

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید بهشتی گرگان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مکانیک

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک
گرایش تبدیل انرژی

بررسی اثر ضخامت کاتالیست، رطوبت نسبی گازهای
ورودی، درجه حرارت و دیگر پارامترها بر روی
عملکرد پیل سوختی غشاء پلیمری

استاد راهنما:

دکتر سیدحسین منصورى

استاد راهنما: دکتر سیدحسین منصورى
تیمسار

۱۳۸۸ / ۴ / ۱۶

مؤلف:

مهديه توحيدى

بهمن ۱۳۸۷

۱۱۵۰۹۱



دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه
به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مکانیک
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچ گونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: مهدیه توحیدی

استاد راهنما: آقای دکتر سید حسین منصوری

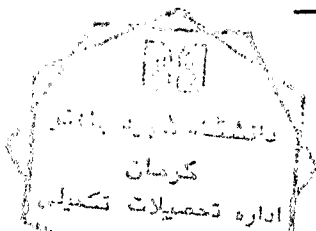
داور ۱: آقای دکتر مظفر علی مهربابیان

داور ۲: آقای دکتر مهران عامری

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده: آقای دکتر محمد علی حاج عباسی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه است

(ج)



۱۳۸۸/۴/۱۶

تقدیم

به پدر و مادرم که همواره بهترین حامیانم بوده اند

تشکر و قدردانی

سپاسگزار زحمات و همکاری استاد گرانقدر جناب آقای دکتر منصوری می باشم که با رهنمودهای ایشان موفق به اتمام پایان نامه شدم و از کلیه اساتید بزرگواری بخش مهندسی مکانیک و همچنین جناب آقای امیری تشکر و قدردانی می کنم.

چکیده:

در این پژوهش مدلی یک بعدی و دما ثابت در حالت پایدار برای تمام اجزای پیل سوختی غشاء پلیمری ارائه شده و به بررسی اثر پارامترهایی از جمله کسر مولی گاز نیتروژن، رطوبت نسبی، درجه حرارت، ضخامت غشاء، نسبت استوکیومتری آند و کاتد، سطح موثر کاتالیست برای انجام واکنش و چگونگی توزیع اکسیژن در کاتالیست کاتد، با توجه به اینکه انتقال آب در غشاء در اثر دیفیوژن، گرادیان فشار و دراگ الکترواستمزیک باشد پرداخته شده است. نتایج نشان می دهد که با افزایش دمای عملکرد، ضریب هدایت یونی غشاء افزایش یافته و منجر به افزایش ولتاژ خروجی می شود. کاهش رطوبت نسبی گازهای ورودی، افزایش ضخامت غشاء و کاهش سطح موثر کاتالیست کاتد برای انجام واکنش، افت ولتاژ را به همراه دارد. افزایش نسبت استوکیومتری آند در افزایش ولتاژ خروجی موثر می باشد و با توجه به اینکه غلظت اکسیژن در حدود ۸ درصد لایه کاتالیست کاتد به صفر می رسد، می توان ضخامت کاتالیست کاتد را ۹۲ درصد کاهش داد بدون اینکه افتی در ولتاژ خروجی ایجاد شود. هم چنین با افزایش کسر مولی گاز نیتروژن، افت اکتیویته کاتد افزایش چشمگیری دارد. معادلات حاکم به صورت عددی حل شده اند که همخوانی نسبتاً خوبی با داده های آزمایشگاهی دارند.

