



دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی

پیل سوختی،

وسایل و مطمئن و پاک برای تولید انرژی

نوع و کاربرد ارزیابی اقتصادی

مؤلفین:

محمد حسن احرامپوش

امین مرادیان

احسان ابویی مهریزی

عنوان و نام پدیدآور: پیل سوختی، وسیله‌های مطمئن و پاک برای تولید انرژی: خلاصه فنی و ارزیابی اقتصادی / گردآوری و تألیف محمدحسن احرامپوش... و دیگران.
مشخصات نشر: تهران: آرونج ایرانیان، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری: ۴۴۴ ص.
شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۰۴-۲۵۱-۴
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
یادداشت: گردآوری و تألیف محمدحسن احرامپوش، امین مرادیان، احسان ابویی مهریزی.
موضوع: پیل‌های سوختی
شناسه افزوده: احرامپوش، محمدحسن، ۱۳۳۷ -
رده بندی کده: رده: ۶۲۱/۳۱۲۴۲۹
رده بندی دیو: ۶۲۱/۳۱۲۴۲۹
شماره کتابشناسی: ۲۶۱۰۲۶

کلیدواژه‌ها: حقوق برای دانش، علم، پژوهش، پزشکی خراسان شمالی محفوظ است

پیل سوختی، وسیله‌ای مطمئن و پاک برای تولید انرژی

خلاصه فنی و ارزیابی اقتصادی

محمدحسن احرامپوش، امین مرادیان، احسان ابویی مهریزی

چاپ و نشر: آرونج ایرانیان

صفحه آرا: مریم اکبری پور

قیمت: ۳۰۰۰۰ تومان

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

چاپ اول: ۱۳۹۳

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۰۴-۲۵۱-۴

آدرس دفتر: تهران، خیابان شریعتی بالاتر از سه راه طالقانی، خیابان جواد کارگر پلاک ۱۴ واحد ۷

۷۷۵۳۷۰۷۶

آدرس چاپخانه: تهران، خیابان شریعتی، بالاتر از سه راه طالقانی، پلاک ۱۸۱

۷۷۵۰۰۵۶۵

مرکز پخش: خراسان شمالی، بجنورد، دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، معاونت پژوهشی

انتشارات دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی

۰۵۸۴۲۲۴۷۱۲۴

پیش‌گفتار مولفین

کاهش منابع نفتی از یک سو و افزایش روزافزون تقاضای مصرف انرژی از سوی دیگر و نیز لزوم توجه هر چه بیشتر به مقوله توسعه پایدار و حفظ محیط زیست، اهمیت سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی‌های نو را روشن می‌نماید. از بزرگترین منابع آلاینده محیط زیست، گازهای گلخانه‌ای و در راس آن گازهای اکسید کربن است بطوریکه بیش از دو سوم کل دی اکسید کربن تولیدی در دنیا ناشی از وسایل نقلیه موتوری (موتورهای درون سوز با سوخت فسیلی) است. با توجه به تولید آلودگی صفر، خودروهای پیل سوختی می‌توان از پیل سوختی بعنوان یکی از بهترین راهکارها برای جایگزینی سوخت های فسیلی نام برد. همچنین با عنایت به گستره وسیع تولید توان توسط پیل سوختی کاربردهای قابل حمل تا ایستگاهی و نیروگاه‌های بزرگ، پیل سوختی به راه حلی استراتژیک برای رفع نیازهای انرژی کشور و قطع وابستگی بخش انرژی به نفت، تبدیل می‌شود. کتاب حاضر مشتمل بر سه فصل است. در ابتدا به معرفی کلی پیل سوختی و اصول عملکرد کلی آن پرداخته شد، سپس پیل‌هایی که کاربرد گسترده‌تری یافته‌اند مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت برای پیل سوختی با توجه به تفاوت در ساختار و عملکرد، دسته‌بندی ریز فناوری آن پیل سوختی تحت عنوان درخت تکنولوژی آورده شده است. در فصل دوم به جهت گیری کلی دنیا برای رفتن به سمت یک پیل خاص بر اساس مستندات آماری موجود تا انتهای سال ۲۰۱۲ پرداخته شده است. در نهایت در فصل سوم به برنامه‌ها و وضعیت کنونی دو کشور آلمان و کره جنوبی بعنوان کشورهای پیشرفته در این زمینه پرداخته شده است. امید است این کتاب گامی موثر در راستای پیشرفت و سرفرازی ایران اسلامی بردارد. البته این اثر نیز همچون کتاب‌های دیگر خالی از اشکال نبوده

و بنابراین از شما خواهشمندیم تا نواقص آن را با ما در میان بگذارید. باشد تا در چاپ‌های بعدی مورد اصلاح قرار گیرند.

