خودروهای پیل سوختی

حدیث مرامی

چکیده

اهمیت انرژی در جهان امروز منجر شده است تا مصرف آن، روز به روز افزایش یابد. آمارها نشان می‌دهند مصرف انرژی اولیه جهان در بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۷ بیش از ۲/۲ درصد افزایش یافته است و از میزان ۱۱۵۸۸/۴ میلیون تن معادل نفت خام در سال ۲۰۰۷ به میزان ۱۳۵۱۱/۲ میلیون تن معادل نفت خام در سال ۲۰۱۷ رسیده است. بخش حمل‌ونقل یکی از اصلی‌ترین بخش‌های مصرف‌کننده انرژی در اکثر کشورها است. در ایران نیز این بخش در سال ۱۳۹۵، ۲۵ درصد از کل انرژی و ۵۸/۴۷ درصد از کل فرآورده‌های نفتی را مصرف کرده است. همچنین آمارها نشان می‌دهند که حدود ۲۵ درصد از آلایندگی‌های زیست‌محیطی در این سال، ناشی از مصرف سوخت در بخش حمل‌ونقل هست. با این تفاسیر، برنامه‌ریزی در جهت کاهش مصرف سوخت و آلاینده‌های زیست‌محیطی اهمیت و ضرورت پیدا می‌کند.

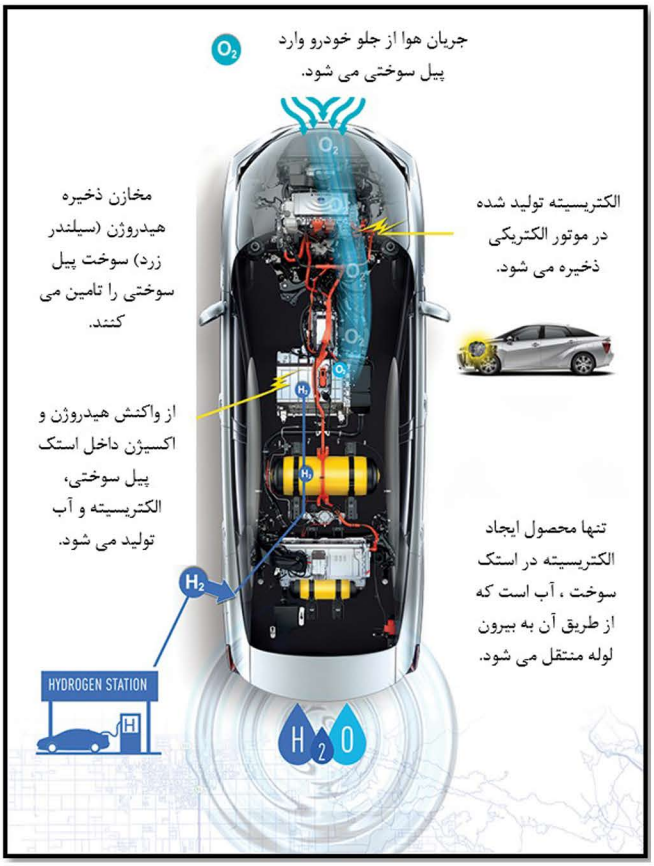
تاریخچه خودروهای پیل سوختی

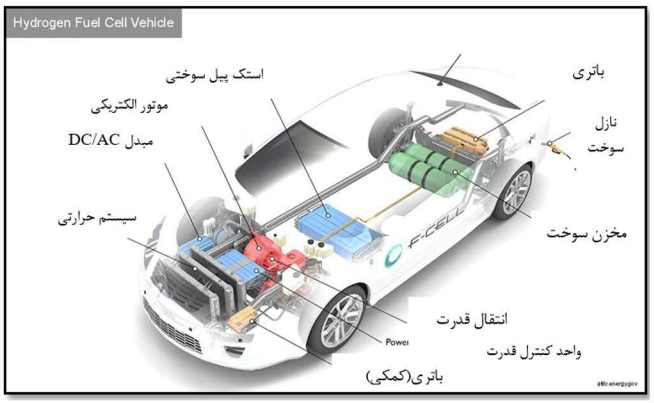
در سال‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰پیشرفت در فن‌آوری پیل سوختی با کاربرد تجاری در فضاپیما و هوا فضا شروع شد. بحران نفت ایالات متحده در سال ۱۹۷۰ علاقه به خودروهای هیدروژنی را تسریع کرد و باعث شد غول‌های خودرویی مانند جنرال موتورز (GM) شروع به تلاش جدی برای تولید موتورهایی با سوخت هیدروژن کنند. در سال ۱۹۸۰، تقریبا تمام تولیدکنندگان خودرو، حداقل یک مدل از خودروی الکتریکی داشتند.