فهرست مطالب

فصل اول

۱	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- پیل سوختی و انواع مختلف آن
۳	۳-۱- تاریخچه پیل سوختی و کاربردهای مختلف آن تا به امروز
۶	۴-۱- مزایای پیل سوختی
۷	۵-۱- معایب پیل سوختی
۷	۶-۱- پیل سوختی پلیمری
۷	۱-۶-۱- اصول کار پیل سوختی پلیمری
۸	۱-۶-۲- اجزاء تشکیل دهنده پیل سوختی پلیمری
۹	۱-۶-۲-۱- الکترولیت (غشاء)
۱۱	۱-۶-۲-۲- الکترودهای آند و کاتد
۱۱	۱-۶-۲-۳- کاتالیست ها
۱۲	۱-۶-۲-۴- صفحه های نگهدارنده
۱۳	۱-۶-۲-۵- صفحه های جمع کننده جریان و توزیع کننده واکنش دهنده ها (صفحات دو قطبی)
۱۴	۱-۶-۳- منحنی عملکرد (پلاریزاسیون) پیل سوختی پلیمری
۱۵	۱-۶-۴- عوامل موثر بر عملکرد پیل سوختی پلیمری
۱۵	۱-۶-۴-۱- تنظیم آب پیل سوختی پلیمری
۱۵	۱-۶-۴-۲- رساندن هوا و اکسیدان به پیل سوختی پلیمری
۱۶	۱-۶-۴-۳- دمای عملکرد پیل سوختی پلیمری
۱۷	۱-۶-۵- مزایای پیل سوختی پلیمری
۱۷	۱-۶-۶- معایب پیل سوختی پلیمری
۱۷	۷-۱- پیل سوختی قلبیایی
۱۸	۱-۷-۱- اصول کار پیل سوختی قلبیایی
۱۸	۱-۷-۲- مزایای پیل سوختی قلبیایی
۱۹	۱-۷-۳- معایب پیل سوختی قلبیایی
۱۹	۸-۱- پیل سوختی اسیدفسفریک
۱۹	۱-۸-۱- اصول کار پیل سوختی اسیدفسفریک
۲۰	۱-۸-۲- مزایای پیل سوختی اسیدفسفریک
۲۰	۱-۸-۳- معایب پیل سوختی اسیدفسفریک
۲۰	۹-۱- پیل سوختی کربنات مذاب
۲۱	۱-۹-۱- اصول کار پیل سوختی کربنات مذاب
۲۲	۱-۹-۲- مزایای پیل سوختی کربنات مذاب
۲۲	۱-۹-۳- معایب پیل سوختی کربنات مذاب
۲۲	۱۰-۱- پیل سوختی اکسید جامد

۲۳	۱-۱۰-۱- اصول کار پیل سوختی اکسید جامد
۲۳	۲-۱۰-۱- مزایای پیل سوختی اکسید جامد
۲۴	۳-۱۰-۱- معایب پیل سوختی اکسید جامد
۲۴	۱۱-۱- مروری بر کارهای انجام شده
۲۵	۱۲-۱- اهداف مورد نظر در این پروژه

فصل دوم

۲۶	۱-۲- الکترودها
۲۶	۱-۱-۲- فرضیات
۲۶	۲-۱-۲- معادلات حاکم
۲۹	۳-۱-۲- شرایط مرزی
۳۰	۲-۲- کاتالیست‌ها
۳۰	۱-۲-۲- فرضیات
۳۰	۲-۲-۲- معادلات حاکم
۳۷	۳-۲-۲- شرایط مرزی
۳۷	۳-۲- غشاء
۳۷	۱-۳-۲- فرضیات
۳۸	۲-۳-۲- معادلات حاکم
۳۹	۳-۳-۲- شرایط مرزی
۳۹	۴-۲- افت پتانسیل‌ها در پیل

فصل سوم

۴۱	۱-۳- روش حل
۴۳	۲-۳- کمیت‌های استفاده شده در مدلسازی
۴۵	۳-۳- مقادیر خطا

فصل چهارم

۴۷	۱-۴- بررسی صحت نتایج
۴۸	۲-۴- بررسی اثر کسر مولی گاز نیتروژن
۵۱	۳-۴- بررسی تأثیر ضخامت کاتالیست کاتد
۵۳	۴-۴- بررسی اثر سطح مؤثر کاتالیست برای انجام واکنش
۵۴	۵-۴- بررسی اثر رطوبت نسبی گازهای ورودی
۵۴	۶-۴- بررسی اثر دمای عملکرد پیل
۵۵	۷-۴- بررسی تأثیر ضخامت غشاء

- ۴-۸- بررسی اثر نسبت استوکیومتری آند و کاتد ۵۶
- ۴-۹- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۵۸
- ۴-۹-۱- پیشنهادات برای ادامه کار ۵۸

