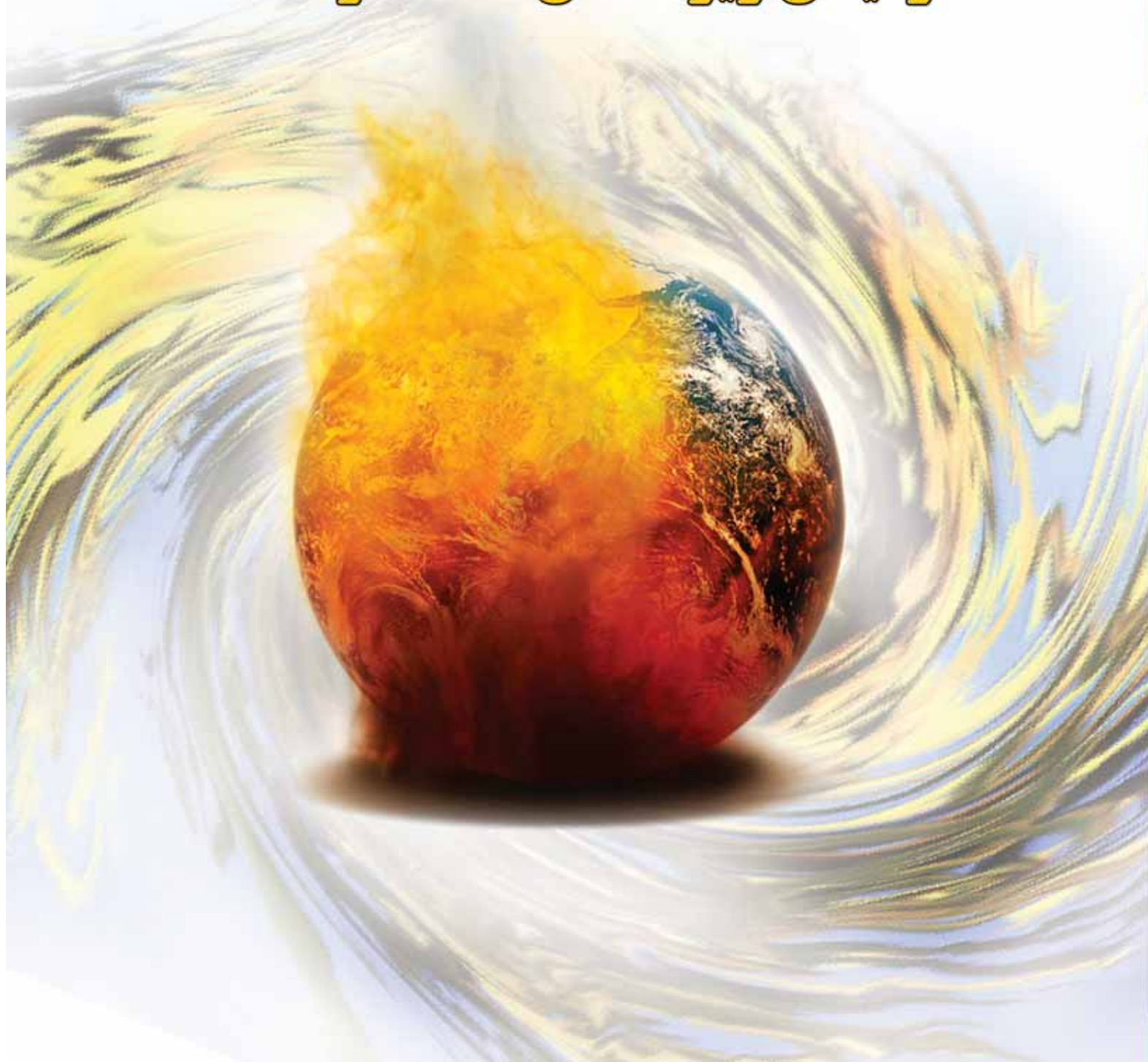


# هیدروژن و پیل سوختی

کمیته راهبری پیل سوختی / نشریه هیدروژن و پیل سوختی / سال پنجم / شماره ۴۶ / تیر ۱۳۸۹

## زمین زیر آتشی است و ما...



## سخن سردبیر

### زین در معرض تهدید گردش معیوب در روند مصرف انرژی

حدود ۲۰ سال پیش به قبل، هر وقت به آرایشگاهی می‌رفتیم، آرایشگر با قیچی و ماشین دستی سراغ اصلاح موی سر ما می‌آمد و در همین فصل سال با بادبزن‌های دستی، باید روی صندلی انتظار، خنک می‌شدیم. امروز، در کنار میز وسایل آرایشگرها، انواع ماشین‌های برقی و سشوار و زرق‌هایی که برق خود را از نیروگاه‌ها گرفته‌اند، دیده می‌شود. رفاه‌زدگی انسان‌ها موضوعی است که به تدریج به خورد ما انسان‌ها داده شده و چون اغلب، عوارض آن به طور مستقیم گریبان ما را نگرفته است، از درک مشکلاتی که از رویه مصرف‌گرایی، به آن دچار شده‌ایم غافل هستیم. عوارض مصرف‌گرایی کنونی، بشر را در یک سیکل معیوب قرار داده است که با مصرف بیشتر انرژی، تولید بیشتری را داشته باشد و به دنبال آن، باید برای رفع مشکلات محیط زیستی هزینه‌هایی کند که بخشی از آن را باید با تولید بیشتر جبران نماید. آرایشگرها، کم‌کم برای سرمایه‌ش تابستان، بادبزن‌ها را به پنکه‌ها، پنکه‌ها را با کولرهای آبی و کولرهای آبی را با کولرهای گازی عوض کرده‌اند، تا از پس گرمای هوای تابستان‌های داغ برآیند.

تلاش برای خروج از این گردونه معیوب در کشورهای غربی، چندسالی هست که آغاز شده است؛ اما روند صنعتی و گره خوردن مسائل انرژی در سیاست، اقتصاد و فرهنگ، موجب دشواری خروج کوتاه‌مدت از معضل ذکر شده دارد. چه باید کرد؛ راه‌حل‌های رفاه‌طلبانه مانند سیستم‌های خنک‌کننده و تصفیه‌کننده هوا در محیط‌های سر بسته، شاید بخشی از بی‌تفاوتی در مورد روند مصرف انرژی را بپوشاند، اما حقیقت آن است که حیوانات منقرض شده، رودهای خشک‌شده، زمین دگرگون‌شده، لایه اوزون آسیب‌دیده و مرگ‌های ناشی از عوارض محیط زیستی قابل بازگشت نخواهد بود. باید اندیشید و دلسوزانه به موضوع نگاه کرد. عمده راه حل‌های برون‌رفت در دو گروه طبقه‌بندی می‌شوند که در زیر به آن‌ها نگاه مختصری خواهیم داشت.

۱- کنترل مصرف: مصرف به عنوان تأثیرگذارترین عامل بر روی تولید انرژی مطرح است. این نیاز به حدی در حال رشد است، که تولیدکنندگان را بعضاً از تدابیر لازم برای تولید کاراتر و یا روش‌های سازگارتر با محیط زیست دور می‌کند؛ چراکه اغلب روش‌های تولید پاک انرژی، به دلیل فناوری‌های پیشرفته و بعضاً تجاری نشده، در کوتاه‌مدت پاسخ‌گوی نیاز جامعه نیست. متأسفانه علی‌رغم آموزه‌های دینی ما، کشورمان یکی از پرمصرف‌ترین کشورها از حیث مصرف بسیاری از کالاها از جمله انرژی است و جالب آن‌که با این توجه که کشوری با منابع عظیم سوخت‌های فسیلی هستیم، انتظار همگان بر مصرف خودسرانه و متوقفانه‌ای است که حتی لحظه‌ای خاموشی برق را روی برنمی‌تابد. آنچه که در این زمینه دیده می‌شود آن است که پیش‌زمینه‌های فرهنگی، به تنهایی ضامن مصرف صحیح نخواهد بود.

البته آسیب‌شناسی این موضوع در تخصص نویسنده نیست ولی باید گفت کنترل مصرف باید دارای یک الگو، قانون و راهکارهای علمی باشد تا بتدریج به شکل عادت و فرهنگ صحیح در جامعه تسری یابد. کمتر و بجا مصرف کردن و استفاده از وسایل کم‌مصرف و پربازده، باید از طریق قانون، سیاست‌های تشویقی و تنبیهی، آگاه‌سازی کودکان و... به جامعه تزریق شود و خود موضوعی در خور آسیب‌شناسی، بررسی، الگوپردازی و هدف‌گذاری جدی است.

۲- تغییر رویه‌های تولید: در صورتیکه بخشی از بار تولید روزافزون توان الکتریکی در جامعه، از دوش متولیان تولید انرژی برداشته شود، فکر و عمل به راه‌های جدیدی معطوف می‌شود که در آن‌ها به روش‌های پربازده‌تر، پاک‌تر و آینده‌دارتر خواهیم رسید. در این زمینه باید روش‌ها را به سه دسته تقسیم کرد.

روش‌هایی که در بازه کوتاه مدت باید انجام شوند. روش‌هایی که باید در کوتاه مدت پیگیری و انجام شوند، تا در میان مدت به نتیجه برسند و دسته سوم روش‌هایی هستند که با برنامه‌ریزی، ایجاد زیرساخت و پیگیری به عنوان راه‌حل‌های بلندمدت بشر مطرح هستند. اگر بخواهیم برای هر یک از سه روش ذکر شده مثالی زده باشیم، جایگزینی نیروگاه‌های به‌روز و نو با نیروگاه‌های فرسوده، مثال روش کوتاه مدت است. روش‌های تجاری شده جدید مانند نیروگاه‌های برق بادی، مثال روش دوم هستند و روش‌هایی که با پتانسیل‌های ذاتی قابل پیش‌بینی، تلاش در رقابت برای آینده بلند مدت هستند، مانند سیستم پیل سوختی، مثال روش سوم هستند. سه نکته اساسی در اینجا مطرح است.

اولاً، از لحاظ اهمیت، اگر حتی نگوئیم اهمیت روش سوم از دوم و اول بیشتر است، حداقل در یک رده اهمیت قرار دارند و تمرکز بر هر سه روش قادر خواهد بود حل مشکلات بشر را در حال و آینده تضمین و جایگاه استراتژیک کشورها را در زمینه انرژی تعیین نماید.

دوم اینکه، زمان بروز نتایج و محصولات روش‌های مذکور دارای خط‌کشی دقیقی نیست. این بدان معناست که مثلاً باید منتظر بروز نتایجی که بخشی از مشکلات را در میان مدت حل کند از روش بلند مدتی مانند پیل سوختی هم باشیم.

سومین نکته در مورد روش سوم است. تصویر آینده این فناوری‌ها تنها برای کسانی که از روند فناوری‌های مربوط آگاهی دارند روشن است و اغلب افراد، جایگزینی این فناوری‌ها را چندان ممکن نمی‌دانند و چه بسا در برابر تغییرات مقاومت‌هایی نیز داشته باشند که منجر به عدم جدیت در رویکرد به سمت فناوری‌های مذکور خواهد بود. اما حقیقت آن است که اگر با هر هدفی، دغدغه انرژی داریم، چه مسائل زیست‌محیطی، چه مسائل ملی، چه اقتصادی و... باید کوشش برای دستیابی به این فناوری‌های نوین از همین حالا آغاز شده باشد، زیرا در غیر این صورت برخوردها در آینده قهری، از سر اجبار و پرهزینه خواهد بود.

مسعود رضایی



صفحه ۲

الکترو اکسیداسیون متانول روی Pt/C اصلاح شده  
با نانوالیاف پلی آنیلین برای کاربردهای DMFC



صفحه ۶

بررسی فعالیت‌های حوزه هیدروژن و پیل سوختی در  
ایسلند (قسمت اول)



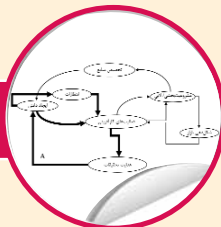
صفحه ۸

مهندس جواد رفیعی از دانشگاه پلی تکنیک رنسلبریورک



صفحه ۹

رشد نامطلوب توسعه فناوری پیل سوختی در کشور،  
چالش‌ها و راهکارها (قسمت سوم)



صفحه ۱۲

اخبار جهان



• صاحب امتیاز: سازمان انرژی های نو ایران

• مدیر مسئول: مهندس مهنام رحیم زاده

• شورای سردبیری: دکتر مرتضی صادقی، مهندس مولود شیوا، مهندس مینو غلامی

• مهندس مسعود رضایی، مهندس میترا غلامی / ویراستار فنی: دکتر سید عباس موسوی

• طراحی هنری، صفحه آرایی و طراحی جلد: مرکز مدیریت ارتباطات عارف - ۲۶۶۱۰۹۹ - ۰۳۱۱

• مدیر داخلی: مهندس سمیه خطی / روابط عمومی: مهدیه رحیم پور

• همکاران این شماره: مهندس شراره صادقی، مهندس مینا اعتمادی

• نشانی: تهران، شهرک قدس، بلوار شهید دادمان، ساختمان معاونت امور انرژی، سازمان انرژی های نو

ایران، صندوق پستی ۱۴۶۶۵ - ۱۱۶۹، تلفن: ۸۸۰۹۸۹۹۹ - ۰۲۱

• استفاده از مطالب مندرج در نشریه هیدروژن و پیل سوختی با ذکر منبع مجاز است.

