ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۳، شماره ۹ (پیاپی: ۲۱)، بهار ۱۴۰۱، ص. ۱-۸

Journal of Approach at Oil and Gas Management
Vol.2, No. 9 (Con: 21), spring 2022, P. 1-8

https://science-journals.ir
http://rmng.science-journals.ir

# بررسی جایگزینی هیدروژن به جای سوخت های فسیلی

**محمد اصغری**
کارشناس برق الکترونیک دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران ، ایران
mohammadmdas@gmail.com
**میثم جهانی**
کارشناس برق الکترونیک دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری، تهران ، ایران
meysam2net123@gmail.com

**اطلاعات مقاله**

تاریخ دریافت مقاله: بهار ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش مقاله: بهار ۱۴۰۱

**واژگان کلیدی**

هیدروژن

انرژی

سوخت

آلودگی

**چکیده**

هیدروژن یکی از عناصری است که در سطح زمین به وفور یافت می شود. این عنصر در طبیعت به صورت خالص وجود ندارد وآن را میتوان توسط روشه ای مختلف از سایر عناصر بدست آورد. هیدروژن عمده ترین گزینه مطرح به عنوان حامل جدید انرژی است. این ماده در مقایسه با سایر سوخت ها میتواند با راندمانی بالاتر و احتراق بسیار پاک به سایر اشکال انرژی تبدیل شود.امروزه استفاده از هیدروژن در صنایع مختلف به صورت یک نیاز می باشد. هیدروژن در صنایع شیمیایی، غذایی، کانی وفلزی کاربرد های زیادی دارد. با توسعه صنعتی جهان و تقاضای روزافزون انرژی، جهان با دو معضل مهم یعنی آلودگی زیاد محیط زیست و محدود بودن ذخایر سوخت های فسیلی مواجه شده است. با توجه به اینکه امروز یکی از مشکلات بزرگ جهان، انتشار مواد آلاینده حاصل از سوخت های فسیلی می باشد، هیدروژن در این بخش نیز دارای مزایای نسبی می باشد؛ لذا با توجه به نکات مثبت زیست محیطی، اقتصادی و قوانین وضع شده، جهان امروز به سمت توسعه پایدار با استفاده از انرژی هیدروژنی سوق داده می شود.

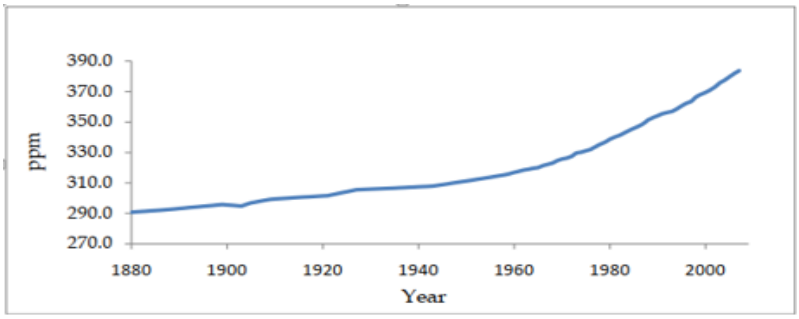
**نحوه ارجاع به این مقاله:**

محمد. اصغری. میثم. جهانی، بررسی جایگزینی هیدروژن به جای سوخت های فسیلی، ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز، دوره ۳، شماره ۹، ص. ۱-۸، بهار۱۴۰۱.

