بسم الله الرحمن الرحیم

تحلیل و شبیه سازی عددی مدیریت آب در جریان های دوفاز گاز – مایع در پیل سوختی پلیمری

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

در مهندسی مکانیک – گرایش تبدیل انرژی

استاد راهنما :

دکتر مهرزاد شمس

نگارش :

حامد مرادی مهیاری

زمستان ۱۳۹۱

دانشکده مهندسی مکانیک

تائیدیه هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان: **تحلیل و شبیه سازی عددی مدیریت آب در جریان های دوفاز گاز – مایع در پیل سوختی پلیمری** توسط آقای **حامد مرادی مهیاری** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته: مهندسي مكانيك، گرایش تبدیل انرژی مورد تائید قرار می-دهند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ – استاد راهنما	**دکتر مهرزاد شمس**	
۲ – استاد ممتحن	**دکتر علی کشاورز ولیان**	
۳ – استاد ممتحن	**دکتر سیروس آقانجفی**	

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه: **تحلیل و شبیه سازی عددی مدیریت آب در جریان های دوفاز گاز – مایع در پیل سوختی پلیمری**

استاد راهنما: **دکتر مهرزاد شمس**

نام دانشجو: **حامد مرادی مهیاری**

شماره دانشجوئی: **۸۹۰۲۳۰۴**

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

نام و نام خانوادگی: **حامد مرادی مهیاری**

امضا و تاریخ: **۹۲/۱/۲۰**

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 باموافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

ضمنا 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.

محمد جواد، برادر عزیزم

رفتی از چشمم و دل محو تماشاست هنوز　　عکس روی تو در این آینه پیداست هنوز

هر که در سینه دلی داشت به دلداری داد　　دل نفرین شده ی ماست که تنهاست هنوز

در دلم عشق تو چون شمع به خلوتکه راز　　در سرم شور تو چون باده به میناست هنوز

این پایان نامه را که حاصل ماه ها تلاش شبانه روزی بنده حقیر می باشد، تقدیم می کنم به روح بردار بزرگوارم، محمد جواد مرادی مهیاری.

حمد و شکر مخصوص ذات مقدس اوست.

با تقدیر و درود فراوان خدمت پدر و مادر بسیار عزیز، دلسوز و فداکارم که پیوسته جرعه نوش جام تعلیم و تربیت، فضیلت و انسانیت آنها بوده ام و همواره چراغ وجودشان روشنگر راه من در سختی ها و مشکلات بوده است.

با امتنان بیکران از مساعدت های بی شائبه ی همسر مهربانم.

با شکر و سپاس از استاد دانشمند جناب آقای دکتر مهرزاد شمس که از محضر پر فیض تدریسشان، بهره ها برده ام.

با سپاس بی دریغ خدمت دوستان گران مایه ام آقایان سید حسین مسروری سعادت، امید ساریخانی و همایون کنعانی که مرا صمیمانه و مشفقانه یاری داده اند.

و با شکر خالصانه خدمت همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده اند.

چکیده

برای بدست آوردن بهترین عملکرد پیل سوختی پلیمری با کانال انتها بسته آند به مدیریت آب و گاز دقیقی نیازمند هستیم. آب انباشته شده در انتهای کانال گاز آند و گذر نیتروژن از کاتد به آند نکات مهمی در این مدلسازی می باشد. برای مطالعه رفتار گذرای پیل سوختی پلیمری با کانال انتها بسته آند، مشاهده انباشته شدن آب و نیتروژن در کانال گاز آند با گذر زمان و تاثیر استراتژی تخلیه در مدیریت آب و گاز، یک مدل گذرای پیل سوختی پلیمری با کانال انتها بسته آند توسعه داده شده است. این مدل جریان را دوفاز فرض می کند و معادلات حاکم بر مدل، معادلات بقای جرم، مومنتم، گونه های شیمیایی، انرژی و بار الکتریکی را همراه با مدل اشباع آب حل می کند. نتایج مدل نشان می دهد که آب و نیتروژن با گذشت زمان در کانال آند انباشته شده و میزان دسترسی به هیدروژن را کاهش می دهد، ازاین رو عملکرد پیل افت می کند. نرخ انباشتگی به جریان الکتریکی بدست آمده از پیل، وابسته می باشد. علاوه بر این، پیداست دوره تناوب انجام تخلیه، نقش مهمی در تسکین اثرات زیان بار انباشتگی آب و نیتروژن در کانال آند، بازی می کند. رفتار گذرا و اثر شرایط عملکردی مربوطه از طریق نتایج شبیه سازی بدست آمده است که می تواند برای افزایش کارایی استراتژی تخلیه استفاده شود.