ضمیمه

- ۱- قانون فارادی ۵۹
- ۲- معادله نرنست ۵۹
- ۳- معادله باتلر- وولمر ۶۲
- مراجع ۶۵

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- شماتیک یک پیل سوختی..... ۲
- شکل ۲-۱- پیل سوختی و کاربرد آن در تلفن همراه..... ۴
- شکل ۳-۱- طرح آزمایش پیل سوختی Nexa RM..... ۶
- شکل ۴-۱- شماتیک پیل سوختی غشاء پلیمری..... ۸
- شکل ۵-۱- ساختمان توده پیل سوختی غشاء پلیمری و اجزاء یک تک پیل..... ۹
- شکل ۶-۱- ساختمان غشاء پلیمری..... ۱۰
- شکل ۷-۱- شماتیک صفحه توزیع کننده گاز و جمع کننده جریان..... ۱۳
- شکل ۸-۱- منحنی عملکرد پیل سوختی غشاء پلیمری..... ۱۵
- شکل ۹-۱- شماتیک پیل سوختی قلیایی..... ۱۸
- شکل ۱۰-۱- شماتیک پیل سوختی اسیدفسفریک..... ۱۹
- شکل ۱۱-۱- شماتیک پیل سوختی کربنات مذاب..... ۲۱
- شکل ۱۲-۱- شماتیک پیل سوختی اکسید جامد..... ۲۳
- شکل ۱-۲- شماتیکی از یک پیل سوختی..... ۲۶
- شکل ۱-۴- مقایسه بین نتایج مدل و مقادیر آزمایشگاهی..... ۴۷
- شکل ۲-۴- بررسی افت پتانسیل ها در کسر مولی ۰٪ نیتروژن..... ۴۸
- شکل ۳-۴- بررسی افت پتانسیل ها در کسر مولی ۲۵٪ نیتروژن..... ۴۸
- شکل ۴-۴- بررسی افت پتانسیل ها در کسر مولی ۵۰٪ نیتروژن..... ۴۹
- شکل ۵-۴- بررسی افت پتانسیل ها در کسر مولی ۷۶٪ نیتروژن..... ۴۹
- شکل ۶-۴- منحنی پلاریزاسیون کسرهای مولی مختلف گاز نیتروژن..... ۵۰
- شکل ۷-۴- منحنی دانسیته توان کسرهای مولی مختلف گاز نیتروژن..... ۵۱
- شکل ۸-۴- توزیع غلظت اکسیژن در لایه کاتالیست کاتد..... ۵۱
- شکل ۹-۴- تاثیر کاهش ضخامت کاتالیست کاتد بر ولتاژ خروجی..... ۵۲
- شکل ۱۰-۴- تاثیر کاهش ضخامت کاتالیست کاتد بر ولتاژ خروجی..... ۵۳
- شکل ۱۱-۴- تاثیر سطح مؤثر کاتالیست کاتد برای انجام واکنش بر ولتاژ خروجی..... ۵۳
- شکل ۱۲-۴- اثر رطوبت نسبی گازهای ورودی بر روی ولتاژ خروجی..... ۵۴
- شکل ۱۳-۴- تاثیر درجه حرارت پیل بر ضریب هدایت یونی غشاء..... ۵۴
- شکل ۱۴-۴- تاثیر درجه حرارت پیل بر روی ولتاژ خروجی..... ۵۵
- شکل ۱۵-۴- تاثیر ضخامت غشاء بر میزان آب غشاء..... ۵۶
- شکل ۱۶-۴- تاثیر ضخامت غشاء بر روی ولتاژ خروجی..... ۵۶

- شکل ۴-۱۷- تاثیر نسبت استوکیومتری آند بر روی ولتاژ خروجی ۵۷
- شکل ۴-۱۸- تاثیر نسبت استوکیومتری کاتد بر روی ولتاژ خروجی ۵۷
- شکل الف-۱- نمودار تغییرات انرژی در طی یک واکنش ۶۲

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- خواص کلی پیل‌های سوختی و دمای کارکرد آنها ۳
- جدول ۱-۳- پارامترهای بعد دار ۴۳
- جدول ۲-۳- پارامترهای بی بعد ۴۴
- جدول ۳-۳- مقادیر خطا در دانسیته جریان های مختلف ۴۵