در پایان لازم می‌دانیم از زحمات جناب آقای مهندس مهدی اینانلو که همواره از مشاوره ایشان بهره‌مند بودیم تشکر و قدردانی نماییم.

همچنین از آقایان مهندس علی حلوانی، علی رضا علمدار، طیب جمالی، علی خلیلی میبیدی، محمدرضا دبانی، نفتی، سید جواد حیدری خورمیزی و مصطفی باغ بهشتی که در مرحله ویرایش فنی کتاب ما را یاری دادند، کمال تشکر و قدردانی را داریم.

www.ketab.ir

فہرست مطالب

۲۹	معرفی تکنولوژی
۲۹	۱- معرفی تکنولوژی
۳۱	۱-۱-۱- عدمه
۳۵	۱-۱-۱- عملکرد ایده‌آل
۳۷	۱-۱-۲- عملکرد واقعی پس سوختی
۳۸	۱-۲-۱-۱- پلاریزاسیون پس از بازی
۳۹	۱-۲-۲-۱-۱- پلاریزاسیون اهسی
۳۹	۱-۲-۳-۱-۱- پلاریزاسیون غلظتی
۴۰	۱-۳-۱-۱- دورنمای کار
۴۰	۱-۳-۱-۱- مجموعه پیل سوختی
۴۰	۱-۳-۲-۱-۱- درخت تکنولوژی پیل سوختی
۴۱	۱-۴-۱-۱- مدیریت هوا
۴۲	۱-۴-۱-۱- کمپرسور
۴۳	۱-۴-۲-۱-۱- توربین‌ها
۴۴	۱-۴-۳-۱-۱- توربوچارجر
۴۴	۱-۴-۴-۱-۱- اچکتور
۴۵	۱-۴-۵-۱-۱- فن‌ها و دمنده‌ها
۴۶	۱-۴-۶-۱-۱- پمپ‌های دیافراگمی غشایی
۴۷	۱-۵-۱-۱- سیستم مدیریت حرارت
۴۷	۱-۶-۱-۱- سیستم کنترل
۴۹	۱-۶-۱-۱- کنترل هوای ورودی به پیل سوختی

۵۰	۱-۶-۲- کنترل دما
۵۰	۱-۶-۳- کنترل ولتاژ سل
۵۱	۱-۷-۱- مبدل توان
۵۱	۱-۷-۱-۱- مبدل‌های DC to DC
۵۲	۱-۷-۲- مبدل‌های DC to AC
۵۶	۱-۲- پیل سوختی اسیدفسفریک
۵۷	۱-۲-۱- اجزای پیل سوختی و استک
۵۷	۱-۲-۱-۱- "مروده‌های پیل سوختی اسید فسفریک"
۵۸	۱-۲-۲- الکترولیت
۶۰	۱-۲-۳- صفحات دو جبهه‌ای پیل سوختی اسید فسفریک
۶۱	۱-۲-۴- ساختمان سری پیل سوختی
۶۳	۱-۲-۲- اصول عملکرد و شرایط عملیاتی
۶۴	۱-۲-۱- دمای کارکرد پیل سوختی اسید فسفریک
۶۵	۱-۲-۲- فشار کارکرد پیل سوختی اسید فسفریک
۶۶	۱-۲-۳- انواع سوخت
۶۶	۱-۲-۴- اثر غلظت واکنشگرها
۶۷	۱-۲-۵- حد قابل قبول مسموم کننده‌ها
۶۸	۱-۲-۳- کاربرد
۶۹	۱-۳-۱- مصارف نیروگاهی
۶۹	۱-۳-۲- مصارف (on-site)
۷۱	۱-۲-۴- سیستم‌های جانبی
۷۱	۱-۲-۴-۱- سیستم انتقال حرارت توسط آب
۷۱	۱-۲-۴-۲- انتقال حرارت توسط هوا
۷۲	۱-۴-۳- سیستم خنک کننده توسط مایع دی‌الکتریک
۷۲	۱-۲-۵- مزایا و معایب
۷۳	۱-۶-۲- زمینه‌های تحقیقاتی
۷۳	۱-۶-۲-۱- زمینه‌های تحقیقاتی در رابطه با الکتروود