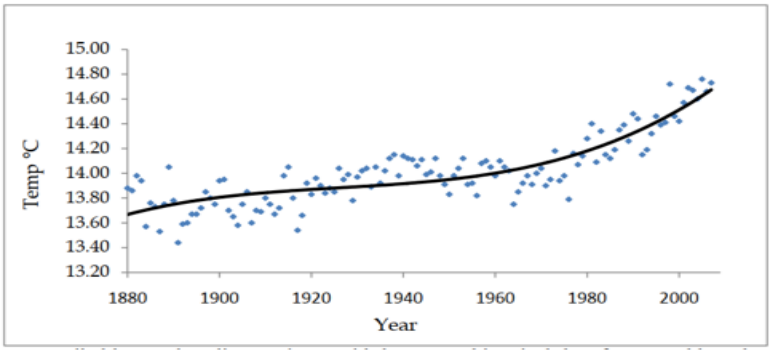
## ۱. مقدمه

هیدروژن را میتوان سوختی برای آینده دانست. هیدروژن یک منبع انرژی است که می تواند در موتورهای احتراق داخلی یا سلول‌های سوخت تولید شود که عمدتا بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای در هنگام احتراق با اکسیژن می‌باشد، می‌توان گفت تنها خروجی این سیستم بخار آب می‌باشد. در حال تحقیقات گسترده‌ای بر روی تولید و ذخیره سازی هیدروژن در حال انجام است. یک سیستم خورشیدی-هیدروژنی می تواند به وسیله یک وسیله کاملا آزاد بدون گاز تولید شود.

اگرچه اصلاح بخار متان در حال حاضر مسیر اصلی تولید هیدروژن است، اما میزان انتشار گازهای گلخانه ای و تغییر آب و هوا یک مسئله جدی است که یقینا برای بسیاری از مردم آشکار می شود. افزایش سطح $CO2$ به طور مستقیم به پدیده گرمایش جهانی کمک کرد. همانطور که در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است، در طول ۲۰۰ سال گذشته، میزان $CO_2$ به طور چشمگیری افزایش یافته و متناسباً دمای متوسط جهانی نیز افزایش پیدا کرده است (قربانعلی و قریب،۱۳۹۶).




**شکل۱: افزایش میزان $CO_2$.**




**شکل۲: افزایش دمای کره زمین.**

### انگیزه برای هیدروژن و سلول های سوخت

مفهوم "اقتصاد هیدروژنی" چندین دهه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است .هیدروژن به علت نگرانی های روزافزون در مورد تغییرات آب و هوایی، کیفیت هوا، ادغام انرژی های تجدید پذیر متغیر در سیستم های انرژی و پیشرفت های فنی پیشرفته در سیستم های سلولی سوختی شدیداً مورد توجه قرار گرفته است. مطالعات اخیر انرژی- اقتصادی نشان می دهد که هیدروژن و سوخت های هسته ای می توانند فناوری های مهم برای حل همزمان این چالش ها در یک سیستم انرژی کم مصرف و دارای دی اکسید کربن کمتر و فاقد گازهای سمی را فراهم آورند.

هیدروژن یک منبع انرژی با کیفیت بالا است که می تواند در مقیاس جهانی از منابع گسترده ای از طریق پردازش ترمو شیمیایی از هیدروکربن ها مانند گاز طبیعی، زغال سنگ یا زیست توده و یا الکترولیز آب با استفاده از هر منبع برق از جمله انرژی های تجدید پذیر مانند باد، خورشید تولید شود. هیدروژن می تواند به الکتریسیته تبدیل شود و در سلول های سوختی با راندمان بالا و با انتشار نهایی از مصرف نهایی، حرارت داده شود. سیستم های قوی برای هیدروژن و پیشرفت سریع در گستره ای از فناوری های هیدروژنی در حال ظهور

به وجود آمده است. امروزه هیدروژن به صورت تجاری از مواد سوخت فسیلی به عنوان یک ماده اولیه برای پالایش نفت و سایر کاربردهای صنعتی تولید می شود. در آینده، هیدروژن ممکن است از انواع منابع کم کربن تولید شود، ذخیره، توزیع و به طور گسترده ای در سراسر سیستم انرژی از جمله نیروگاه ها، ساختمان ها و وسایل نقلیه مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، هیدروژن می تواند ذخیره انرژی انعطاف پذیر برای برق متناوب تجدید پذیر باشد. هیدروژن به طور فزاینده ای به عنوان یک منبع انرژی اصلی برای یک سیستم انرژی کم کربن، تکمیل برق و سوخت های زیستی تجدید پذیر و ایجاد ارتباطات جدید بین بخش های انرژی مانند حمل و نقل و تولید برق دیده می شود.

امروزه اکثراً هیدروژن به صورت" ترمو شیمیایی" تهیه می گردد، زمانی که یک ماده شیمیایی هیدروکربن (مانند گاز طبیعی، زغال سنگ یا زیست توده) به صورت شیمیایی در دمای بالا حرارت داده می شود که می‌تواند تولید یک گاز مصنوعی یا "گاز سنتز" بیشتر برای افزایش مقدار هیدروژن مورد استفاده قرار گیرد می کند(Ogden,2018).