واژه های کلیدی: کانال انتها بسته آند، پیل سوختی پلیمری، مدیریت آب، تخلیه، حل گذرا

فهرست مطالب

۱. مقدمه ۱

۱- ۱- مقدمه کلی درباره انرژی هیدروژن ۱

۱- ۲- پیل سوختی چیست؟ ۳

۱- ۳ - مختصری از تاریخچه پیل های سوختی ۳

۱- ۴ - مزایای فناوری پیل های سوختی: چرا بشریت به فناوری پیل های سوختی نیازمند است؟ ۵

۱- ۵ - انواع پیل های سوختی ۶

۱- ۶ - پیل سوختی پلیمری: شرح عملکرد و واکنش های الکتروشیمیایی ۹

۱- ۷ - اجزاء و مواد تشکیل دهنده پیل سوختی پلیمری ۱۰

۱ – ۷ – ۱ – غشاء مبادله کننده پروتون ۱۱

۱– ۷ – ۲ – لایه کاتالیست ۱۱

۱ – ۷ – ۳ – لایه نفوذ گاز ۱۳

۱ – ۷ – ۴ – صفحات میدان جریان ۱۴

۱- ۸- مدیریت آب: یک مسئله بحرانی برای عملکرد پیل سوختی پلیمری ۱۶

۱- ۹- موضوع و اهداف پایان نامه ۱۸

۱- ۱۰- نمای کلی از پایان نامه ۱۸

۲. پیشینه تحقیقات انجام شده در زمینه مدلسازی پیل سوختی پلیمری ۲۰

۳. توسعه مدل عددی پدیده های انتقال در پیل سوختی پلیمری ۲۵

۳- ۱- دامنه حل مدل و فرضیات ۲۵

۳- ۲- معادلات حاکم ۲۶

۳- ۲- ۱- معادله بقای جرم ۲۶

۳- ۲- ۲- معادله بقای مومنتم ۲۷

۳- ۲- ۳- معادله بقای انرژی ۲۷

۳- ۲- ۴- معادلات انتقال گونه شیمیایی ۲۹

۳- ۲- ۵- معادلات مدل آب اشباع ۳۱

۳- ۲- ۶- معادلات بقای بار الکتریکی ۳۲

۳- ۳- فرایند انتقال در سرتاسر غشاء و اثر آن بر خواص رسانه متخلخل ۳۴

۳- ۳- ۱- انتقال آب در سرتاسر غشاء پلیمری ۳۴

۳- ۳- ۲- ضریب نفوذ آب غشاء ۳۴
۳- ۳- ۳- ضریب هدایت یونی ۳۵
۳- ۴- فرایند تغییرفاز و انتقال جرم ۳۵
۳- ۵ – شرایط مرزی ۳۶
۳- ۵- ۱- شرط مرزی ورودی کانال های جریان ۳۶
۳- ۵- ۲- شرط مرزی خروجی کانال های جریان ۳۸
۳- ۵- ۳- شروط مرزی خارجی ۳۸
۴. مقدمات مدلسازی و اعتبارسنجی ۴۰
۴- ۱- دامنه حل مدل عددی ۴۰
۴- ۲- پارامترهای حل مدل عددی ۴۱
۴- ۳- بررسی استقلال حل عددی از اندازه شبکه محاسباتی ۴۱
۴- ۴- نحوه انتخاب گام زمانی برای حل گذرا ۴۴
۴- ۵- اعتبارسنجی مدل عددی ۴۴
۴- ۶- الگوریتم دینامیک سیالات محاسباتی و رویه حل ۴۶
۵. ارائه و تحلیل نتایج ۴۸
۵- ۱- شبیه سازی پیل سوختی پلیمری با کانال انتها بسته آند ۴۸