خودروهای پیل سوختی (FCVS)

خودروهای پیل سوختی (Fuel Cell Vehicles) یا به اختصار FCV معمولا از سوخت "هیدروژن" برای قدرت بخشیدن به موتور الکتریکی استفاده می‌کنند. گرچه اخیرا سوخت‌هایی مانند "متان یا CH_4" نیز مطرح شده‌اند اما همچنان هیدروژن در اولویت استفاده در پیل‌های سوختی قرار گرفته است. برخلاف ماشین‌های بنزینی و دیزلی، خودروهای FC، از ترکیب اکسیژن و هیدروژن برای تولید الکتریسیته استفاده می‌کنند. خودروی الکتریکی سوخت (FCEV) مانند وسایل الکتریکی از برق برای نیروی موتور استفاده می‌کند و شباهت بسیار زیادی به خودروی پیل سوختی دارد، با این تفاوت که خودروی برقی نیرویش را از یک باتری که روی خودرو سوار است دریافت می‌کند و خودروی پیل سوختی خودش برق مورد نیازش را در حال حرکت تولید می‌کند.

هر پیل سوختی از سه جزء اصلی تشکیل شده است؛ الکترود آند، الکترود کاتد و الکترولیت یا غشا. گاز هیدروژن که به عنوان سوخت به کار می‌رود؛ به الکترود آند وارد شده و در آنجا با از دست دادن الکترون، اکسایش می‌یابد. طی این واکنش یون هیدروژن مثبت و الکترون تولید می‌شود. یون‌های هیدروژن به همراه الکترون‌ها از کاتد به آند انتقال یافته و انتقال یون‌های هیدروژن از طریق الکترولیت و انتقال الکترون از طریق یک مدار خارجی صورت می‌گیرد. اکسیژن موجود در کاتد با الکترون‌ها و یون‌های هیدورژن واکنش داده و آب را تولید می‌کند. طی فرآیند طراحی وسیله نقلیه، سازنده خودرو قدرت وسیله نقلیه را با تعیین اندازه پیل سوختی و میزان انرژی ذخیره شده با توجه به اندازه مخزن سوخت تعریف می‌کند. گاز هیدروژن به دلیل تمایل واکنش دهندگی بالا، فراوانی و عدم آلایندگی محیط زیست، به عنوان سوخت ایده‌آل در پیل‌سوختی مورد استفاده قرار می‌گیرد.





شـــکل۱. اجزای اصلی در یک خودرو پیل سوختی

۱-باتری(Auxiliary Battery)

در یک خودرو پیل سوختی، باتری کمکی برای شروع حرکت ماشین قبل از اینکه باتری کشش روشن شود، برق را فراهم می‌کند و همچنین لوازم جانبی وسایل نقلیه را فعال می‌کند.

۲-مبدل(DC/DC converter)

این دستگاه ولتاژ بالاتر DC از باتری کشش را به ولتاژ DC پایین‌تر مورد نیاز لوازم جانبی خودرو تبدیل می‌کند.

۳-موتور الکتریکی(Electric motor)

مانند ماشین، در خودروهای هیدروژن از یک موتور الکتریکی نزدیک چرخ‌های جلو خودرو استفاده می‌کنند تا نیروی محرکه

را ایجاد کند. موتور الکتریکی وسیله نقلیه، نویز و لرزش را کم می‌کند و قدرت خود را از برق تولید شده توسط پیل‌های سوختی می‌گیرد. همچنین می‌تواند انرژی الکتریکی را در یک بسته باتری ذخیره کند و سپس آن را برای تکمیل گشتاور و قدرت فراهم می‌کند. همچنین می‌تواند با استفاده از تکنولوژی ترمز احیاءکننده (Regenerative Braking) انرژی الکتریکی را در یک بسته باتری ذخیره کند و سپس آن را برای تکمیل گشتاور و قدرت مصرف کند.