فهرست علائم

a	..... سطح کاتالیست بر واحد حجم آن
c	..... غلظت
c_f	..... غلظت شاخه های SO_3^- در غشاء
D_i	..... ضریب دیفیوژن جزء i در غشاء
$D_{i,j}$	..... ضریب دیفیوژن دوگانه
D_T	..... تابع دمای ضریب پخش
e	..... غلظت غشاء
F	..... ثابت فارادی
I	..... چگالی جریان الکتریکی
i_m	..... جریان در غشاء
i_s	..... جریان در لایه کربنی
i_o	..... چگالی جریان مبادله شده در یک نیم واکنش در حالت تعادل
i_o^{ref}	..... چگالی جریان مبادله شده در حالت مرجع
j	..... چگالی حجمی جریان
k	..... ضریب هدایت یونی غشاء
k_p	..... ضریب هیدرولیکی آب در غشاء
k_ϕ	..... ضریب الکتروستاتیک
M	..... جرم مولکولی
M_m	..... وزن مولکولی غشاء در حالت خشک
n	..... تعداد الکترون مبادله شده
n_d	..... ضریب دراگ
N	..... شار مولی
P	..... فشار
R	..... ثابت جهانی گازها
s_i	..... ضریب استوکیومتری هر جزء
T	..... دما
u_l	..... سرعت محلول
V_{ave}	..... سرعت متوسط
V_i	..... سرعت مطلق هر جزء

V_{iD}	سرعت نفوذ هر جزء در مخلوط
w_i	نرخ جرم تولیدی بر حسب کیلوگرم
x_i	کسر مولی هر جزء
z_f	بار اجزاء ثابت در غشاء
z_i	بار جزء i
α	نسبت شار آب به شار هیدروژن در آند
α_i	ضریب انتقال
β	ضریب تشابه
η_{act}	افت پتانسیل فعالسازی
ϕ_m	پتانسیل غشاء
ϕ_s	پتانسیل لایه کرینی
ρ	چگالی
ρ_m^{dry}	چگالی غشاء در حالت خشک
σ	رسانایی الکتریکی
ϵ_g^d	ضریب تخلخل
λ	ضریب هیدریشن
ϵ_w^{mem}	کسر حجمی آب در غشاء
δ	میزان تورم غشاء در اثر جذب آب
ζ	نسبت استوکیومتری
μ	ویسکوزیته
act	رطوبت نسبی
cat	کاتالیست
ele	الکتروود

فصل اول

مقدمه

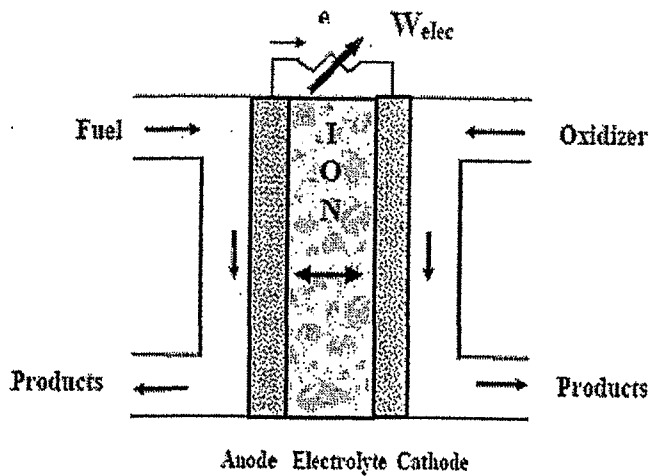
سوخت‌های فسیلی منابع انرژی رو به زوالی هستند که جامعه رو به توسعه انسانی را در آینده‌ای نه چندان دور دچار کمبود سوخت می‌سازند. با رشد سریع جمعیت، نیاز به منابع سوختی پایان‌ناپذیر و ناآلاینده روز به روز جدی‌تر و حیاتی‌تر به نظر می‌رسد. وسایل حمل و نقل، نیروگاه‌های برق، سیستم‌های گرمایشی ساختمان‌ها و کارخانجات، همه و همه با استفاده از سوخت‌های فسیلی سهم قابل توجهی از آلودگی را تولید می‌کنند. از طرف دیگر گازهای گل‌خانه‌ای انباشته شده اطراف زمین موجب گرم‌تر شدن آب و هوای کره زمین، بالا آمدن سطح دریاها، خشکسالی‌ها، باران‌های اسیدی و... می‌گردند و خود به خود منابع دیگر زیست محیطی را نیز با خطر مواجه می‌سازند.