• کمیته راهبری پیل سوختی آماده دریافت مطالب علمی، خبری و همچنین پیشنهادات و انتقادات خوانندگان محترم می باشد.

• آدرس سایت کمیته راهبری پیل سوختی:

www.fcc.gov.ir info@fcc.gov.ir

# الکترواکسیداسیون متانول روی Pt/C اصلاح شده

## با نانوالیاف پلی آنیلین برای کاربردهای DMFC\*

منبع: نشریه Hydrogen سال ۲۰۱۰

محمد ژبانی، بهزاد رضایی، جلال جلیلی از دانشکده شیمی، دانشگاه صنعتی اصفهان

ترجمه: شراره صادقی، مینا اعتمادی

### چکیده:

در این تحقیق، برای به دست آوردن یک کاتالیزور آند نسبتاً ارزان برای کاربرد در پیل سوختی متانولی مستقیم، ترکیبی از نانوالیاف پلی آنیلین و نانوذرات Pt/C، با نام PANI/Pt/C، از طریق الکترو پلیمریزاسیون در محلول آنیلین و اسید تری فلورومتان سولفونیک روی کربن شیشه‌ای تهیه شده است. همچنین برای بررسی تأثیر نانوالیاف سنتز شده PANI بر واکنش الکترواکسیداسیون متانول و مقایسه آن با نمونه Pt/C بدون این الیاف (بدون روکش) از روش‌های متفاوت الکتروشیمیایی مانند ولتامتری چرخه‌ای (CV)، طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) و زمان آمپرسنجی (کرنوآمپرومتری) کمک گرفته شده به علاوه اینکه از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) برای مطالعه مورفولوژی لایه اصلاح شده کاتالیزور استفاده شده است.

### مقدمه

در DMFCها چون الکترواکسیداسیون متانول از طریق یک واکنش بسیار پیچیده که شامل تعداد زیادی حد واسط سمی می‌باشد، انجام می‌شود و این سینتیک باعث اختلال در اکسیداسیون سوخت می‌گردد، تجاری‌سازی این نوع پیل‌های سوختی با مشکل مواجه شده است. از طرفی برای بهبود فعالیت کاتالیزور آند در واکنش اکسیداسیون متانول، استفاده از فلزات قیمتی اجتناب ناپذیری می‌باشد که این مسئله باعث افزایش قیمت الکترودهای آند می‌شود. مسئله مهم دیگر در ارتباط با DMFC، عبور عرضی متانول از قسمت آند به کاتد از طریق غشای پلیمری هادی پروتون و در نتیجه کاهش کارایی کاتد می‌باشد. بنابراین برای استفاده تجاری از DMFC حداقل سه مشکل باید حل شود: (۱) نیاز به الکتروکاتالیزورهای گران قیمت مانند پلاتین یا آلیاژ پلاتین، (۲) پایین بودن بازدهی الکتروکاتالیزور (۳) مسمومیت الکتروکاتالیزورها مخصوصاً توسط محصولات حد واسط اکسیداسیون متانول. یک استراتژی نویدبخش جدید برای کاهش مشکلات مذکور استفاده از پلیمرهای هادی مخصوصاً پلی آنیلین در لایه کاتالیزوری الکترودهای آند یا کاتد می‌باشد. از میان پلیمرهای هادی، پلی آنیلین (PANI) و مشتقات آن یکی از بهترین گزینه‌ها هستند، زیرا به راحتی می‌توان آن‌ها را به صورت یک لایه نازک بسیار فشرده و همگن با مساحت سطح بالا و پایداری مکانیکی و شیمیایی خوب در محیط اسیدی بر روی الکتروکاتالیزور استفاده از PANI در لایه کاتالیزور الکتروکاتالیزور افزایش درگیری پلاتین در محیط پیل سوختی می‌شود. از این رو می‌توان پلاتین کمتری در الکتروکاتالیزور

### اصلاح شده استفاده کرد.

برای ساخت نانوالیاف انعطاف پذیر PANI باید فرایند سنتز آن کنترل شده باشد تا از تشکیل لایه‌های نازک غیر متخلخل یا ساختار گرانولی جلوگیری به عمل آید. از مزایای کاتالیزورهای الیافی می‌توان به ثابت بودن کاتالیزور، کوتاه بودن مسافت نفوذ و مقاومت پایین آن‌ها در برابر عبور جریان مایع و گاز از میان یک دسته از الیاف اشاره کرد. در مطالعه قبلی نشان دادیم اگر نانوالیاف PANI از طریق پلیمریزاسیون گالسواناستات آنیلین و اسیدتری فلورومتان سولفونیک (TFMSA) تهیه شوند، این الیاف به صورت همگن در سایت‌های فعال لایه کاتالیزوری پخش می‌شوند و هدایت الکترون و پروتون در لایه کاتالیزور را موجب می‌گردند که این مسئله توسط محققین زیادی نشان داده شده است.

### مواد و روش‌ها

#### (۱-۲) تهیه الکتروکاتالیزور

برای مقایسه فعالیت Pt/C و PANI/Pt/C، دو الکتروکاتالیزور با استفاده از الکتروکاتالیزور تجاری موجود (الکتروکاتالیزور شامل ده درصد وزنی پودر Pt/C، ساخت شرکت Electrochem) با مقادیر یکسان از Pt/C تهیه شد.

نانوالیاف PANI از طریق الکتروپلیمریزاسیون گالسواناستات آنیلین روی Pt/C پوشانده شده روی کربن شیشه‌ای در محلول آبی اسیدی ۰/۱ مولار آنیلین (از شرکت مرک) و ۰/۵ مولار اسید تری فلورومتان سولفونیک (از شرکت مرک)، رسوب دهی الکترونیکی شد.

#### (۲-۲) اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیایی

محلول الکترولیت مورد نیاز برای ولتامتری چرخه‌ای و طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی اکسیداسیون متانول، با استفاده از یک محلول ۳ مولار متانول و ۰/۵ مولار اسید سولفوریک که از آب کاملاً خالص تهیه شده بود، آماده شد. یک دستگاه پتانسیواستات/گالسواناستات Auto Lab مدل PGSTAT30 و یک سل الکتروشیمیایی استاندارد برای ارزیابی رفتار کاتالیزورها استفاده شد. همچنین یک سل شیشه‌ای با ظرفیت ۵۰ میلی لیتر و نیز یک سل سه الکترودی شامل الکترودهای دیسکی کربن شیشه‌ای (GC) با سطح هندسی  $0.314 \text{ cm}^2$ ، یک الکتروکاتالیزور تجاری Ag/AgCl و یک الکتروکاتالیزور سیمی شماره‌دهنده از جنس پلاتین انتخاب شدند. الکترودهای دیسکی GC پیش از استفاده با پودر آلومینا صیقل داده شده، سپس در  $\text{HNO}_3$  غلیظ عمل‌آوری و کاملاً شسته شدند و اسکن آن‌ها تا زمان تولید ولتاموگرام‌های تکرارپذیر در محلول ۰/۵ مولار اسید سولفوریک و در گستره ۰/۲۰- تا ۱/۲۰ ادامه

یافت. تمامی آزمایش‌ها در دمای اتاق انجام شد. برای آزمایش‌های ولتامتری چرخه‌ای پتانسیل ۰/۱۶ تا ۱/۳ ولت با سرعت افزایش  $50 \text{ mV s}^{-1}$  اعمال شد و نتایج طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی در فرکانس‌های بین ۱۰۰ کیلو هرتز و ۰/۱ هرتز و در پتانسیل‌های متفاوت به دست آمد. دامنه سیگنال سینوسی پتانسیل ۱۰ میلی‌وات بود.

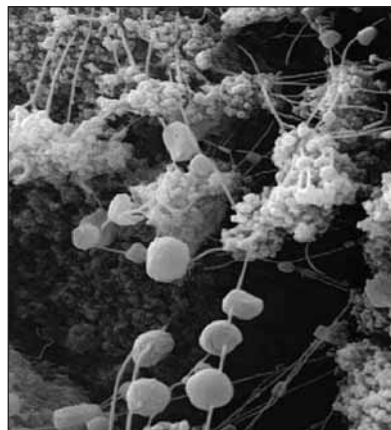
#### (۳) بحث و نتیجه‌گیری

(۱-۳) بهینه‌سازی میزان پلاتین روی کربن شیشه‌ای برای اکسیداسیون متانول

برای یافتن مقدار بهینه میزان پلاتین روی سطح کربن شیشه‌ای برای اکسیداسیون متانول، وابستگی دانسیته جریان اکسیداسیون متانول به میزان پلاتین در پتانسیل ۰/۷۰ ولت اندازه‌گیری گردید و مشاهده شد با افزایش میزان پلاتین، دانسیته جریان اکسیداسیون متانول به صورت تقریباً خطی از  $0.36 \text{ mAcm}^{-2}$  (در میزان پلاتین  $0.13 \text{ mgcm}^{-2}$ ) به  $2.96 \text{ mAcm}^{-2}$  (در میزان پلاتین  $0.5 \text{ mgcm}^{-2}$ ) افزایش می‌یابد و بالاتر رفتن میزان پلاتین (از ۰/۵ تا  $0.76 \text{ mgcm}^{-2}$ )، دانسیته جریان تغییر نمی‌کند و در حد اشباع تقریبی  $2.96 \text{ mAcm}^{-2}$  باقی می‌ماند بنابراین میزان پلاتین در  $0.5 \text{ mgcm}^{-2}$  ثابت نگه داشته شد.

#### (۲-۳) شناسایی مورفولوژی لایه کاتالیزور

شکل ۱ عکس SEM فوقانی الکتروکاتالیزور اصلاح شده با PANI را با بزرگ‌نمایی ۱۵۰۰۰ برابر نشان می‌دهد. در این شکل می‌توان دید که ذرات پلاتین توسط نانوالیاف PANI به یکدیگر متصل شده‌اند. ماهیت الیافی PANI امکان برقراری ارتباط خوب و قابل انعطاف را بین ذرات کاتالیزور درون لایه واکنش فراهم می‌کند.



شکل ۱) نمای فوقانی میکروگراف میکروسکوپ الکترونی رویشی PANI/Pt/C

#### (۳-۳) اندازه‌گیری ولتامتری چرخه‌ای

(۱-۳-۳) ولتامتری چرخه‌ای PANI/Pt/C در اسید سولفوریک ۰/۵ مولار  
روش جریان‌یابی با دو مرحله‌ی زمانی بهینه شده (به ترتیب ۱ و ۲ ثانیه) برای سنتز نانوالیاف PANI استفاده شد.

شکل ۲ ولتاگرام الکتروکاتالیزور PANI/Pt/C ثبت شده

جابه جایی منفی قابل توجه (تقریباً  $150\text{ mV}$ ) می باشد. پایین آمدن پتانسیل شروع می تواند برای اکسیداسیون سریع CO در واکنش اکسیداسیون متانول (MOR) مطلوب باشد. به علاوه PANI رفتار جذب لانگ مویر متانول را تسریع می کند (جذب متانول کندترین مرحله برای اکسیداسیون آن روی پلاتین است) که جذب سریع تر نیز به نفع اکسیداسیون متانول است.

### ۳-۴) طیف سنجی امپدانس الکتروشیمی

با مطالعات طیف سنجی امپدانس الکتروشیمی، مشاهده شد، در اکسیداسیون متانول روی الکترودهای Pt/C و PANI/Pt/C در ناحیه پتانسیل پایین (زیر  $0/6$  ولت) که در آن تشکیل اجزای اکسیژن دار روی Pt قابل اجرا نیست، الکترودهای PANI/Pt/C، مقدار کمتری RCT نسبت به الکترودهای Pt/C نشان می دهند. این نتیجه قابل انتظاری است زیرا متانول در چنین پتانسیل های پایینی اکسید نمی شود. در پتانسیل های بین  $0/6$  تا  $0/9$  ولت الکترودهای رفتارهای امپدانس منفی نشان می دهد. این رفتارهای منفی معمولاً به جذب مواد حد واسط واکنش روی سطح کاتالیزور نسبت داده می شود.

در خصوص اکسیداسیون متانول روی PANI/Pt/C پروفیل امپدانس در پتانسیل های مذکور کاملاً با آنچه روی الکترودهای Pt/C اتفاق می افتد، متفاوت است. کامپوزیت PANI/Pt/C مقاومت بیشتری نسبت به مسمومیت CO نشان می دهد که با عدم مشاهده رفتار امپدانس منفی قابل تأیید است.

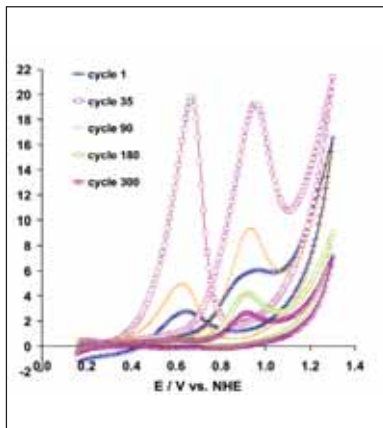
افزایش پتانسیل الکترودهای Pt/C به بیشتر از  $0/9$  ولت، امپدانس را از منفی به مثبت تغییر می دهد که حاکی از سینتیک های انتقال سریع تر الکترون در پتانسیل های بالاتر است که خود ناشی از حذف CO از سطح الکترودهای می باشد.