۵- ۲- بررسی پارامترهای موثر بر عملکرد پیل سوختی با کانال انتها بسته آند ۵۸
۵- ۲- ۱- اثر فشار ورودی کانال آند ۵۸
۵- ۲- ۲- اثر رطوبت نسبی جریان ورودی کانال آند ۶۱
۵- ۳- استراتژی تخلیه ۶۴
۶. جمع بندی نتایج و ارائه پیشنهادات ۶۸
۶- ۱- جمع بندی نتایج ۶۸
۶- ۲- ارائه پیشنهادات ۶۸
لیست مقالات ارائه شده ۷۰
مراجع ۷۱

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱- طرح تقریبی پیل سوختی ویلیام گرو در سال ۱۸۳۹. [۴] ۴

شکل ۱-۲- نحوه عملکرد انواع پیل های سوختی. [۱] ۷

شکل ۱-۳- نحوه عملکرد پیل های سوختی پلیمری و واکنش های شیمیایی آن. [۱] ۹

شکل ۱-۴- طرح شماتیکی یک پیل سوختی پلیمری با اجزای تشکیل دهنده آن. [۵] ۱۰

شکل ۱-۵- ساختار شیمیایی نفیون. [۵] ۱۱

شکل ۱-۶- تصویر گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی از نانوذرات پلاتین بروی بستر مخلخل کربن. [۵] ۱۲

شکل ۱-۷- نمای شماتیک محل واکنش: آ) مرز سه فازی محل واکنش. ب) نفوذ نفیون در کاتالیست. ۱۲

شکل ۱-۸- تصویر گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی از: آ) لایه نفوذ گاز پارچه کربنی. ب) لایه نفوذ گاز کاغذ کربنی. [۵] ۱۴

شکل ۱-۹- نمونه هایی از صفحات میدان جریان در پیل سوختی پلیمری. [۵] ۱۵

شکل ۴-۱-هندسه پیل سوختی پلیمری کانال مستقیم ۴۰

شکل ۴-۲- هندسه شبکه های محاسباتی مورد استفاده در استقلال حل عددی از شبکه : آ) نمونه ۲۸۰۸۰ سلولی. ۴۳

شکل ۴-۳- مقایسه منحنی قطبش سه نمونه شبکه محاسباتی در فشار ۳ اتمسفر و درجه حرارت ۸۰ درجه سانتیگراد ۴۴

شکل ۴-۴- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و مدل پیل سوختی پلیمری در حالت انتها باز در فشار ۳ اتمسفر و درجه حرارت ۸۰ درجه سانتیگراد [۸۳] ۴۵

شکل ۴-۵-رویه حل برای حل کننده جداجدا معادلات بر پایه فشار ۴۶

شکل ۵-۱- عملکرد گذرای پیل سوختی پلیمری با کانال انتها بسته آند. ۴۹

شکل ۵-۲- توزیع کسر حجمی آب در مقاطع زمانی الف) صفر ثانیه ب) ۲ ثانیه ج) ۵ ثانیه د) ۳۳ ثانیه و) ۱۵۰۰ ثانیه. ۵۱

شکل ۵-۳- توزیع کسر جرمی گاز هیدروژن در مقاطع زمانی الف) صفر ثانیه ب) ۵ ثانیه ج) ۳۳ ثانیه د) ۵۰۰ ثانیه. ۵۲

