بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

تحلیل سیکل تولید همزمان توان و بخار بر اساس پیل سوختی صفحه‌ای با استفاده از گاز طبیعی

از

مصطفی دادخواه

استاد راهنما

دکتر کاظم آتشکاری

اسفند ماه ۱۳۹۲

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

تحلیل سیکل تولید همزمان توان و بخار بر اساس پیل سوختی صفحه‌ای با استفاده از گاز طبیعی

از

مصطفی دادخواه

استاد راهنما

دکتر کاظم آتشکاری

اسفند ماه ۱۳۹۲

تقدیم

گرچه ارزش رکنی به نام خانواده فراتر از توصیف است، اما تمام داشته من در حال حاضر همین خطوط نقش بسته بر روی کاغذ است. این پایان نامه را به خانواده عزیزم و مخصوصاً کوچکترین عضو آن نازلار دادخواه تقدیم می‌نمایم.

تقدیر و تشکر

نخست خداوند بزرگ را سپاس می‌گویم که بزرگترین افتخارم بندگی او می‌باشد.

از تمامی اعضا خانواده به خاطر تمام حمایت‌های معنوی و مادی که در طول دوران تحصیلی از من نموده‌اند تشکر می‌نمایم. از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر آتشکاری که با رهنمودهای خردمندانه در پیشرفت این پایان نامه نقشی بی بدیل داشتند تشکر به عمل می‌آورم. از جناب آقای مهندس مهدی برجی که در انجام این پژوهش حامی من بودند و در تمامی مراحل من را یاری نمودند، تشکر می‌نمایم.

از کلیه دوستان، آقایان مهدی معصوم پور، محمد ضیغمی، محمدعلی اشرفی اسلامی، حسین حقانی، امیرحسین پرند، سید میلاد سعادتمند، پیمان منبری، مصطفی مهدی‌زاده، فرید زندی، آرش ذوالفقاری، امین درستی، حمید قادری، مسعود لطفی و محمد علیزاده به خاطر تمامی بزرگواری‌های ایشان و کمک‌های ستودنی آن‌ها تقدیر و تشکر می‌نمایم.

فهرست مطالب

فصل اول پیشگفتار **۱**

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- کلیات پیل‌های سوختی ۲

۱-۲-۱- تاریخچه پیدایش پیل‌های سوختی ۲

۱-۲-۲- اصول کار پیل‌های سوختی ۲

۱-۲-۳- انواع پیل‌های سوختی ۳

۱-۳- معرفی پیل سوختی اکسید جامد ۴

۱-۳-۱- ویژگی‌های پیل سوختی اکسید جامد ۵

۱-۳-۲- واکنش‌های انجام شده در پیل سوختی اکسید جامد ۶

۱-۳-۳- اجزای تشکیل دهنده پیل سوختی اکسید جامد ۹

۱-۴- سیستم‌های تولید همزمان ۱۲

۱-۴-۱- سیکل هیبریدی توربین گاز ۱۴

۱-۴-۲- موارد کاربرد همزمان برق-حرارت در پیل‌های سوختی ۱۶

۱-۵- ساختار پایان نامه ۱۷

فصل دوم پیشینه تحقیق **۱۸**

۲-۱- مقدمه ۱۹

۲-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده ۱۹

۲-۲-۱- پیل‌های سوختی اکسید جامد ۱۹

۲-۲-۲- سیستم‌های هیبرید پیل‌های سوختی اکسید جامد ۲۳

۲-۳- اهداف پژوهش ۳۱

فصل سوم مدلسازی سیکل هیبریدی **۳۲**

۳-۱- مقدمه ۳۳

۳-۲- پیکربندی سیکل ۳۳

۳-۳- مدلسازی پیل سوختی اکسید جامد ۳۴

۳-۳-۲- فرضیات مدل پیل سوختی اکسید جامد ۳۵

۳-۳-۳- مدلسازی واکنش‌های الکتروشیمیایی ۳۷

۳-۳-۴- مدلسازی پدیده انتقال در کانال‌های آندی و کاتدی ۴۲

۳-۳-۵- مدلسازی فرایند انتقال درلایه PEN ۴۷

۳-۳-۶- مدلسازی اتصال دهنده‌ها ۴۹

۳-۴- مدلسازی سیکل تحتانی ۵۰

۳-۴-۱- مدلسازی کمپرسور ۵۰

۳-۴-۲- مدلسازی توربین ۵۳

۳-۴-۳- مدلسازی مبدل حرارتی ۵۴
۳-۴-۴- مدلسازی محفظه احتراق ۵۶
3-4-5- مدلسازی بازیاب حرارتی تولید بخار ۵۷

