





ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت
مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم
انرژیهای تجدیدپذیر با اولویت انرژی آبی

تلاش برای کب فناوری و دانش فنی انرژیهای نو برای
ایجاد نیروگاههایی از قبیل بادی خورشیدی پیل های سوختی
و زمین گرمایی در کشور

انٹرنی ہیبیڈ روزن، پبل سوسختی

پیشگفتار:

توسعه شگرف علم و فن آوری در جهان امروز ظاهراً آسایش و رفاه زندگی بشر را موجب شده است. لیکن این توسعه یافتگی، مایه بروز مشکلات تازه‌ای نیز برای انسان‌ها شده است که از آن جمله می‌توان به آلودگی محیط زیست، تغییرات گسترده آب و هوایی در زمین و غیره اشاره نمود.

به ویژه می‌دانیم که نفت و مشتقات آن از سرمایه‌های ارزشمند ملی و حیاتی کشور می‌باشند که مصرف غیربهبینه از آنها گاهی زیان‌های جبران‌ناپذیری را ایجاد می‌کند از این رو صاحب‌نظران و کارشناسان به دنبال منابعی هستند که به تدریج جایگزین سوخت‌های فسیلی شوند. سوخت‌های فسیلی آلودگی‌های زیست محیطی بی‌شماری را ایجاد می‌نمایند. به عبارت دیگر از یک طرف در نتیجه سوختن مواد فسیلی گازهای سمی وارد محیط می‌شود و تنفس انسان را دچار مشکل می‌نماید و محیط زیست را آلوده می‌نماید و از طرفی دیگر تراکم این گازها در جو زمین مانع خروج گرما از اطراف زمین می‌شود و باعث افزایش دمای هوا و تغییرات گسترده آب و هوایی

توده و ... که به انرژی‌های تجدید پذیر موسومند مستلزم مطالعات و تحقیقات فراوانی می‌باشد که قبل از استفاده باید انجام گیرند. مجموعه انرژی‌های تجدید پذیر روز به روز سهم بیشتری را در سیستم تامین انرژی جهان به عهده می‌گیرند. انرژی‌های تجدید پذیر به ویژه برای کشورهای در حال توسعه از جاذبه بیشتری برخوردار است، لذا در برنامه‌ها و سیاست‌های بین‌المللی از جمله در برنامه‌های سازمان ملل متحد در راستای توسعه پایدار جهانی نقش ویژه‌ای به منابع تجدیدپذیر انرژی محول شده است. اما سازگار کردن این منابع انرژی با سیستم فعلی مصرف انرژی جهانی هنوز با مشکلاتی همراه است که بررسی و حل آنها حجم مهمی از تحقیقات علمی جهان را در دهه‌های اخیر به خود اختصاص داده است. سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) به عنوان متولی انرژی‌های نو در کشور فعالیت‌های وسیعی را در راستای ترویج، توسعه و اشاعه فرهنگ کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران آغاز نموده است و تاکنون به دست‌آوردهای مهمی نایل شده است و امید است با حمایت مسئولین و مقامات عالی کشور به توفیقات بیشتری دست یابد.

برای آگاهی‌های عمومی با انرژی‌های نو، سازمان انرژی‌های نو ایران اقدام به انتشار کتابچه‌های آموزشی "از انرژی‌های نو چه می‌دانید؟" در پنج بخش انرژی‌های تجدیدپذیر که عبارتند از انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی، انرژی باد، انرژی زیست توده و هیدروژن و پیل سوختی به منظور آشنا سازی دانش پژوهان علاقمند نموده است.

امید است با مطالعه این کتاب اطلاعات کلی و عمومی در مورد کاربردهای انرژی نو فراهم آید.

در زمین می‌گردد که اثر گلخانه‌ای نامیده می‌شود. چنانچه افزایش دمای هوا مطابق روند فعلی ادامه یابد بازگرداندن آن به وضعیت سابق تقریباً غیر ممکن خواهد بود، بهترین راه حلی که اکثر دانشمندان پیشنهاد کرده‌اند متوقف کردن روند رو به رشد این گازهای مضر است. متخصصان بر این باورند که با استفاده از انرژی‌های پاک نظیر انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، هیدروژن و ... به جای انرژی‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی، از آلودگی‌های زیست محیطی و خطرات ناشی از آن جلوگیری خواهد شد. از سوی دیگر انرژی‌های فسیلی مانند نفت، گاز و زغال سنگ سرانجام روزی به پایان خواهند رسید و با پایان گرفتن آنها تمدن بشری که بستگی مستقیم به انرژی دارد دچار چالش جدید و بزرگ خواهد شد. این امر سبب شده است که کشورهای توسعه یافته صنعتی با جدیت هر چه تمام‌تر استفاده از سایر انرژی‌های موجود در طبیعت و به خصوص انرژی‌های تجدید شونده را مورد توجه قرار دهند. استفاده از انرژی خورشید، باد و امواج، زمین گرمایی، هیدروژن، زیست