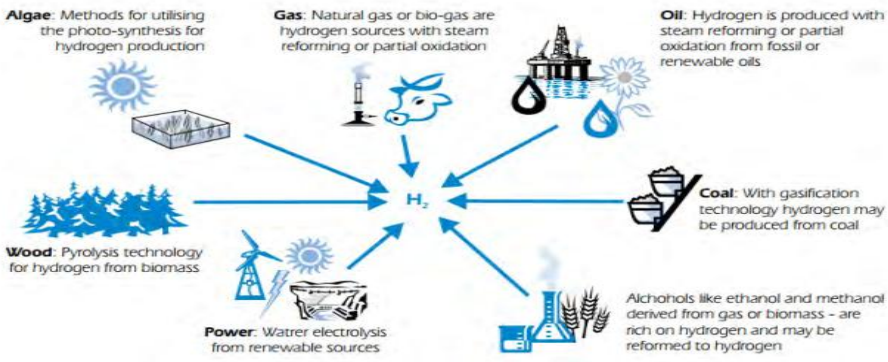
جدول ۱ توضیح مختصری از مزایا و معایب هیدروژن به عنوان سوخت حمل و نقل را ارائه می دهد .الکترولیز آب تمیزترین و پاک ترین مسیر تولید هیدروژن است. با این حال، مزایای استفاده از این اقتصاد هیدروژنی پیشنهادی بستگی به استفاده از منابع پاک و تجدیدپذیر به عنوان منبع برق دارد .امروزه سوخت زغال سنگ و شکافت هسته ای ۶۸ درصد برق ایالات متحده را تولید می کند .تا زمانی که یک تغییر چشمگیر به سوی منابع انرژی تجدید پذیر تبدیل شود، تولید هیدروژن نمی تواند بدون انتشار گازهای گلخانه ای باشد(قربانعلی و قریب،۱۳۹۶).

**جدول ۱: مزایا و معایب هیدروژن به عنوان سوخت حمل و نقل.**

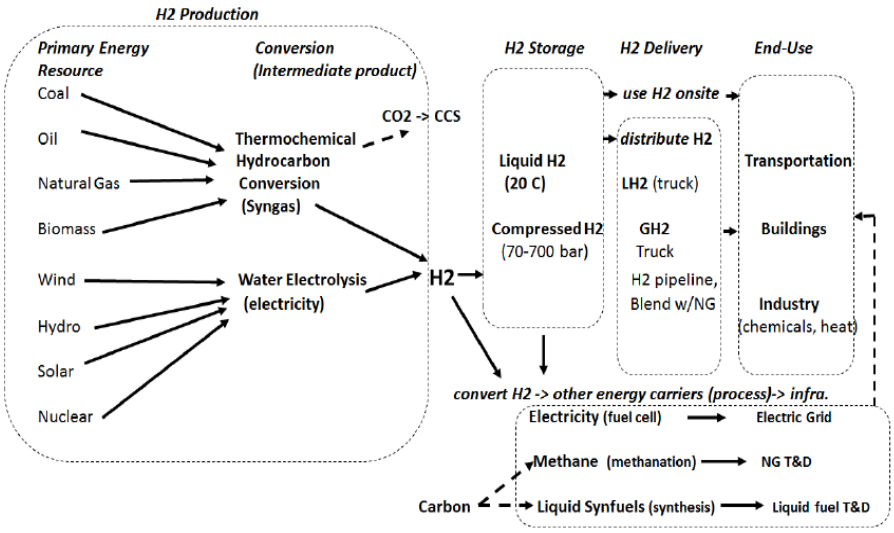
| معایب | مزایا |
|---|---|
| تراکم کم (محفظه ذخیره سازی بزرگ) | عملکرد بالای انرژی(۱۲۲kj/g) |
| در طبیعت به صورت آزاد یافت نمی شود | فراوان ترین عنصر |
| انرژی احتراق کم (مشابه با بنزین) | فراوانی منابع اولیه جهت تولید |
| گران قیمت بودن | دامنه اشتعال زیاد(در موتورهای هیدروژنی) |
| | انتشار گسترده |
| | بخار آب محصول اصلی اکسیداسیون است |
| | بیشترین سوخت همه کاره |

## وضعیت فناوری های هیدروژنی

مانند الکتریسیته، هیدروژن می تواند از منابع مختلف اولیه انرژی مجزا، از جمله سوخت های فسیلی، انرژی های تجدید پذیر و انرژی هسته ای تولید شود. خوراک و فرایندهای تولید هیدروژن در شکل ۳ و روش های مختلف برای تولید، ذخیره، توزیع و استفاده از هیدروژن در شکل۴ نشان داده شده است(Lutz AE et al,۲۰۰۲).