فصل چهارم نتایج **۵۹**
۴-۱- مقدمه ۶۰
۴-۲- اعتبار سنجی نتایج ۶۰
۴-۳- بررسی اثرات پارامترهای طراحی بر سیستم ۶۵
۴-۳-۱- تأثیر نسبت فشار کمپرسور هوا ۶۵
۴-۳-۲- تأثیر فاکتور مصرف سوخت ۷۱
۴-۳-۳- تأثیر نسبت هوا ۷۵
۴-۳-۴- تأثیر متوسط چگالی جریان ۷۹

فصل پنجم جمع‌بندی و پیشنهاد برای ادمه کار **۸۳**
۵-۱- جمع‌بندی ۸۴
۵-۲- پیشنهاد برای ادامه کار ۸۴

مراجع **۸۵**

پیوست **۸۸**
الف-۱ شرایط مرزی و الگوریتم حل پیل سوختی ۸۹
الف-۲مشخصات هندسی پیل سوختی ۹۱
الف-۳ الگوریتم حل سیکل تحتانی ۹۲

فهرست جداول

جدول (۲-۱) مروری اجمالی بر تحقیقات صورت گرفته توسط دیگر محققین..... ۳۰
جدول (۴-۱) شرایط عملکردی و هندسی پیل سوختی اکسید جامد..... ۶۰

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) اصول عملکرد پیل سوختی اکسید جامد ۶
شکل (۱-۲) واکنش‌های انجام شده در پیل سوختی اکسید جامد ۷
شکل (۱-۳) مجموع توربین گاز و سیستم بازیافت حرارت ۱۴
شکل (۱-۴) سیستم CHP بر پایه پیل سوختی اکسید جامد ۱۶
شکل (۳-۱) پیکربندی کلی سیکل تولید همزمان توان و بخار ۳۴
شکل (۳-۲) یک سلول و بسته آن ۳۵
شکل (۳-۳) مسیر حرکت الکترون در الکترود و یون اکسیژن در الکترولیت ۳۶
شکل (۳-۴) آرایش جریان مخالف جهت ۵۴
شکل (۳-۵) نمای کلی HRSG به منظور تولید بخار مافوق گرم ۵۷
شکل (۴-۱) مقایسه نتایج حاصله کسر مولی بر حسب موقعیت محوری بی بعد ۶۱
شکل (۴-۲) مقایسه نتایج حاصله ولتاژ بر حسب موقعیت محوری بی بعد ۶۲
شکل (۴-۳) مقایسه نتایج حاصله دمای هوا بر حسب موقعیت محوری بی بعد ۶۳
شکل (۴-۴) مقایسه نتایج حاصله دمای سوخت بر حسب موقعیت محوری بی بعد ۶۳
شکل (۴-۵) مقایسه نتایج دمای ساختار PEN بر حسب موقعیت محوری بی بعد ۶۴
شکل (۴-۶) مقایسه نتایج حاصله دمای اتصال دهنده‌ها بر حسب موقعیت محوری بی بعد ۶۴
شکل (۴-۷) اثر نسبت فشار کمپرسور هوا بر بازدهی سیکل ۶۶
شکل (۴-۸) اثر نسبت فشار کمپرسور هوا بر توان خروجی ۶۷
شکل (۴-۹) اثر نسبت فشار کمپرسور هوا بر توان پیل سوختی، توربین گاز و توان کل ۶۸
شکل (۴-۱۰) اثر نسبت فشار بر دمای خروجی از توربین ۶۹
شکل (۴-۱۱) اثر نسبت فشار کمپرسور هوا بر نرخ تولیدی بخار مافوق گرم ۶۹
شکل (۴-۱۲) اثر نسبت فشار کمپرسور هوا بر تغییرات توان خروجی سیکل ۷۰
شکل (۴-۱۳) اثر فاکتور مصرف سوخت بر بازده سیکل ۷۱
شکل (۴-۱۴) اثر فاکتور مصرف سوخت بر توان خروجی کلی سیکل ۷۲
شکل (۴-۱۵) اثر فاکتور مصرف سوخت بر توان پیل سوختی، توربین گاز و توان کل ۷۳
شکل (۴-۱۶) اثر فاکتور مصرف سوخت بر نرخ تولیدی بخار مافوق گرم ۷۴
شکل (۴-۱۷) اثر فاکتور مصرف سوخت بر تغییرات توان خروجی کلی سیکل ۷۴
شکل (۴-۱۸) اثر نسبت هوا بر روی بازده سیکل ۷۵
شکل (۴-۱۹) اثر نسبت هوا بر روی توان خروجی کلی سیکل ۷۶
شکل (۴-۲۰) اثر نسبت هوا بر توان پیل سوختی، توربین گاز و توان کل ۷۷
شکل (۴-۲۱) اثر نسبت هوا بر نرخ تولیدی بخار مافوق گرم ۷۸
شکل (۴-۲۲) اثر نسبت هوا بر تغییرات توان خروجی ۷۸