مقدمه

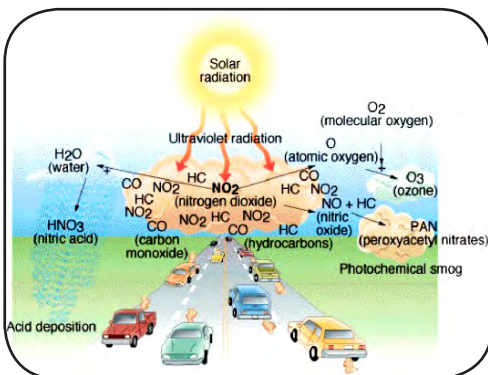
در دهه ۱۹۸۰ میلادی شواهد علمی نشان می‌داد که انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی خطراتی را برای آب و هوای جهان بوجود آورده است و به این ترتیب افکار عمومی، لزوم ایجاد کنفرانس‌های بین‌المللی دوره‌ای و تشکیل پیمان نامه‌ای برای حل این مسأله را احساس کرد. در سال ۱۹۹۷ میلادی کنوانسیون تغییرات آب و هوایی با هدف تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر تا سطحی که از تداخل خطرناک فعالیت‌های بشر با سیستم آب و هوایی جلوگیری شود، پروتکل کیوتو را مطرح نمود و به موجب این پروتکل کشورهای صنعتی ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شوند.

هدف نهایی این کنوانسیون دستیابی به تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر تا سطحی است که از تداخل خطرناک فعالیت‌های بشر با سیستم آب و هوایی جلوگیری نماید و چنین سطحی است که از تداخل خطرناک فعالیت‌های بشر با سیستم آب و هوایی جلوگیری نماید و چنین سطحی باید در یک چهار چوب زمانی کافی حاصل گردد تا اکوسیستم‌ها به طور طبیعی خود را با تغییرات آب

نسوخته و ذرات جامد کربن روی هم انباشته شده و به صورت دوده خارج می‌شود و در مجاورت نور خورشید با ترکیبات اکسیدهای نیتروژن حاصل از احتراق ترکیب شده و تولید ازن می‌نماید. سوخت‌های پاک دارای خواص فیزیکی و شیمیایی ذاتی هستند که آنها را پاک‌تر از بنزین با ساختار و ترکیبات فعلی در عمل احتراق می‌نماید. این سوخت‌های جایگزین حین احتراق، هیدروکربور نسوخته کمتری تولید کرده و مواد منتشره حاصل از احتراق آنها دارای فعالیت شیمیایی کمتری برای تشکیل مواد سمی دیگر می‌باشد؛ در ضمن استفاده از سوخت‌های جایگزین شدت افزایش و انباشته شدن دی‌اکسید کربن که سبب گرم شدن زمین می‌شود را نیز کاهش می‌دهد. معرفی سوخت‌های جایگزین و مطالعه در خصوص امکان استفاده و بهره برداری از سوخت‌های جایگزین، با توجه به ملاحظات فنی - اقتصادی و منابع گسترده موجود برخی از آنها در ایران، همچنین به دلیل روند رو به رشد مصرف سوخت‌های مایع

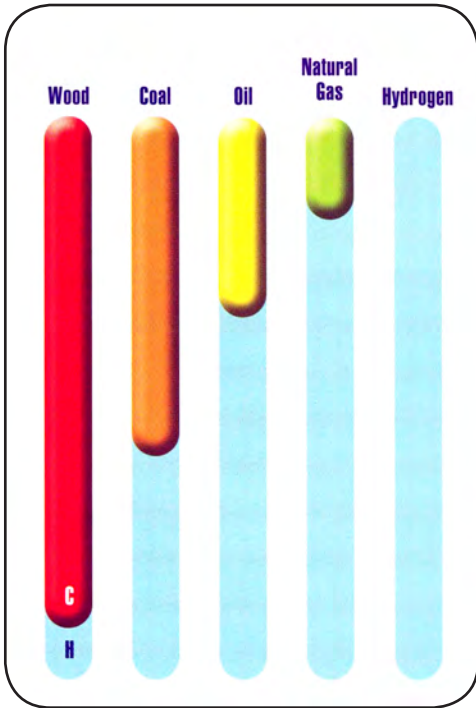
هیدروکربوری در کشور که هر ساله موجب ضرر و زیان هنگفت به بودجه عمومی و محیط زیست کشور می‌شود از اهمیت قابل توجهی برخوردار شده است.

و هوا وفق دهند و اطمینان حاصل شود که امنیت غذایی تهدید نمی‌شود و توسعه اقتصادی به طور پایدار ایجاد می‌گردد؛ از این رو انرژی‌های تجدید پذیر روز به روز سهم بیشتری در سیستم تأمین انرژی جهان را به عهده می‌گیرد. منابع انرژی تجدید پذیر به صورت تناوبی در دسترس هستند و به خودی خود قابل حمل یا ذخیره سازی نیستند و به همین خاطر نمی‌توانند به صورت سوخت به خصوص در بخش حمل و نقل مورد استفاده قرار گیرند. تا کنون متداول‌ترین سوخت جهت استفاده در بخش حمل و نقل در بسیاری از کشورهای دنیا بنزین و گازوئیل بوده است. خودروهایی که سوخت بنزین یا گازوئیل مصرف می‌کنند موجب انتشار مواد مضر و آلاینده با ترکیبات شیمیایی پیچیده می‌شوند. با آنکه تمهیدات مختلفی جهت کاهش در کشورهای پیشرفته به کار گرفته شده است، لیکن این برنامه‌ها در کشورهای بزرگ مسئله تولید مواد آلاینده را به حد کافی کاهش نداده است. وقتی سوخت‌های فسیلی با ترکیب هیدروکربورهای مختلف به طور ناقص می‌سوزد، منواکسید کربن تولید می‌شود که ماده‌ای بسیار سمی است. برخی اتم‌های کربن ترکیبات موجود در سوخت به صورت