۷۴	۲-۶-۲-۱- زمینه‌های تحقیقاتی در رابطه با الکترولیت
۷۵	۳-۶-۲-۱- زمینه‌های تحقیقاتی در رابطه با صفحات دو قطبی
۷۵	۷-۲-۱- درخت تکنولوژی پیل سوختی اسید فسفریک
۷۷	۳-۱- پیل سوختی متانولی
۷۸	۱-۳-۱- اجزاء پیل سوختی و استک
۷۸	۱-۱-۳-۱- الکترودها
۸۱	۲-۱-۳-۱- الکترولیت
۸۲	۳-۱-۳-۱- لایه نفوذ گاز
۸۲	۴-۱-۳-۱- صفحات دو قطب
۸۴	۵-۱-۳-۱- MEA
۸۶	۶-۱-۳-۱- فرآیند تولید سری سوختی متانولی
۸۷	۲-۳-۱- اصول عملکرد و شرایط عملیاتی
۸۹	۳-۳-۱- کاربرد
۸۹	۱-۳-۳-۱- پیل سوختی متانولی در کاربردهای قابل حمل
۹۱	۴-۳-۱- سیستم‌های جانبی
۹۱	۵-۳-۱- مزایا و معایب
۹۲	۶-۳-۱- زمینه‌های تحقیقاتی
۹۲	۱-۶-۳-۱- الکتروکاتالیست
۹۳	۲-۶-۳-۱- قیمت
۹۵	۷-۳-۱- درخت تکنولوژی پیل سوختی متانولی
۹۶	۴-۱- پیل سوختی قلبایی
۹۷	۱-۴-۱- اجزاء پیل سوختی و استک
۹۷	۱-۱-۴-۱- الکترودهای پیل سوختی قلبایی
۹۹	۲-۱-۴-۱- الکترولیت پیل سوختی قلبایی
۱۰۰	۳-۱-۴-۱- ساختمان سری پیل سوختی قلبایی
۱۰۱	۲-۴-۱- اصول عملکرد و شرایط عملیاتی

۱۰۲	۱-۲-۴-۱- واکنش های انجام شده در آند و کاتد پیل سوختی قلیایی
۱۰۳	۱-۲-۴-۲- اثر دما بر کارایی پیل سوختی قلیایی
۱۰۴	۱-۲-۴-۳- اثر فشار بر کارایی پیل سوختی قلیایی
۱۰۵	۱-۲-۴-۴- واکنشگرها و اثر مسموم کننده ها
۱۰۶	۱-۲-۴-۵- اثر ماده اکسیدکننده
۱۰۸	۱-۲-۴-۳- کاررد
۱۰۸	۱-۳-۴-۱- کاربردهای فضایی پیل سوختی قلیایی (AFC)
۱۰۹	۱-۲-۴-۲- کاربردهای نظامی
۱۱۰	۱-۳-۴-۲- کاربردهای ایروگان (stationary)
۱۱۰	۱-۳-۴-۱- سایر موارد
۱۱۲	۱-۴-۴- سیستم های جانبی
۱۱۲	۱-۴-۵- مزایا و معایب
۱۱۴	۱-۴-۶- زمینه های تحقیقاتی
۱۱۵	۱-۵-۵- پیل سوختی کربنات مذاب
۱۱۷	۱-۵-۱- اجزاء
۱۱۷	۱-۵-۱-۱- الکتروود کاتد
۱۱۸	۱-۵-۲- الکتروود آند
۱۲۰	۱-۵-۳- الکتروولیت پیل سوختی کربنات مذاب
۱۲۱	۱-۵-۴- راهگاه ها در پیل سوختی کربنات مذاب
۱۲۲	۱-۵-۵- راهگاه های داخلی
۱۲۲	۱-۵-۶- صفحات دوقطبی پیل سوختی کربنات مذاب
۱۲۳	۱-۵-۷- سری پیل سوختی کربنات مذاب
۱۲۵	۱-۵-۸- مبدل سوخت داخلی
۱۲۸	۱-۵-۲- اصول عملکرد و شرایط عملیاتی
۱۲۹	۱-۲-۵-۱- واکنش های انجام شده در آند و کاتد پیل سوختی کربنات مذاب (CFM) واکنش آند