شکل (۴-۲۳) اثر متوسط چگالی جریان بر روی بازده سیکل ۷۹
شکل (۴-۲۴) اثر متوسط چگالی جریان بر توان خروجی کلی سیکل ۸۰
شکل (۴-۲۵) اثر متوسط چگالی بر توان پیل سوختی، توربین گاز و توان کل ۸۱
شکل (۴-۲۶) اثر متوسط چگالی جریان بر نرخ تولید بخار مافوق گرم ۸۱
شکل (۴-۲۷) اثر متوسط چگالی جریان بر تغییرات توان خروجی کلی سیکل ۸۲
شکل (الف-۱)شرایط مرزی و محدوده‌ی حل تک سلول پیل سوختی اکسید جامد ۸۹
شکل (الف-۲)الگوریتم حل معادلات حاکم بر تک سلول پیل سوختی اکسید جامد صفحه‌ای ۹۰
شکل (الف-۳)ابعاد هندسی تک سلول مدلسازی شده ۹۱
شکل (الف-۴)ارتفاع لایه‌ی پن ۹۱
شکل (الف-۵) الگوریتم حل سیکل تحتانی ۹۲

فهرست علائم اختصاری

نماد (واحد)	تعریف
Cp(kJ/kg.K)	ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت
CHP	تولید همزمان توان و حرارت
D_h(m)	قطر هیدرولیکی
D_{bulk}(m^2/s)	ضریب نفوذ بالک
$D_{knudsen}$(m^2/s)	ضریب نفوذ نادسن
$D_{molecular}$(m^2/s)	ضریب نفوذ مولکولی
E(V)	ولتاژ
F(C/mol)	ثابت فارادی
F_{air}(mol/s)	نرخ مولی جریان هوا
F_{fuel}(mol/s)	نرخ مولی جریان سوخت
G(J)	انرژی آزاد گیبس
H(J)	آنتالپی
h_{ac} (m)	ارتفاع کانال هوا
h_{fc} (m)	ارتفاع کانال سوخت
hl	درصد اتلاف حرارت
HRSG	بازیاب حرارتی تولید بخار
j(A)	جریان الکتریکی
k(W/m.K)	ضریب هدایت حرارتی
K_{eq}	ثابت تعادل
L(m)	طول پیل
M(kg)	جرم
Nu	عدد ناسلت
OCP(V)	ولتاژ مدار باز
PP(k)	پینچ پوینت
P(kpa)	فشار

$q(kJ/kg)$	نرخ انتقال حرارت
r_p	نسبت فشار
$r(mol/m^2.s)$	نرخ واکنش
$R_{tot}(\Omega)$	مقاومت کلی پیل
$R(kJ/mol.K)$	ثابت گاز
SOFC	پیل سوختی اکسید جامد
$S_m(kg/m^3.s)$	منبع تولید جرم
$t(s)$	زمان
$T(K)$	دما
$TIT(K)$	دمای ورودی به توربین
$V(m/s)$	سرعت
u_f	فاکتور مصرف سوخت
$W(m)$	عرض پیل
$x(m)$	محور طولی
y	کسر مولی
$\dot{W}_{fc}\ kW$	توان پیل سوختی
$\dot{W}_{gt}\ kW$	توان توربین گاز