۴- استک پیل سوختی (Fuel cell stack)
مجموعه‌ای از پیل‌های سوختی که برای تولید برق از هیدروژن و اکسیژن استفاده می‌کنند.

۵- نازل سوخت (Fuel filler)
یک نازل که برای افزودن سوخت به مخزن استفاده می‌شود.

۶- مخزن سوخت هیدروژن (Fuel tank)
گاز هیدروژن را در محفظه خودرو ذخیره می‌کند تا زمانی که توسط پیل سوختی مورد نیاز باشد.

۷- واحد کنترل (Motor controller)
این واحد، جریان برق تولید شده در پیل سوختی و همچنین ورودی/ خروجی باتری را با توجه به شرایط رانندگی مدیریت و کنترل می‌کند. مقدار برقی که به موتور الکتریکی فرستاده می‌شود؛ بر اساس ورودی تحویل داده شده از پدال شتاب دهنده است.

۸- سیستم حرارتی ((Thermal system (cooling)
این سیستم پیل سوختی، موتور الکتریکی و سایر اجزا را در یک محدوده دمای عملیاتی نگه می‌دارد.

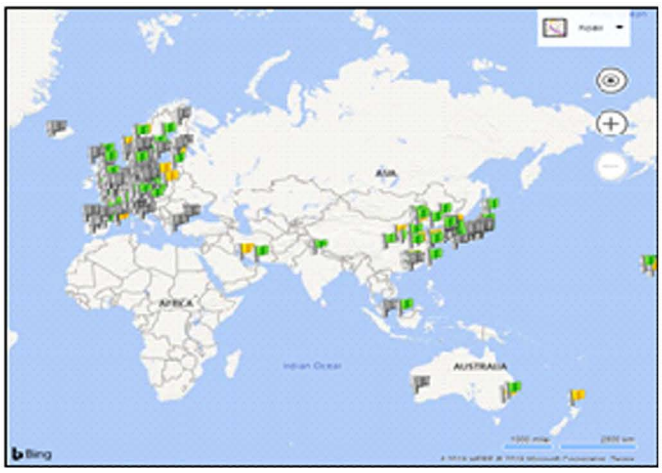
۹- انتقال قدرت (Transmission)
انتقال قدرت مکانیکی از موتور به چرخ‌ها.

هیدروژن، سوخت مورد نیاز پیل‌های سوختی

هیدروژن سبک‌ترین عنصر، هنگام واکنش با اکسیژن خالص مقدار قابل ملاحظه‌ای حرارت آزاد می‌کند و در شکل ایده‌آل هیچ‌گونه آلودگی زیست‌محیطی ندارد. اهمیت هیدروژن زمانی بیشتر جلوه می‌نماید که بدانیم خورشید در عرض یک ثانیه ۴۰۰ میلیون تن هیدروژن می‌سوزاند که این مقدار هشت برابر بیشتر از حامل‌های انرژی است که سالانه در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حال حاضر تقریبا ۱۷ درصد تولید جهانی هیدروژن از صنایع پتروشیمی، ۱۸ درصد از زغال سنگ، چهار درصد از الکترولیز آب و تنها یک درصد از دیگر منابع می‌باشد. هیدروژن تنها سوختی است که عملا در پیل‌های سوختی مورد نیاز واقع می‌شود. دلیل این امر، فعالیت بالای الکتروشیمیایی هیدروژن در مقایسه با بیشتر سوخت‌های متداول نظیر هیدروکربن‌ها، الکل‌ها یا زغال‌سنگ است. هیدروژن می تواند به مقادیر زیاد از منابع انرژی اولیه نظیر سوخت‌های فسیلی (زغال سنگ، نفت یا گاز طبیعی) از واسطه‌های شیمیایی متعدد (محصولات پالایشگاه، آمونیاک و متانول) و از منابع دیگری نظیر بیومس و مواد ضایعاتی تولید شود.