### ۴) نتایج

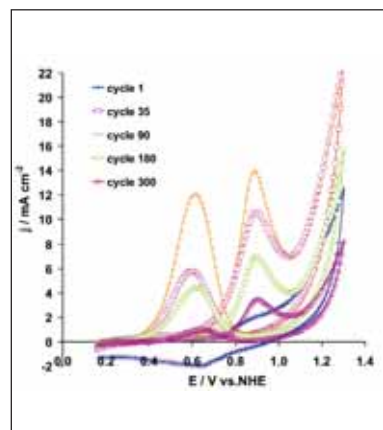
رود نانوالیاف PANI به عنوان یک پلیمر هادی به لایه کاتالیزوری (۱) مسمومیت نانو ذرات Pt/C را به تعویق می اندازد؛ از تشکیل لایه ای از مواد سمی که شدیداً جذب سطح کاتالیزور شده باشند، جلوگیری می نماید و اکسیداسیون کل مواد سمی (چه محکم و چه ضعیف جذب شده) را تسریع می کند، بنابراین از مسمومیت بیشتر کاتالیزور توسط محصولات حد واسط اکسیداسیون متانول جلوگیری می کند و (۲) همان طور که در نمودار SEM می توان دید، خواص مکانیکی لایه کاتالیزور را به کمک برقراری ارتباط خوب و انعطاف پذیر بین نانو ذرات Pt بهبود می بخشد. در حقیقت PANI بدون ایجاد محدودیت زیاد برای نفوذ متانول به سایت فعال پلاتین، به عنوان چسبی در لایه کاتالیزور عمل می کند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که PANI/Pt/C می تواند در مقایسه با نانو ذرات Pt/C اصلاح نشده، یک کاتالیزور آندی جایگزین مناسب در واکنش الکترواکسیداسیون متانول برای کاربردهای DMFC باشد.

\*این مقاله به صورت خلاصه در مجله چاپ شده است. متن کامل را از سایت [fcc.gov.ir](http://fcc.gov.ir) دریافت نمایید.

کاتالیزور توسط محصولات حد واسط اکسیداسیون متانول جلوگیری می کند. البته این نتایج با ولتاموگرام های چرخه ای نتایج پیشین ما قابل تأیید است.



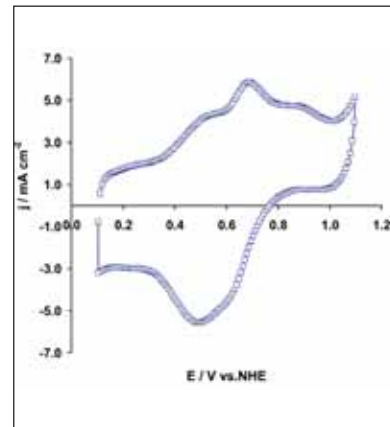
شکل ۳) ولتاموگرام های چرخه ای الکترودهای Pt/C در متانول ۳ مولار و اسید سولفوریک ۰/۵ مولار



شکل ۴) ولتاموگرام های چرخه ای الکترودهای PANI/Pt/C در متانول ۳ مولار و اسید سولفوریک ۰/۵ مولار

در ابتدا Pt/C پیک های آندی و کاتدی بالاتری در دانسیته ی جریان نسبت به PANI/Pt/C نشان می دهد که می تواند ناشی از اشغال تعدادی از سایت های فعال Pt توسط نانوالیاف PANI باشد. با افزایش تعداد سیکل ها مسمومیت Pt/C سریع تر اتفاق می افتد به گونه ای که پیک کاتدی دانسیته ی جریان کاملاً ناپدید شده و پیک آندی دانسیته ی جریان هم در مقایسه با پیک آندی دانسیته ی جریان PANI/Pt/C کاهش می یابد. این نتایج نشان می دهد که نانوالیاف PANI مسموم شدن نانو ذرات Pt/C را به تأخیر می اندازد. وجود PANI به جذب آب روی کاتالیزور و تشکیل یک ترکیب اکسیژنی فعال ( $\text{Pt-OH}_{\text{ads}}$ ) کمک می کند که باعث پیشرفت اکسیداسیون CO به  $\text{CO}_2$  می شود. به علاوه پتانسیل شروع اکسیداسیون متانول روی کاتالیزور PANI/Pt/C ۰/۴ ولت اتفاق می افتد که در مقایسه با کاتالیزور Pt/C بدون روکش یک

در اسید سولفوریک ۰/۵ مولار با سرعت اسکن  $50\text{ mVs}^{-1}$  نشان می دهد.



شکل ۵) ولتاموگرام چرخه ای جریان پایلی آنیلین سنتز شده

الکترودهای Pt/C به طور متناوب تحت ولتاژ  $0/16$  تا  $1/3$  ولت قرار گرفت. همان طور که می توان دید، PANI طی چرخه ی پتانسیودینامیکی در این محیط اسیدی و در پتانسیل های مثبت، رفتار اکسایش-کاهش چندگانه از خود نشان می دهد. فرآیندهای اکسایش-کاهش به خاطر تغلیظ پروتون ها و آنیون ها با تغییر ساختار همراه هستند. به حداکثر رسیدن جریان اکسیداسیون در  $0/50$  ولت به دلیل تغییر PANI از حالت Leucoemeraldine (LM) به حالت Emeraldine (EM) و اوج گرفتن آن در  $0/90$  ولت ناشی از تغییر حالت EM به حالت Pernigraniline (PE) می باشد. واکنش های کاهشیه مربوطه در طول برگشت اسکن (از راست به چپ) اتفاق می افتد. هر دو نقطه پیک جریانی که در  $0/70$  ولت مشاهده می شود، به دلیل رفتار اکسایش-کاهش مواد حد واسط واکنش اکسیداسیون آنیلین است که درون PANI محبوس شده اند. PANI رسانش بالایی در ناحیه ی پتانسیلی بین تغییرات LM/EM و EM/PE نشان می دهد و الکترواکسیداسیون متانول که برای این مطالعه انتخاب شده است، در همین گستره ی پتانسیلی اتفاق می افتد.

### ۳-۲) ولتامتری چرخه ای PANI/Pt/C و Pt/C در محلول اسیدی متانول

در شکل ۳ و ۴ به ترتیب ولتاموگرام های (چرخه های اول، سی و پنجم، نودم، صد و هشتم و سیصدم) Pt/C و PANI/Pt/C را در گستره ی پتانسیلی  $0/16$  تا  $1/3$  ولت با سرعت اسکن  $50\text{ mVs}^{-1}$  و با وجود  $0/05\text{ mgcm}^{-2}$  پلاتین نشان می دهد. دانسیته ی جریان با توجه به سطح هندسی الکترودهای در حال کار برای نشان دادن فعالیت جرمی کاتالیزور استاندارد شده است. پیک آندی از چپ به راست، که در ولتاژ حدود  $0/90$  ولت اتفاق افتاده، به خاطر الکترواکسیداسیون متانول روی پلاتین بوده و همین پیک در اسکن راست به چپ (در ولتاژ  $0/55$  ولت) به دلیل اکسیداسیون متانول روی سایت های پلاتین اکسید شده ی دوباره فعال شده ظاهر شده است.

شکل ۳ نشان می دهد، PANI از مسمومیت بیشتر

# بررسی فعالیت‌های حوزه هیدروژن و پیل سوختی در ایسلند (قسمت اول)

تهیه و تنظیم: مینا اعتمادی، سمیه خطی  
منابع: h2move.eu, iphe.net, newenergy.is

HySociety

- مشارکت در پروژه تحقیقات انرژی کشورهای شمال اروپا (Nordic) و تأسیس مدارس تابستانی در این کشورها به منظور تقویت زیرساخت‌ها
- انجام پروژه‌هایی با کمیسیون انرژی اتمی فرانسه، ژاپن و آمریکا
- عضویت در برنامه هیدروژن و پیل سوختی اروپا (HFT) و IEA HIA (پیمان اجرایی هیدروژن آژانس بین‌المللی انرژی)

از مهم‌ترین گام‌هایی که دولت در راستای پیاده‌سازی سیاست هیدروژنی برداشت می‌توان به تشویق‌های مالیاتی (معافیت مالیاتی خودروهای هیدروژنی از بهار سال ۲۰۰۵)، بهره‌گیری از حمایت‌های مالی و بین‌المللی (عضویت در IPHE) و تدوین نقشه راه و سیاست هیدروژنی اشاره کرد.

نقشه راه هیدروژنی ایسلند

در سال ۱۹۹۸ وزارت صنایع و بازرگانی ایسلند فرآیند تهیه نقشه راه هیدروژن را به منظور هماهنگی بخش‌های مختلف فعال در این حوزه و با هدف تأکید بر جهت‌گیری‌های مطلوب و کارهای لازم برای تحقق اقتصاد هیدروژنی در ایسلند آغاز کرد و با تأسیس INE در سال ۱۹۹۹ کار تدوین نقشه راه به این سازمان واگذار شد.

این نقشه راه نه فقط یک برنامه تحقیق و توسعه دولتی و نه یک طرح تجاری‌سازی صنعتی است، بلکه گستره وسیعی از فعالیت‌های لازم برای استفاده از ظرفیت‌های بالقوه هیدروژنی ایسلند در جهت حل مشکلات امنیت و تنوع منابع انرژی و نیازمندی‌های زیست‌محیطی را پوشش می‌دهد. در این نقشه به پنج موضوع تولید، ذخیره، زیرساخت، تبدیل و کاربرد و همچنین تحقیقات هیدروژن به طور جداگانه پرداخته شده و چشم‌انداز این کشور مشخص شده است:

## ۱- تولید هیدروژن

در حال حاضر تمام ۲۰۰۰ تن هیدروژنی که سالانه در ایسلند تولید و بیشتر آن برای تولید آمونیاک مصرفی در کودهای شیمیایی مصرف می‌شود، به روش الکترولیز تهیه می‌شود. هرچند این روش به دلیل مصرف بالای انرژی برق، روش پرهزینه‌ای است ولی چون ایسلند از منابع تجدیدپذیر فراوانی برای تولید برق برخوردار است، از این باب مشکلی ندارد. علاوه بر الکترولیز، گزینه‌های دیگری که البته همگی بر مبنای استفاده از منابع تجدیدپذیر هستند، از جمله تولید هیدروژن از منابع زمین‌گرمایی (تولید هیدروژن از  $H_2S$  خروجی از شکاف‌های زمین) در این کشور استفاده می‌شود. به علاوه ایسلند همگام با سایر کشورها در حال بررسی سایر روش‌های تولید بدون کربن هیدروژن است که چارچوب زمانی‌ای که انتظار می‌رود براساس آن این روش‌ها در بخش تولید هیدروژن ایسلند اثرگذار شوند در نمودار زیر نشان داده شده است. از چالش‌های در پیش روی تولید هیدروژن در ایسلند، بالا بودن هزینه تولید هیدروژن نسبت به سوخت‌های فسیلی متداول و نیز پایین بودن میزان تقاضای هیدروژن می‌باشد.

## ۲- ذخیره هیدروژن

امروزه ذخیره هیدروژن در ایسلند به صورت گاز فشرده



هدف بلندمدت این سند، جایگزینی هرچه سریع‌تر صددرصدی سوخت‌های فسیلی با هیدروژن تولیدی از منابع تجدیدپذیر در دو بخش حمل و نقل و ناوگان ماهیگیری بود.

به علاوه مذاکرات بین شرکای ایسلندی و اروپایی نیز در همین سال آغاز شد چرا که هدف اصلی دولت ایسلند ایجاد برنامه‌ای بین‌المللی برای تحقیق و آزمایش هیدروژن در کشور بر مبنای همکاری نزدیک بخش‌های خصوصی و دولتی و ارائه ساختاری بی‌نظیر برای پیشرفت در آینده و جمع کردن کارشناسان و متخصصان در کنار یکدیگر بود و از آنجا که ایسلند به تنهایی توان ایجاد چنین پیشرفت‌های عظیمی را نداشت، باید مراحل مهم و عمده این طرح با همکاری سایر کشورها، سازمان و صنایع کلیدی در سطح جهان طی می‌نمود.

اصولی که برای ترویج فرهنگ مصرف انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر در سیاست انرژی دولت ایسلند بر آن تأکید شده عبارتند از توسعه پایدار، تنوع بخشی به فعالیت‌های

هدف ایسلند مبنی بر تغییر کامل سوخت ایسلند از سوخت‌های فسیلی به هیدروژن تا ۲۰۵۰، با وجود اینکه آرزوی بلندپروازانه‌ای به نظر می‌رسد ولی امکان پذیر است.

صنعتی، افزایش صادرات و سرمایه‌گذاری خارجی و بهبود شرایط زندگی.

سیاست‌هایی که دولت ایسلند برای حرکت به سمت برخورداری از اقتصاد هیدروژنی در پیش گرفته را می‌توان به پنج بخش تقسیم کرد: (۱) ایجاد ساختاری مطلوب برای کسب و کار و تحقیقات (۲) افزایش همکاری‌های بین‌المللی (۳) تحقیقات گسترده در زمینه هیدروژن (۴) آموزش (۵) بازنگری مداوم سیاست‌ها.

