهی برای حفاظت SOFC
۱۰۲	۱-۶-۵-۴-۳ تکنولوژی رسوب فیزیکی فاز بخار
۱۰۳	۲-۶-۵-۴-۳ فرآیند سل-ژل

فصل چهارم: پیل‌های سوختی با غشاء الکترولیت پلیمری	۱۰۸
۱-۴ اصول کلی پیل‌های سوختی با غشاء الکترولیت پلیمری	۱۰۸
۲-۴ مزایا و معایب پیل‌های سوختی پلیمری	۱۱۰
۳-۴ مقایسه پیل‌های سوختی پلیمری نسبت به دیگر پیل‌های سوختی	۱۱۰
۴-۴ اجزای پیل سوختی پلیمری	۱۱۲
۱-۴-۴ الکترولیت پلیمری	۱۱۲
۱-۴-۴-۱ انواع و چگونگی عملکرد الکترولیت پلیمری	۱۱۳
۲-۴-۴-۱ کاتالیزورها و ساختمان آنها	۱۱۴
۳-۴-۴-۱ روش برپایه آمولسیون تفلون	۱۱۵
۴-۴-۴-۱ روش فیلم نازک	۱۱۶
۵-۴-۴-۱ روش رسوب زد یافته فیلم نازک	۱۱۹
۶-۴-۴-۱ الکترولیت پاششی	۱۲۰
۷-۴-۴-۱ روش لایه برداری پاششی	۱۲۱
۸-۴-۴-۱ روش لایه برداری پرتو کاتیونی	۱۲۳
۹-۴-۴-۱ روش رسوب گسترده به کمک بمباران یونی	۱۲۴
۱۰-۴-۴-۱ پلازما	۱۲۴
۱۱-۴-۴-۱ کاتالیزور در پیل‌های سوختی	۱۲۵
۱۲-۴-۴-۱ صفحات دوقطبی	۱۲۶
۱۳-۴-۴-۱ مقاومت به خوردگی بالا	۱۲۸
۱۴-۴-۴-۱ وزن مخصوص کم	۱۲۹
۱۵-۴-۴-۱ مقاومت الکتریکی کم	۱۳۰
۱۶-۴-۴-۱ استحکام مکانیکی مناسب	۱۳۰
۱۷-۴-۴-۱ نفوذ پذیری کم گاز	۱۳۰
۱۸-۴-۴-۱ تنش سطحی زیاد	۱۳۱
۱۹-۴-۴-۱ قابلیت تولید در مقیاس انبوه	۱۳۱
۲۰-۴-۴-۱ مواد پیشنهادی برای ساخت صفحات دوقطبی	۱۳۲
۲۱-۴-۴-۱ گرافیت	۱۳۳
۲۲-۴-۴-۱ کامپوزیت‌ها	۱۳۳
۲۳-۴-۴-۱ فلزات بدون پوشش	۱۳۵
۲۴-۴-۴-۱ آلیاژهای غیر آهنی	۱۳۶
۲۵-۴-۴-۱ آلیاژهای آهنی	۱۳۷
۲۶-۴-۴-۱ فلزات آمورف	۱۴۱

۱۴۲..... ۴-۴-۸-۳-۴ فلزات پوشش داده شده

۱۴۳..... ۴-۴-۸-۳-۱ پوشش های فلزی

۱۴۷..... ۴-۴-۸-۳-۲ پوشش های غیر فلزی

۱۵۰..... ۴-۴-۸-۳-۳ پوشش های پلیمری

۱۵۱..... ۴-۴-۸-۳-۴ پوشش های کربنی

۱۶۲..... ۴-۴-۹ نتیجه گیری

۱۶۵..... منابع مأخذ

پیشگفتار

بسیاری از دانشمندان بر این اعتقادند که ذخایر نفتی جهان تا ۴۰ سال دیگر تمام می‌شود. افزایش کاربرد پیل‌های سوختی، افزایش تولید هیدروژن از گاز طبیعی و کشف منابع بزرگ مانند متان در اعماق اقیانوس‌ها می‌تواند در جبران این منابع فناپذیر بسیار حائز اهمیت باشد. از این رو، تکنولوژی پیل سوختی نقشی اساسی برای منابع آینده انرژی بازی می‌کند. در دسترس بودن پیل سوختی یک پیش‌نیاز است، با وجود این پس از سال‌های زیاد تحقیق، هنوز هم پیل‌های سوختی به صورت مسترد تجاری نشده‌اند. بسیاری از کارشناسان بر این باورند که اگر پیل‌های سوختی تا ۵۰ سال آینده موفق به ورود به بازار نشوند با یک بحران واقعی انرژی مواجه خواهیم شد. بررسی‌های جهانی با این بحث نشان می‌دهد که کشور ژاپن در کلیه زمینه‌های تحقیق و توسعه فروش و اشتغال به عنوان یکی از کشورهای پیشگام در دنیا محسوب می‌شود، زیرا اولین کشوری است که برنامه‌ی تحقیقی در سال پیل سوختی هیدروژنی را ارائه نمود. نتایج حاکی از آن است که پیل سوختی الکترولیت پلیمری ژاپن بیشترین توجه را به خود اختصاص داده است. این پیل‌ها در وسایل نقلیه، تجهیزات قابل حمل و جمع‌یاب قدرت برای تجهیزات غیر متمرکز منازل مورد استفاده قرار گرفته است. توسعه فناوری پیل سوختی برای سازندگان اتومبیل در ژاپن، با توجه به اینکه ژاپن وابسته به واردات نفت و گاز طبیعی است، اهمیت دارد. ایالات متحده آمریکا با طراحی پیل سوختی هیدروژنی در تاریخ بیست و هشتم ژوئیه ۲۰۰۲ مطرح شد و به دنبال آن طرح خودروی پاک نیز اعلام گردید.

