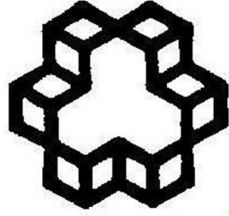


به نام خدایی که در این مرد است



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد

مدلسازی و تحلیل پیل سوختی هیدروژنی

جهت دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد در مهندسی مکانیک، گرایش تبدیل انرژی

اساتید راهنما:

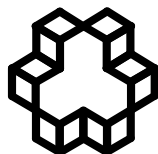
دکتر مهرزاد شمس

دکتر عبدالله شادارام

نگارش:

امید ساریخانی

بهمن ۱۳۹۱



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

تأییدیه هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت

عنوان: **مدل سازی و تحلیل پیل سوختی هیدروژنی**

توسط آقای **امید ساریخانی آغمیونی** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه

کارشناسی ارشد در رشته: مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی با رتبه مورد تأیید قرار می دهند.

- | | | |
|------------|---------------------------|-----------------------------------|
| امضاء..... | آقای دکتر مهرزاد شمس | ۱- استاد راهنما |
| امضاء..... | آقای دکتر عبدالله شادارام | ۲- استاد راهنما |
| امضاء..... | آقای دکتر..... | ۳- استاد مشاور |
| امضاء..... | آقای دکتر فرشاد ترابی | ۴- ممتحن خارجی |
| امضاء..... | آقای دکتر مجید قاسمی | ۵- ممتحن داخلی |
| امضاء..... | آقای دکتر فرشاد ترابی | ۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده |

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه : مدل سازی و تحلیل پیل سوختی هیدروژنی

اساتید راهنما : دکتر مهرزاد شمس - دکتر عبدالله شادآرام

نام دانشجو : امید ساریخانی آغمیونی

شماره دانشجویی : ۸۹۰۲۸۵۴

اینجانب امید ساریخانی آغمیونی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (گرایش تبدیل انرژی) دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می‌باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه، چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو :

تاریخ :

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

قدردانی

بر خود لازم می‌دانم از اساتید راهنمای محترم، جناب دکتر مهرزاد شمس و جناب دکتر عبدالله شادارام بابت حمایت‌هایشان تشکر کنم. رفتار و برخورد این دو بزرگوار در طی یک سال و نیم کار بر روی پایان‌نامه سبب آرامش در حین انجام این مهم بود.

چکیده

در این تحقیق دو مدل عددی دو بعدی، دوفازی و پایا، در نرم‌افزار کامسول توسعه داده شده است. توسعه‌ی یک مدل دوفازی از کل اجزای پیل سوختی پلیمری در کامسول برای نخستین بار در جهان انجام گردیده است. مدل اول این تحقیق، یک مدل تک کاناله از تمامی اجزای پیل سوختی است، در حالیکه دامنه‌ی مدل دوم، شامل سمت کاتد پیل سوختی با سه کانال عبور هوا می‌شود. از آنجا که آب‌گرفتنی در پیل‌های سوختی پلیمری از جمله مهمترین موانع تجاری‌سازی آنها محسوب می‌شود، به کمک مدل دوم اثر پارامترهای موثر بر جریان عرضی بین کانالی بررسی شده است. جریان عرضی و پدیده‌ی مویینگی، مکانیسم‌های خروج آب از محیط‌های متخلخل به شمار می‌روند، اما مکانیسم جریان عرضی در مقالات کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

معادلات مکسول-استفان و دارسی به ترتیب برای محاسبه‌ی توزیع گونه‌ها و توصیف حرکت فاز گاز در محیط متخلخل استفاده شده‌اند. برای توصیف حرکت فاز مایع، علاوه بر مویینگی، اثر جریان عرضی نیز بر نحوه‌ی حرکت آب در نظر گرفته شده است. معادله‌ی اهم نیز بستگی جریان الکترون‌ها و پروتون‌ها را به توزیع پتانسیل الکتریکی و یونی نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج مدل‌های مورد تحقیق، افزایش افت فشار بین کانال‌های مجاور در پیل و نفوذپذیری محیط‌های متخلخل، هر دو سبب افزایش جریان عرضی و تخلیه‌ی آب از این محیط‌ها می‌شوند که در نتیجه، افزایش چگالی جریان را در پی دارد. افزایش رطوبت نسبی در کانال‌های ورودی هوا و سوخت نیز تا جایکه باعث آب‌گرفتنی نشود، سبب افزایش رسانش یونی و بهبود عملکرد پیل خواهد شد. همچنین افزایش خاصیت آب‌گریزی مواد سازنده‌ی پیل به خروج بهتر آب از آن کمک می‌کند.