پیل‌های سوختی جایگزینی مناسب برای موتورهای حرارتی (شامل موتورهای احتراق داخلی و توربین‌های گازی) جهت تبدیل انرژی شیمیایی حاصل از سوخت به انرژی گرمایی و مکانیکی و در نهایت الکتریسیته می‌باشند و با مصرف هیدروژن بعنوان حامل انرژی (گاز هیدروژن را می‌توان از منابع انرژی تجدید پذیر و تجدید ناپذیر بدست آورد) و بدون ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی (ناشی از اکسیدهای نیتروژن، مونوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته) و صوتی (ناشی از قطعات متحرک)، به صورت مستقیم انرژی الکتریکی را با بازدهی بالا تولید می‌کنند که این بازدهی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد می‌باشد.

پیل سوختی برخلاف باتری نیاز به شارژ شدن ندارد و تا زمانی که سوخت آن تأمین شود به کارکرد خود ادامه خواهد داد. در باتری بعد از چندین بار شارژ شدن، توان تبدیلات الکتروشیمیایی کاهش می‌یابد در حالیکه در پیل‌های سوختی چنین محدودیتی وجود ندارد. فناوری پیل سوختی در دهه گذشته از یک صنعت کوچک به یک صنعت بزرگ و رو به رشد تبدیل شده است. بعنوان مثال می‌توان برای تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز در خودروها، زیردریایی‌ها، سفینه‌های فضائی، کشتی‌ها و همچنین مناطقی که دور از شبکه‌های سراسری انتقال و توزیع برق هستند و نیز در ایستگاه‌های ماهواره‌ای و مخابراتی، از پیل‌های سوختی استفاده نمود.

۱-۲- پیل سوختی و انواع مختلف آن

پیل سوختی دستگاهی است الکتروشیمیایی که انرژی شیمیایی سوخت را به صورت مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. هر پیل سوختی مطابق شکل (۱-۱) از کاتد، آند و الکترولیت تشکیل شده است که بین دو کانال توزیع کننده سوخت و اکسیدان قرار گرفته اند. ورود سوخت و اکسیدکننده به پیل از طریق این کانال ها می‌باشد و با وقوع واکنشهای الکتروشیمیایی اکسیداسیون و احیاء روی الکترودها جریان الکتریکی تولید می‌شود. برق خروجی از پیل‌های سوختی جریان مستقیم (DC) است. بنابراین برای مصرف کننده‌های جریان متناوب از مبدل‌های DC به AC استفاده می‌شود.



شکل ۱-۱- شماتیک یک پیل سوختی

از آنجا که الکترولیت تعیین کننده خواص اصلی پیل سوختی به ویژه دمای عملکرد آن است بطور معمول تقسیم‌بندی پیل‌های سوختی برحسب نوع الکترولیت آنها انجام می‌گیرد. این تقسیم‌بندی به شرح زیر است:

- پیل‌های سوختی پلیمری (PEMFCs)
- پیل‌های سوختی قلیایی (AFCs)
- پیل‌های سوختی اسیدفسفریک (PAFCs)
- پیل‌های سوختی کربنات مذاب (MCFCs)
- پیل‌های سوختی اکسید جامد (SOFCs)

در جدول زیر مشخصات کلی پیل‌های سوختی آمده است.