**شکل۳:خوراک و فرآیندهای تولید هیدروژن.**

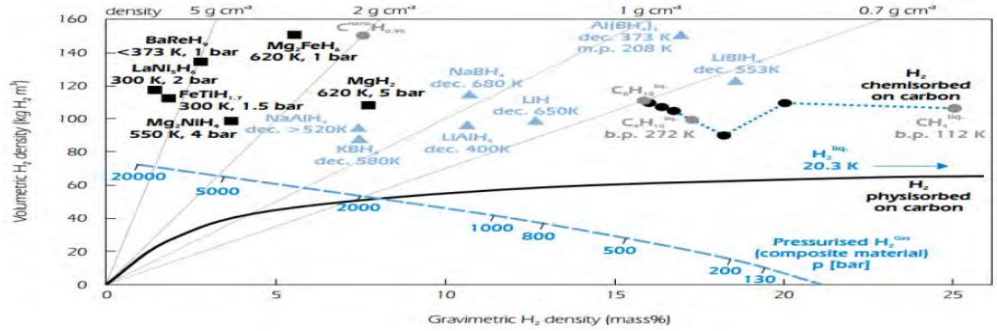



**شکل۴: روش های تولید، ذخیره، توزیع و استفاده از هیدروژن.**

**روش های ذخیره هیدروژن (گاز، مایع و جامد) با تمرکز بر روی تکنولوژی نفوذ**

شکل ۵ مقایسه ای بین چگالی حجمی و وزنی هیدروژن در شرایط ذخیره سازی را نشان داده و بطور واضحی پتانسیل تئوری در چگالی های پایین حجمی برای سیستم های ذخیره سازی جامد مشخص می کند. جدول ۲ سیستم ذخیره هیدروژن کاربردی و اهداف واسطه را برای سلول های سوختی مشخص شده در آمریکا، ژاپن و آژانس بین المللی انرژی[1] نشان می دهد، در حالی که جدول 2محتمل ترین روش های ذخیره هیدروژن را ارائه می کند(Thomas CE,2008).

[1] International Energy Agency (IEA)




**شکل۵:چگالی شکل های مختلف ذخیره هیدروژن.**

**جدول ۲: سیستم انتخابی ذخیره سازی هیدروژن و اهداف واسطه برای وسایل نقلیه با سلول سوختی.**

| خواص | واحد | آمریکا | ژاپن | آژانس بین المللی انرژی |
|---|---|---|---|---|
| چگالی سیستم (وزنی) | wt.% H2 | ۶ | ۳ | – |
| چگالی سیستم (حجمی) | kg H2/m3 | 45 | – | – |
| هزینه سیستم | US$/kg H2 | ۱۳۳ | – | – |
| زمان سوخت گیری | دقیقه | ۳ | – | – |
| چگالی متوسط (وزنی) | wt.% H2 | – | ۵,۵ | ۵ |
| زمان رها سازی هیدروژن | C° | – | ۱۵۰ | ۸۰ |

**جدول ۳: وضعیت، بهترین گزینه و معضلات هر کدام از روش های ذخیره هیدروژن.**

| | ذخیره به شکل گاز | ذخیره به شکل مایع | ذخیره به شکل جامد |
|---|---|---|---|
| **وضعیت** | بطور تجاری موجود اما گران می باشد | بطور تجاری موجود اما گران می باشد | خیلی کم توسعه پیدا کرده است |
| **بهترین گزینه** | ظرف هایی از جنس فیبرکربن | ظروفی با عایق برودتی دو جداره | برای تعیین آن بسیار زود می باشد. گزینه های پتانسیلی زیادی وجود دارد مانند: مواد هیدروژن دار قابل شارژ، مواد هیدروژن دار شیمیایی (قابل واکنش با آب و گرمایی،) کربن و مواد دیگر با سطح مقطع زیاد.<br>توسعه یافته ترین گزینه: مواد هیدروژن دار فلزی می باشد |
| **مشکلات تحقیق و توسعه** | مکانیزم شکست، ایمنی، انرژی تراکم و کاهش حجمی | انرژی مایع سازی بالا، بخار ساکن و ایمنی | وزن، دماهای واجذبی پایین تر، انرژی های جنبشی واجذبی بالاتر، دما و فشار دوباره شارژ کردن، مدیریت گرما، زینه، آتش زایی، عمر دوره، سازش پذیری با حامل و بهینه سازی |