واژه های کلیدی

پیل سوختی پلیمری، جریان عرضی، آب‌گرفتنی، جریان دوفازی.

فهرست مطالب

- ۱- فصل اول: مقدمه‌ی پیل سوختی پلیمری ۱
- ۱-۱- پیش درآمد ۲
- ۲-۱- چگونگی عملکرد پیل سوختی ۳
- ۳-۱- شرایط کاری ۱۲
- ۴-۱- منحنی پلاریزاسیون ۱۳
- ۵-۱- مزایا و معایب پیل سوختی هیدروژنی ۱۶
- ۶-۱- سیستم پیل سوختی و اجزاء آن ۱۹
- ۷-۱- مرور مقالات ۲۱
- ۸-۱- چالش‌ها و طرح کلی پایان‌نامه ۳۵
- ۲- فصل دوم: روابط حاکم بر فیزیک پیل سوختی هیدروژنی ۴۰
- ۱-۲- مشخصات دامنه‌ی حل ۴۱
- ۲-۲- فرضیات مدل‌ها ۴۴
- ۳-۲- پایستگی ممنتوم و جرم ۴۵
- ۱-۳-۲- شرایط مرزی معادلات پایستگی ممنتوم و جرم ۴۸
- ۴-۲- پایستگی گونه‌ها ۵۰
- ۱-۴-۲- شرایط مرزی معادله‌ی پایستگی گونه‌ها ۵۳
- ۵-۲- پایستگی بارهای الکتریکی و یونی (معادله‌ی اهم) ۵۴
- ۱-۵-۲- شرایط مرزی معادله‌ی اهم ۵۶
- ۶-۲- انتقال آب در غشا ۵۸
- ۱-۶-۲- شرایط مرزی معادله‌ی انتقال آب در غشاء ۵۸
- ۳- فصل سوم: استقلال از شبکه و اعتبارسنجی نتایج ۵۹