در راستای افزایش همکاری‌های بین‌المللی فعالیت‌های قابل توجه‌ای در این کشور صورت گرفت:

- عضویت در IPHE در سال ۲۰۰۳
- امضای تفاهم‌نامه‌ای برای انجام ابتکارات مشترک در خصوص پیشرفت هیدروژنی با مانتوبای کانادا
- انجام پروژه‌های ECTOS، Euro-Hypport،

ایسلند، نخستین کشوری است که فعالیت‌های عملی خود را در راستای جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر با سوخت‌های فسیلی آغاز نمود و براساس پیش‌بینی‌ها، اولین کشوری خواهد بود که بین سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۴۰ وارد عصر هیدروژن می‌شود. این جزیره کوچک، مستقل و پیشرفته با جمعیت ۲۹۰ هزار نفری کاملاً برای پروژه‌های هیدروژنی مناسب است. تقریباً ۷۲ درصد انرژی مصرفی این کشور از منابع تجدیدپذیر بومی مانند منابع برق‌آبی و زمین‌گرمایی تأمین می‌شود. دولت ایسلند براساس هدف بلندمدت خود مبنی بر جایگزینی ۱۰۰ درصدی سوخت‌های فسیلی مصرفی در بخش حمل‌ونقل، ناوگان ماهیگیری (یک سوم نشر دی‌اکسیدکربن در ایسلند ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در ناوگان ماهیگیری این کشور است) و صنایع این کشور تا سال ۲۰۵۰، چارچوب دقیق و درستی تنظیم نمود و در این راستا سازمانی با عنوان سازمان انرژی‌های نو (INE) را تأسیس کرد و آن را مرجع پیاده‌سازی این چارچوب‌ها نمود. این سازمان نقشه راهی برای ورود هیدروژن به بخش حمل‌ونقل و ماهیگیری تدوین کرد و انتظار دارد با این سیاست‌ها، استقبال عمومی مردم ایسلند از سوخت هیدروژنی به بالای ۹۰ درصد برسد.

دولت و سیاست‌ها

چندین دهه است که دولت ایسلند به صورت جدی به تشویق و حمایت استفاده از منابع فراوان تجدیدپذیر انرژی در این کشور می‌پردازد و هدف اصلی‌اش رسیدن به آینده‌ای کاملاً عاری از کربن است و در این راستا بیشتر سیاست‌ها و اولویت‌ها بر روی هیدروژن متمرکز شده است.

در اصل نظریه تبدیل ایسلند به کشوری با سوخت هیدروژنی، نخستین بار توسط پروفیسور آرناسون (B. Arnason) استاد شیمی دانشگاه ایسلند در سال ۱۹۷۰ مطرح شد و در سال ۱۹۹۷ دولت (وزارت صنایع و بازرگانی)، کمیته‌ای را برای بررسی تولید بومی سوخت تشکیل داد که یکسال بعد بیانیه‌ای شفاف در مورد سیاست هیدروژنی با مضمون تصمیم‌گیری این کشور به برخورداری از اقتصاد هیدروژنی صادر کرد و نخست‌وزیر و وزرای صنایع و محیط‌زیست پای آن را امضا نمودند.

که کامل ترین فناوری ذخیره به شمار می رود، صورت می گیرد. در راستای ذخیره سازی هیدروژن چندین پروژه تحقیقاتی شامل ارزیابی و توسعه کاربرد سدیم پوروهیدرید برای ذخیره هیدروژن در ایسلند انجام شده است.

چشم اندازی که دولت ایسلند در خصوص ذخیره هیدروژن برای خود تعیین کرده، انتخاب تجهیزاتی پاک، ایمن، سبک، کم هزینه، کم حجم با قابلیت استفاده مجدد می باشد هرچند این کشور خود قادر به تولید چنین سامانه هایی نیست اما با انتخاب صحیح آن ها در بخش حمل و نقل خودرویی و نیز صادرات هیدروژن به موفقیت خواهد رسید.

#### ۳- زیرساخت هیدروژنی

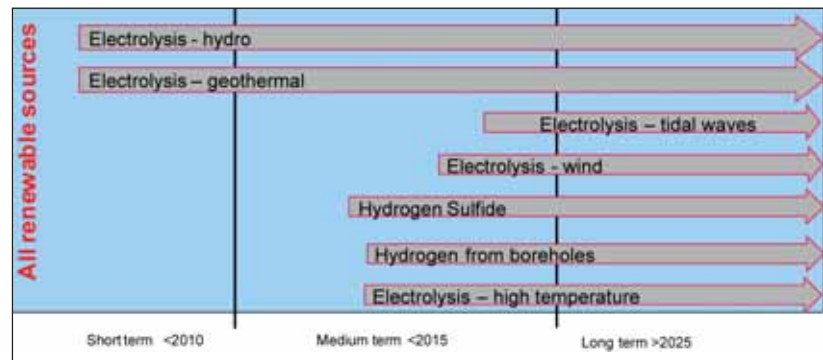
در ایسلند هیچ گونه خطوط لوله ای برای توزیع هیدروژن وجود ندارد و توزیع تماماً در قالب سیلندرهای گازی که با کامیون یا کشتی حمل می شوند، صورت می گیرد. تنها با پروژه ECTOS یک جایگاه سوخت گیری در محل احداث شد. همان طور که گفته شد

بخش حمل و نقل و سایر کاربردها تحقیقات گسترده ای نیاز است. به همین منظور ایسلند بیشتر تحقیقاتش را به صورت همکاری های بین المللی انجام داده چرا که دولت و تمامی سازمان های انرژی، تحقیقاتی و سرمایه گذاری این کشور به سودمند بودن این رویه اعتقاد راسخ دارند. علاوه بر انجام پروژه های مشترک، این کشور در انجمن ها و جوامع بین المللی هیدروژن حضوری فعال دارد تا به تدریج با موفقیت به جامعه ای با اقتصاد هیدروژنی تبدیل گردد.

چنانچه ملاحظه شد در نقشه راه هیدروژنی ایسلند تولید هیدروژن، توسعه زیرساخت و تمرکز بر یافتن راه حل بهینه و مناسب از چالش های ویژه ایسلند محسوب می شود. ذخیره سازی هیدروژن، تبدیل و کاربردها (پیل سوختی) و مشارکت در پروژه های جهانی و خانگی در زمره چالش های جهانی است که در این نقشه راه بدان توجه شده است.

#### سازمان انرژی های نو (INE)

در اوایل سال ۱۹۹۹، براساس نظریه ورود ایسلند به



تولید هیدروژن در ایسلند از طریق الکترولیز آب صورت می گیرد که این روش در وهله اول به وجود آب و برق و سپس تجهیزات تولید نیاز دارد. شبکه توزیع آب و برق که قبلاً وجود داشته، بنابراین تنها چالش تأمین، تجهیزات تولید است. البته سامانه تحویل هیدروژن باید به قدری انعطاف پذیر باشد که بتواند با سایر فناوری های تولید و هم چنین کاربردهای دیگر سازگاری پیدا کند. تولید هیدروژن در محل در مناطق مختلف ایسلند و ایجاد شبکه کوچکی از خطوط لوله برای انتقال از این محل ها به دیگر جایگاه های سوخت گیری مجاور از اهداف بلندمدت دولت ایسلند در حوزه زیرساخت هیدروژنی به شمار می رود.

#### ۴- تبدیل و کاربرد هیدروژن

چندین پروژه در ایسلند برای تبدیل و کاربرد هیدروژن در پیل های سوختی و موتورهای احتراق داخلی صورت گرفته است. ولی این کشور به خاطر محدودیت زیرساخت، در افزایش کاربرد و حجم تبدیل آن با مشکل روبروست. به علاوه اینکه برای رسیدن به موفقیت هرچه بیشتر در این بخش باید کارشناسانی خبره برای تعمیر و نگهداری در این حوزه تربیت نماید و به همه کسانی که در روند این تغییر سوخت تحت تأثیر قرار می گیرند، آموزش های لازم را بدهد. کاربرد عمده هیدروژن در ایسلند در بخش حمل و نقل خودرویی و سپس در ناوگان ماهیگیری است. البته کاربردهای نیروگاهی برای مناطق دورافتاده که توزیع برق ممکن نمی باشد از اولویت های بعدی کاربرد هیدروژن در ایسلند به شمار می رود.

#### ۵- تحقیقات هیدروژنی

برای تحقق جایگزینی هیدروژن با سایر سوخت ها در

(Ice Tech) (از مشارکان فعال پروژه ECTOS) و ... پس از تشکیل سازمان انرژی های نو ایسلند، این شرکت بر آن شد تا فعالیت های خود را گسترش داده و وارد میدان مشارکت های بین المللی شود و در این راستا پرداختن به همه مسائل مربوط به هیدروژن به عنوان حامل انرژی آینده از جمله تولید، توزیع، کاربرد و فناوری های مربوط به آن ها مانند نرم افزارهای کنترل عملیاتی و هم چنین بهینه سازی و کنترل تولید هیدروژن را در دستور کار خود قرار داد. از نخستین روزهای شروع هزاره جدید، سازمان انرژی های نو، توجه خود را بر روی آزمایش هیدروژن به عنوان سوخت متمرکز ساخت. فراوانی منابع تجدیدپذیر ایسلند مهم ترین عاملی است که باعث شده که این کشور به تغییر سوخت روی آورد تا بتواند به سرعت وابستگی خود به سوخت های فسیلی را کاهش دهد.

در پروژه های نمایشی و تحقیقاتی کاربردی هیدروژن در بخش حمل و نقل و سیستم های پشتیبان، سازمان انرژی های نو به عنوان یک مدیر پروژه داخلی عمل می کند. INE پیش بینی کرده، ظرف پنجاه سال به هدف جایگزینی کامل سوخت های فسیلی با هیدروژن در بخش حمل و نقل و ماهیگیری خواهد رسید. براساس برآورد این سازمان، مقدار انرژی مورد نیاز برای این تغییر ۴۳ تراوات ساعت انرژی (1.۳Wh = TWh) است که به ۹۰۰۰۰-۸۰۰۰۰ تن هیدروژن احتیاج دارد که فقط با استفاده از ۸ تا ۱۰ درصد از انرژی تجدیدپذیر ایسلند این انرژی را می توان تأمین کرد.

این سازمان در همان اوایل شکل گیری چشم اندازی را برای توسعه اقتصاد هیدروژنی تدوین کرد که شامل سه بخش نمایش اتوبوس ها، خودروهای سواری و کشتی های ماهیگیری پیل سوختی می باشد و زمان پایانی برای آن تعریف نشده است.

مرحله اول در قالب پروژه ای با نام ECTOS در مارس ۲۰۰۱ آغاز و در حداث سال های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ سه اتوبوس پیل سوختی وارد ناوگان حمل و نقل این کشور گردید که این اتفاق اولین بار بود که در جهان رخ می داد. با افتتاح یک جایگاه جدید سوخت گیری هیدروژنی در ۲۰۰۳، موانع سوخت گیری برداشته شد و به دنبال آن دایملر کرایسلر، خودروی «مرسدس بنز اسپرینتر» را برای آزمایش در این جایگاه روانه ایسلند ساخت.

INE به پروژه ECTOS و به دنبال آن پروژه HyFLEET: CUTE به عنوان یک مرحله اولیه بسیار مهم در پروژه های نمایشی توجه داشته و آنچه در مراحل بعدی کانون توجه این سازمان بوده و هم چنان نیز می باشد، استفاده از خودروهای هیدروژنی شخصی و هم چنین استفاده از پیل های سوختی به صورت on-board بر روی کشتی های ماهیگیری به عنوان پیشروانه های کمکی و بعدها به عنوان پیشروانه اصلی است زیرا ایسلند ناوگان ماهیگیری بزرگی دارد که نقش بسیار مهمی در اقتصاد این کشور بازی می کند. از این رو دو موضوع آخر در قالب پروژه ای با عنوان H-SMART که از سال ۲۰۰۷ آغاز شده، بیشتر مورد توجه قرار گرفته و کار تست آن ها نیز شروع شده است. در سال ۲۰۰۷ یک خودروی هیدروژنی در ریجاویک وارد شد و یک جایگاه سوخت گیری هیدروژنی افتتاح گردید.

ادامه دارد...

ایسلند اولین کشور در نیاست که اتوبوس پیل سوختی هیدروژنی را وارد ناوگان حمل و نقل عمومی نمود

متخصصین سوخت های آینده. در ضمن سرمایه گذاری سه شریک دیگر به همان مقدار و به صورت مساوی بوده است. باید توجه داشت موفقیت فعلی پروژه هیدروژن ایسلند به دلیل ترکیب بی نظیر شرکت ویستورکا است چرا که در این شرکت همه فعالان کلیدی در حوزه هیدروژن در کنار یکدیگر جمع شده و با یکدیگر ارتباط برقرار کرده اند. از آن جمله: صندوق سرمایه گذاری کسب و کارهای جدید، شرکت ملی برق، دانشگاه ایسلند، وزارت صنایع و بازرگانی، شرکت انرژی ریجاویک (مجری راه اندازی بزرگ ترین سامانه های گرمایشی با انرژی پاک ژئوترمال در سطح جهان)، مؤسسه صنعتی ایسلند

## مهندس جواد رفیعی از دانشگاه پلی تکنیک رنسلر نیویورک



مهندس جواد رفیعی برنده جایزه ملمسون سال ۲۰۱۰ دانشگاه رنسلر آمریکا را حتماً به خاطر دارید؛ که خبر اختراع درخوردن هیدروژن در حوزه ذخیره‌سازی هیدروژن در نشریه شماره ۴۳ منتشر کردیم، به جهت تبیین بیشتر موضوع بر آن شدیم تا در گفت‌وگویی با وی جزئیات بیشتر این مهم را جویا شویم. وی در این گفت‌وگو که به صورت تلفنی انجام شد به تشریح فعالیت‌ها و دیدگاه‌های خود پیرامون اقتصاد هیدروژنی و مقایسه تحقیقات در ایران و خارج از کشور پرداخته است.