مقایسه ای بین سه حالت ذخیره هیدروژن نشان می دهد که مزایای ذخیره جامد هیدروژن در مقایسه با حالت مایع و گازی شامل موارد زیر می شود:

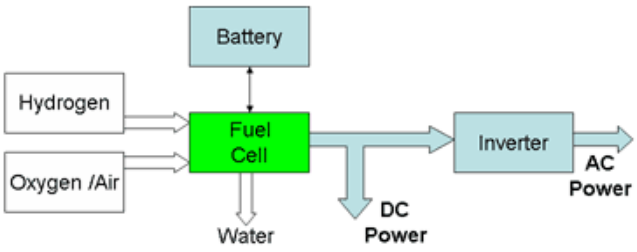
۱. حجم کمتر.
۲. فشار کمتر (بازدهی انرژی بهتر).
۳. خروجی هیدروژن خالص تر.

ذخیره گاز و مایع فشرده امروزه رایج ترین گزینه های ماندنی هستند، اما سیستم های ذخیره کاملا وابسته به هزینه است که باید گسترش یابند. جنبه های ایمنی در مورد همه روش های ذخیره مخصوصا گزینه ذخیره هیدرید جدید نباید دست کم گرفته شود.

### سلول های سوختی

سلول سوختی در سال ۱۸۳۹ اختراع شد. این سلول ها هیدروژن و اکسیژن را از هوا میگیرد و در خروجی برق، گرما و آب می‌دهد. این روش از سوخت های فسیلی استفاده نکرده و گازهای گلخانه ای را تولید نمی کند پس باید راه حل ایده آل برای تامین برق توزیع شده یا قابل حمل باشد .علیرغم مزایای آشکار آن، تا سال های ۱۹۵۰ در پاسخ به نیاز برنامه فضایی ایالات متحده که دستگاه های عملی توسعه یافته بود، تا آن زمان نبود .حتی امروزه، هرچند انواع مختلفی از سلولهای سوختی که در آزمایشگاه های توسعه یافته در سراسر جهان و واحدهای در مقیاس کوچک در بعضی از کشورها کار می کنند، هنوز هیچ حجم تولیدی وسیعی از این سلول ها وجود ندارد.

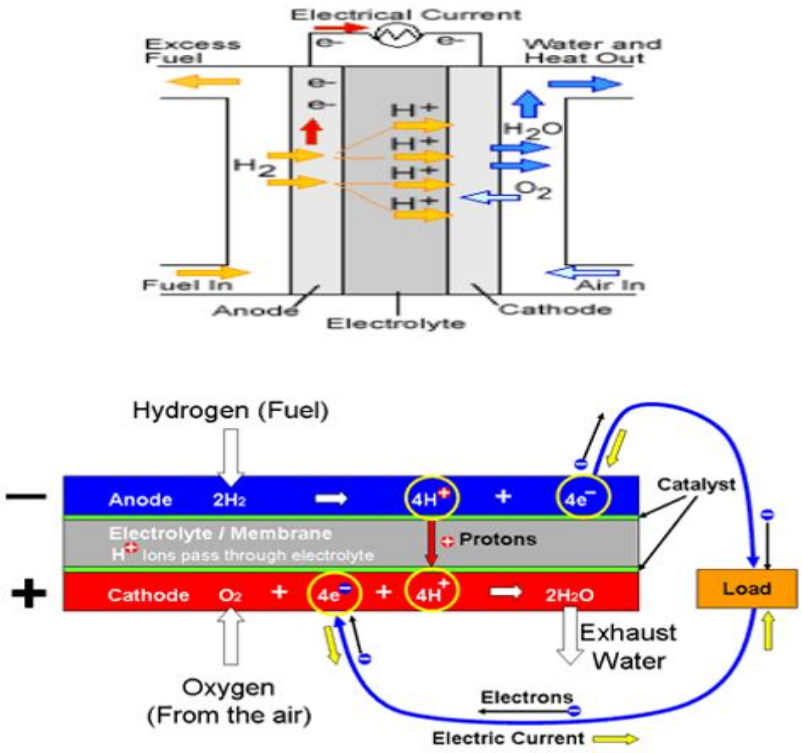
شکل۶ اجزای اصلی سیستم برای ارائه برق AC یاDC را نشان می دهد.