جدول ۱-۱- خواص کلی پیل‌های سوختی و دمای کارکرد آنها

پیل سوختی	غشاء پلیمر جامد (PEM)	قلیایی (AFC)	اسیدفسفریک (PAFC)	کربنات مذاب (MCFC)	اکسید جامد (SOFC)
الکترولیت	پلیمر خاص	هیدروکسید پتاسیم	اسیدفسفریک	نمک کربنات مذاب	اکسید فلزی
دمای عملیاتی (سانتی‌گراد)	۸۰	۹۰-۲۰۰	۱۹۰	۶۵۰	۷۰۰-۱۰۰۰
سوخت مصرفی	هیدروژن، متانول، تبدیل سوخت فسیلی به هیدروژن	هیدروژن	هیدروژن، تبدیل سوخت فسیلی به هیدروژن	هیدروژن، منوکسید کربن، کربن، تبدیل سوخت فسیلی به هیدروژن	هیدروژن، منوکسید کربن، متان، تبدیل سوخت فسیلی به هیدروژن
نوع مبدل سوخت	خارجی / داخلی	داخلی / خارجی	خارجی	داخلی / خارجی	داخلی / خارجی
اکسیدان	اکسیژن، هوا	اکسیژن	اکسیژن، هوا	اکسیژن، هوا، گاز کربنیک	اکسیژن، هوا

۱-۳- تاریخچه پیل سوختی و کاربردهای مختلف آن تا به امروز

تاریخچه پیل‌های سوختی به دو دوره متمایز تقسیم می‌شود. دوره اول حدود صد سال طول کشید و از سال ۱۸۳۹ با ساخت اولین پیل سوختی توسط ویلیام گرو (W. Grove) آغاز گردید که جریان الکتریسیته از هیدروژن و اکسیژن تغذیه شده به الکترودهای خنثی در الکترولیت اسیدسولفوریک بدست می‌آمد. تلاش دانشمندان بزرگی مثل جکس، هابر، مون و همکاران آنها منجر به درک علمی از پیل سوختی و شناخت تنگناهای این فن‌آوری تا سال ۱۹۴۰ گردید.

دوره دوم از سال ۱۹۴۵ آغاز می‌شود که بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ نمونه‌های متعددی از پیل‌های سوختی توسط شرکت‌های بزرگی مانند جنرال الکتریک با ظرفیت ۰/۲ تا ۱۵ وات ساخته شد. اما این ظرفیت برای کاربردهای فنی و صنعتی موردنظر کافی و قابل قبول نبود تا اینکه در سال ۱۹۶۵ یک واحد پیل سوختی با ظرفیت یک کیلووات ساعت توسط شرکت جنرال الکتریک به منظور استفاده در ماهواره ساخته شد و توجه دانشمندان را به خود جلب کرد.

کرد. این پیل سوختی با ولتاژ ۲۵ ولت و شدت جریان خروجی ۴۰ آمپر توانست در طول ۷ پرتاب ماهواره، انرژی برابر با ۵۱۹ کیلووات ساعت را طی بیش از ۸۴۰ ساعت پرواز تأمین کند. از دهه هفتاد فناوری پیل سوختی در وسایل خانگی و خودروها به کار گرفته شد. از جمله کاربردهای پیل سوختی با دانسیته انرژی بالا، در خودروها می باشد. اولین خودروی مجهز به پیل سوختی (هیبریدی) حدود سال ۱۹۷۰ توسط شرکت جنرال موتورز آمریکا ساخته شد. از دهه هشتاد به بعد شرکت بالارد در کانادا تحت حمایت دولت با انجام پروژه ساخت زیردریایی که در آن از پیل سوختی استفاده می شد بعنوان پیشرو در این صنعت به دنیا معرفی شد.

هواپیمای پیل سوختی ناسا در سال ۲۰۰۰ با نیرو محرکه‌ی دوگانه باتری خورشیدی و پیل سوختی مورد بهره‌برداری قرار گرفت. این هواپیما توان پرواز شش ماه بدون وقفه را دارد و با حرکت مستمر خود در یک نقطه از آسمان در سیستم‌های مخابراتی، جاسوسی و امداد رسانی کاربردهای وسیعی پیدا کرده است.

کاربردهای پیل سوختی امروزه منحصر به یک صنعت خاص نیست. از جمله کاربردهای جدید آنها در ابزارهای الکترونیکی قابل حمل شامل تلفن‌های همراه و کامپیوترهای کیفی که نیازمند منبع انرژی با دانسیته بالا هستند می باشد و آب حاصل از فرایند تبدیل انرژی به منظور رقیق کردن سوخت به کار می رود. هم چنین می توان از پیل‌های سوختی در صفحات خورشیدی هیبریدی استفاده کرد تا بازده انرژی در این گونه صفحات افزایش یافته و آلاینده‌گی آنها به صفر برسد.