۱۳۳	۱-۵-۲-۲- اثر دما بر کارکرد پیل سوختی کربنات مذاب
۱۳۴	۱-۵-۲-۳- اثر فشار
۱۳۶	۱-۵-۲-۴- نوع سوخت
۱۳۷	۱-۵-۲-۵- اثر عوامل مسموم کننده و ناخالصی‌ها
۱۴۴	۱-۵-۴- سیستم‌های جانبی
۱۴۶	۱-۵-۵- دایا و معایب
۱۴۸	۱-۵-۶- رمیندهای تحقیقاتی
۱۴۸	۱-۵-۶-۱- الکتروود
۱۵۰	۱-۵-۶-۲- الکتروودات
۱۵۲	۱-۵-۶-۳- استحکام و دینامیک اثر
۱۵۴	۱-۵-۷- درخت تکنولوژی
۱۵۵	۱-۶- انواع دیگر پیل سوختی
۱۵۵	۱-۶-۱- پیل‌های جریان اکسایشی - کاهش
۱۵۵	۱-۶-۱-۱- پیل‌های جریان اکسایشی - کاهش آهن - ^{۲+} و
۱۵۶	۱-۶-۲-۱- پیل‌های جریان اکسایش - کاهش وانادیم
۱۵۶	۱-۶-۲- پیل‌های سوختی بیولوژیکی
۱۵۷	۱-۶-۳- نیمه پیل سوختی
۱۵۷	۱-۶-۳-۱- پیل‌های هوا - فلز
۱۵۸	۱-۶-۳-۲- پیل‌های ذخیره هیدروژن - نیکل
۱۵۸	۱-۶-۴- پیل‌های سوختی کربن مستقیم
۱۵۹	۱-۶-۵- پیل سوختی سرامیکی پروتونی
۱۵۹	۱-۶-۶- پیل سوختی میکروبی
۱۶۳	۱-۶-۷- پیل‌های سوختی اسید فرمیک مستقیم
۱۶۴	۱-۶-۸- پیل‌های سوختی هیبرید فلزی (MHFC)
۱۶۵	۱-۶-۹- پیل سوختی احیاء کننده یا پیل سوختی معکوس (RFC)

۱۶۵	۱-۶-۱- پیل سوختی متانولی بهسازی شده (RMFC)
۱۶۶	۱-۶-۱- پیل سوختی الکتروگالوانی
۱۶۷	۱-۶-۱- پیل سوختی بروهیدرید مستقیم (DBFC)
۱۶۸	۱-۶-۱- پیل‌های سوختی اتانولی مستقیم (DEFC)
۱۶۹	۱-۷- پیل سوختی با غشاء پلیمری
۱۶۹	۱-۷-۱- مقدمه
۱۷۰	۱-۷-۱-۲- آراء و ریفقه‌ی ساخت آنها
۱۷۰	۱-۷-۱-۲-۱- دکترودها
۱۷۲	۱-۷-۱-۲-۲- کاتالیست
۱۷۴	۱-۷-۱-۳- الکترولیت یا غشاء پیل سوختی
۱۷۵	۱-۷-۱-۴- مجموعه غشاء/الکتروود
۱۷۹	۱-۷-۱-۵- لایه‌های نفوذ گاز
۱۸۲	۱-۷-۱-۶- مسیرهای جریان گاز در صفحات دوقطبی و اتصالات انتهایی/گیرنده‌های جریان
۱۸۳	۱-۷-۱-۳- کانال گاز
۱۸۶	۱-۷-۱-۴- صفحات دوقطبی
۱۸۹	۱-۷-۱- اصول عملکرد و شرایط عملیاتی
۱۹۱	۱-۷-۱-۱- دما و فشار کارکرد
۱۹۱	۱-۷-۱-۲- واکنش دهنده‌ها
۱۹۲	۱-۷-۱-۳- اثر مواد مسموم کننده
۱۹۳	۱-۷-۱-۴- افزایش فعالیت کاتالیستی
۱۹۴	۱-۷-۱-۵- انتخاب الکتروکاتالیست
۱۹۴	۱-۷-۱-۶- چگالی توان
۱۹۵	۱-۷-۱-۷- الکترو اسمتیک درگ
۱۹۵	۱-۷-۲- سیستم‌های جانبی
۱۹۷	۱-۷-۲-۱- مدیریت آب و سیستم مرطوب کننده
۱۹۸	۱-۷-۲-۲- جریان هوا و تبخیر آب