ویژگی‌های سوخت هیدروژنی

هیدروژن یکی از عناصری است که در سطح زمین به وفور یافت می‌شود. این عنصر در طبیعت به صورت خالص وجود ندارد و آن را می‌توان توسط روش‌های مختلف از سایر عناصر بدست آورد. هیدروژن عمده‌ترین گزینه مطرح به عنوان حامل جدید انرژی است. این ماده در مقایسه با سایر سوخت‌ها 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 می‌باشد. هیدروژن در صنایع شیمیایی، غذایی، کانی و فلزی کاربردهای زیادی دارد. با توسعه صنعتی جهان و تقاضای روز افزون انرژی، جهان با دو معضل مهم یعنی آلودگی زیاد محیط زیست و محدود بودن ذخایر سوخت‌های فسیلی مواجه شده است. با توجه به اینکه امروز یکی از مشکلات بزرگ جهان، انتشار مواد آلاینده حاصل از سوخت‌های فسیلی می‌باشد، هیدروژن در این بخش نیز دارای مزایای نسبی می‌باشد؛ 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 می‌شود.



نسبت کربن و هیدروژن در سوخت‌های مختلف

و اقتصاد هیدروژن تثبیت شود، با این وجود نباید انتظار داشت که هیدروژن در بدو ورود از نظر قیمتی بتواند با سایر حامل‌های انرژی رقابت نماید، از دیگر سوی سهم و نقش سوخت‌های گازی در آینده با حرکت به سوی تولید هم‌زمان گرما و الکتریسیته در نیروگاه‌های کوچک‌تر در حال افزایش است.

در آینده هیدروژن و پیل سوختی می‌تواند نقش محوری و کنترل آلاینده‌گی در آلودگی شهرها داشته باشند. موتورهای الکتریکی و پیل‌های سوختی جایگزین بسیار مناسبی برای موتورهای احتراقی می‌باشند. در حقیقت اگر هیدروژن از منابع فسیلی تأمین شود خودروهای پیل سوختی می‌تواند انتشار مواد آلاینده را در جو به حد صفر برسانند. با این جایگزینی راندمان تا میزان قابل توجهی افزایش یافته و انتشار مواد آلاینده در شهرها کاهش می‌یابد و کاهش کل انتشار مواد آلاینده بستگی به این دارد که آیا هیدروژن از سوخت‌های فسیلی یا مواد زیست توده تولید می‌شود یا اینکه به وسیله انرژی باد یا نیروی برق - آبی بدست می‌آید. هیدروژن به عنوان بهترین گزینه و اقتصادی‌ترین سوخت در دراز مدت به

از جمله ویژگی‌هایی که هیدروژن را از سایر گزینه‌های سوختی متمایز می‌نماید، می‌توان به فراوانی، مصرف تقریباً منحصر به فرد، انتشار بسیار ناچیز آلاینده‌ها، برگشت پذیر بودن چرخه تولید آن و کاهش اثرات گلخانه‌ای آن اشاره نمود.

در حال حاضر کشورهای مختلف دنیا در حال سرمایه گذاری در این بخش می‌باشند. امروزه تولید انرژی یکی از بزرگترین چالش‌های عصر آینده خواهد بود، از این رو استفاده از هیدروژن برای تولید برق نیز امری ضروری به نظر می‌رسد و در این راستا کشورهای مختلفی برای تغییر سوخت انواع ژنراتورها و توربین‌ها به سوخت هیدروژنی در حال فعالیت می‌باشند. استفاده از هیدروژن به همراه پیل‌های سوختی چشم‌انداز بسیار روشنی را در آینده ترسیم می‌نماید، سیستم انرژی هیدروژنی به دلیل استقلال از منابع اولیه انرژی، سیستمی دائمی، پایدار، فنا پذیر، فراگیر و تجدید پذیر می‌باشد و پیش بینی می‌شود که در آینده‌ای نه چندان دور تولید و مصرف هیدروژن به عنوان حامل انرژی به سراسر اقتصاد جهانی سرایت نموده



منظور استفاده در خودروهای پیل سوختی از پتانسیل بسیار مناسبی برخوردار است. هیدروژن ساده‌ترین سوخت جهت استفاده در خودروهای پیل سوختی می‌باشد و موجب افزایش راندمان و سادگی خودروهای پیل سوختی می‌گردد. در صورت تولید هیدروژن از منابع گاز طبیعی، قیمت آن از بنزین و گازوئیل کمتر است. با توجه به منابع گاز طبیعی موجود در جهان و وجود زیرساخت‌های توزیع گاز طبیعی در اکثر کشورها و همچنین راندمان مناسب مبدل گاز طبیعی و کم بودن مضرات زیست محیطی و خطرات آن به لحاظ ایمنی، استفاده از گاز طبیعی و تبدیل آن به هیدروژن مطرح گردیده است. احتراق مزیت اصلی استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت آن است که پس از احتراق محصول تولید شده بخار آب و اکسید نیتروژن است.