ایستگاه های سوخت‌گیری هیدروژنی

ایستگاه‌های سوخت‌گیری هیدروژنی در کل جهان و اروپا در شکل۲ نشان داده شده است. در حال حاضر ۳۹ ایستگاه سوخت‌رسانی هیدرولیکی در ایالات متحده وجود دارد، اما تنها چهار جایگاه از آن‌ها در ایالت کالیفرنیا وجود دارد. از سوی دیگر، آلمان دارای ۸۳ میلیون ساکن و ۴۵ ایستگاه سوخت‌رسانی هیدروژن است که برای عموم قابل دسترس هستند. در نروژ پنج ایستگاه سوخت‌گیری سوخت هیدروژن وجود دارد. سوئد دارای ایستگاه سوخت‌گیری هیدروژن در استکهلم، گوتیبورگ و مالمو است. ژاپن در حال حاضر با ۱۲۷ میلیون نفر ساکن دارای ۹۱ ایستگاه هیدروژن است. در سال گذشته، آلمان بالاترین میزان افزایش را داشته است و در سال ۲۰۱۶، ۲۴ ایستگاه عملیاتی را در مجموع اضافه کرده است.



شکل۲. نقشه ایستگاه‌های سوخت‌گیری هیدروژنی در کل جهان و اروپا (*H_2station.org* - ۱۶/۰۵/۲۰۱۹)

نحوه سوخت‌گیری در خودروهای پیل‌های سوختی

پیل‌های سوختی همانند پمپ‌های بنزین، در ایستگاه‌های هیدروژن تحت فشار پُر می‌شوند. زمانی کمتر از ۱۰ دقیقه نیاز است تا یک پیل سوختی در خودروهای امروزی سوخت‌گیری شود. قطعا میزان پیمایش خودروهای مجهز به پیل سوختی با یک مخزن پر از هیدروژن با همدیگر متفاوت است، اما در حالت کلی با یک مخزن پر از هیدروژن، توانایی پیمودن ۲۰۰ تا ۳۰۰ مایل (۳۲۰ تا ۴۸۰ کیلومتر) وجود خواهد داشت.

مزایای خودروهای پیل سوختی

یکی از چیزهایی که باعث می‌شود خودروهای هیدروژنی را به عنوان آینده‌ی صنعت خودروسازی در نظر بگیرند این است که بر خلاف خودروهای بنزینی و دیزلی هیچ نوع آلودگی و آلاینده‌ای از جمله دی اکسید کربن و اکسید نیتروژن تولید نمی‌کند. یکی دیگر از مزایای این خودروها در مقایسه با خودروهای برقی، زمان نسبتا کمی است که برای سوخت‌گیری لازم دارند. برای پر کردن مخزن هیدروژن حدودا دو دقیقه زمان لازم است که تقریبا هم اندازه‌ی زمان لازم برای پر کردن باک یک خودروی بنزینی یا دیزلی است.

به‌طور کلی سوخت مصرفی برای وسایل نقلیه سوخت هیدروژنی معادل دو برابر میزان وسایل نقلیه بنزین است. آن‌ها ۷۵ درصد سوخت را به انرژی قابل استفاده تبدیل می‌کنند و می‌توانند با یک مخزن هیدروژن، مسافتی تا ۳۰۰ مایل (۴۸۰ کیلومتر) را طی کنند. برای مثال هیوندای *ix35* پیل سوختی می‌تواند با هر بار سوختگیری ۳۶۹ مایل (حدود ۶۰۰ کیلومتر) راه برود. به بیان دیگر، می‌توانید با یک بار سوخت‌گیری از لندن تا بیرمنگام بروید. خودروهای پیل سوختی اغلب مجهز به ترمز احیاءکننده (Regenerative Braking) هستند که به افزایش بهره‌وری آن‌ها کمک می‌کند.

معایب خودرو پیل سوختی:

۱- عدم وجود زیرساخت‌ها (Lacking Infrastructure)

در حال حاضر فاقد زیرساخت کافی برای حمایت از سوخت‌گیری هیدروژن در مقیاس انبوه است. به گفته وزارت انرژی ایالات متحده، در حال حاضر کمتر از ۵۰ ایستگاه سوخت‌گیری در دسترس در ایالات متحده وجود دارد. با این حال، ابتکارات دولت و تولید کنندگان خودرو، سرمایه‌گذاری می‌کنند تا ایستگاه‌های سوخت‌گیری را بطور معمول بکارند.