حروف یونانی

α	ضریب انتقال
λ_{air}	نسبت هوا
ε	ضریب صدور
ε_p	ضریب تخلخل ماده
$\eta_{act}(V)$	افت ولتاژ فعالسازی
$\eta_{conc}(V)$	افت ولتاژ غلظت
$\eta_{ohm}(V)$	افت ولتاژ مقاومت
$\eta_{\infty}(V)$	توان پلی تروپیک
$\sigma(w/m^2.K^4)$	ثابت استفان بولتزمن
γ	ظرفیت گرمایی ویژه

$\rho(kg/m^3)$	چگالی
$\tau(m)$	ضخامت
$\tau_{tortuosity}$	ضریب انحنا
$\upsilon_{i,k}$	k در واکنش iضریب استکیومتریک جزء

زیروند

add	اضافه شده
air	هوا
act	فعالسازی
ac	کانال هوا
an,anode	آند
ct, cathode	کاتد
cond	هدایت
conv	جابه جایی
exhaust	خروجی
fc,fuel chnael	کانال سوخت
g	گاز
i	جزء
mix	مخلوط
PEN	ساختار مثبت/الکترولیت/منفی
rad	تشعشع
ref	مرجع
resistance	مقاومتی
sat	اشباع
TPB	ناحیه سه فازی

بالا نویس

OCP	ولتاژ مدار باز

چکیده

تحلیل سیکل تولید هم‌زمان توان و بخار بر اساس پیل سوختی صفحه‌ای با استفاده از گاز طبیعی

مصطفی دادخواه

قابلیت سیستم‌های تولید همزمان توان و حرارت بدلیل برآوردن کارآمد نیازهای مصرف خانگی، مزایای بالقوه اقتصادی و محیط زیستی نسبت به تولید متمرکز توان و فراهم نمودن گرما با استفاده از بویلرهای گازسوز ارجحیت دارد. یک پیل سوختی اکسید جامد می‌تواند با بازده کلی (توان و گرما) بالایی عمل نموده و بهبود کلی را نسبت به تولید متمرکز که معمولاً قادر بـه اسـتفاده از گرمای هدر رفته نمی‌باشد، عرضه نماید. در مطالعه حاضر عملکرد ترمودینامیکی یک سیستم هیبریدی پیل سـوختی اکسـید جامد به همراه بازیاب حرارتی تولید بخار بررسی شده است. به‌منظور پیش‌برد این مطالعه، مدل ریاضی سیسـتم ترکیبـی مـورد نظر با اعمال معادلات بقای جرم و انرژی استنتاج شده است. براساس مدل به‌دست آمده، عملکرد سیکل که متشکل از راندمان، توان خروجی و نرخ جرمی بخار مافوق گرم می‌باشد، نسبت به تغییرات متغیرهای ورودی محاسبه شده است. نتایج حاصله برای فشار عملکردی، فاکتور مصرف سوخت، نسبت هوا و متوسط چگالی جریان به عنوان پارامترهای تأثیر گذار بر سیسـتم ترکیبـی نشان داده شده‌است.

واژه‌های کلیدی: پیل سوختی اکسید جامد، تولید همزمان توان و بخار، سیستم‌های هیبرید، تحلیل عملکرد.

فصل اول

پیشگفتار

۱-۱- مقدمه

با افزایش مشکلات زیست محیطی و انواع آلودگی‌ها از قبیل آلودگی هوا، خاک و آب‌ها به علت استفاده بیش ازحد سوخت‌های فسیلی و از طرف دیگر نیاز مبرم و شدید دنیای امروز به حجم بالایی از انرژی، لزوم بکارگیری منابع جدید و تمیز انرژی (نظیر انرژی‌های تجدید پذیر و هیدروژن) و فناوری‌های پیشرفته تبدیل انرژی بیش از پیش حس می‌شود. پیل‌های سوختی بدلیل ویژگی‌های منحصر بفردشان مانند بازدهی بالا و عدم ایجاد آلاینده‌های جوی و صوتی در آستانه ایجاد انقلابی عظیم و تحولی گسترده در صنعت هستند. در این فصل پس از توضیح مختصری راجع به انواع پیل‌های سوختی، نوع اکسید جامد مورد بررسی قرار می‌گیرد و سپس آرایش سیکل هیبرید شرح داده می‌شود.