### ● برای شروع بهتر است تا از سوابق خود بر ایمان بگویید.

من دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه تریز در رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید به ترتیب در سال‌های ۸۲ و ۸۴ به اتمام رساندم. در این میان رهنمودهای دکتر مرتضی صادقی استاد راهنمای دوره کارشناسی ارشدم، کمکی اساسی در ادامه راه تحصیلی من بود. پس از اتمام خدمت سربازی در ستاد مشترک تحقیقات و جهاد خودکفایی ارتش زیر نظر در یادار محمد صدری، به‌عنوان دستیار تحقیقاتی وارد دانشگاه هنگ‌کنگ شدم و در سال ۱۳۸۷ در دانشگاه رنسلر نیویورک رفته و هم‌اکنون به‌صورت هم‌زمان در مقطع کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مدیریت و صنایع و در مقطع دکترا در رشته مهندسی مکانیک فعالیت می‌نمایم.

### ● در مورد فعالیت‌های خود در دانشگاه رنسلر نیویورک توضیح دهید.

با توجه به اینکه تمرکز تحقیقات در دانشگاه رنسلر، بر روی مسائل جدید و چالش‌های روز دنیا است، من موضوع تحقیق بر روی سوخت هیدروژنی را به راهنمایی دکتر کورتاکار انتخاب کردم و در حال حاضر به همراه برادر کوچکم محمدمعلی تحت نظارت ایشان به تحقیق می‌پردازیم.

### ● برادران هم در کنار شما هستند؟

بله، محمدمعلی دوره کارشناسی را در رشته مهندسی مواد در دانشگاه صنعتی امیرکبیر به پایان رسانید و بعد از مدت یک سال تحقیق در پژوهشگاه فولاد Posco در کره جنوبی برای انجام تحصیلات تکمیلی به دانشکده مهندسی مکانیک، هوافضا و هسته‌ای دانشگاه رنسلر پیوست.

### ● از طرح‌های تحقیقاتی تان بر ایمان بگویید.

پروژه دکترا من «ذخیره‌سازی هیدروژن با استفاده از مواد کربنی» است که طی آن موفق به ساخت حجم انبوه ماده جدید کربنی به نام گرافین شدم که حدود ۶ سال پیش در انگلستان ابداع و ساخته شده بود. من و برادرم توانستیم این ماده را به‌صورت ارزان و در حجم بالا به‌منظور کاربرد در صنایع انرژی و هوافضا تولید کنیم. این ماده با داشتن ویژگی‌های منحصر به فرد به لحاظ استحکام مکانیکی، الکتریکی و حرارتی بسیارگران قیمت است. در زمانی که ما این تحقیق را شروع کردیم قیمت هر گرم این ماده ۱۵۰۰ دلار بود و هنوز هم در حجم بالا شرکت‌ها به‌راحتی نمی‌توانند این ماده را با ویژگی‌های موجود آن ارزان تولید کنند.

در اوایل شروع کار، گرافین هنوز خیلی شناخته شده نبود و شاید در حدود ۳۰۰۰ مقاله هم در مورد آن وجود نداشت، ولی در حال حاضر این تعداد دو برابر شده و به حدود ۶۰۰۰ مقاله رسیده است. رشد تحقیقات بر روی این ماده به دلیل پتانسیل بالا در زمینه‌های گوناگون چشم‌گیر است و نرخ رشد این ماده در ۵ سال آینده ۲۰۰ درصد پیش‌بینی شده است.

### ● توضیح بیشتر درباره گرافین؟

گرافین در مواد ترکیبی مانند نانوکامپوزیت‌ها که کاربردهای وسیعی در صنایع هوافضا و هوابیما سازی دارند و هر جا که ماده‌ای با استحکام بالا و وزن کم نیاز است، کاربرد دارد. توسعه نانوکامپوزیت‌های گرافینی که موضوع تحقیق پایان‌نامه کارشناسی ارشد و دکترای محمدمعلی می‌باشد توانسته است جایزه ملی Lichten از جامعه هلی‌کوپترسازی آمریکا در سال ۲۰۱۰ دریافت کند.

من بر روی ذخیره‌سازی هیدروژن فعالیت می‌کنم که یکی از بزرگ‌ترین مشکلات اقتصاد هیدروژنی محسوب می‌گردد. جایزه ملمسون هم به جهت طراحی و ساخت گرافین مناسب برای ذخیره‌سازی هیدروژن به من اعطا شد.

بایستی بر روی گرافین پروسه‌های خاصی صورت گیرد تا قابلیت ذخیره‌سازی هیدروژن را پیدا کند که از جمله آن‌ها می‌توان عملیات حرارتی و آتیل کردن در دمای خاص، قرار دادن در محیط پلازما و آسیاب کردن اکسید گرافیت که یک مرحله قبل از تولید گرافین است را نام برد.

### ● آیا بر روی سایر مواد ذخیره‌ساز هیدروژن تحقیقی کرده‌اید؟

من بر روی سایر مواد اعم از غیر کربنی و کربنی مانند کربن نانوتیوب تک دیواره و چند دیواره، فولرین، کربن مخروطی و ساختارهای فلزی آزمایشات فراوانی انجام داده‌ام و بهترین نتیجه حاصله از این آزمایشات تاکنون مربوط به ذخیره‌ساز هیدروژن گرافین است. هم‌چنین روی پیل‌های خورشیدی و نانوکامپوزیت‌ها که تماماً زیرمجموعه صنایع انرژی هستند نیز فعالیت نموده‌ام. به‌علاوه، در آنالیز سیگنال‌های ElectroMyoGraphic ساعد دست و سیگنال‌های مغز انسان به‌منظور ساخت دست رباتیک هوشمند برای معلولان فعالیت‌هایی انجام داده‌ام. توسعه مدل‌های ریاضی پیشرفته برای کمک به محققین اورولوژ و روانشناسان بالینی در تحقیقات جنسیتی بشر و تأثیرات مواد مخدر نظیر اتانول و نیکوتین بر روی رفتارهای جنسی از دیگر تحقیقات در دست انجام من می‌باشد.

### ● در مورد میزان تأثیر این ماده‌ای که اختراع کرده‌اید در ذخیره‌سازی هیدروژن توضیح دهید؟

گرافین پتانسیل بسیار بالایی برای حل مشکل ذخیره‌سازی هیدروژن در مخزن سوخت دارد. اما هنوز ساخت این ماده به معنای حل کامل مشکل ذخیره هیدروژن نیست چون در مقیاس آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفته است و تا صنعتی شدن و دسترسی به کلیه اهداف تعیین شده وزارت انرژی آمریکا تا سال ۲۰۱۵ راهی دشوار در پیش است تا نمونه اولیه تولید و در خودرو آزمایش گردد. البته دستیابی به هدف ذخیره‌سازی وزنی هیدروژن گامی مهم و اساسی است و فراتر از اهداف بعدی یعنی حجم، هزینه و زمان سوخت‌گیری می‌باشد.

### ● چالش‌های فراوری اقتصاد هیدروژنی چیست؟

چهار چالش بزرگ پیش روی اقتصاد هیدروژنی ساخت پیل سوختی با بازده و هزینه مناسب، تولید پاک هیدروژن، ذخیره‌سازی و طراحی و ساخت زیرساخت‌های توزیع هیدروژن می‌باشد که بایستی به موازات هم مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند. وزارت انرژی آمریکا در مورد ذخیره‌سازی هیدروژن در خودرو دستیابی به وزن ۵۵/۶ کیلوگرم ماده ذخیره‌ساز به همراه هیدروژن، در حجم ۶۲ لیتر با هزینه

ساخت ۳۳۳ دلار به انضمام سوخت‌گیری در ۲/۵ دقیقه را تا سال ۲۰۱۵ هدف قرار داده است. ساختن نمونه‌ای که بتواند همه این ویژگی‌ها را در کنار هم داشته باشد بسیار مشکل است. ولی بسیاری از وزارت‌خانه‌های آمریکا و شرکت‌ها روی آن سرمایه‌گذاری هنگفتی کرده‌اند تا بتوانند تا سال ۲۰۲۰ خودروهای هیدروژنی‌ای که قابل تولید نمایند. این بدان منظور است تا باشند، در حجم انبوه تولید نمایند. احتمالاً بتوان در دهه‌های ۲۰۵۰-۲۰۴۰ تمامی خودروهای موجود را با خودروهای سوخت پاک جایگزین نمود.

### ● تاکنون برای تجاری‌سازی محصولتان، از طرف سازمان‌های آمریکا و یا شرکت‌ها پیشنهادی داشته‌اید؟

بعد از کسب جایزه ملمسون، ایمیل‌ها و تماس‌های متعددی از شرکت‌های بزرگ سرمایه‌گذاری (Venture Capital)، وزارت انرژی، شرکت‌های اروپایی و ژاپنی دریافت کردم که عمدتاً جهت کسب اطلاعات بیشتر و یا پیشنهاد سرمایه‌گذاری بود. البته من هنوز مشغول به تحصیل و به دنبال ثبت اختراع محصولم هستم و از طرفی این اختراع به‌طور کامل منتشر نشده و بایستی کارهای تکمیلی دیگری نیز بر روی آن انجام شود لذا منتظر فرصت‌های آتی برای صنعتی کردن می‌باشم.

### ● چه تعداد مقاله و ثبت اختراع تاکنون داشته‌اید؟

تاکنون ۹ مقاله در مجلات علمی بسیار معتبر و ۱۲ مقاله در کنفرانس‌های بین‌المللی به چاپ رساندم و چند مقاله تحت داوری دارم و در ۱۴ نشریه در دنیا داوری می‌کنم.

### ● آیا فناوری پیل سوختی به‌صورت ملموس در آمریکا رواج یافته و مردم این خودروهای پیل سوختی را می‌شناسند؟

تاکنون تعدادی خودروی هیدروژنی ساخته شده و در حال کار است ولی به دلیل هزینه‌های بالا هنوز تولید انبوه شروع نشده تا فرهنگ استفاده از این خودروها در میان مردم جا افتاده باشد. شاید توسعه‌ی این خودروها زمان‌بر باشد، ولی قطعاً این کار اقدام بزرگی است که می‌تواند بر روی اقتصاد تأثیر شگرفی داشته باشد.

یکی از مشکلات کشورهای صنعتی وابستگی به نفت و سوخت‌های فسیلی است که منابع آن در جهان محدود بوده و جوابگوی نیاز آتی ۳۰۰۰۰ میلیون واتی پیش‌بینی شده در دنیا در سال ۲۰۵۰ (که عمدتاً به دلیل افزایش جمعیت است) نمی‌باشد. مقدار مصرف انرژی در دنیا هم‌اکنون ۱۵۰۰۰ میلیون وات است. پیش‌بینی شده کشور هند تا سال ۲۰۳۰ تا ۹۰٪ به واردات نفت وابسته می‌شود و یا در آمریکا ۲۵۰ میلیون خودرو

در حال تردد می‌باشد که روزانه ۸۰۰ میلیون دلار هزینه سوخت‌های نفتی آن‌ها می‌گردد و همه کشورها خطر وابستگی به سوخت‌های فسیلی را درک کرده‌اند که متعاقباً مشکل گرم شدن کره زمین و آلاینده‌های رانیز به همراه دارد. لذا بیشتر کشورها به سهم خود برای جایگزینی سوخت‌های فسیلی قدم برمی‌دارند و هر کشوری که سریع‌تر به تکنولوژی‌های آن دست یابد، می‌تواند با صادرات محصولات و جلوگیری از واردات احتمالی سوخت‌های نفتی منفعت بیشتری ببرد.

امریکا سرمایه‌گذاری هنگفت حتی روی مسائلی که زمان دسترسی به آن‌ها بسیار طولانی به نظر می‌رسد انجام می‌دهد. من از میزان بودجه سوخت پاک در ایران اطلاعات چندانی ندارم، ولی کار و سرمایه‌گذاری بر روی سوخت‌های هیدروژنی، پیل‌های خورشیدی و باتری‌های یون - لیتیم امری مناسب به نظر می‌رسد هر چند که دستیابی به آن‌ها ممکن است زمانبر باشد. پتانسیل رشد صنعت هیدروژن در ایران مانند صنعت نفت نیز مناسب به نظر می‌رسد. به عنوان مثال تولید هیدروژن با استفاده از تجزیه گاز متان که ایران دومین کشور دارای این منبع طبیعی است می‌تواند ایران را به بزرگ‌ترین صادرکننده آبی هیدروژن در دنیا تبدیل کند. به‌طور کلی صنایع سوخت پاک می‌تواند کمک شایانی به کاهش وابستگی کشورمان به واردات سوخت

خودرو باشد.