۶۰	۱-۳- استقلال از شبکه
۶۴	۲-۳- اعتبارسنجی نتایج
۶۹	۴- فصل چهارم: نتایج شبیه‌سازی و بحث
۷۰	۱-۴- نتایج مدل دوفاز
۷۹	۲-۴- آنالیز حساسیت مدل دوفاز
۷۹	۱-۲-۴- اثر افت فشار بین کانالی
۸۲	۲-۲-۴- اثر نفوذپذیری
۸۵	۳-۲-۴- اثر رطوبت نسبی ورودی
۸۶	۴-۲-۴- اثر زاویه ی تماس (آبگریزی مواد)
۹۰	۵- فصل پنجم: جمع‌بندی نتایج و ارائه‌ی پیشنهادها
۹۱	۱-۵- جمع بندی نتایج
۹۲	۲-۵- پیشنهادها
۹۳	ضمیمه‌ی الف: مقدمه‌ای بر روش المان محدود
۱۰۳	ضمیمه‌ی ب: مدل‌سازی در کامسول
۱۰۹	مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱: الف) آزمایش الکترولیز ب) پیل سوختی [۳]..... ۳
- شکل ۲-۱: تشکیل سلول پیل سوختی پلیمری از دو سمت آند و کاتد [۴]..... ۴
- شکل ۳-۱: ساختمان پیل سوختی پلیمری شامل صفحات دو قطبی، کانالهای جریان، صفحات نفوذ گاز، صفحات کاتالیست و غشاء پلیمری [۵]..... ۵
- شکل ۴-۱: استک پیل سوختی متشکل از صفحات دو قطبی [۶]..... ۶
- شکل ۵-۱: طرحهای مختلف کانال: الف) مارپیچی ب) موازی پ) چند مارپیچی ت) چفت شده [۷]..... ۷
- شکل ۶-۱: الف) کربن نگهدارنده که کاتالیزورهای پلاتین روی آن جای گرفته‌اند (ب) موقعیت لایه کاتالیزور در پیل سوختی (پ) مقداری از الکترولیت دور کربن نگهدارنده قرار می‌گیرد [۵]..... ۹
- شکل ۷-۱: ساختار پلیمر نفیون [۵]..... ۱۰
- شکل ۸-۱: فرآیندهای اصلی انتقال گونه‌ها در بخش‌های مختلف پیل سوختی پلیمری [۸]..... ۱۱
- شکل ۹-۱: منحنی پلاریزاسیون نمونه برای یک پیل سوختی هیدروژنی به همراه نواحی افت ولتاژ بر روی آن [۴]..... ۱۳
- شکل ۱۰-۱: نمودار کلاسیک انرژی برای انجام واکنش شیمیایی [۵]..... ۱۴
- شکل ۱۱-۱: کاربرد، قابلیت‌ها و محدوده‌ی کاری انواع مختلف پیل سوختی [۳]..... ۱۷
- شکل ۱۲-۱: طرح کلی یک سیستم پیل سوختی [۱۰]..... ۱۹
- شکل ۱۳-۱: پیل سوختی مارپیچی پنج کاناله با ارتفاع‌های متغیر [۲۰]..... ۲۵
- شکل ۱۴-۱: ارزیابی بهبود عملکرد پیل با اصلاح شکل کانال‌ها [۲۳]..... ۲۶
- شکل ۱۵-۱: صفحات منفذدار $7\text{cm} \times 7\text{cm}$ از جنس استیل: a) سوراخهای با قطر 1 mm (b) سوراخهای با قطر 0.5 mm [۳۲]..... ۲۹
- شکل ۱۶-۱: مثال‌هایی از الگوهای توزیع سیال در طبیعت: a) برگ گیاه (b) توزیع خون روی سطح چشم (c) ساختار نای و نایزک [۵۰]..... ۳۴
- شکل ۱۷-۱: مقایسه‌ی طرح‌های مختلف توزیع جریان به صورت عددی: a) موازی (b) مارپیچی (c) بیو [۵۰]..... ۳۴
- شکل ۱۸-۱: الف) دامنه‌ی حل دوبعدی (ب) بزرگنمایی ناحیه‌ی مشخص شده روی شکل الف..... ۳۵
- شکل ۱۹-۱: پیل سوختی با کانالهای مارپیچی..... ۳۶
- شکل ۲۰-۱: الف) مدل دوبعدی از سمت کاتد پیل برای بررسی جریان عرضی (ب) بزرگنمایی ناحیه‌ی مشخص شده با دایره بر روی شکل الف..... ۳۷
- شکل ۱-۲: الف) دامنه‌ی حل دوبعدی (ب) بزرگنمایی ناحیه‌ی مشخص شده روی شکل الف..... ۴۱
- شکل ۲-۲: الف) مدل دو بعدی از سمت کاتد پیل برای بررسی جریان عرضی (ب) بزرگنمایی ناحیه‌ی مشخص شده با دایره بر روی شکل الف..... ۴۲