۲۰۴	۳-۲-۷-۱- پیل سوختی پلیمری بدون رطوبت زنی خارجی
۲۰۶	۴-۲-۷-۱- رطوبت زنی خارجی
۲۰۸	۳-۷-۱- کاربرد
۲۰۸	۱-۳-۷-۱- وسایل نقلیه
۲۰۹	۲-۳-۷-۱- مزایای خودروهای پیل سوختی
۲۱۱	۳-۳-۷-۱- مولدهای غیرمتمرکز پیل سوختی پلیمری
۲۱۶	۴-۷-۱- من و معایب
۲۱۷	۵-۷-۱- طراحی استک و سیستم
۲۱۷	۱-۵-۷-۱- طراحی استک
۲۲۱	۲-۵-۷-۱- طراحی
۲۲۶	۶-۷-۱- پیل سوختی با غشاء پلیمری دما بالا
۲۲۷	۱-۶-۷-۱- ضرورت استفاده از پیل سوختی پلیمری دما بالا
۲۲۸	۲-۶-۷-۱- چالش‌های پیل سوختی پلیمری دما بالا
۲۲۹	۷-۷-۱- ساخت و مشخصه‌های غشاء پلیمری
۲۲۹	۱-۷-۷-۱- پلیمرهای هیدروکربنی آروماتیک سولفونات‌دار
۲۳۰	۲-۷-۷-۱- غشاء کامپوزیتی آلی - غیر آلی
۲۳۱	۳-۷-۷-۱- غشاء مخلوط پلیمری
۲۳۳	۸-۷-۱- نگهداری آب
۲۳۵	۹-۷-۱- جهت‌گیری پیشرفت
۲۳۹	۱۰-۷-۱- درخت تکنولوژی پیل سوختی با غشاء پلیمری
۲۴۱	۸-۱- پیل سوختی اکسید جامد
۲۴۱	۱-۸-۱- مقدمه
۲۴۲	۲-۸-۱- اصول کارکرد و شرایط عملیاتی
۲۴۴	۱-۲-۸-۱- اثر فشار بر کارکرد پیل سوختی اکسید جامد
۲۴۵	۲-۲-۸-۱- اثر دما بر کارکرد پیل سوختی اکسید جامد
۲۴۷	۳-۲-۸-۱- اثر ترکیب در صد خوراک ورودی
۲۴۸	۴-۲-۸-۱- اکسید کننده

۲۴۹	۵-۲-۸-۱ سوخت
۲۵۱	۶-۲-۸-۱ اثر ناخالصی‌ها روی کارایی پیل سوختی اکسید جامد
۲۵۳	۳-۸-۱ راندمان
۲۵۴	۴-۸-۱ راه اندازی
۲۵۵	۵-۸-۱ ولتاژ خروجی پیل سوختی اکسید جامد
۲۵۶	۱-۵-۸-۱ افت فعالسازی
۲۵۶	۲-۵-۸-۱ افت اهمی
۲۵۷	۳-۵-۸-۱ افت غلظتی
۲۵۸	۶-۸-۱ تولید توان
۲۵۹	۷-۸-۱ مدل سازی سیستم
۲۵۹	۱-۷-۸-۱ مدل A
۲۶۱	۲-۷-۸-۱ مدل B
۲۶۱	۳-۷-۸-۱ مدل C
۲۶۴	۸-۸-۱ اجزاء و روش ساخت
۲۶۴	۱-۸-۸-۱ الکتروود کاند
۲۶۵	۲-۸-۸-۱ مواد مورد استفاده در کاند
۲۶۹	۳-۸-۸-۱ الکتروود آند
۲۷۱	۹-۸-۱ الکتروولیت پیل سوختی اکسید جامد
۲۷۲	۱۰-۸-۱ صفحات دو قطبی پیل سوختی اکسید جامد
۲۷۴	۱۱-۸-۱ اتصال دهنده های داخلی
۲۷۶	۱-۱۱-۸-۱ داشتن خواص کاتالیتیکی مناسب
۲۷۷	۲-۱۱-۸-۱ انواع مواد اتصال دهنده
۲۸۱	۱۲-۸-۱ شکل فیزیکی اتصال دهنده ها