❖ فناوری‌های تولید هیدروژن

هیدروژن از منابع مختلفی همانند منابع انرژی اولیه (منابع پایان پذیر مانند نفت خام)، منابع انرژی ثانویه (منابعی که با استفاده از منابع اولیه انرژی تولید می‌شوند مانند بنزین) و منابع تجدید پذیر (منابعی که بدون دخالت انسان به

توسعه بیشتر و ساخت نمونه است. روش‌های پیشرفته‌ای جهت جداسازی مواد آلاینده لازم است تا قیمت‌های هیدروژن تولیدی را کاهش داده و راندمان را افزایش دهند. روش‌های مناسب‌تری هم برای تولید هیدروژن به صورت ایستگاهی و هم به صورت پراکنده نیاز است و باید تلاش‌هایی بر روی فرایندهای تجاری موجود همچون رفورمینگ متان، الکترولایزرها و ... در توسعه روش‌های پیشرفته همانند پیرولیز مواد زیست توده و جداسازی آب به روش ترموشیمیایی، فتوالکتروشیمیایی و روش‌های بیولوژیکی متمرکز باشد. هیدروژن در پالایشگاه‌های

بزرگ، در مناطق صنعتی، پارک‌های انرژی جایگاه‌های سوخت‌گیری جوامع مختلف تولید شده و به سهولت در مناطق روستایی و منازل مشتریان توزیع و پخش خواهد شد.

❖ فناوری‌های عرضه و ذخیره هیدروژن (الف) فناوری ذخیره سازی هیدروژن

در سراسر دنیا طراحی وسایل نقلیه‌ای که از هیدروژن به عنوان سوخت استفاده می‌کنند، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است و دامنه این این مطالعات در حال گسترش هستند. امروزه سیستم‌های ذخیره سازی هیدروژن جهت مصارف حمل و نقل مشتمل بر ذخیره به اشکال ذیل می‌باشد:

- ۱- ذخیره سازی به صورت گاز فشرده در مخازن فولادی و کامپوزیتی
- ۲- ذخیره سازی به صورت مایع در مخازن فوق سرد
- ۳- ذخیره سازی در هیدریدهای فلزی در امر ذخیره سازی هیدروژن حدود ۱۵٪ از انرژی کل فرایند ذخیره سازی، صرف فشرده سازی هیدروژن می‌شود و میزان ۳۰ تا ۴۰

طور متناوب تولید می‌شوند مانند باد، خورشید و آب) به دست می‌آید. دانشمندان از هیدروژن به عنوان سوخت نهایی یاد می‌کنند. در حال حاضر از هیدروژن تولیدی در صنعت به عنوان یک فراورده شیمیایی استفاده می‌شود. فروش تجاری هیدروژن کمتر از ۱۰٪ میزان تولید آن در دنیا می‌باشد، بدین معنی که ۹۰٪ هیدروژن تولیدی در محل تولید به مصرف می‌رسد.

امروزه هیدروژن را می‌توان از فرایندهایی همچون الکترولیز آب، رفورمینگ گاز طبیعی و اکسیداسیون جزئی سوخت‌های فسیلی بدست آورد. در حال حاضر بیش از ۹۰٪ از کل هیدروژن تولیدی در جهان از سوخت‌های فسیلی بدست می‌آید و بیشترین مصرف هیدروژن در صنایع نفت و پالایش می‌باشد.

هیدروژن عمدتاً به عنوان یک خوراک جانبی، ماده شیمیایی حد واسط یا به عنوان یک ماده شیمیایی خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد و در حال حاضر تنها سهم کوچکی از هیدروژن تولیدی به عنوان یک حامل انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای بهینه سازی و ایجاد تنوع در روش‌های تجاری تولید هیدروژن نیاز به تحقیق و

لایه داخلی آنها دوجداره دارند که لایه داخلی آنها طوری ساخته شده است که با فشار هیدروژن سازگار است و دیواره خارجی نیز از فولاد جوش داده شده با مقاومت بالا تهیه می‌شود.

در کل، طراحی مخزن به گونه‌ای است که در مقابل فشار تحمل زیادی دارد.



سیستم ذخیره سازی به صورت ایستگاهی در یک جایگاه سوخت گیری

زمانی که نیاز باشد تا حجم زیادی از هیدروژن با سرعت معین از مخزن خارج شود در آن صورت از مخازن یا ظروف تقسیم کننده استفاده می‌شود. زمانی که هیدروژن به مقدار زیاد تولید می‌شود، امکان ذخیره آن در سیستم خط لوله در فشارهای بالا نیز وجود دارد.

امکان ذخیره سازی هیدروژن در مخازن زیر زمینی نیز وجود دارد که پرهزینه‌ترین روش برای ذخیره هیدروژن هستند.

۲- ذخیره سازی هیدروژن به صورت مایع
ذخیره سازی هیدروژن به حالت مایع دارای بالاترین دانسیته ذخیره سازی است. باتوجه به جرم حجمی بالای هیدروژن مایع نسبت به سایر مایعات، به ناچار با مشکل حجم بالای این مخازن نسبت به سایر مایعات مواجه هستیم، در ضمن هیدروژن پس از هلیوم دارای پایین‌ترین نقطه جوش نرمال است.