- شکل ۳-۲: شرایط مرزی معادله‌ی پایستگی بار الکتریکی و یونی برای مدل تک کاناله..... ۵۷
- شکل ۴-۲: شرایط مرزی معادله‌ی پایستگی بار الکتریکی و یونی برای مدل سه کاناله..... ۵۷
- شکل ۱-۳: الف) مدل تک کاناله ب) مدل سه کاناله..... ۶۱
- شکل ۲-۳: استفاده از المان مستطیلی برای شبکه‌بندی مدل تک کاناله..... ۶۲
- شکل ۳-۳: شبکه‌بندی کاتالیست..... ۶۲
- شکل ۴-۳: استفاده از المان مستطیلی برای شبکه‌بندی مدل تک کاناله..... ۶۴
- شکل ۵-۳: کانتور نرخ مصرف اکسیژن در الف) مدل این مطالعه ب) از نتایج مرجع [۱]..... ۶۵
- شکل ۶-۳: توزیع بیش پتانسیل الف) مدل این مطالعه ب) از نتایج مرجع [۱]..... ۶۶
- شکل ۷-۳: مدل سه بعدی مورد استفاده برای اعتبارسنجی..... ۶۷
- شکل ۸-۳: مقایسه نمودار پلاریزاسیون حاصل از مدل‌سازی و نتایج آزمایشگاهی..... ۶۸
- شکل ۱-۴: الف) توزیع کسر جرمی اکسیژن در سمت کاتد ب) توزیع کسر جرمی هیدروژن در سمت آنُد مدل تک کاناله..... ۷۲
- شکل ۲-۴: توزیع کسر جرمی اکسیژن در سمت کاتد برای مدل سه کاناله..... ۷۳
- شکل ۳-۴: نرخ مصرف اکسیژن ($\text{kg.m}^{-3}.\text{s}^{-1}$) در مدل سه کاناله..... ۷۳
- شکل ۴-۴: توزیع پتانسیل فعالسازی در کاتالیست کاتد مدل سه کاناله (V)..... ۷۴
- شکل ۵-۴: توزیع الف) پتانسیل فعالسازی کاتالیست آنُد (V) ب) نرخ مصرف هیدروژن ($\text{kg.m}^{-3}.\text{s}^{-1}$) در مدل تک کاناله..... ۷۵
- شکل ۶-۴: توزیع چگالی جریان هدر رفته‌ی الکتریکی در راستای افقی (A.m^{-2})..... ۷۶
- شکل ۷-۴: توزیع چگالی جریان هدر رفته‌ی یونی در راستای افقی (A.m^{-2})..... ۷۷
- شکل ۸-۴: توزیع اشباع موثر در مدل سه کاناله (سه بعدی)..... ۷۷
- شکل ۹-۴: توزیع اشباع موثر در مدل سه کاناله (دو بعدی)..... ۷۸
- شکل ۱۰-۴: توزیع سرعت افقی در عرض پیل بر حسب افت فشار بین کانالی..... ۸۰
- شکل ۱۱-۴: توزیع اشباع الف) بدون افت فشار بین کانالی ب) افت فشار ۱۷۴ پاسکال برای هر کانال پ) افت فشار ۳۴۹ پاسکال برای هر کانال..... ۸۱
- شکل ۱۲-۴: توزیع سرعت افقی در عرض پیل بر حسب نفوذپذیری..... ۸۲
- شکل ۱۳-۴: توزیع اشباع برای نفوذپذیری الف) (10^{-11} ب) (5×10^{-12} پ) 2×10^{-12} ۸۴
- شکل ۱۴-۴: تغییرات رسانش یونی غشا با رطوبت نسبی ورودی کانالها..... ۸۵
- شکل ۱۵-۴: تغییرات چگالی جریان با رطوبت نسبی ورودی کانالها..... ۸۶
- شکل ۱۶-۴: زاویه‌ی تماس و خاصیت آب‌گریزی..... ۸۷
- شکل ۱۷-۴: تغییرات چگالی جریان با زاویه‌ی تماس در مدل تک کاناله..... ۸۸
- شکل ب-۱: مراحل توسعه‌ی مدل عددی در کامسول..... ۱۰۶

شکل ب-۲: پارامترهای ورودی به کامسول ۱۰۶

شکل ب-۳: معادلات توصیف‌کننده‌ی فیزیک مساله ۱۰۸

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱: شرایط کاری پیل سوختی غشاء پلیمری [۹] ۱۲

جدول ۲-۱: روشهای پیشنهاد شده برای مدیریت آب [۱۱] ۲۱

جدول ۱-۲: ابعاد، خواص فیزیکی و شرایط کاری مدل سه کاناله ی سمت کاتد [۱] و [۴۳] ۴۲

جدول ۲-۲: ابعاد، خواص فیزیکی و شرایط کاری مدل تک کاناله‌ی پیل سوختی پلیمری [۱] و [۴۳] ۴۳

جدول ۳-۲: حجم دیفیوژن مولی [۵۴] ۵۲

جدول ۱-۳: استقلال از شبکه برای مدل تک کاناله ۶۱

جدول ۲-۳: استقلال از شبکه برای مدل سه کاناله ۶۳

جدول ۳-۳: ابعاد و خواص فیزیکی مدل سه بعدی مورد استفاده برای اعتبارسنجی ۶۷

جدول ۱-۴: تغییرات چگالی جریان و حداکثر اشباع با نفوذپذیری ۸۳

جدول ۲-۴: تغییرات حداکثر اشباع با میزان آب‌گریزی مواد سازنده‌ی پیل ۸۸

جدول ۳-۴: درصد افزایش چگالی جریان تولیدی با افزایش زاویه‌ی تماس مواد سازنده‌ی لایه‌ها ۸۹