۲- خطرات احتمالی (Potential Dangers)

ذخیره هیدروژن تحت فشار در خودرو می‌تواند خطرات منحصربه‌فرد ایجاد کند. یکی از نگرانی‌های اصلی این است که شعله‌های هیدروژن تقریبا نامریی هستند. در صورت تصادف، این به نگرانی بزرگی برای کسانی که برای نجات مسافران می‌آیند؛ خواهد بود.

۳- ذخیره سازی هیدروژن (Hydrogen Storage)

ذخیره‌سازی هیدروژن یک چالش است؛ زیرا به فشار بالا، درجه حرارت پایین و یا فرآیندهای شیمیایی نیاز دارد که فشرده شود. برای اتومبیل‌های مسافری، غلبه بر این چالش کمی دشوار است زیرا اغلب آن‌ها ظرفیت‌های اندازه و وزن آن‌ها برای ذخیره‌سازی سوخت محدود است.

۴- حساسیت به آب و هوا (Climate Sensitivity)

برای عملکرد مناسب، خودروهای هیدروژنی دارای پارامترهای دما هستند. در مناطقی که درجه حرارت پایین‌تر از نقطه‌ی انجماد است، انجماد آب درپیل‌های سوختی به وجود می‌آید و در مکان‌هایی با درجه حرارت بالا، اجزای پیل سوختی در خطر overheating قرار دارند.

۵- هزینه های تولید وسیله نقلیه (Vehicle Production Costs)

هزینه بالا FCEV عمدتا به دلیل استفاده از کاتالیزورهای پلاتین (Pt) و حجم کم تولید در حال حاضر است. پلاتین یکی از کاتالیزورهای مورد استفاده برای پیل‌های سوختی است. پلاتین یک کالای گران قیمت است (تقریبا ۱۰۰۰ دلار در هر اونس). این افزایش هزینه مواد تولید، همراه با سایر فن‌آوری‌های جدید مربوط به وسایل نقلیه هیدروژنی قیمت خرید خودرو را بالا می‌برد (بالاتر از یک ماشین بنزینی).

خودروهای پیل سوختی موجود در بازار

تولید خودروهای پیل سوختی در اوایل سال ۲۰۰۰ به‌طور پیوسته افزایش یافته است، اما در سال‌های اخیر نوسان می‌کند. در چند سال گذشته، بازار خودرو پیل سوختی توسط شرکت‌های هوندا، جنرال موتورز و... رهبری شده است. هوندا کار خود را با FCX آغاز کرد و به جنوب و شمال کالیفرنیا فرستاد چون این مناطق دارای ایستگاه‌های سوخت‌گیری هیدروژن بودند، این خودروها برای اجاره ۳ سال در هر ماه ۶۰۰ دلار بودند. در سال ۲۰۰۷ جنرال موتورز، بیش از ۱۰۰ واحد از وسایل نقلیه پیل سوختی شورلت به کالیفرنیا، واشنگتن دی سی و نیویورک تحویل داد. در انگلستان فقط دو نمونه از این خودروها وجود دارند: تویوتا میرای و هیوندای ix35 پیل سوختی که یک شاسی بلند کوچک است. قیمت تویوتا میرای ۶۶ هزار پوند است و با هر بار سوخت‌گیری می‌تواند ۴۸۰ کیلومتر راه برود. هیوندای ix35 پیل سوختی حدوداً ۵۳ هزار پوند قیمت دارد. درحالی‌که دارندگان خودروهای هیبریدی و برقی می‌توانند تا ۴۵۰۰ پوند از دولت برای خودرویشان کمک هزینه بگیرند، برای خودروهای پیل سوختی کمک هزینه‌ای داده نمی‌شود. به هر دو خودرو به خاطر پیشگام بودن در تکنولوژی خودروهای هیدروژنی جایزه‌ی تکنولوژی سال ۲۰۱۶ را اهدا شد. یک مدل دیگر هم هیوندا Clarity است که در آمریکا موجود می‌باشد (جدول ۱).