### ● نظر شما در مورد سطح تحقیقات در ایران چیست؟

ایران به لحاظ علمی و چاپ مقاله رشد قابل توجهی داشته و در سال ۲۰۱۰ بالاترین نرخ رشد را از این لحاظ در میان کل کشورها به خود اختصاص داده است. امروز، ایران از لحاظ تحقیقاتی نسبت به بودجه‌ای که دارد بسیار خوب عمل می‌کند. از طرفی، ایرانی‌ها در سایر کشورها بسیار قوی ظاهر می‌شوند و این نیروهای انسانی وسیله‌ای برای پیشرفت کشورها هستند. ما باید بروی مسائل فرهنگی به جهت انجام کار جمعی و گروهی بیشتر فعالیت کنیم و این می‌تواند از دوران مدرسه نهادینه شود. چالش‌های کنونی دنیا پیچیده شده و به هم وابسته‌اند و اقدامات گسترده‌ای برای حصول به آن‌ها نیاز است. در جهان امروز، اگر بخواهید کشف یا اختراعی انجام دهید، به محققین زبردستی احتیاج دارید که تخصص‌های متنوع در زمینه‌های گوناگون و قابلیت کارگروهی بالایی داشته باشند.

دیگر عامل پیشرفت، ارتباط تنگاتنگ صنعت و دانشگاه است. یک سری از کارهای تحقیقاتی پتانسیل صنعتی شدن دارند که صنایع می‌توانند آن‌ها را بیابند و سرمایه‌گذاری کنند. یکی از مسائلی که امریکا به‌طور گسترده روی آن سرمایه‌گذاری می‌نماید بهبود فرهنگ و حمایت از مخترعین و محققین جوان از دوران مدرسه

می‌باشد. هم‌چنین در دانشگاه‌های امریکا، برنامه آموزشی دانشگاه‌ها بسیار فشرده است و با پروژه‌ها و تکالیف مختلف، دانشجویان را برای به عهده گرفتن مسوولیت‌های بزرگ‌تر آماده می‌سازد و این سیستم آموزشی فشرده به نظر می‌رسد که تاکنون در پیشرفت دانشگاه‌های این کشور مؤثر واقع شده است. البته در امریکا دانشجویان از وام‌های کم بهره بانکی و یا بورس تحصیلی نیز بهره‌مند هستند و غالب هزینه‌های آن‌ها از این طریق تأمین می‌گردد و بعد از اتمام تحصیل بدهی‌های خود به دانشگاه ادر دراز مدت پرداخت می‌کنند. مزیت تحصیل در ایران را می‌توان حمایت خانواده‌ها از فرزندان و هم‌چنین وجود دانشگاه‌های رایگان نام برد که تحصیل را برای کلیه اقشار جامعه آسان‌تر می‌نماید.

### ● حرف آخر؟

ما امیدواریم و سعی می‌کنیم به سمتی برویم که با فرهنگ‌سازی در امور گوناگون با رشد سریع‌تری کشورمان را بسازیم. به‌عنوان مثال فرهنگ کار گروهی و همکاری بیشتر نه تنها با هموطنان بلکه با سایر کشورهای موفق می‌تواند ما را با سرعت بیشتری به رشد علمی و اقتصادی برساند و در پایان از مجله شما و تمام کسانی که بنده را در رسیدن به این موفقیت‌ها یاری و حمایت نموده‌اند کمال تشکر را دارم.

## رشد نامطلوب توسعه فناوری پیل سوختی در کشور،

### چالش‌ها و راهکارها (قسمت سوم)

ناصر باقری‌مقدم، محمدمهدی جعفری

همانطور که در شماره‌های پیشین این سلسله مقالات بیان شد، هدف از نگارش این مقالات، ارزیابی طراحی نظام توسعه فناوری پیل سوختی در کشور با رویکرد سیستمی و شناسایی نواقص احتمالی در این نظام می‌باشد.

با توجه به اینکه سند توسعه فناوری پیل سوختی بر مبنای نظام نوآوری تهیه و تدوین شده است، در دو شماره قبلی نظام نوآوری و سطوح مختلف آن معرفی گردید. از آنجا که هدف از این سند، توسعه یک فناوری خاص یعنی پیل سوختی بوده است، لذا نظام نوآوری تکنولوژیک و کارکردهای آن مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه نقطه شروع و ترتیب تقدم و تأخر کارکردهای سیستم، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار بوده و دقت در تنظیم این روابط نقش مهمی در موفقیت یا عدم موفقیت نظام نوآوری دارد، لذا در این شماره، مفهوم پویایی این نظام به‌طور اجمالی بیان گردیده و در شماره آتی، پویایی نظام توسعه فناوری پیل سوختی کشور مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### پویایی‌های نظام نوآوری تکنولوژیک

قوانین جدید، ورود بازیگران جدید و دیگر رویدادها، ویژگی‌های یک سیستم نوآوری را در طول زمان تغییر می‌دهد. با این وجود، هنگامی که

این موضوع در مطالعات تجربی بر روی انتشار تکنولوژی‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، نشان داده شده است (جاکوبسون و همکاران، ۲۰۰۴ - جاکوبسون و برگک، ۲۰۰۴ - اندرسون و جاکوبسون، ۲۰۰۰).

به‌منظور درک و فهم عوامل تغییر، شناخت ساختار استاتیک نظام‌های نوآوری کافی نمی‌باشد. در شرایط ایده‌آل، با درک پویایی‌های سیستم‌های نوآوری می‌توان به درک بهتری از آنچه درون این سیستم‌ها به وقوع می‌پیوندد دست یافت؛ بنابراین نگاشت فعالیت‌هایی که درون سیستم اتفاق می‌افتد کمک خوبی جهت درک این پویایی می‌باشد. مثال‌های زیر مشخص می‌نماید که داشتن شناخت در پویایی سیستم نسبت به داشتن شناخت در ساختار سیستم به تنهایی، یک مزیت به حساب می‌آید.

آلمان و هلند هر دو دارای سیاست‌های مشخصی برای تحریک انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشند. با این وجود، آلمان به‌طور قابل توجهی در زمینه توسعه این انرژی‌ها، موفق‌تر عمل کرده است. برای تشریح این موضوع در قالب ساختار سیستم نوآوری، به‌عنوان مثال می‌توان، همه آیین‌نامه‌های فعلی مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر را در این دو کشور نگاشت کرد.

سیستم‌های نوآوری در سطح ملی مورد مطالعه قرار می‌گیرند، نگاشت پویایی‌های آن سخت می‌شود. به سبب وجود بازیگران، روابط شبکه‌ای و نهادهای پرشمار، نظام ملی نوآوری از پیچیدگی بسیار بالایی برخوردار است.

به همین دلیل است که بسیاری از نویسندگانی که بر روی نظام‌های ملی نوآوری و مقایسه آن‌ها مطالعه می‌کنند، بروی ساختار فعلی این نظام‌ها تمرکز می‌کنند. شاخص‌های نمونه‌ای برای ارزیابی این ساختارها عبارتند از: فعالیت‌های R&D، پتنت‌ها و کاربردهای پتنت، کیفیت سیستم آموزشی، همکاری‌های صنعت و دانشگاه و در دسترس بودن سرمایه‌های خطرپذیر. بنابراین، بیشتر مطالعات تجربی در حوزه سیستم‌های نوآوری، بروی نگاشت پویایی‌های آن تمرکز نکرده‌اند.

در نظام نوآوری تکنولوژیک، تعداد بازیگران، شبکه‌ها و نهادهای مربوطه، به مراتب کمتر از نظام‌های ملی نوآوری می‌باشد؛ این امر منجر به کاهش پیچیدگی می‌شود و در نتیجه، تحلیل پویایی این نظام‌ها را امکان‌پذیرتر می‌نماید. جاکوبسون و جانسون اظهار کرده‌اند که رویکرد تکنولوژیک، بسیار پویاتر از همه رویکردهای نظام‌های نوآوری می‌باشد.

علاوه بر آن، باید ترسیم نمود که کدام بازیگران در سیستم نوآوری هلند و دانمارک حضور دارند و تکنولوژی‌های انرژی‌های تجدیدپذیر را تولید، پیاده‌سازی و منتشر می‌کنند.

مقایسه نشان می‌دهد که تولیدکنندگان انرژی تجدیدپذیر در آلمان، قیمت‌های بالاتری را دریافت می‌کنند و قادرند که قراردادهای بلندمدت تری را به ثبت برسانند.

این موضوع، بخش عظیمی از موفقیت کشور آلمان را مشخص می‌کند. حال با این تفاسیر، تحلیل یک پویایی سیستم چه چیزی را اضافه خواهد کرد؟

تحلیل پویایی نشان می‌دهد که آیین‌نامه‌ها و قوانین چگونه عمل می‌کنند. هم چنین نشان می‌دهد که لابی و رایزنی، مخالفت‌ها و دیگر رویدادهای خارجی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، چگونه ظهور مقررات و آیین‌نامه‌های انرژی تجدیدپذیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

علاوه بر آن، رابطه تعاملی میان اقدامات دولت و کاهش یا افزایش فعالیت‌های کارآفرینی، در دسترس بودن منابع برای پروژه‌های نوآورانه و مشروعیت انرژی تجدیدپذیر در جامعه را نشان می‌دهد. به طور خلاصه، تحلیل پویایی سیستم، بینش خوبی در مورد تعاملات نیروهایی که دشواری و کندی تغییر یک سیستم به سمت یک تعادل را تعیین می‌نماید، فراهم می‌آورد.

هنگامی که هدف تحریک و راهبری تغییرات تکنولوژیک باشد، داشتن بینش در مورد چگونگی کار این فرایندها، بسیار مهم و تأثیرگذار می‌باشد.

از مضرات این تحلیل آن است که فعالیت‌های مختلف بسیاری در سیستم‌های نوآوری به وقوع می‌پیوندد و نگاشت همه آن‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد. بنابراین نیاز است تا فقط فعالیت‌های مرتبط ترسیم شوند. فعالیت‌ها در سیستم‌های نوآوری هنگامی مرتبط در نظر گرفته می‌شوند که آن‌ها هدف سیستم نوآوری را تحت تأثیر قرار دهند. هدف سیستم نوآوری، توسعه، به‌کارگیری و انتشار دانش تکنولوژیک جدید می‌باشد.

در ادبیات، فعالیت‌هایی که سهمی در هدف سیستم‌های نوآوری دارند (هم تأثیرات مثبت و هم منفی)، «کارکردهای سیستم‌های نوآوری» نامیده می‌شوند (جانسون، ۲۰۱۱) که در شماره قبل، توضیح نسبتاً مفصلي در رابطه با این کارکردها ارائه شد.

#### کارکردها، تعاملات و حرکت

کارکردها بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند. اجرای کامل یک کارکرد مشخص، تقریباً تأثیراتی بر روی اجرای کامل کارکردهای دیگر دارد. برای مثال، در مورد هیدروژن مشاهده می‌شود که، یک مشروعیت مشخص و واضح (کارکرد هدایت تحقیقات) اثرات مثبتی برای ایجاد دانش دارد.

در عین حال، میزان مشخصی از «ایجاد دانش» نیاز است تا انتظارات در مورد تکنولوژی جدید به وجود آید، که ممکن است در نهایت منجر به ایجاد مشروعیت شود.

بنابراین، یک مدل غیرخطی با تعاملات چندگانه میان کارکردها وجود دارد که این تعاملات مثبت یا منفی بر عملکرد کل سیستم تأثیر خواهند داشت.

این حقیقت که کارکردها تعاملات و اثرات مثبتی بر روی یکدیگر دارند را می‌توان یک شرط ضروری برای تغییر ساختاری و در نتیجه برای نوآوری سیستماتیک در نظر گرفت.

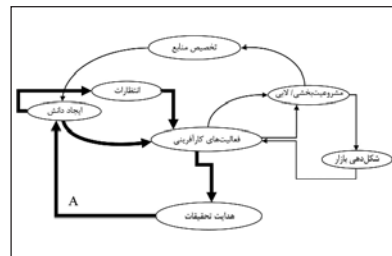
جاکوبسون و جانسون مکانیسم‌های فرآیندهای تغییر در سیستم‌های نوآوری را تشریح کرده‌اند (جاکوبسون و جانسون، ۲۰۰۰). مطابق نظر آن‌ها، اجرای کامل کارکرد می‌تواند منجر به چرخه‌های مقدس فرآیندهای تغییر شود که یکدیگر را تقویت می‌نمایند و منجر به ایجاد انرژی جنبشی برای سرنگونی سیستم فعلی می‌شود.

بنابراین، تحقیقات تجربی باید بر روی ایجاد شناخت در مورد نحوه وقوع فرآیند ایجاد انرژی جنبشی، متمرکز شوند. این کار باید منجر به ایجاد شناخت و فهم در مورد نحوه تأثیرگذاری بر روی جهت نوآوری در کشورها و بخش‌ها شود.