فهرست علائم و اختصارات

a	فعالیت آب
A_v	چگالی سطح فعال در لایه‌ی کاتالیست (m^{-1})
$C, []$	غلظت مولی ($mol.m^{-3}$)
L	طول کانال (m)
d_h	قطر هیدرولیکی (m) $4A_c P^{-1} = (m)$
D	ضریب نفوذ گونه‌ها ($m^2.s^{-1}$)
E	ثابت تبخیر ($atm.s^{-1}$); ولتاژ (V)
F	ثابت فارادی ($96487C.mol^{-1}$)
h_m	ضریب انتقال جرم ($m.s^{-1}$)
i_{ref}^0	چگالی جریان تبدلی مرجع ($A.m^{-3}$)
i	چگالی جریان سلول ($A.m^{-2}$)
Re_h	عدد رینولدز بر اساس قطر هیدرولیک
M	جرم مولی ($kg.mol^{-1}$)
Q_{br}	دبی جرمی تولیدی در واکنش ($kg.s^{-1}.m^{-3}$)
n	تعداد الکترون‌های منتقل شده در واکنش
n_d	ضریب دراگ الکترواسمز (H_2O/H^+)
\bar{n}	بردار عمود بر سطح
r_0	شعاع خم (m)
P	فشار (Pa); محیط (m)
v_{ch}	سرعت گاز در کانال ($m.s^{-1}$)
w_d	عرض کانال (m)
q	تابع سویچ
R	ثابت جهانی گازها ($8.314J.mol^{-1}.K^{-1}$), مقاومت اهمی (Ω), چگالی جریان تبدلی ($A.m^{-3}$)
$R_{v \leftarrow \begin{matrix} \text{condensation} \\ \text{evaporation} \end{matrix} \rightarrow}$	ترم منبع میعان و تبخیر ($kg.s^{-1}.m^{-3}$)

RH	رطوبت نسبی
s	اشباع
S	اشباع موثر
S_m	اشباع بیشینه
S_r	اشباع مانده (کمینه، ثابت)
SH	عدد شروود
S_c	استوکیومتری
T	دما (K)
\bar{u}	سرعت فاز ($m.s^{-1}$)
V	ولتاژ (V)
x	کسر مولی
Y	کسر جرمی
ΔG	انرژی آزاد گیبس (J)
v	حجم دیفیوژن مولی
D_m^w	ضریب دیفیوژن آب در غشاء ($m^2.s^{-1}$)
ρ_m	چگالی غشاء در وضعیت خشک ($kg.m^{-3}$)
EW	وزن معادل غشاء

حروف یونانی

α	ضریب انتقال; کسر حجمی فازها
γ	رتبه‌ی واکنش
ψ	کسر حجمی
ε	تخلخل
ζ	ضریب اتلاف
η	پتانسیل فعالسازی (V)
θ_c	زاویه‌ی تماس
κ	نفوذپذیری (m^2)
λ	آب محتوی
μ	ویسکوزیته‌ی دینامیکی (Pa.s)
ρ	چگالی ($kg.m^{-3}$)
σ	رسانش ($S.m^{-1}$); کشش سطحی ($N.m^{-1}$)
ϕ	پتانسیل فاز (V)
χ	ثابت میعان (s^{-1})

زیرنویس‌ها

Anode	an
Cathode	ca
ionic	io
solid	sol
open curcit	oc
Activation	act
Bending	b
capillary	c
Catalyst layer	CL
Friction	f
Gas phase	g
Gas diffusion layer	GDL

Water	H ₂ O
The j^{th} species	j
Liquid phase,Local	l
Hydrogen	H ₂
membrane	m
Mixture	mix
nitrogen	N ₂
relative gas	rg
oxygen	O ₂
reversible	rev
saturation	sat
temperature	T
standard condition	0