۲۸۲	۱-۸-۱۳- استرس ها در پیل‌های سوختی اکسید جامد مسطح
۲۸۳	۱-۸-۱۴- آبیندی
۲۸۵	۱-۸-۱۴-۱- درزگیر ها
۲۸۸	۱-۸-۱۵- مواد افزودنی در ترکیب اجزای پیل
۲۸۸	۱-۸-۱۵-۱- اجزای رسانای الکتریسته
۲۸۸	۱-۸-۱۵-۲- حفره ساز ها
۲۸۸	۱-۸-۱۵-۳- حلالی
۲۸۹	۱-۸-۱۵-۴- دیسپرسانت ها و هموزن کننده ها
۲۸۹	۱-۸-۱۵-۵- پیوند شده ها با پندر ها
۲۸۹	۱-۸-۱۵-۶- پلاستی ها و رزها
۲۸۹	۱-۸-۱۶- روش ساخت استک
۲۹۱	۱-۸-۱۷- طراحی به صورت لوله
۲۹۷	۱-۸-۱۸- طراحی یکپارچه
۲۹۹	۱-۸-۱۹- طراحی مسطح
۳۰۲	۱-۸-۲۰- پیل های سوختی تک محفظه ای
۳۰۳	۱-۸-۲۱- پیل های سوختی شعله مستقیم
۳۰۴	۱-۸-۲۲- پیل های سوختی اکسید جامد آمونیاکی
۳۰۴	۱-۸-۲۳- پیل سوختی اکسید جامد میکرو
۳۰۵	۱-۸-۲۴- پیل سوختی اکسید جامد با دمای حد میانی
۳۰۶	۱-۸-۲۵- روش های عملی
۳۰۷	۱-۸-۲۶- عوامل مهم در انتخاب روش تولید
۳۰۸	۱-۸-۲۶-۱- کارایی الکتروشیمیایی پیل
۳۰۸	۱-۸-۲۶-۲- دوام
۳۰۸	۱-۸-۲۶-۳- هزینه
۳۱۰	۱-۸-۲۶-۴- هماهنگی روش تولید یک لایه با سایر لایه ها
۳۱۰	۱-۸-۲۶- اثر نوع مواد بر انتخاب روش ساخت
۳۱۰	۱-۸-۲۷- کاربرد

۳۱۶	۸-۱-۲۸- مزایا و معایب
۳۱۷	۸-۱-۲۹- نیروگاه‌های هیبریدی پیل سوختی و توربین گازی
۳۱۸	۸-۱-۳۰- نیروگاه های هیبرید GT/SOFC
۳۲۰	۸-۱-۳۱- سیستم سیکل ترکیبی و هیبریدی با پیل سوختی اکسید جامد
۳۲۲	۸-۱-۳۲- بازار مولدهای برق غیر متمرکز پیل سوختی اکسید جامد
۳۲۳	۸-۱-۳۳- رانندگی های کاهش قیمت پیل سوختی اکسید جامد
۳۲۳	۸-۱-۳-۱- هزینه های تولید یک پیل مدل
۳۲۷	۸-۱-۲-۳۳- هزینه های تولید
۳۲۸	۸-۱-۳-۳۳- هزینه های تولید
۳۲۹	۸-۱-۳۴- تحقیقات در دنیا
۳۲۹	۸-۱-۱-۳۴- چالشها و مشکلات:
۳۳۰	۸-۱-۲-۳۴- برنامه‌های تحقیقاتی پیل سوختی اکسید جامد اتحادیه اروپا
۳۳۱	۸-۱-۳-۳۴- پیل سوختی اکسید جامد در ژاپن
۳۳۲	۸-۱-۴-۳۴- فعالیت‌های پژوهشگرده ملی
۳۳۴	۸-۱-۵-۳۴- زمینه‌های تحقیقاتی در رابطه با گسترش تکنولوژی پیل سوختی اکسید جامد در ژاپن
۳۳۴	۸-۱-۶-۳۴- پیل سوختی اکسید جامد در آمریکا
۳۳۶	۸-۱-۷-۳۴- معرفی برخی از معتبر ترین پژوهشگاههای SOFC در جهان
۳۴۰	۸-۱-۳۵- درخت تکنولوژی پیل سوختی اکسید جامد
۳۴۵	۲- فصل دوم
۳۴۵	بازار فناوری پیل سوختی
۳۴۷	۲-۱- انواع کاربردها
۳۴۷	۲-۱-۱- مقدمه
۳۴۸	۲-۱-۲- کاربردهای ایستگاهی
۳۵۳	۲-۱-۳- کاربردهای خانگی