۱-۲- کلیات پیل‌های سوختی

۱-۲-۱- تاریخچه پیدایش پیل‌های سوختی

برای نخستین بار در سال ۱۸۳۹ میلادی یک فیزیکدان انگلیسی بنام ویلیام گروو[1] از انجمن سلطنتی انگلستان روش جدیدی برای تبدیل انرژی شیمیایی به الکتریکی ابداع نمود که بعدها از آن به عنوان مبدأ تولید پیل‌های سوختی یاد می‌شود، گرچه ۱۲۰ سال بعد ناسا برای اولین بار از آن در فضاپیمای آپولو[2] استفاده کرد.

از سال ۱۹۸۴ بخش انرژی مؤسسه تکنولوژی حمل و نقل از توسعه تحقیقات در این زمینه حمایت کرد و در حال حاضر صدها شرکت در جهان در زمینه ساخت پیل‌های سوختی مطالعات گسترده‌ای انجام می‌دهند[۱].

۱-۲-۲- اصول کار پیل‌های سوختی

پیل سوختی نوعی سلول الکتروشیمیایی است که انرژی شیمیایی مواد واکنش دهنده را مستقیماً به انرژی الکتریکی

[1] William Grow
[2] Apollo

تبدیل می‌کند. پیکره اصلی پیل سوختی از الکترولیت، الکترود آند، الکترود کاتد و صفحات دو قطبی یا اتصال دهنده[1] تشکیل شده‌است.

در پیل سوختی، سوخت به طور مداوم به الکترود آند و اکسیژن به الکترود کاتد تزریق می‌شود و واکنش‌های الکتروشیمیایی در الکترودها انجام شده، با ایجاد پتانسیل الکتریکی جریان الکتریکی برقرار می‌گردد.

پیل‌های سوختی در مقایسه با سایر مولدهای نیرو مزایای زیادی دارند که برخی از آن‌ها اشاره می‌شود[۲].

- کارایی بالا
- عدم انتشار گازهای آلوده کننده محیط زیست
- ساده بودن نسبی تعمیر و نگهداری
- طول عمر بالا
- کاهش مصرف سوخت
- اشغال فضای کم
- هزینه نگهداری پایین
- فاقد قسمت‌های متحرک هستند و درنتیجه آلودگی صوتی ایجاد نمی‌کنند.

۱-۲-۳- انواع پیل‌های سوختی

پیل‌های سوختی بسته به نوع الکترولیت بکار رفته در آن‌ها دارای انواع مختلفی هستند. بدلیل تفاوت در دمای کاری و نوع الکترولیت، موارد کاربرد هر یک از این پیل‌ها با یکدیگر متفاوت می‌باشد. در ادامه به بررسی پنج نوع مختلف آن‌ها با یکدیگر پرداخته می‌شود[۳].

انواع مختلفی از پیل‌های سوختی در مراحل مختلفی از پیشرفت قرار دارند که می‌توان آن‌ها را با توجه به مواردی ازجمله نوع سوخت، نوع مبدل سوخت(مبدل خارجی یا مبدل داخلی)، اکسیدکننده، نوع الکترولیت و دمای کاری و غیره تقسیم بندی کرد. منظور از دمای کاری، دمایی است که در آن اکسیداسیون روی سطح کاتالیستی الکترود امکان پذیر بوده و تقریباً بهترین بازدهی را از خود نشان می‌دهد. رایج ترین طبقه بندی پیل‌های سوختی براساس نوع الکترولیت مورد استفاده در پیل سوختی صورت می‌گیرد و شامل موارد ذیل می‌شود:

۱. پیل سوختی پلیمری (PEMFC)

[1] Bipolar or Interconnect Plates

۲. پیل سوختی متانولی (DFMC)

۳. پیل سوختی قلیایی (AFC)