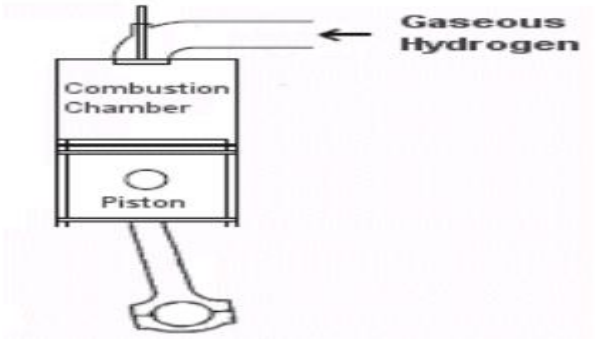

**شکل۶: اجزای اصلی سلول سوختی.**

هیدروژن می تواند به عنوان سوخت اولیه در یک موتور احتراق داخلی یا در یک سلول سوخت استفاده شود. یک موتور احتراق هیدروژنی مشابه موتور بنزینی است که هیدروژن با اکسیژن موجود در هوا احتراق می کند و گازهای داغی را گسترش می دهد که به طور مستقیم قطعات جزیی موتور را حرکت می دهد. تنها انتشار گازهایی مانند بخار آب و مقادیر ناچیز اکسید نیتروژن خروجی این سیتم است. ولی در این نوع از سیستم ها بهره وری حدود۲۰٪ می باشد. یک سلول سوختی پلیمری الکترولیتی (PEM[۲])جریان الکتریکی از سوخت هیدروژن و اکسیژن موجود در هوا تولید می کند. هیدروژن به یون های هیدروژن و الکترونها توسط یک کاتالیزور پلاتین در آنزیم تقسیم می شود در این روش فقط یونهای هیدروژن را به کاتد منتقل می شود که این یون ها با اکسیژن برای تولید آب واکنش می دهند. الکترونها یک مدار را ایجاد می کنند که جریان الکتریکی ایجاد می کند که در شکل های ۷ و ۸ نشان داده شده است. سلول های سوختی در پشته ها قرار می گیرند تا به اندازه کافی برق را برای قدرت یک وسیله نقلیه فراهم کنند. استفاده از این دسته از سلول‌های سوخت باعث حذف اکسید نیتروژن می شود. علاوه بر این، سلول های سوختی ۴۵ تا ۶۰ درصد کارایی دارند(قربانعلی و قریب،۱۳۹۶).

[2] Proton Exchange Membrane.




**شکل۷: سلول سوختی**PEM .




**شکل۸: موتور احتراق داخلی.**

یک سوخت جایگزین باید از لحاظ فنی قابل اجرا باشد، از لحاظ اقتصادی قابل اجرا باشد، به راحتی در هنگام احتراق تبدیل به انرژی دیگر شود، بی خطر باشد و به محیط بی خطر باشد. هیدروژن عنصر فراوان بر روی زمین است. اگر چه هیدروژن در طبیعت آزادانه وجود ندارد، می توان از منابع مختلفی مانند اصلاح بخار گاز طبیعی، گاز زغال سنگ و الکترولیز آب تولید کرد. گاز هیدروژن می تواند در موتورهای احتراق داخلی سنتی بنزینی (ICE) با حداقل تبدیل مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، وسایل نقلیه با سلولهای سوختی پلیمر الکترولیتی پلیمر (PEM) کارایی بیشتری دارند. گاز هیدروژن بخار بخار را با اکسیژن احیا می کند. حتی تولید گاز هیدروژن می تواند بدون استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر باشد. قیمت فعلی هیدروژن حدود ۴ دلار در هر کیلوگرم است که در حدود معادل یک گالن بنزین است. با این حال، در وسایل نقلیه سلولی مانندHonda FCX Clarity 2009 ، ۱کیلوگرم حدود ۶۸ مایل سفر را فراهم می کند. البته محدوده قیمت در حال حاضر بسیار بالا است. تحقیق و پیاده سازی در حال انجام به سمت یک اقتصاد هیدروژنی ضروری است تا این سوخت را به لحاظ اقتصادی امکان پذیر سازد(Gillingham,2007).