معرفی تویوتا میرای (Mirai) برنده جایزه برترین "خودرو سبز" در سال ۲۰۱۶ میلادی

تویوتا با ۲۳ سال سابقه، قدیمی ترین شرکتی است که در زمینه خودروهای هیدروژنی فعالیت می‌کند. تولید خودرو تویوتا Mirai در دسامبر ۲۰۱۴ در ژاپن آغاز شد و فروش آن سال بعد در ایالات متحده انجام شد. در اروپا، اولین وسیله نقلیه در سال ۲۰۱۵ در بریتانیا، آلمان و دانمارک و در سال ۲۰۱۶ در بلژیک

فروخته شد. تویوتا میرای که از تکنولوژی پیل سوختی بهره می‌برد، در سال ۲۰۱۶ برنده جایزه بهترین خودرو سبز را نصیب خود کرد. این خودرو از پیل سوختی مدل Solid Polymer بهره برده و ماکزیمم توان خروجی آن ۱۵۳ اسب بخار و یا ۱۱۴ کیلووات است. موتور الکتریکی این خودرو توان خروجی ۱۵۱ اسب بخار و گشتاور ۳۳۵ نیوتون متر را داراست. تویوتا میرای از دو مخزن فیبرکربنی ***4-Type*** هیدروژن برای سوخت‌گیری استفاده می‌کند. اگر بخواهیم میزان مصرف الکتریسیته را بنزین تبدیل کنیم. خودرو تویوتا میرای به ازای استفاده هر لیتر بنزین قادر خواهد بود تقریبا ۲۹ کیلومتر را بپیماید (هر ۱۰۰ کیلومتر ۳/۴۵ لیتر بنزین). سرعت تویوتا میرای حداکثر ۱۱۱ مایل بر ساعت (۱۷۸ کیلومتر بر ساعت) بوده و شتاب صفر تا ۶۰ را در نه ثانیه پر می‌کند. سازمان حفاظت از محیط زیست، محدوده مسافتی میرای را ۳۱۲ مایل (۵۰۲ کیلومتر) برآورد کرده و مدت زمان شارژ آن تنها ۵ دقیقه است.

جدول۱. وسایل نقلیه سلول سوختی موجود در بازار خودرو

	Toyota Mirai	Hyundai ix35 Fuel Cell	Honda Clarity Fuel Cell
Acceleration 0-60 mph	9.6 s	12.5 s	11 s
Fuel Cell power	113 kW	100 kW	103 kW
Engine power	113 kW	100 kW	130 kW
Top speed	179 km/h	161 km/h	200 km/h
Range	ca. 550 km (NEDC test)	594 km	482 km
H_2 storage	70 MPa	70 MPa	70 MPa

شکل۳. نمایی از یک خودرو پیل سوختی

تویوتا همچنین آزمایش روی تکنولوژی سوخت سلولی را در یک کامیون ۱۸ چرخ در مرز لس آنجلس انجام می دهد. هنوز برنامه این کمپانی از این آزمایش‌ها مشخص نیست، اما تویوتا اعلام کرده که می‌خواهد از تکنولوژی هیدروژنی در همه چیز، از لیفتراک گرفته تا SUV استفاده کند. این کمپانی ژاپنی همچنین قصد دارد ناوگانی از ۱۰۰ اتوبوس هیدروژنی را نیز برای المپیک توکیو ۲۰۲۰ راه اندازی کند. تویوتا نیز همانند هوندا در حال همکاری با قانون‌گذاران نورث ایست است تا زیرساخت‌های هیدروژنی را در این کشور آماده کند.

خودرو پیل سوختی در ایران

درست است که شاید تا سالیان بعد خودروهایی با تکنولوژی پیل سوختی در کشور ما، ایران، دیده نخواهند شد اما با توجه به وضعیت کشور ما در میزان آلاینده‌ها (مخصوصا در شهر تهران) ضروری است که به سمت خودروهای سبز حرکت کرده تا به مثابه خیلی مسایل دیگر، در آینده احساس پشیمانی به سراغمان نیاید.