درصد آن نیز صرف فرآیند مایع سازی هیدروژن می‌گردد. سیستم‌ها فوق سرد که در آنها هیدروژن به صورت مایع ذخیره می‌شود، باید کاملاً ایزوله بوده و نباید کمترین تبادل گرمایی و حرارتی با محیط اطراف داشته باشند، زیرا دمای جوش هیدروژن بسیار پایین بوده و با دریافت مقادیر ناچیزی گرما به سرعت به جوش می‌آید. امروزه در اکثر نقاط جهان هیدروژن به صورت گاز و چه به صورت مایع، توسط کشتی و کامیون جابجا می‌شود و راندمان انتقال و جابجایی هیدروژن به این روش بسیار کم است اما در آینده نزدیک با افزایش کاربردهای هیدروژن می‌توان از خطوط لوله نیز برای جابجایی هیدروژن استفاده کرد که راندمان آن نسبت به جابجایی با کامیون و کشتی بالاتر است. کاربرد هیدروژن جهت تولید اشکال مختلف انرژی کاملاً میسر است ولی یکی از مشکلات عمده، نحوه ذخیره سازی مؤثر و ایمن آن است. وجود ویژگی‌هایی نظیر نفوذ سریع، بیرنگ بودن شعله، گرم شدن در اثر انبساط، خود اشتعالی در فضای آزاد پس از نشست و اثر تردی هیدروژن روی فولاد از جمله مشکلاتی است که امروزه در کاربرد روش‌های گوناگون ذخیره سازی این ماده خودنمایی می‌کند. در حال حاضر روش‌های متداول ذخیره سازی هیدروژن را می‌توان به سه گروه عمده تقسیم کرد:

۱- ذخیره سازی هیدروژن به صورت گاز:

یکی از ساده‌ترین روش‌های ذخیره سازی هیدروژن، ذخیره به حالت گازی است به نظر می‌رسد که هزینه اولیه این روش نسبت به سایر روش‌های ذخیره سازی کمتر است. باتوجه به جرم حجمی ناچیز هیدروژن گازی نسبت به سایر گازها، گاهی اوقات ناچاریم که برای ذخیره سازی مقادیر مناسب، به فشار بالا متوسل شویم. ذخیره سازی هیدروژن گازی تحت فشار جزء تکنولوژی‌های قدیمی و متداول می‌باشد.

هیدروژن گازی معمولاً در مخازن لوله‌ای تحت فشار بالا ذخیره می‌گردند. ظروف مذکور، دیواره دوجداره دارند که



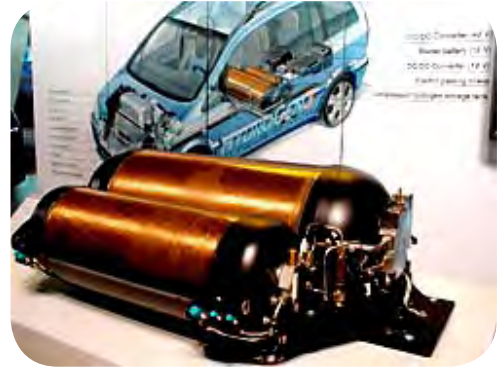
مخازن ذخیره سازی هیدروژن در اتوبوس‌ها

می‌رود.

در حال حاضر تکنولوژی این فرایند در ایران موجود نیست و چون میزان تولید هیدروژن مایع پایین است، از نظر اقتصادی تولید چنین تجهیزاتی مقرون به صرفه نمی‌باشد.



جایگاه سوخت گیری هیدروژنی خودکار در فرودگاه مونیخ آلمان



سیستم ذخیره هیدروژن در وسایل نقلیه

وجود دمای فوق‌العاده پایین در نگهداری هیدروژن مایع لزوم انتخاب جنس مناسب مخزن را در طراحی تحمیل می‌نماید.

اخیراً ذخیره هیدروژن به عنوان یک مایع کرایوژنیک تنها روش در مقیاس بالا می‌باشد که در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته است.

یکی از مشکلات کاربرد هیدروژن مایع، فرآیند مایع سازی آن است که در چند مرحله صورت می‌گیرد.

۳- ذخیره سازی هیدروژن به کمک آلیاژهای فلزی مخصوص و تشکیل هیدریدهای فلزی یکی از روش‌های نسبتاً جدید و جالب جهت ذخیره سازی هیدروژن، استفاده از آلیاژهای مخصوص فلزی است که قادرند ضمن تشکیل هیدرید فلزی در واکنش با هیدروژن، میزان قابل توجهی هیدروژن در خود نگهداری نمایند. ایده آل‌ترین حالت برای ذخیره سازی هیدروژن این است که آن را در مقادیر زیاد نزدیک به شرایط محیط و سیستمی سبک و کم حجم ذخیره کنیم در حالی که نه هیدروژن مایع و نه هیدروژن به صورت فشرده (به صورت گاز) هیچ‌کدام نمی‌توانند این شرایط را فراهم آورند. در این روش مقدار بیشتری هیدروژن در واحد حجم ذخیره می‌شود و انرژی در واحد حجم چنین سیستمی از



خودرو با مخزن ذخیره سازی هیدروژن



مخازن ذخیره سازی هیدرید فلزی قابل حمل

هیدروژن نرمال در دمای اتاق شامل ۷۵٪ نوع ارتو و ۲۵٪ هیدروژن نوع پاراست، در حالی که مخلوط فوق در دمای ۲۰ درجه کلوین تقریباً از هیدروژن نوع پاراتشکیل شده است. بنابراین اگر هیدروژن در حالت نرمال سرد شود، مقدار زیادی از مایع در اثر گرمای حاصل از تبدیل هیدروژن نوع ارتو به پارا تبخیر می‌شود. در کل انرژی لازم برای فرآیند مایع سازی برابر ۴۰٪ انرژی احتراق هیدروژن به تنهایی می‌باشد. درصد معینی از هیدروژن مایع در حین فرآیند مایع سازی به صورت تبخیر از دست