شکل ۵-۴- توزیع کسر جرمی گاز نیتروژن در مقاطع زمانی الف) صفر ثانیه ب) ۱ ثانیه ج) ۲ ثانیه د) ۵ ثانیه و) ۳۳ ثانیه. ۵۴

شکل ۵-۵- توزیع چگالی جریان الکتریکی : الف) در صفحه میانی غشاء پلیمری ب) در صفحه میانی کاتالیست کاتد. ۵۶

شکل ۵-۶- توزیع چگالی جریان الکتریکی : الف) در صفحه میانی غشاء پلیمری ب) در صفحه میانی کاتالیست کاتد. ۵۷

شکل ۵-۷- اثر فشار جریان ورودی آند در ولتاژ ثابت ۰/۶۹ v بر: الف) چگالی جریان الکتریکی پیل سوختی ب) مقدار میانگین کسر جرمی گاز هیدروژن در کانال و لایه نفوذ گاز آند ج) مقدار میانگین کسر جرمی گاز نیتروژن در کانال و لایه نفوذ گاز آند. ۶۰

شکل ۵-۸- اثر رطوبت جریان ورودی آند در ولتاژ ثابت ۰/۶۹ v بر: الف) چگالی جریان الکتریکی پیل سوختی ب) مقدار میانگین کسر جرمی گاز هیدروژن در کانال و لایه نفوذ گاز آند ج) مقدار میانگین کسر جرمی گاز نیتروژن در کانال و لایه نفوذ گاز آند. ۶۲

شکل ۵-۹- اثر اعمال استراتژی تخلیه بر: الف) چگالی جریان الکتریکی پیل سوختی ب) مقدار میانگین کسر جرمی گاز هیدروژن در کانال و لایه نفوذ گاز آند ج) مقدار میانگین کسر جرمی گاز نیتروژن در کانال و لایه نفوذ گاز آند د) مقدار میانگین کسر حجمی آب در کانال و لایه نفوذ گاز آند. ۶۵

شکل ۵-۱۰- اثر اعمال استراتژی تخلیه بر توزیع کسر حجمی آب: الف) قبل از انجام تخلیه در مقطع زمانی ۹۶۰ ثانیه ۶۶