۴. پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC)

۵. پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC)

۶. پیل سوختی اکسید جامد (SOFC)

دمای کارکرد پیل‌های سوختی فوق عبارتند از دمای ۳۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد برای پیل سوختی متانولی، دمای ۸۰ درجه سانتیگراد برای پیل سوختی پلیمری، دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد برای پیل سوختی قلیایی، دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد برای پیل سوختی اسید فسفریک، دمای ۶۵۰ درجه سانتیگراد برای پیل سوختی کربنات مذاب و تا دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد برای پیل سوختی اکسید جامد. دمای کاری الکترولیت های مایع به دلیل فشار بخار زیاد و تخریب سریع در دمای بالا، به کمتر از ۲۰۰ درجه سانتیگراد محدود می‌شود[۳].

دمای کاری روی نوع سوخت مورد استفاده نیز تأثیر مستقیم دارد. در پیل‌های سوختی دما پایین، سوخت اکثراً هیدروژن است، ولی در پیل های سوختی دما بالا در اکثر موارد به دلیل سینتیک پرشتاب الکترودها و نیاز کمتر به واکنش‌های کاتالیستی، می‌توان از مونواکسید کربن و یا متان مستقیماً به عنوان سوخت استفاده کرد. همچنین در پیل‌های سوختی دما بالا می توان از مزیت تبدیل متان به هیدروژن درپیل سوختی (مبدل داخلی) و سپس مصرف هیدروژن به دست آمده به عنوان سوخت استفاده کرد.

۱-۳- معرفی پیل سوختی اکسید جامد

در سال ۱۸۹۹ اولین اکسید جامد با هدایت یونی توسط نرنست[1] با فرمول $(Y_2O_3)_{0.15}(ZrO_2)_{0.85}$ ساخته شد. در سال ۱۹۷۳ بار[2] و پریس[3] این مواد را برای ساخت اولین پیل سوختی اکسید جامد مورد استفاده قرار دادند. آند در این پیل سوختی از جنس کک و کاتد از جنس اکسید آهن بود و دمای کارکرد این پیل سوختی ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد و گازهای واکنش دهنده در آن هیدروژن و هوا بودند. چگالی جریان $1mA/cm^2$ و ولتاژ تولیدی سلول $650mV$ بود[۳].

در تحقیقات بعدی ویسبارت[4] و روکا[5] پیل سوختی اکسید جامدی را تهیه کردند که در آن زیرکونیا پایدار شده توسط

[1] Nernst
[2] Baur
[3] Peris
[4] Weissbart
[5] Ruka

کلسیم به عنوان الکترولیت استفاده شده بود. در این نوع از پیل‌های سوختی هیدروژن و هیدروکربن‌ها به عنوان سوخت مورد استفاده قرار گرفتند. اما مقاومت لایه ضخیم الکترولیت، ولتاژ خروجی را محدود می‌کرد.

اولین بسته پیل سوختی اکسید جامد توسط آرچر[1] در سال ۱۹۶۵ تولید شد. توان این پیل ۱۰۰ وات و الکترولیت آن زیر کونیای پایدار شده توسط کلسیم بود، الکترودها از جنس پلاتین سینتر شده بودند. الکترودهای گران قیمت پلاتین که در این پیل سوختی مورد استفاده قرار می‌گرفت، با الکترودهایی از جنس سرمیت (مخلوط سرامیک و فلز) نیکل و زیرکونیا جایگزین شدند[۴].

۱-۳-۱- ویژگی‌های پیل سوختی اکسید جامد

پیل سوختی اکسید جامد یک پیل سوختی با ساختار فیزیکی تماماً جامد است. برای دستیابی به هدایت یونی و هدایت الکتریکی مناسب در اجزای پیل سوختی، دمای کارکرد سلول بسیار بالا انتخاب می‌شود (حدود ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد). در این پیل سوختی بدلیل جامد بودن تمام اجزای پیل، مزایای ویژه‌ای نسبت به سایر پیل‌های سوختی حاصل می‌شود.