حالت مایع پیشتر است اما وزن واحد حجم نیز تا میزان ۱۰ برابر بیشتر خواهد بود. با توجه به فشار پایین ذخیره سازی، این روش کاملاً با فشار سیستم الکترولیز همخوانی دارد و ایمن‌ترین روش ذخیره سازی است. مخازن ذخیره هیدرید معمولاً در ابعاد کوچک بکار برده می‌شود و به طور عمده در صنایع خودرو مورد استفاده دارند. هیدریدهای مورد استفاده می‌بایست قابلیت شارژ و دشارژ به دفعات را داشته باشند، اگرچه تعدادی عناصر فلزی مانند Pd و V و Ti و Mg وجود دارند که برای ذخیره سازی هیدریدی از آن استفاده می‌شود. استفاده از هیدریدهای شیمیایی و فلزی در تأمین هیدروژن مورد نیاز زیر دریایی‌های مجهز به سیستم‌های پیل سوختی بسیار



مخزن ذخیره سازی از نوع هیدرید فلزی در مقیاس بزرگ

مطلوب می‌باشد. مشکل اساسی در استفاده از این روش، آماده سازی آلیاژ مربوط به خصوصیات فیزیکی - شیمیایی لازم است تا بتوانند در شرایط مناسب عمل جذب هیدروژن را انجام دهند و در شرایط مناسب، حجم قابل توجهی از هیدروژن ذخیره شده را آزاد سازد.

ب) فناوری انتقال و پخش هیدروژن

روش‌هایی که به منظور انتقال هیدروژن به اشکال گار، مایع و جامد استفاده می‌شود. اثرات فنی-اقتصادی چشمگیری بر فرآیند تولید تا مصرف هیدروژن خواهد داشت. سه روش متداول که برای انتقال هیدروژن می‌توان استفاده نمود، عبارتند از:

۱- انتقال از طریق خط لوله

هیدروژن می‌تواند به صورت گاز یا مایع در لوله انتقال داده شود. هیدروژن مایع برای فواصل کوتاه در خطوط لوله عایق



خطوط لوله جهت انتقال هیدروژن

۲- انتقال از طریق دریا

در حال حاضر بیش از یکصد کشتی حامل مخازن گاز طبیعی مایع وجود دارد که حمل و نقل تمام گاز طبیعی میان اروپا، شمال و جنوب آمریکا و کشورهای حاشیه اقیانوس آرام را انجام می‌دهند و به طور معمول در هربار در حدود ۲۵۰۰۰۰ گالن را انتقال می‌دهند.

فناوری‌های مصرف هیدروژن - پیل‌های سوختی

در حال حاضر با توجه به بحران انرژی، محدودیت سوخت‌های فسیلی و مشکلات ناشی از آلودگی‌های سوخت‌های فسیلی، استفاده از منابع جدید انرژی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است، در همین راستا دیدگاه نوینی برای استفاده از هیدروژن با توجه به خصوصیات منحصر به فرد آن ایجاد شده است.

کاربرد هیدروژن به عنوان سوخت موجب کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و حذف اکسیدهای گوگرد و اکسیدهای کربن ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی می‌گردد. عوامل فوق سبب شده است تا خودروهای پیل سوختی مورد توجه قرار گیرد.

این فناوری از جهت عدم تولید آلاینده‌هایی مانده

کاری شده با ژاکت خلاء برای انتقال از محل تولید به محل مصرف منتقل می‌گردد اما برای فواصل طولانی این لوله‌های عایق بندی شده برای هیدروژن مایع قابل استفاده نیست. مشکلی که در مورد هیدروژن وجود دارد، اثر واکنش پذیری هیدروژن با فلزات است که موجب ترک خوردگی فلزات می‌شود.

چگالی انرژی هیدروژن فقط یک سوم چگالی انرژی گاز طبیعی است، لذا گاز هیدروژن باید به میزان سه برابر در یک خط لوله پمپ شود تا مقداری انرژی معادلی منتقل شود. بنابراین در تبدیل به هیدروژن نصب پمپ‌ها و کمپرسورها الزامی می‌باشد، به علاوه تمام تجهیزات باید بهبود داده شوند به طوری که با مشخصات منحصر به فرد هیدروژن سازگار شوند. انتقال هیدروژن از طریق خطوط لوله به طور موفقیت آمیزی در چند کشور منجمله فرانسه، آمریکا، کانادا انجام شده است.

۲- انتقال از طریق جاده و راه‌آهن

هیدروژن می‌تواند به صورت یک گاز با فشار بالا در سیلندرهایی در محدوده فشار حدود ۱۵ تا ۴۰ مگا پاسکال توسط کامیون حمل شود. امروزه کامیون‌های کوچک، هیدروژن مایع را در مقادیر متوسط از طریق جاده‌ها مستقیماً از محل تولید به محل مصرف حمل می‌کنند.

اکسیدهای نیتروژن، مونوکسید کربن و هیدروکربن‌های سوخته، بی‌همتا است.

پیل‌های سوختی نوعی مبدل انرژی می‌باشند که انرژی شیمیایی را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نمایند. پیل‌های سوختی همانند باتری‌ها عمل می‌کنند اما برخلاف باتری‌ها، مادامی که به آنها سوخت رسانده شود، از کار نمی‌افتند و به شارژ مجدد احتیاجی ندارند. پیل‌های سوختی پتانسیل شیمیایی هیدروژن را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و محصول جانبی آن، آب و حرارت می‌باشد.