فهرست جداول

جدول ۱-۱- مقایسه انواع پیل های سوختی بر حسب پارامتر های مختلف. [۳] ۸

جدول ۱-۲- واکنش های پیل سوختی پلیمری ۱۰

جدول ۴-۱- مشخصات هندسه پیل سوختی پلیمری ۴۱

جدول ۴-۲- مقادیر پارامترهای لازم برای مدلسازی پیل سوختی پلیمری ۴۲

جدول ۴-۳- مقادیر آزمایشگاهی ضرایب پخش گاز ها در فشار یک اتمسفر ۴۲

فهرست علائم و اختصارات

علائم انگلیسی	کمیت	واحد
$\boldsymbol{A}$	مساحت سطح فعال کاتالیست	m^2
$\boldsymbol{a}$	فعالیت آب	بی بعد
$\boldsymbol{C_i}$	غلظت گونه شیمیایی iام	$kmol/m^3$
$\boldsymbol{c_P}$	ظرفیت گرمایی ویژه	$j/(kg.k)$
$\boldsymbol{c_r}$	ضریب تغییر فاز، ۱۰۰	$1/s$
$\boldsymbol{D}$	ضریب نفوذ	m^2/s
$\boldsymbol{D_{ij}}$	ضرایب پخش دوتایی	m^2/s
$\boldsymbol{F}$	ثابت فارادی، $۹/۶۴۸\times۱۰^{۹}$	$C/kmol$
$\boldsymbol{H}$	ارتفاع	m
$\boldsymbol{h_i}$	آنتالپی گازهای ایده آل	$kj/(kg.k)$
$\boldsymbol{h_L}$	گرمای نهان آب	$N.m/K$
$\boldsymbol{I}$	چگالی جریان الکتریکی	A/m^2
$\boldsymbol{I_m}$	چگالی جریان الکتریکی میانگین	A/m^2
$\boldsymbol{\vec{J}_i}$	شار پخش گونه شیمیایی iام	$kg/(m^2.s)$
$\boldsymbol{j}$	چگالی جریان الکتریکی انتقالی	A/m^3
$\boldsymbol{K}$	تراوایی مطلق	m^2
$\boldsymbol{k}$	ضریب رسانش حرارتی	$W/(m.k)$
$\boldsymbol{L}$	طول	m
$\boldsymbol{M_i}$	جرم مولکولی گونه شیمیایی iام	$kg/kmol$
$\boldsymbol{\dot{m}_i}$	دبی جرمی گونه شیمیایی iام	kg/s
$\boldsymbol{n_d}$	ضریب کشش الکتروسموتیک	بی بعد
$\boldsymbol{n_f}$	تعداد الکترون در هر واکنش	بی بعد
$\boldsymbol{n}$	مولفه عمود بر سطح	m
$\boldsymbol{P}$	فشار	Pa
$\boldsymbol{P_c}$	فشار مویینگی	Pa
$\boldsymbol{P_w}$	فشار بخار آب	Pa
$\boldsymbol{R}$	ثابت جهانی گازها، ۸/۳۱۴۵	$kj/(kmol.K)$
$\boldsymbol{r_{O_2}}$	نسبت وزنی اکسیژن در هوا	بی بعد
$\boldsymbol{r_w}$	نرخ تغییر فاز	$kg/(m^3.s)$
$\boldsymbol{S}$	ترم منبع معادلات حاکم	
$\boldsymbol{s}$	کسر حجمی آب	بی بعد
$\boldsymbol{T}$	درجه حرارت	K
$\boldsymbol{t}$	زمان	s
$\boldsymbol{u, v, w}$	مولفه های سرعت در راستای $\boldsymbol{z, y, x}$	m/s
$\boldsymbol{\vec{V}}$	بردار سرعت	m/s

علائم انگلیسی	کمیت	واحد
V_{cell}	پتانسیل پیل سوختی	$Volt$
V_{OC}	پتانسیل مدار باز	$Volt$
W	عرض	m
x_i	کسر مولی گونه شیمیایی iام	بی بعد
Y_i	کسر جرمی گونه شیمیایی iام	بی بعد

علائم یونانی	کمیت	واحد
α	ضریب انتقال	بی بعد
γ	فاکتور وابسته به غلظت	بی بعد
γ_T	فاکتور نمایی	بی بعد
ε	ضریب تخلخل	بی بعد
η	تلفات فعالسازی	$Volt$
θ_c	زاویه تماس	$^\circ$
λ	ظرفیت آب	بی بعد
μ	لزجت دینامیکی	$kg/(m.s)$
ρ	چگالی	kg/m^3
σ	ضریب هدایت الکتریکی	$1/(\Omega.m)$
$\bar{\bar{\tau}}$	تانسور تنش	N/m^2
Φ	رطوبت نسبی	بی بعد
ϕ	پتانسیل	$Volt$
ω	نسبت استوکیومتری	بی بعد

اندیس ها	توصیف
an	آند
c	کاتالیست
cat	کاتد
cc	صفحات میدان جریان
$cell$	پیل سوختی
ch	کانال
$diff$	نفوذ
eff	مؤثر
em	بار الکتریکی فاز غشاء
es	بار الکتریکی فاز جامد
f	فاز سیال
g	فاز گاز
gdl	لایه نفوذ گاز
i	گونه شیمیایی iام
in	ورودی
l	فاز مایع
m	فاز غشاء
$mass$	معادله بقای جرم
os	کشش الکتروسموتیک
ref	مرجع
s	فاز جامد
sat	آب اشباع
$temp$	معادله بقای انرژی