بالانویس ها

effective value	eff
reference state	ref

سرواژه های انگلیسی

catalyst layer	CL
gas diffusion layer	GDL
membrane electrode assembly	MEA
polymer electrolyte membrane	PEM
relative humidity	RH

فصل اول

مقدمه‌ی پیل سوختی پلیمری

۱-۱- پیش درآمد

امروزه تغییرات آب و هوایی، گرمایش جهانی و کاهش منابع سوخت‌های فسیلی به عنوان سه پدیده‌ی خطرناک برای زندگی بشر مطرح هستند. بسیاری از دانشمندان این پدیده‌ها را به افزایش قابل توجه سطح گازهای گلخانه‌ای خصوصاً دی‌اکسیدکربن در اتمسفر زمین نسبت می‌دهند. افزایش گازکربنیک در جو، عمدتاً به دلیل رشد سریع تقاضای انرژی در دهه‌های اخیر است. خصوصاً انرژی مصرفی در بخش حمل و نقل تاثیر زیادی بر تولید گازهای گلخانه‌ای داشته است.

تحقیقات در مورد پیل‌های سوختی با غشاء پلیمری^۱ به دلیل بازدهی بالا و عدم تولید گازهای گلخانه‌ای در خروجی، به عنوان یکی از منابع تولید توان آینده، مورد توجه جدی محققین می‌باشد. یک تحقیق با دوره‌ی کامل مصرفی^۲ بر روی وسایل نقلیه با موتور درونسوز و پیل سوختی پلیمری نشان داده است که با استفاده از پیل سوختی هیدروژنی، انرژی مصرفی تا ۸۷٪ و گازهای آلاینده تا ۴۹٪ کاهش می‌یابند [۱].

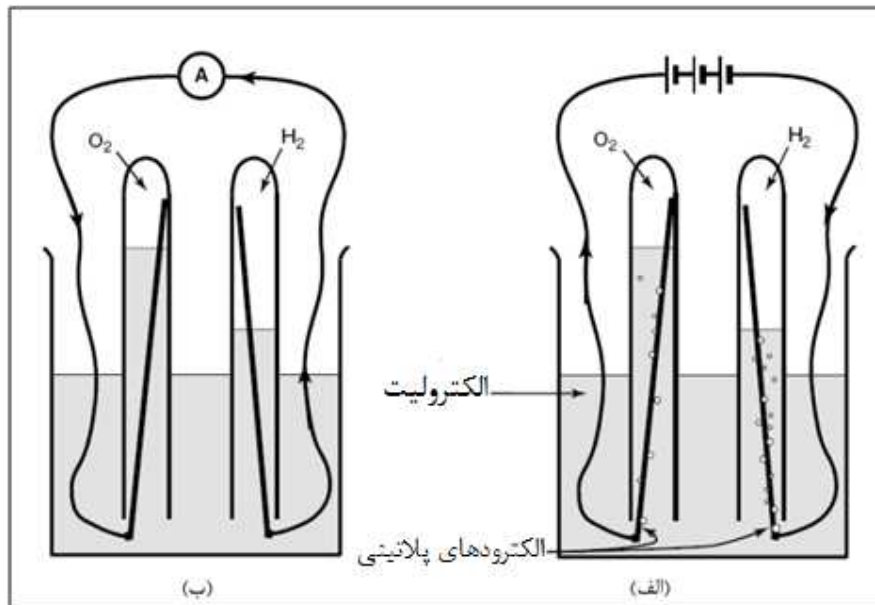
با وجود مزیت‌های پیل‌های سوختی موانع زیادی نیز بر سر راه تجاری‌سازی آن‌ها وجود دارد. جهت مقرون به صرفه بودن، قیمت برق تولیدی این پیل‌ها باید به ۸۶ دلار برای هر مگاوات ساعت کاهش یابد [۲]. جذب مونوکسید کربن بر روی کاتالیست سمت آند، باعث کاهش سایت‌های واکنش و کاهش بازدهی می‌شود. همچنین یکی از بزرگترین موانعی که پیل سوختی هیدروژنی با آن مواجه است، تولید آب در سمت کاتد است که دیفیوژن آزاد اکسیژن را مختل نموده و باعث کاهش نرخ واکنش می‌شود. در ادامه‌ی این فصل با نحوه‌ی کار پیل سوختی آشنا می‌شویم.