هیدروژن مورد نیاز پیل‌های سوختی را می‌توان از منابع مختلفی همانند منابع هیدروکربنی نظیر نفت خام، گاز طبیعی، زغال سنگ و ... و منابع تجدید پذیر نظیر باد و خورشید بدست آورد.

طبقه بندی رایج پیل‌های سوختی براساس نوع الکترولیت آنها به صورت ذیل می‌باشد:

* پیل سوختی پلیمری (PEMFC)

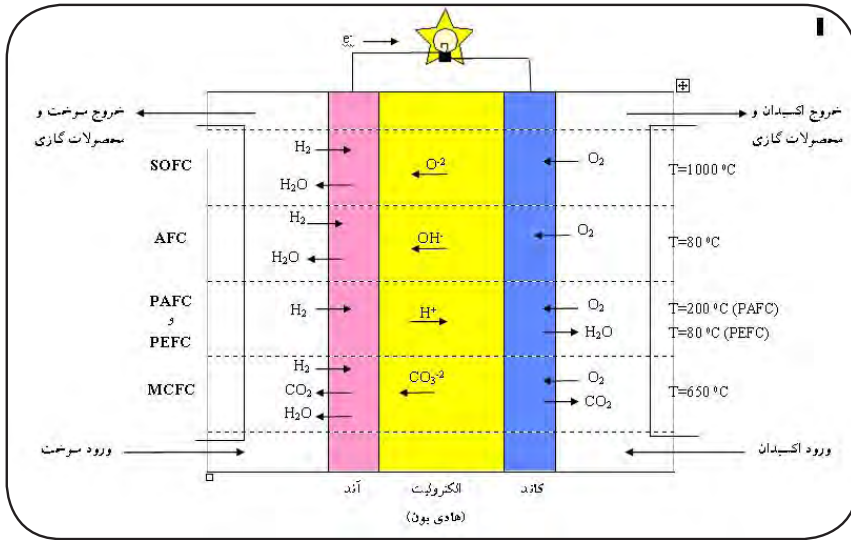
* پیل سوختی قلیایی (AFC)



کامیون مخصوص حمل هیدروژن فشرده



کشتی حمل هیدروژن مایع



مقایسه انواع مختلف پیل سوختی و یون جا به جا شونده

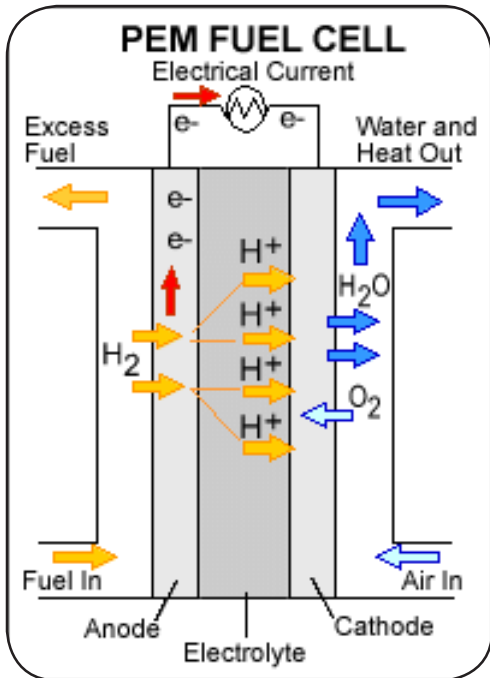
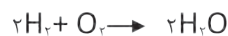
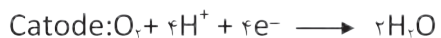
- * پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC)
- * پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC)
- * پیل سوختی اکسید جامد (S*FC)
- * پیل سوختی متانولی (DMFC)

پیل سوختی از دو الکترودیوک الکترولیت ما بین آنها تشکیل شده است. اکسیژن بر روی کاتد و هیدروژن بر روی آنند حرکت نموده و تولید الکتریسیته، آب و گرما می نماید.

به عنوان مثال در پیل سوختی نوع پلیمری با استفاده از یک کاتالیست، اتم های هیدروژن به یون های هیدروژن و الکترون شکسته می شوند. یون های هیدروژن به سطح غشاء نفوذ کرده و به سمت کاتد می روند، اما الکترون های جدا شده قادر به عبور از این غشاء نبوده و مجبور به طی یک مدار خارجی می باشند که این امر سبب تولید جریان برق می گردد. در کاتد الکترون ها، یون های هیدروژن و اکسیژن موجود در هوا با هم ترکیب شده و مولکول آب تشکیل می گردد.

واکنش های انجام شده در آنند و کاتد پیل سوختی نوع پلیمری به شرح ذیل است:

Anode



در کاربردهای قابل حمل از جمله تلفن‌های همراه، کامپیوترهای قابل حمل و غیره استفاده نمود.

تکنولوژی پیل سوختی همانند هر تکنولوژی جدید دیگر در ابتدای تولید، قیمت محصولات آن زیاد است اما با تولید تجاری محصول در مقیاس وسیع و افزایش میزان تقاضا و توسعه فناوری، قیمت به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت.