فصل ۱

۱. مقدمه

۱- ۱- مقدمه کلی درباره انرژی هیدروژن

تقاضای انرژی در جهان در سال ۲۰۰۶ میلادی به ۴۷۲ هزار تریلیون واحد گرمایی بریتانیا[1] گزارش شده است. دپارتمان انرژی آمریکا[2] پیش بینی می کند، تقاضای جهانی انرژی به ۶۷۸ هزار تریلیون واحد گرمایی بریتانیا در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید، یعنی، بیش از ٪۴۳/۶ افزایش، در مقایسه با تقاضای انرژی درسال ۲۰۰۵ می باشد. هم اکنون سوخت های فسیلی شامل سوخت های مایع و نفت خام، گاز طبیعی و ذغال سنگ بیشترین سهم را در تأمین انرژی بر عهده دارند و انتظار می رود، نیاز به این نوع سوخت ها، در آینده، بیشتر شود.[۲]

مصرف جهانی نفت خام از ۸۵ میلیون بشکه در هر روز در سال ۲۰۰۶ میلادی به ۹۱ میلیون بشکه در هر روز در سال ۲۰۱۵ میلادی و ۱۰۷ میلیون بشکه در هر روز در سال ۲۰۳۰ میلادی رشد خواهد داشت. قیمت نفت، نیز به ۷۰ دلار برای هر بشکه در سال ۲۰۰۶ میلادی رسید، که انتظار می رود به ۱۳۰ دلار برای هر بشکه در سال ۲۰۳۰ میلادی برسد. [۲]

مشکلات زیست محیطی ناشی از سوخت های فسیلی، یک چالش بزرگ می باشد. سوختن سوخت های فسیلی، منبع اصلی تولید گازهای گلخانه ای است که تأثیر بسزایی در تغییر سیستم آب و هوایی جهان دارد. تراکم جوی گاز دی اکسیدکربن، یکی از اصلی ترین گازهای گلخانه ای، که از طریق احتراق سوخت های فسیلی آزاد می شود، از ۲۸۰ ppm[3] به بیش از ۳۷۰ ppm، از انقلاب صنعتی تا کنون افزایش داشته است. آلاینده های دیگر شامل CO، NO_x، SO_2 که محصولات مصرف انرژی

[1] Btu
[2] U.S. Department of Energy
[3] Part per million

می باشد، تأثیرات مخربی بر محیط زیست و سلامتی انسانها و حیوانات، جنگلها و اکوسیستم دارند. [۲]

هم اکنون مصرف انرژی در جهان، عمدتاً از طریق احتراق سوخت های فسیلی می باشد (از ٪۸۰ تا ٪۹۰)، رشد سریع قیمت انرژی در جهان، تأثیرات بالقوه بر روی تغییرات آب و هوا توسط انتشار گازهای گلخانه ای، توجه جهانیان را به سوی توسعه راه های دیگر تولید انرژی جلب کرده است. انرژی هیدروژن و پیل های سوختی[۱] به عنوان راه حل اطمینان بخش برای مسائل مهمی همانند تقاضای انرژی جهانی و در دسترس بودن منابع انرژی و ملاحظات زیست محیطی جهان در قرن بیست و یکم، در نظر گرفته شده است. ذخایر هیدروژن به صورت نامحدود وجود دارد، زیرا هیدروژن یکی از فراوان ترین عنصر در طبیعت می باشد، برخلاف منابع انرژی اولیه، همانند نفت، گاز طبیعی و ذغال سنگ، هیدروژن باید از مواد دیگری همانند هیدروکربن ها یا آب تولید شود که هم با استفاده از سیستم های انرژی موجود و هم منابع تجدیدپذیر تولید خواهد شد. مگر اینکه بخواهیم هیدروژن را از سوخت های فسیلی همانند دستگاه تبدیل بخار[۲] همراه با انتشار گاز های گلخانه ای، تولید کنیم. هیدروژن همچنین از منابع هسته ای و الکترولیز آب نیز تولید می شود. هیدروژن یک منبع انرژی عاری از کربن نیز می باشد و دیگر اینکه هیدروژن می تواند در تأسیسات بزرگ یا کوچک تولید شود و محدوده وسیعی از گزینه ها برای انتخاب منابع و مبدل های آن در هر کشوری وجود دارد که این نشان دهنده انعطاف پذیری هیدروژن به عنوان سوخت یک پیل سوختی پلیمری می باشد که یکی از مهم ترین و برجسته ترین امتیاز هیدروژن و پیل سوختی پلیمری در مقایسه با انواع پیل های سوختی دیگر (با سوخت هایی به غیر از هیدروژن) می باشد.