از نظر ساختار این نوع پیل سوختی ساده‌تر از پیل سوختی کربنات مذاب و پیل سوختی اسید فسفریک است. وجود دو فاز گاز و جامد در کنار یکدیگر مسائل مربوط به خوردگی را کاهش می‌دهد. به دلیل دمای بالای کارکرد پیل سوختی اکسید جامد نیازی به استفاده از فلزات کمیاب در ساختار پیل از بین می‌رود و انرژی آزاد تشکیل مقدار منفی کمتری را به خود اختصاص می‌دهد. میزان پتانسیل مدار باز سیستم در حدود ۰/۹۵ ولت و بازده الکتریکی بیش از ٪ ۵۰ می‌باشد.

به‌واسطه دمای کارکرد بالای پیل سوختی اکسید جامد این نوع پیل سوختی نیاز به مبدل خارجی ندارد و متان و سایر هیدروکربن‌ها در مبدل سوخت داخلی به دی اکسیدکربن و هیدروژن تبدیل می شود. دمای بالای کارکرد سیستم، راندمان بهتر واکنش تبدیل سوخت را موجب می‌گردد. در پیل سوختی اکسید جامد گرمای تولید شده، در موارد زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱. تولید همزمان انرژی الکتریکی و گرمایی
۲. مصرف گرمای تولیدی فوق در سیستم سیکل ترکیبی در نیروگاه‌های برق به منظور افزایش بازدهی به بیش از ٪۷۰

ð مزایا و معایب پیل سوختی اکسید جامد

در ادامه به مزایا و معایب پیل سوختی اکسید جامد پرداخته می‌شود. از مزایای پیل سوختی اکسید جامد می‌توان به

[1] Archer

موارد زیر اشاره نمود.

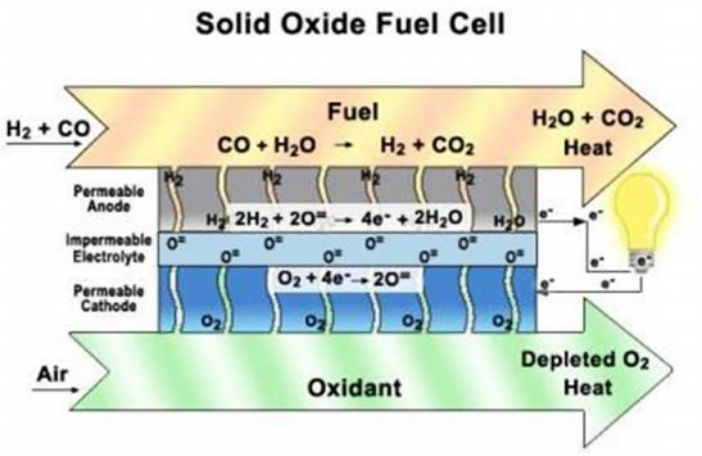
۱. اصلاح کننده سوخت داخلی و امکان استفاده از هیدروکربن‌ها
۲. راندمان الکتریکی بالا
۳. استفاده از مونواکسید کربن به عنوان سوخت
۴. ساختار تماماً جامد
۵. عدم استفاده از فلزات گران‌بها

معایب:

۱. فرآیند پیچیده تولید
۲. شکنندگی اجزاء سرامیکی
۳. ایجاد تنش‌های حرارتی در پیل سوختی به علت دمای بالای عملکرد
۴. زمان طولانی شروع به کار پیل سوختی به واسطه دمای بالا عملکرد

۱-۳-۲- واکنش‌های انجام شده در پیل سوختی اکسید جامد

اساس کارکرد پیل سوختی اکسید جامد در شکل (۱-۱) ارائه شده است. الکترون‌ها پس از طی کردن یک مسیر خارجی وارد الکترود کاتد می‌شوند و در فصل مشترک کاتد و الکترولیت در تماس با اکسیژن، یون اکسید تولید می‌شود. یون اکسید از طریق الکترولیت به فصل مشترک الکترولیت و الکترود آند منتقل شده و در این نقطه با واکنش با هیدروژن و مونواکسیدکربن، آب و دی‌اکسیدکربن تولید می شود و الکترون حاصل از واکنش، توسط الکترود آند در مسیر مدار خارجی قرار می‌گیرد.



شکل (۱-۱) اصول عملکرد پیل سوختی اکسید جامد [۵]