شکل ۱-۲- پیل سوختی و کاربرد آن در تلفن همراه

نیروی هوایی آمریکا از مدتها قبل در پی تولید وسایل نقلیه در مقیاس مینیاتوری بوده است. اما تاکنون بدلیل نداشتن منبع انرژی فشرده مناسب، ناکام مانده است. دانشگاه های رایس

و کالیفرنیا جنوبی به منظور ساخت پیل های سوختی (به اندازه کف دست) با نیرو محرکه باکتری برای تامین انرژی هواپیماهای جاسوسی بدون سرنشین، همکاری مشترک خود را آغاز کرده اند. اجزای اصلی این سیستم، باکتری و سطح و محلول هضم کننده باکتری است که تغییر هر یک از این عوامل روی دو عامل دیگر موثر بوده و هدف، یافتن شرایط بهینه عملکرد سیستم کلی است. *Sewanella* یکی از این باکتری ها می باشد که برای متابولیسم کامل غذا به جای اکسیژن از فلز استفاده می کند و از آنجا که این ارگانیسم قادر است مستقیماً الکترونها را به اکسید فلزی جامد انتقال دهد می توان آن را در آند پیل های سوختی مورد استفاده قرار داد.

کاربرد دیگر پیل های سوختی در مولدهای نیروگاهی است. هزینه نسبتاً بالای خدمات انرژی الکتریکی و فراوانی منابع گاز طبیعی که پاسخ گوی نیاز به منبع سوخت هیدروژن می باشد انگیزه بیشتری برای استفاده از پیل های سوختی نیروگاهی به وجود آورده است و موانع این فن آوری را در کاربردهای نیروگاهی نسبت به دیگر کاربردها همچون خودرویی و منبع انرژی قابل حمل کاهش داده است. در تجاری سازی سیستم های پیل سوختی، عملکرد سیستم بیش از قیمت آن موثر می باشد. با توجه به اینکه عملکرد این سیستم ها از لحاظ تئوری کاملاً واضح و روشن است اما تست واقعی این سیستم ها عامل اصلی در تایید عملکرد واقعی و بررسی پتانسیل های کاربردی آن می باشد. مرکز تحقیقات پیشرفته هوستون (HARC) با انجام آزمایشات کاملاً تکنیکی، جامع و با کیفیت بالا، اطلاعات مربوط به عملکرد واقعی و ارزیابی سیستمهای پیل سوختی تجاری و یا نزدیک به مرحله تجاری را در اختیار مصرف کنندگان نهایی این سیستم ها قرار می دهد. از جمله پیل های سوختی که HARC مورد آزمایش قرار داده است پیل سوختی Nexa RM شرکت بالارد [1] می باشد که برای جایگزینی باتری، انرژی پشتیبان و منبع برق پیوسته به کار می رود. طرح آزمایش به چهار واحد یک کیلوواتی جداگانه احتیاج دارد که مطابق شکل (۱-۳) در محدوده ای معین از شرایط عملیاتی تست می شوند. واحد کنترل به صورت پیوسته در ۵۰۰ وات عمل می کند و سه واحد دیگر به عنوان واحدهای آزمایشی، اثرات عملیات پیوسته با انرژی خروجی بالا و عملیات در شرایطی با رطوبت و دمای متغییر را ارزیابی می کنند. پس از انجام آزمایش چهار واحد به صورت مجزا، این ماژول ها به صورت یک سیستم چهار کیلوواتی بازسازی می شوند و عملکرد این سیستم کلی با گرفتن تصویر لحظه ای پس از هر ۵۰۰ ساعت کارکرد بررسی می شود.

تجربه عملی HARC با فن آوری پیل سوختی نشان می دهد که آلودگی پایین، مدولار بودن و میزان انرژی حرارتی تولیدی با وجود هزینه های نسبتاً بالا منجر به پذیرش زود هنگام فن آوری پیل سوختی نیروگاهی شده است و گذر آن را از آزمایشگاه به بازار محقق می سازد. بنابراین پیل های سوختی به عنوان نسل چهارم نیروگاه ها در آینده امکان توسعه سیستم های غیر متمرکز تولید انرژی را فراهم می سازند.