[1] Fuel cell
[2] Steam Reformer

۱- ۲- پیل سوختی چیست؟

پیل های سوختی یک مبدل انرژی الکتروشیمیایی است که انرژی شیمیایی سوخت را مستقیماً به جریان الکتریسیته مستقیم تبدیل می کند. معمولاً، فرایند تولید جریان الکتریسیته از سوخت شامل چندین مرحله تبدیل انرژی می باشد که عبارتند از:

۱- احتراق سوخت، انرژی شیمیایی سوخت را به حرارت تبدیل می کند.

۲- این حرارت برای گرم کردن آب و تولید بخار استفاده می شود.

۳- بخار تولید شده برای راه اندازی توربین استفاده می شود تا بتوان انرژی حرارتی را به انرژی مکانیکی تبدیل کرد

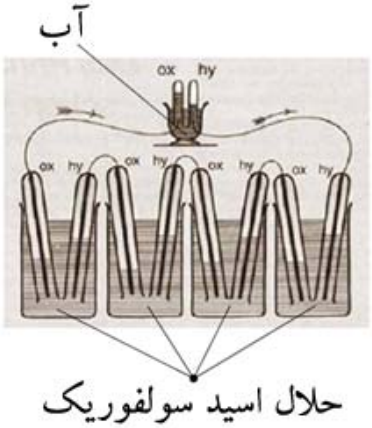
۴- و نهایتاً انرژی مکانیکی برای راه اندازی یک ژنراتور برای تولید جریان الکتریسیته مصرف می شود.

یک پیل سوختی تمام این مراحل و تولید جریان الکتریسیته را تنها در یک مرحله و بدون داشتن حتی یک قسمت متحرک انجام می دهد. [۱]

۱- ۳ - مختصری از تاریخچه پیل های سوختی

اصول پیل سوختی توسط دانشمند آلمانی کریستین فردریش شونبین[1] در سال ۱۸۳۸ کشف و در یکی از مجلات علمی آن زمان منتشر شد. بر اساس این کار، اولین پیل سوختی توسط دانشمند و حقوق دان ویلزی، سر ویلیام رابرت گراو[2] در فوریه سال ۱۸۳۹ در نسخه ای از مجله فیلسوفیکال مگزین[3] و بعد، شرح آن در سال ۱۸۴۲، در همان مجله نشان داده شد. مواد بکارگرفته شده در پیل سوختی او شبیه به موادی است که امروزه در پیل سوختی اسید فسفریک[4] استفاده می شود. [۴]

[1] Christian Friedrich Schönbein
[2] Sir William Robert Grove
[3] Philosophical Magazine and Journal of Science
[4] Phosphoric-acid fuel cell (PAFC)



شکل ۱-۱- طرح تقریبی پیل سوختی ویلیام گرو در سال ۱۸۳۹. [۴]