به منظور سیاست‌گذاری مناسب در حوزه فناوری پیل سوختی، در این کتاب وضعیت این فناوری در کشور مورد پایش قرار گرفته و ارزیابی گردد. ارزیابی‌های فنی و نیازمندی‌شناسایی شاخص‌های مرتبط با حوزه فناوری است. با توجه به جایگاه جمهوری اسلامی ایران به عنوان یکی از مهم‌ترین کشورهای صادر کننده انرژی در جهان و به منظور حفظ و ارتقای پیل جایگاه، شناخت متغیرها، الگوها و نیازهای بازارهای آتی کاملاً ضروری است. برخورداری ایران از پتانسیل مناسب در بخش انرژی‌های نو و تجدیدناپذیر نظیر باد، خورشید و زمین گرمایی، بهره‌مندی از منابع عظیم گاز طبیعی به عنوان دروازه دستیابی به عصر هیدروژن با قابلیت کاربرد مستقیم در پیل سوختی و وجود قشر عظیم تحصیل کرده در کشور از جمله پتانسیل‌های موثر ایران در آینده انرژی جهان است. در این میان با توجه به پیچیدگی و بین رشته‌ای بودن فناوری پیل سوختی و کاربردهای مختلف آن در صنایع و تأثیرات مختلف آن بر اقتصاد انرژی، محیط‌زیست، حمل و نقل

و صنایع بزرگ و اساسی کشور، توسعه این فناوری نگاهی ملی و فرابخشی را طلب می‌کند. به همین دلیل و بمنظور سیاستگذاری متمرکز و فرابخشی جهت‌دهی و هماهنگی فعالیت‌های توسعه فناوری و تخصیص بهینه منابع، سند راهبردی ملی توسعه فناوری پیل سوختی کشور تهیه و در تاریخ ۸۶/۴/۳ تصویب گردید. براساس چشم‌انداز تدوین شده در سند مذکور پیش‌بینی شده است که "با اتکال به خداوند متعال و در راستای تحقق چشم‌انداز بیست ساله کشور و با تلاش دست‌اندرکاران این فناوری در یک بازه ۱۵ ساله، جمهوری اسلامی ایران بر مبنای شاخص‌های بین‌المللی توسعه فناوری. جز پنج کشور توسعه یافته، توانمند و صاحب فناوری قاره آسیا و اولین کشور منطقه در زمینه طراحی، تولید و ارتقاء و بکارگیری فناوری پیل سوختی راهبردی خواهد شد."

از این رو در راستای سیاست‌های توسعه فناوری پیل سوختی و با توجه به فقر موجود در زمینه مراجع فارسی و همچنین جهت آشناسازی متخصصین و عموم با این تکنولوژی پیشرفته، به تألیف و تدوین این کتاب پرداخته شد. هدف اصلی این کتاب، آشنایی کلی با اصول کار پیل‌های سوختی و بررسی انواع آن است. در این میان با توجه به اهمیت دو نوع پیل سوختی اکسید جامد و غشاء پلیمری از لحاظ تکنولوژی و کاربرد، سعی در معرفی آن‌ها به طور جامع شده است. در این نوشته سعی شده است که به بررسی بهینه قطعات با حداقل خوردگی و عملکرد خوب در شرایط کاری با خواص مکانیکی مناسب در هر دو مورد، با توجه به تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده پرداخته شود. کتاب حاضر در شش فصل تنظیم شده است:

در فصل نخست، به معرفی کلی پیل سوختی و اهمیت آن و همچنین محدودیت‌ها و مزایای کلی آن، پرداخته شده است. در ادامه و در فصل دوم، عملکرد انواع پیل سوختی بیان شده و در فصل سوم، اصول کلی پیل سوختی اکسید جامد به همراه گزارشی از ملاحظات صورت گرفته بر روی اجزای مختلف آن ارائه گردید. و در فصل آخر، به بیان اصول کلی پیل سوختی با غشاء الکترولیت پلیمری پرداخته شده است.

امید است این کتاب به عنوان منبعی در دسترس، برای دانشجویان و علاقمندان به عملکرد پیل سوختی موثر واقع گردد. بدون شک این کتاب از ایراد و اشکالات علمی و ویرایشی تهی نخواهد بود، لذا تمام انتقادات و پیشنهادات متخصصین و دانشجویان در جهت پیشرفت این نوشتار برای نویسنده چراغی روشن‌ساز در جهت تعالی کتاب خواهد بود.

در پایان برخود لازم می‌دانم از تمامی اساتید و دوستان به ویژه جناب آقای دکتر حسین یوزباشی زاده، عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی و علم مواد دانشگاه صنعتی شریف، که بنده را در تهیه این اثر یاری رسانیده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را بجا آورم.

همچنین از معاونت محترم آموزش جهاد دانشگاهی دانشگاه شهید بهشتی، جناب آقای احمد حسین سلگی که در چاپ و نشر این کتاب زحمات زیادی متقبل شده‌اند سپاسگزارم.

به امید موفقیت روز افزون شما،
نیلوفر سلطانی
کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف

www.ketab.ir