^۱ Polymer Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)

^۲ Full life cycle analysis

۲-۱- چگونگی عملکرد پیل سوختی

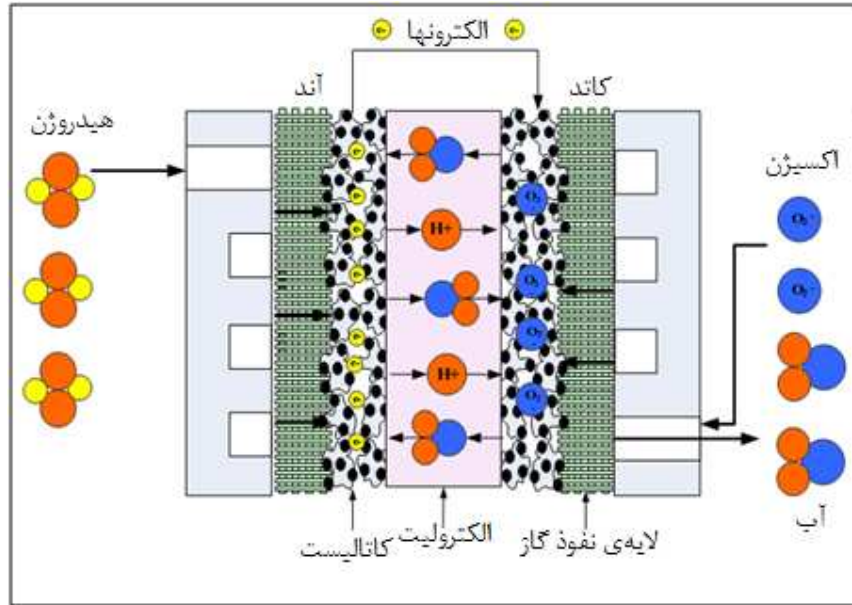
پیل سوختی هیدروژنی یک دستگاه الکتروشیمیایی است که از سوخت هیدروژن برای تولید الکتریسیته استفاده می‌کند. ایده‌ی ساخت پیل سوختی از بررسی امکان انجام عکس عمل الکترولیز آغاز شد. مطابق شکل (۱-۱-الف) در الکترولیز، جریان مستقیم که به دو الکتروود متصل است و در داخل آب قرار دارد، مولکولهای آب را به عناصر تشکیل دهنده‌ی هیدروژن و اکسیژن تجزیه می‌کند. با رجوع به شکل (۱-۱-ب) در پیل سوختی هیدروژنی، واکنش هیدروژن و اکسیژن در حضور کاتالیست رخ می‌دهد و تولید جریان می‌کند.



شکل ۱-۱: الف) آزمایش الکترولیز ب) پیل سوختی [۳]

کاربرد این پیل‌ها در دستگاه‌های قابل حمل، وسایل نقلیه و سیستم‌های تولید توان ثابت^۱ می‌باشد. دیگر مزایای این پیل‌ها شامل بی‌صدا بودن، چگالی توان بالا، خروجی آلاینده‌ی صفر، بازدهی بالا، حجم کم و زمان شروع به کار سریع می‌شود.

^۱ Stationary power generation system



شکل ۱-۲: تشکیل سلول پیل سوختی پلیمری از دو سمت آند و کاتد [۴]

مطابق شکل (۱-۲) هر سلول پیل سوختی از دو قسمت آند و کاتد تشکیل می‌شود. طبق رابطه (۱-۱) در سمت آند، هیدروژن به عنوان سوخت در واکنش شرکت می‌کند. در این واکنش مولکول هیدروژن به پروتون و الکترون شکسته می‌شود. پروتون با عبور از غشاء به سمت کاتد می‌رود و الکترون نیز از مدار خارجی به این سمت منتقل می‌شود.



اکسیژن یا هوا به عنوان اکسیدکننده در کانال‌های سمت کاتد جریان دارد. بر روی کاتالیست سمت کاتد مولکول‌های اکسیژن با الکترون‌ها و پروتون‌های تولید شده در سمت آند ترکیب می‌شوند و آب تولید می‌کنند.



بنابراین واکنش کلی انجام شده در پیل سوختی هیدروژنی به صورت زیر خلاصه می‌شود.