از آنجایی که ۷ کارکرد در نظام نوآوری تکنولوژیک وجود دارد، تعاملات ممکن بسیاری امکان‌پذیر می‌باشد. اما با این وجود، تعداد نقاط شروع ممکن، بسیار کمتر می‌باشد.

تجربه نشان می‌دهد که توسعه‌ها اغلب با تعداد محدودی از کارکردها آغاز می‌شوند که دیگر کارکردهای سیستم را به همراه خود می‌کشاند. شکل‌های ۱، ۲ و ۳، سه تا از چنین الگوهای آغازین را نشان می‌دهند که با عنوان موتورهای تغییر خوانده می‌شوند.

نقطه شروع متداول برای چرخه‌های مقدس در حوزه تکنولوژی‌های پایدار، کارکرد هدایت تحقیقات می‌باشد. در این مورد، مشکلات اجتماعی شناسایی می‌شوند و اهداف دولت طوری تنظیم می‌شوند که خسارات و آسیب‌های زیست محیطی را کاهش دهند. این اهداف منجر به منابع جدیدی می‌شوند و به تبع آن، منتهی به توسعه دانش و افزایش انتظارات در مورد گزینه‌های تکنولوژیک می‌شوند (موتور A در شکل ۱) (جانگ، ۲۰۰۴).

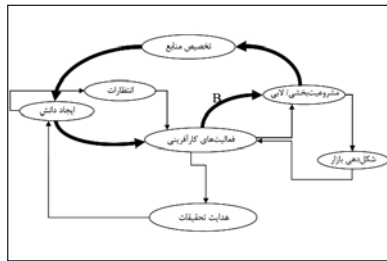


شکل ۱: موتور متداول تغییر A

دیگر نقطه شروع ممکن، برای چرخه‌های مقدس، کارآفرینانی هستند که برای شرایط بهتر اقتصادی لابی می‌کنند تا توسعه بیشتر تکنولوژی را محقق سازند (کارکرد جلب حمایت ذی‌نفعان)؛ و یا ممکن است آن‌ها برای منابع بیشتر برای انجام R&D لابی کنند که ممکن است منجر به انتظارات بالاتر شود (موتور B، شکل ۲)

و یا ممکن است برای شکل‌دهی بازار لابی کنند زیرا اغلب هیچ حوزه و زمینه‌ای برای فعالیت وجود ندارد (موتور C، شکل ۳)، هنگامی که بازارها ایجاد شوند، اغلب افزایشی در فعالیت‌های کارآفرینی قابل

مشاهده خواهد بود که منتهی به شکل‌دهی دانش بیشتر، آزمایشات و تجربیات بیشتر، و افزایش لابی برای شرایط بهتر و انتظارات بالاتری که تحقیقات آتی را هدایت می‌کند، می‌گردد.

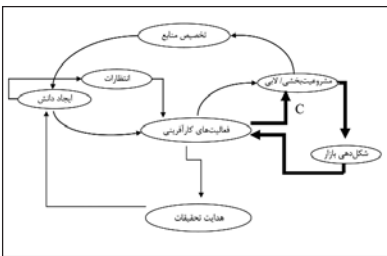


شکل ۲: موتور متداول تغییر B

چرخه‌های مقدس سیستم را به سمت جلو و توسعه برده و باعث کامل شدن فرآیند توسعه نوآوری در یک سیستم می‌شوند.

از طرف دیگر، چرخه‌های معیوب نیز احتمال وقوع دارند. در این مورد، اجرای کارکرد به صورت ناقص، منجر به کاهش فعالیت‌های مربوط به دیگر کارکردها گردیده و به تبع آن، باعث کاهش یا توقف پیشرفت می‌گردد.

یک مثال در مورد چرخه‌های معیوب، استحصال گاز از زیست توده در هلند می‌باشد.



شکل ۳: موتور متداول تغییر C

انتظارات از این تکنولوژی بسیار بالا بود، تا اینکه تعداد زیادی از پروژه‌های نمایشی نتایج ضعیفی را از خود نشان داد. این امر، به ناامیدی دسته جمعی در مورد این تکنولوژی منتهی گردید که اثرات منفی را برای پروژه‌های جدید، دسترسی به منابع و توسعه دانش به همراه داشت.

سال‌ها طول کشید تا اینکه سیستم نوآوری استحصال گاز از زیست توده، به مسیر اصلی خود بازگردد (نگرو و همکاران، ۲۰۰۵).

در پایان، لازم به ذکر است که این مدل‌ها و موتورهای ارائه شده برای کشورهای توسعه‌یافته و غیرنفتی توسعه داده شده است و ممکن است در مورد کشورهایی مانند ایران که در حال توسعه هستند و از منابع سرشار فسیلی برخوردار می‌باشند، کارا نباشند و در مورد این کشورها باید از موتورهای تغییر دیگری استفاده شود.

البته باید به این نکته توجه داشت که کارکردهای نظام‌های نوآوری در همه کشورها یکسان می‌باشند، اما پویایی‌های آن‌ها با یکدیگر متفاوت می‌باشد.

در شماره بعدی پویایی نظام توسعه فناوری پیل سوختی کشور مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

ادامه دارد...

# Patents



# سمینارها



## **Fluorinated sulfonamide compounds, for membranes in HTPEMFCs (>100°C)**

Assignee: **DuPont, USA**  
Inventor: M.F. Teasley  
Patent number: US 7659026  
Published: 9 Feb. 2010

## **Sulfonated poly(phenylene sulfide) films for membranes in HTPEMFCs (>95°C)**

Assignee: **General Motors, USA**  
Inventors: T.J. Fuller et al.  
Patent number: US 7659319  
Published: 9 Feb. 2010

## **Polyazole-based, catalyst-coated membrane for HTPEMFC (200°C)**

Assignee: **BASF Fuel Cell, Germany**  
Inventors: J. Baurmeister et al.  
Patent number: US 7661542  
Published: 16 Feb. 2010

## **PBI, ABPBI, PBO or PBT binder compositions for HTPEMFC (>100°C) MEA**

Assignee: **Samsung SDI Co, Korea**  
Inventors: H.-J. Kim et al.  
Patent number: US 7662194  
Published: 16 Feb. 2010

## **Passive restriction pathways in PEMFC water drainage, to prevent freezing damage**

Assignee: **General Motors, USA**  
Inventors: P.A. Rapaport et al.  
Patent number: US 7662495  
Published: 16 Feb. 2010

## **System and method to control circulation of cooling liquid in automotive PEMFC**

Assignee: **Toyota Motor Corp, Japan**  
Inventors: N. Fujita et al.  
Patent number: US 7662497  
Published: 16 Feb. 2010

## **SOFC with metal bearing structure as heating element to control fuel cell temperature**

Assignee: **BMW, Germany**  
Inventors: P. Lamp et al.  
Patent number: US 7662497  
Published: 16 Feb. 2010

## **کارگاه آموزشی FuelCellEurope درخصوص کاربرد هیدروژن و پیل سوختی در صنعت خرده‌فروشی**

موضوع: چگونگی استفاده از فناوری پیل سوختی در صنعت خرده‌فروشی و بررسی پتانسیل های موجود برای پرکردن شکاف عرضه و تقاضا در بازار و ارزیابی موانع ورود این فناوری به صنعت خرده‌فروشی

زمان: ۲۸ مهرماه ۱۳۸۹  
مکان: بروکسل - بلژیک

[www.fuelcelleurope.eurokeys.eu](http://www.fuelcelleurope.eurokeys.eu)  
[secretariat@fuelcelleurope.org](mailto:secretariat@fuelcelleurope.org)

## **دومین اجلاس اروپایی انرژی آینده (EFEF2010)**

موضوع: ارائه راهکارها و فرصت‌های شغلی مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر و بازار فناوری‌های زیست‌محیطی

زمان: ۲۹-۲۷ مهر ماه ۱۳۸۹  
مکان: لندن - انگلیس

[www.europeanFutureEnergyForum.com](http://www.europeanFutureEnergyForum.com)  
[info@europeanFutureEnergyForum.com](mailto:info@europeanFutureEnergyForum.com)

## **نشست ۲۰۱۰ تجارت جهانی مالزی**

موضوع: افزایش همکاری تجاری با مالزی و فراهم شدن امکان نفوذ شرکت‌های مالزیایی به بازارهای جهانی و ..

زمان: ۱۸-۱۶ آبان ماه ۱۳۸۹  
مکان: ایالت ساراواک - مالزی

[www.malaysiaglobalbusinessforum.com](http://www.malaysiaglobalbusinessforum.com)  
[enquiry@malaysiaglobalbusinessforum.com](mailto:enquiry@malaysiaglobalbusinessforum.com)

## **بیست و پنجمین نمایشگاه و سمپوزیوم خودروهای برقی، هیبریدی و پیل سوختی (EVS25)**

موضوع: تبادل اطلاعات بین فعالان دانشگاهی و صنعتی در این حوزه، نمایش آخرین دستاوردهای صنعت خودرو در حوزه خودروهای جایگزین

زمان: ۱۸-۱۴ آبان ماه ۱۳۸۹  
مکان: شنزن - چین

[www.evs25.org](http://www.evs25.org)  
[yjl@sac-china.org](mailto:yjl@sac-china.org)

## **کارگاه آموزشی FuelCellEurope درخصوص ذخیره‌سازی هیدروژن**

موضوع: بررسی فناوری‌های موجود برای ذخیره‌سازی هیدروژن و یافتن بهترین نوع فناوری، بررسی موانع پیشرفت به‌ویژه موانع اقتصادی و الزامات برای پیاده‌سازی کامل این فناوری‌ها

زمان: ۱۷ آبان ماه ۱۳۸۹  
مکان: بروکسل - بلژیک

[www.fuelcelleurope.eurokeys.eu](http://www.fuelcelleurope.eurokeys.eu)  
[secretariat@fuelcelleurope.org](mailto:secretariat@fuelcelleurope.org)

## با بودجه «ستاد استراتژی فناوری دولت انگلیس» «تاکسی سیاه»های انگلیسی، هیبرید پیل سوختی می شوند.

ترمز را طراحی کرده است. شرکت LTI خودروهای مورد نیاز را تأمین نموده است.

Austin FX4 تاکسی سیاهی است که در سال ۱۹۵۹ معرفی شد و مردم لندن وابستگی بسیاری به آن دارند و تولید آن با اصلاحات ساختاری بسیار تا سال ۱۹۹۷ ادامه یافت. سیستم پیل سوختی Intelligent در خودروی جدید LTI TX4 بدون کاستن فضای داخلی و یا بار، یکپارچه شده است.

دکتر هنری ویناند، تاکسی سیاه پیل سوختی را «در شبکه کرایه‌ای» خواند که برای قرن ۲۱ مناسب شده است و گفت: ما به دنبال ارائه اولین ناوگان از این خودروها تا سال ۲۰۱۲ در لندن هستیم.

شهردار لندن متعهد شده است تا سال ۲۰۲۰ کل ناوگان تاکسی‌رانی از فناوری‌های پاک و بدون آلایندگی استفاده کنند و تا پایان سال جاری ۵ اتوبوس پیل سوختی هیدروژنی به سامانه حمل و نقل عمومی این شهر افزوده خواهد شد.

«تاکسی سیاه یک نماد محبوب در لندن است ولی آلایندگی زیادی به ویژه در مرکز شهر ایجاد می‌کند. تاکسی سیاه پیل سوختی که خروجی آگزوز آن تنها آب است، نگاهی اجمالی و مهیج به نقش محوری هیدروژن در پاکیزگی هوا برای ساکنین شهری دارد.»

شهردار لندن کیت مالدوس (K. Malthouse)

منبع: greencarcongress.com

این خودرو شبیه «تاکسی سیاه» تاکسی محبوب لندن هاست و شامل سامانه پیل سوختی پلیمری ۳۰ کیلوواتی شرکت Intelligent به عنوان بردگستر در ترکیب با بسته باتری پلیمر-لیتیم ۱۴ کیلوواتی می‌باشد. نیروی این تاکسی از موتور با توان ۵۵ کیلووات در حالت پیوسته و ۱۰۰ کیلووات در حالت پیک تأمین می‌شود. این خودرو قابلیت رسیدن به حداکثر سرعت ۱۳۰ کیلومتر در ساعت و برد مسافتی بیش از ۴۰۰ کیلومتر را دارد و با یکبار سوخت‌گیری در طول روز کار می‌کند. شتاب‌گیری خودرو از سرعت ۰ تا ۳۰ مایل بر ساعت در ۴/۵ ثانیه و از سرعت صفر تا ۶۰ مایل در ساعت در ۱۴ ثانیه انجام می‌شود.

مخزن هیدروژن فشرده شامل ۳/۷ کیلوگرم هیدروژن در فشار ۳۵ مگاپاسکال در کمتر از ۵ دقیقه سوخت‌گیری شده و محدوده دمای عملیاتی پیل بین ۱۸- تا ۳۷ درجه سانتیگراد می‌باشد.

این تاکسی در حال حاضر در مرحله آزمایش جاده‌ای قرار دارد و جهت تردد در جاده‌های شهری می‌بایست مجوز سازمان ترابری عمومی را دریافت کند.