در سال ۱۹۵۵، توماس گراب[۱]، یک شیمیدان که برای شرکت جنرال الکتریک[۲] کار می کرد، دوباره طراحی اصلی پیل سوختی را با استفاده از غشاء تبادل یونی پلی استیرن سولفونات[۳] به عنوان الکترولیت اصلاح کرد. سه سال بعد شیمیدان دیگری از شرکت جنرال الکتریک، به نام لئونارد نیدراخ[۴]، راهی را برای قراردادن پلاتین بر روی غشاء، که به عنوان کاتالیزور برای واکنش های اکسایش هیدروژن و احیاء اکسیژن عمل می کرد، یافت. در نهایت به نام پیل سوختی گراب - نیدراخ شناخته شده است. جنرال الکتریک در ادامه به منظور توسعه این فن آوری با ناسا و هواپیمایی مک دانل[۵]، منجر به استفاده از آن در طول پروژه جمینی[۶] شد. این اولین استفاده تجاری از پیل سوختی بود. در سال ۱۹۵۹، یک مهندس بریتانیایی به نام توماس فرانسیس توماس بیکن[۷]، موفق به طراحی و ساخت پیل سوختی ۵ کیلو واتی ساکن شد. در سال ۱۹۵۹، یک تیم به رهبری هری آیریگ[۸]، پیل سوختی ۱۵کیلو واتی تراکتور، برای آلیس - چالمرز[۹] ساخت که در سراسر ایالات متحده در نمایشگاه های دولتی نشان داده شد. این سیستم از هیدروکسید پتاسیم به عنوان الکترولیت[۱۰] و هیدروژن

---

[1] Thomas Grubb
[2] General Electric Company
[3] sulphonated polystyrene ion-exchange membrane
[4] Leonard Niedrach
[5] NASA and McDonnell Aircraft
[6] Project Gemini
[7] Francis Thomas Bacon
[8] Harry Ihrig
[9] Allis-Chalmers
[10] Electrolyte

متراکم و اکسیژن را به عنوان واکنشگر استفاده می کرد. بعدها در سال ۱۹۵۹، بیکن و همکارانش، واحد پنج کیلوواتی با قابلیت تأمین انرژی دستگاه جوش ساختند. در سال ۱۹۹۱، اولین خودرو پیل سوخت هیدروژنی توسط راجر بیلینگز[۱] ساخته شد. شرکت فن آوری متحده UTC Power[۲]، اولین شرکت برای تولید و تجاری سازی، سیستم های پیل سوختی ساکن و بزرگ برای استفاده به عنوان یک نیروگاه تولید همزمان در بیمارستان ها، دانشگاه ها و ساختمان های اداری بزرگ، بود.[۴]

UTC Power به فروش این پیل سوختی به عنوان PureCell200، که سیستم ۲۰۰ کیلو واتی بود ادامه داد. UTC Power آنقدر ادامه داد تا پس از عرضه پیل های سوختی برای ماموریت های آپولو[۳] به تأمین کننده انحصاری پیل های سوختی برای استفاده در وسایل نقلیه فضایی ناسا، و برنامه شاتل فضایی تبدیل شد و در حال توسعه پیل های سوختی برای اتومبیل، اتوبوس، و برج های تلفن های همراه می باشد، این شرکت اولین پیل سوختی که قادر به شروع کار تحت شرایط انجماد که با غشاء تبادل پروتونی می باشد را نشان داد. [۴]

۱- ۴ - مزایای فناوری پیل های سوختی: چرا بشریت به فناوری پیل های سوختی نیازمند است؟

هنگامی که پیل های سوختی را با تکنولوژی های تبدیل انرژی مرسوم مقایسه کنیم، مشاهده می نمایید که پیل های سوختی دارای مزایای بسیاری است که آنها را از فناوری های دیگر متمایز می کند. از جمله این مزایا می توان به موارد زیر اشاره کرد: [۱]

۱- بازدهی بالا

۲- آلایندگی بسیار کم و سازگاری با محیط زیست

۳- داشتن فناوری ساده و کم هزینه نسبت به صنایع دیگر

---

[1] Roger Billings
[2] United Technologies Corporation's UTC Power
[3] Apollo missions