پیل‌های سوختی به طور کلی دارای مزایای زیادی نسبت به نیروگاه‌های تولید برق معمولی هستند که این مزایا عبارتند از:

بازده بالا، آلاینده‌گی‌های کم شیمیایی، صوتی و گرمایی، قابلیت انعطاف در موقعیت نصب، قابلیت اطمینان بالا، هزینه تعمیر و نگهداری پایین، تقسیم



منبع تغذیه قابل حمل ساخت شرکت Ballard

بار اجرایی مناسب، قابلیت تعدیل کردن، قابلیت انعطاف در سوخت مصرفی و امکان بازیافت حرارتی تولیدی می‌باشد. در ضمن پیل‌های سوختی دارای مزایای بالقوه‌ای نیز می‌باشند. از دیگر مزایای پیل‌های سوختی می‌توان به تولید دی‌اکسید کربن و اکسید نیتروژن کمتر بازیافت هر کیلووات از برق تولیدی و عدم وجود قطعات متحرک زیاد اشاره نمود.

پیل‌های سوختی دامنه کاربرد وسیعی از موارد مصرف را از سفینه‌های فضایی تا تأمین انرژی وسایل کوچک الکترونیکی شامل می‌شوند.

امروزه تلاش‌ها جهت حضور پیل‌های سوختی در صنایع نیروگاهی، حمل و نقل و کاربردهای قابل حمل به مرحله تجاری شدن نزدیک شده است. راندمان و نشر آلاینده‌های زیست محیطی خودروهای پیل سوختی به مراتب از خودروهای رایج مناسب‌تر می‌باشد، همچنین پیل‌های سوختی به عنوان نسل چهارم نیروگاه‌ها در آینده امکان توسعه سیستم‌های غیر متمرکز تولید انرژی را فراهم می‌سازند امکان استفاده از سوخت‌های فسیلی همانند متانول و یا گاز طبیعی در پیل‌های سوختی از دیگر مزایای کاربردی این سیستم‌ها می‌باشد.

امروزه همه تولید کنندگان عمده خودرو بر روی تولید تجاری خودروهای پیل سوختی سرمایه گذاری نموده‌اند، همچنین پیل‌های سوختی می‌توانند به عنوان مولد انرژی اتوبوس‌ها، قایق‌ها، هواپیماها و حتی دوچرخه‌ها مطرح شوند.

از پیل‌های سوختی در مقیاس کوچک‌تر، می‌توان



منبع تغذیه تلفن همراه



اتوبوس پیل سوختی

پیل های سوختی می توانند از انواع گازها ، شامل گاز طبیعی ، پروپان ، گاز حاصل از دفن گاه های زباله ، متانول و هیدروژن به عنوان سوخت استفاده کنند.



منبع تغذیه قابل حمل در رایانه همراه



خودر پیل سوختی

اداری و محل های خرید، پیل های سوختی دما بالا می توانند برای کاربردهای تولید گرما و برق مورد استفاده قرار می گیرند.

پیل های سوختی در کاربردهای برق اضطراری، خانگی، تولید همزمان نیز مورد توجه قرار گرفته است.

کشور ایران از یک سو با بالا بودن مصرف سالیانه سوخت و از دیگر سوی با عدم توسعه یافتگی مناسب فناوری در صنایع خودرو و نیروگاهی روبرو است و عدم توجه به مشکلات ناشی از آلودگی های زیست محیطی نیز موجب مشکلات جدی زیست محیطی در کلان شهرها شده است.

توسعه فناوری پیل های سوختی می تواند یک راه حل مناسب جهت توسعه پایدار و بلند مدت باشد.

با توجه به اهمیت این فناوری، مراکز تحقیقاتی و علمی مختلفی در کشور از جمله سازمان انرژی های نو ایران پروژه هایی را در زمینه پیل های سوختی به انجام رسانده و نیز در دست انجام دارند.

برخی از این پیل های سوختی نظیر پیل های سوختی اکسید جامد و کربنات مذاب، گاز طبیعی را به صورت مستقیم مصرف می نمایند و در برخی از آنها نظیر پیل های سوختی پلیمری و اسید فسفریکی به کمک یک رفورمر، گاز طبیعی به هیدروژن تبدیل شده و مورد مصرف قرار می گیرد، همچنین در پیل سوختی متانولی، متانول مستقیماً جهت استفاده به پیل سوختی وارد می شود.

در پیل های سوختی دمای بالا (MCFC, SAFT) بخار داغ خروجی می تواند یک توربین متصل به پیل سوختی را به حرکت درآورده و تولید انرژی اضافی نماید.

در این سیستم ها با در نظر گرفتن باز یافت حرارتی، راندمان تا ۸۵٪ نیز بالغ می گردد. همچنین پیل های سوختی با سوخت گاز طبیعی (NGFC) با بازده حدود ۹۰٪ را می توان به عنوان یک فناوری مقرون به صرفه انرژی نام برد.

پیل های سوختی می توانند در بخش های مختلف تولید انرژی الکتریکی نیروگاهی حضور یابند. این حوزه ها عبارتند از هتل ها، مدارس، بیمارستان ها، ساختمان های



پیل سوختی در کاربری های خانگی

منابع

- *هیدروژن سوخت آینده - تألیف: محمد علی رضانی،
فرناز امین صالحی دفتر انرژی‌های نو معاونت انرژی
۱۳۷۶
- *بولتن هیدروژن و پیل سوختی - دفتر فناوری‌های
هیدروژن

یادداشت

A series of 30 horizontal dotted lines for writing a note.