۲۵۲	۴-۱-۲- کاربردهای هوا و فضا
۲۵۴	۵-۱-۲- کاربردهای نظامی
۲۵۵	۶-۱-۲- کاربردهای حمل و نقل
۳۶۲	۲-۲- رشد بازار فناوری پیل سوختی
۳۶۹	۳- وضعیت دیگر کشورها
۳۷۱	۱-۳- آلمان
۳۷۲	۱-۱-۳- جایگاه تکنولوژی هیدروژن و پیل سوختی
۳۷۶	۲-۱-۳- ریگران و نقش آفرینان اصلی
۳۷۷	۱-۲-۱-۳- نهادهای دولتی، بری برنامه پیل سوختی
۳۷۸	۳-۱-۳- برنامه ها، استراتژی ها، اساس
۳۷۹	۱-۳-۱-۳- سرمایه گذاری در سطح اتحادیه اروپا
۳۸۰	۲-۳-۱-۳- حمایت های مالی دولت فدرال
۳۸۱	۳-۳-۱-۳- حمایت های مالی ایالتی و منطقه ای
۳۸۳	۴-۳-۱-۳- ائتلاف گنشاگن در حوزه اتخاذ تصمیم های مرتبط با انرژی
۳۸۳	۵-۳-۱-۳- برنامه ملی نوآوری در فناوری های پیل سوختی و هیدروژن
۳۹۰	۴-۱-۳- نقشه راه و اقدامات
۳۹۱	۱-۴-۱-۳- برنامه های مربوط به بخش حمل و نقل:
۳۹۵	۲-۴-۱-۳- کاربردهای ایستگاهی برای تامین انرژی داخلی
۳۹۹	۳-۴-۱-۳- برنامه های مربوط به کاربردهای صنعتی ایستگاهی
۴۰۰	۱-۴-۱-۳- برنامه توسعه پیل های سوختی برای بازارهای ویژه
۴۰۱	۲-۴-۱-۳- جمع بندی نقشه های راه
۴۰۳	۲-۳- کره جنوبی
۴۰۳	۱-۲-۳- مقدمه
۴۰۷	۲-۲-۳- انرژی های تجدید پذیر
۴۰۸	۱-۲-۲-۳- جایگاه تکنولوژی هیدروژن و پیل سوختی

۴۱۰	۳-۲-۳- تاریخچه ی هیدروژن و پیل و سوختی
۴۱۰	۳-۲-۱- پیل سوختی پلیمری
۴۱۱	۳-۲-۲- پیل سوختی کربنات مذاب
۴۱۲	۳-۱-۱- سابقه فعالیت شرکت KEPCO-POSCO در زمینه پیل سوختی کربنات مذاب
۴۱۲	۳-۲-۳- پیل سوختی اکسید جامد
۴۱۴	۳-۲-۴- برنامه ها ، استراتژیها و سیاستها
۴۱۴	۳-۲-۱- برنامه ها
۴۲۰	۳-۲-۴- راه ها و سیاستهای دولت
۴۲۱	۳-۲-۳- بسته های مالی اعلا شده از سوی دولت کره
۴۲۱	۳-۲-۵- بازیگران و نقش آنان اصلا
۴۲۳	۳-۲-۶- نقشه های راه و اقدامات
۴۲۶	۳-۲-۱- کاربرد ایستگاهی کوچک و متوسطی
۴۲۶	۳-۲-۲- کاربرد ایستگاهی بزرگ
۴۲۸	۳-۲-۳- کاربرد پرتابل
۴۲۹	۳-۲-۴- کاربرد حمل و نقل
۴۳۱	۳-۲-۷- پروژه ها
۴۳۷	۴- مراجع