## جمع بندی و نتیجه گیری

تمرکز فعلی به سمت فراوان ترین عنصر زمین یعنی هیدروژن است، که سوخت جایگزین و پاک برای سوخت های فسیلی است که تولید گازهای گلخانه ای دارند. کار زیاد در حال انجام است تا تغییرات را از یک اقتصاد سوخت فسیلی به یک اقتصاد هیدروژنی آغاز کند. اگر هیدروژن سوخت بعدی حمل ونقل باشد، منبع انرژی اولیه تولید شده برای تولید مقدار زیادی هیدروژن ضرورتا یک منبع تجدیدپذیر و پاک نخواهد بود .تداخل کربن اغلب به عنوان وسیله ای برای از بین بردن انتشار $CO_2$ از سوختن زغال سنگ است، جایی که گازها در چاه های گاز و یا چاه های نفت خالی چسبیده و استخراج می شوند .با این حال، دسترسی به این سایت ها گسترده نیست و حضور $CO_2$ می تواند آب های زیرزمینی را اسیدی کند و این خطر بزرگی برای بشریت است.

هیدروژنی بدلیل استقلال از منابع اولیه انرژی، سیستمی دایمی، پایدار، فناناپذیر، فراگیر و تجدیدپذیر میباشد و پیش بینی میشود که در آیندهای نه چندان دور تولید و مصـرف آن بعنوان حامل انرژی به سراسر اقتصاد جهانی سرایت نموده و اقتصاد هیدروژنی تثبیت شود؛ با این وجود نباید انتظار داشــت که هیدروژن در بدو ورود از نظر قیمتی بتواند با ســایر حاملهای انرژی رقابت نماید .در آینده هیدروژن و پیلهای سوختی میتوانند نقش محوری و کنترل کنندگی در آلودگی شهرها داشته باشند عمل تبدیل انرژی شیمیایی موجود در هیدروژن به انرژی الکتریکی توسط سلول سوختی انجام میپذیرد که متناسب با کاربرد و خواص ساختاری آنها، سلول سوختی خود به انواع مختلف تقسـیم میشوند .در واقع اهمیت فناوری پیل سوختی در یک سیستم انرژی بر پایه هیدروژن( عصر هیدروژن)به گونهای است که بسیاری آنرا به لوکوموتیو قطار توسـعه عصـر هیدروژن تشـبیه نمودهاند. علاوه بر فناوری پیل سـوختی به عنوان مصرف کننده هیدروژن در عصر هیدروژن، فناوریهای تولید، ذخیره سـازی، عرضـه و انتقال هیدروژن نیز از اجزاء اصـلی سـاختار انرژی این عصـر خواهند بود. اقتصـاد هیدروژنی که اسـتفاده از هیدروژن را در هر جنبه ای از حمل و نقل به کار می برد نیاز به تحقیق و توسـعه بیشـتری دارد( Rubio and Jaojaruek,2015).

## منابع و مراجع


[۱] قربانعلی، زهرا، قریب، احمد، بررسی انرژی هیدروژنی و پیل سوختی به عنوان سوختی پاک و تحلیل آن، چهارمین کنفرانس هیدروژن و پیل سوختی،۱۳۹۶

[2] Lutz AE, Larson RS, Keller JO. Thermodynamic comparison of fuel cells to the Carnot cycle. Int J Hydrogen Energy 2002; 27(10):1103–11.

[3] Kenneth Gillingham.(2007). Hydrogen Internal Combustion Engine Vehicles: A Prudent Intermediate Step or a Step in the Wrong Direction.

[4] Joan M. Ogden.(2018). Institute of Transportation Studies. University of California, Davis; Prospects for Hydrogen in the Future Energy System.

[5] Thomas CE (Sandy), Comparison of transportation options in a carbon-constrained world: hydrogen, plug-in hybrids, and biofuels. Paper given at the National Hydrogen Association Annual Meeting in Sacramento: California; March 31, 2008.

[6] Rubio MGA, Jaojaruek K (2015) Hydrogen – The Future Fuel. Adv Automob Eng 4: 116. doi:10.4172/2167-7670.1000116.