در ساخت «تاکسی سیاه پیل سوختی» شرکت مهندسی لوتوس مسئولیت یکپارچه‌سازی سامانه پیشرفته شامل موتور پیل سوختی را بر عهده داشته و سامانه‌های کنترلی جهت عملکرد بهینه هر دو سامانه رانش برقی و پیل سوختی را طراحی کرده است. شرکت TRW Conekt، سازنده محصولات مهندسی و خدمات اعتباریابی، برنامه آنالیز ایمنی شامل سامانه‌های فرمان و



تاکسی هیبرید پیل سوختی در ماه ژوئن (خردادماه) در تالار شهر لندن به معرض نمایش گذاشته شد.

این تاکسی با همکاری مشترک شرکت‌های Intelligent Energy، مهندسی لوتوس، خودرویی LTI و TRW Conekt ساخته شده و با بودجه «ستاد استراتژی فناوری دولت انگلیس» توسعه یافته.

## نسل جدید خودروهای هیبرید پیل سوختی در راه اند

مهندسی Agip مدیریت می‌شود، متعهد به نمایش ۱۱۰ خودروی بسیار کم کربن و زیرساخت‌های وابسته به آن می‌باشد و میکروکب تنها تهیه کننده خودروهای پیل سوختی هیدروژنی در این ناوگان نمایشی می‌باشد.

میکروکب در نظر دارند برای توسعه‌ی این سامانه و کاربردهای دیگر خودرویی سامانه‌های پیل سوختی دما بالا، همکاری نزدیک خود را با یکدیگر ادامه دهند.

پیل‌های سوختی پلیمری دما بالا (HTPEM) Serenus در دمای عملیاتی ۱۵۰ درجه‌ی سانتیگراد و یا حتی بالاتر در نتیجه در محدوده‌ی وسیع‌تری از دماهای محیطی و با استفاده از هیدروژنی با خلوص پایین تر کار می‌کنند. دمای بالای خروجی، استفاده از انرژی تلف شده برای گرم کردن داخل خودرو را تسهیل می‌نماید، از این رو بازده کلی سیستم افزایش می‌یابد. از دیگر مزایای فناوری پیل سوختی پلیمری دما بالا Serenergy می‌توان به عدم نیاز به مرطوب‌کننده، کمپرسور، رادیاتور؛ وجود صفحات دو قطبی باز؛ بازدهی بالای سامانه؛ هزینه‌ی کم سامانه؛ کنترل آسان‌تر و استفاده راحت‌تر از گرما اشاره کرد.

به دلیل بالاتر بودن دمای عملیاتی، امکان استفاده از هیدروژنی با غلظت بالاتر مونوکسید کربن و گوگرد به وجود می‌آید و در نتیجه استفاده‌ی مستقیم از ماده تبدیلی ناشی از حامل‌های انرژی ارزان مانند متانول، اتانول، دیزل و غیره ممکن می‌گردد.

با این فناوری می‌توان از ریفورمرهای بسیار ساده، کم وزن و ارزان برای تولید هیدروژن از گستره‌ی وسیعی از حامل‌های انرژی استفاده کرد.

منبع: greencarcongress.com



برق مصرفی (power-conditioning) جهت تغذیه باتری هیبریدی و نیروی الکتریکی مورد نیاز در خودروهای پیل سوختی هیدروژنی فراهم کند.

میکروکب و همکاران آن در ابتدا ۸ خودرو با طراحی جدید تولید می‌کنند که این تولیدات به دانشگاه کاونتری برای شرکت در یک آزمایش ۱۲ ماهه به عنوان بخشی از «پروژه‌ی نمایشی آلایندگی کم کاونتری و بی‌مینگام (CABLED)» ارائه می‌شود.

برنامه نمایشی آلایندگی کم کاونتری و بی‌مینگام، که توسط هیأت راهبردی فن‌آوری انگلیس و آژانس توسعه منطقه‌ای وست میدلند حمایت و توسط شرکت جهانی مشاوره‌ای خدمات

شرکت انگلیسی صنایع میکروکب (Microcab)، سفارش ساخت ده سامانه‌ی پیل سوختی پلیمری دما بالای ۳ کیلوواتی Serenus را به شرکت دانمارکی Serenergy داد تا نسل جدید خودروهای نمایشی هیبرید پیل سوختی خود را یک گام دیگر به توسعه تجاری نزدیک کند.

شرکت Serenergy در همکاری نزدیک خود با شرکت میکروکب که از بدنه‌های سبک وزن و سیستم‌های محرکه هیبرید پیل سوختی با نیروی الکتریکی برای حرکت خودروهای سواری در نواحی شهری و برون شهری استفاده می‌کند، قرار است یک سامانه شامل پیل سوختی، سیستم کنترل و مدار تنظیم

## پیل سوختی تنها منبع حرکتی گلايدر آنتراس در آلمان

کرده است. Antares DLR-H<sub>2</sub> در سه سال آینده در شرکت Lufthansa Technik، از پیش‌تازان صنعت هوانوردی آلمان، مستقر خواهد شد تا به عنوان بدنه برای تست‌های پرواز با پیل‌های سوختی مورد استفاده قرار گیرد.

گفتنی است عامل اصلی موفقیت این سیستم توانی در گلايدر DLR-H<sub>2</sub>، غیر از پیشرفت‌های حاصله در صنعت پیل سوختی، فائق آمدن بر پدیده طبیعی افت توان در ارتفاع است یعنی جایی که پیل سوختی به خاطر افت فشار هوا، اکسیژن کمتری دریافت می‌کند؛ ولی در این گلايدر با وجود اینکه توانسته حداکثر تا ارتفاع ۳۰۰۰ پایی (۹۱۵ متر) از زمین فاصله بگیرد، هیچ‌گونه افت فشاری مشاهده نشده است و اعضای تیم برآند تا در تست‌های بعدی ارتفاع پرواز را افزایش دهند.

مرکز DLR با شرکت آلمانی Airbus در خصوص به‌کارگیری پیل‌های سوختی برای تأمین برق اضطراری پمپ‌های هیدرولیکی مورد استفاده در هواپیمای تحقیقاتی A320 ATRA ساخت این شرکت همکاری می‌کند.

منبع: Flight global

در این گلايدر، هیدروژن در مخزنی که زیر بال سمت راست قرار گرفته، ذخیره می‌شود و در هنگام نیاز در سامانه پیل سوختی که در زیر بال دیگر هواپیما تعبیه شده با اکسیژن هوای اطراف ترکیب شده و توان حداکثری ۲۴ کیلووات را تولید می‌نماید که این حداکثر توان برای بلند شدن گلايدر از زمین کافی است، چراکه با وجود یک سامانه پیل سوختی با بازدهی ۵۲ درصد تنها به ۱۰ کیلووات توان برای گشت هوایی نیاز دارد. در صورتی که سوخت هیدروژنی با استفاده از منابع تجدیدپذیر تأمین گردد، این گلايدر واقعاً عاری از دی‌اکسیدکربن خواهد بود.

به علاوه بازدهی کلی سامانه رانش از مخزن ذخیره تا سامانه محرک شامل ملخ یا پروانه هواپیما، حدود ۴۴ درصد است که حدود دو برابر بازدهی سایر فناوری‌های پیشرفته متداول است که براساس فرآیندهای احتراق، هواپیما را به حرکت در می‌آورند. مارتین سابالوس، عضو تیم فنی DLR از این گلايدر به عنوان «لابراتور تست پرواز» برای تبدیل انرژی با بازدهی بالا و بدون آلاینده‌ی یاد کرده است. این گلايدر با حداکثر سرعت ۱۷۰ کیلومتر در ساعت ظرف پنج ساعت مسافتی معادل ۷۵۰ کیلومتر را طی



مرکز فناوری هوا-فضای آلمان (DLR) برای اولین بار در دنیا موفق به ساخت گلايديری شد که نیروی آن تنها از یک منبع یعنی یک سامانه پیل سوختی هیدروژنی تأمین می‌گردد و با به پرواز درآوردن آن در آسمان برلین این موفقیت را به نمایش گذاشت. در طرح «آسمان آبی»، گلايديری با نام DLR-H<sub>2</sub>Antares در مرکز DLR ساخته بر مبنای گلايدر مدل Antares 20E در مرکز DLR ساخته شد که سامانه پیل سوختی آن به همت و همکاری شرکت آلمانی BASF FuelCells و شرکت دانمارکی Serenergy A/S تهیه شده است.

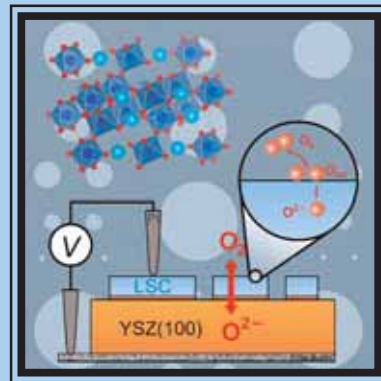
## آغاز یک زمینه تحقیقاتی بنیادی نو برای بهبود عملکرد پیل سوختی اکسید جامد

کبالت، لانتانیم و استرانسیم تهیه شده‌اند، بنابراین تولید آن‌ها نسبتاً کم خرج است. علاوه بر آن این مواد در دماهای بسیار پایین تری (۵۰۰°C) نسبت به الکترودهای پیل سوختی اکسید جامد موجود (۸۰۰°C) کار می‌کنند که به دلیل کاهش فرسودگی در دماهای پایین‌تر، این موضوع مزیت مهمی به‌شمار می‌آید.

به گفته محققین، این پروژه آغاز یک زمینه تحقیقاتی بنیادی جدید بوده که می‌تواند منجر به کشف گروه جدیدی از ترکیبات با پایداری و فعالیت کاتالیستی بالا شود.

این مواد بسیار فعال می‌توانند در مواردی به جز پیل‌های سوختی نظیر حسگرهای دما بالا و در غشاهای مورد استفاده برای جداسازی اکسیژن از نیتروژن و سایر گازها نیز برای خود جایگاهی بیابند. این تحقیق اخیراً در مجله‌ی آلمانی آنالاین Angewandte Chemie منتشر شده و توسط NSF، وزارت انرژی آمریکا، آزمایشگاه ملی اوک ریچ و دانشگاه علم و صنعت ملک عبدالله در عربستان مورد حمایت قرار گرفته است.

منبع: mit



چگونگی تبادل مولکول‌های اکسیژن روی سطح LSC

به‌گفته‌ی این محققین افزایش فعالیت کاتد پیل سوختی می‌تواند ناشی از کشش سطحی باشد که به تغییر تعداد حفرات اکسیژن یا ساختار الکترونیکی ماده منجر شده است. در حالی‌که در بسیاری از پیل‌های سوختی از الکترودهای ساخته شده از فلزات گسرن قیسمت مانند پلاتین استفاده می‌شود، الکترودهای این آزمایش از مواد نسبتاً فراوانی چون

با استفاده از فیلم‌های نازکی از ترکیبات مشخص پروسکاریت (با ضخامت کمتر از ۰/۰۰۱ یک موی انسان) فعالیت کاتد پیل سوختی اکسید جامد تا ۱۰۰ برابر افزایش یافت و در نتیجه سرعت تولید توان در این پیل‌های سوختی بهبود یافت.

محققین دانشگاه MIT با همکاری محققین آزمایشگاه ملی اوک ریچ از ماده‌ای با نام لانتانیم کبالت پروسکاریت با استخلاف استرانسیم یا LSC (که ساختار کریستالی آن در بالای شکل ارائه شده) الکترودهای نازک بسیار کوچکی ساختند که مشکل اصلی برای رسیدن به بازدهی بالاتر در پیل‌های سوختی یعنی سرعت پایین تولید اکسیژن (سرعت تولید اکسیژن عامل محدودکننده توان خروجی دستگاه) در کاتد را رفع می‌کند.

روش جدید موجب بهبود فعالیت کاتد پیل سوختی اکسید جامد شده و برای کاربرد در سامانه‌های با مقیاس بزرگ مانند نیروگاه‌های برق مناسب است.

این تیم در حال حاضر در ادامه‌ی تحقیقات به دنبال تأیید فرضیه‌های خود در مورد علل افزایش فعالیت و هم‌چنین کشف گروهی از مواد با مشخصات مشابه می‌باشند.

گامی بلند در جهت نیل به اهداف وزارت انرژی آمریکا در ذخیره‌سازی هیدروژن برداشته شد

## تولید هیدروژن در دمای عملیاتی پیل سوختی بدون حضور کاتالیزور

هستند، لازم می‌باشد.

در شرایط بهینه، حداکثر ۱۴ درصد وزنی از کل وزن آمونیا بوران و آب مصرفی در فرآیند هیدروترموملیز، هیدروژن تولید شد که این بازده به میزان قابل توجهی بالاتر از بازده تولید هیدروژن از سایر سامانه‌های آزمایشی است که تاکنون در مقالات علمی گزارش شده است. محققان پوردویی، غلظت ۷۷ درصدی آمونیا بوران را در این فرآیند برای تولید حداکثری هیدروژن مطلوب دانسته‌اند.

البته نباید این نکته مهم را از نظر دور داشت که این روش هنوز نتوانسته است اهداف وزارت انرژی آمریکا مبنی بر شناسایی سامانه‌های ذخیره انرژی با ظرفیت ۵/۵ درصد وزنی کل سامانه تا سال ۲۰۱۵ را برآورده نماید، چراکه در صورت در نظر گرفتن وزن کل سامانه شامل راکتور، لوله‌ها، آمونیا بوران، آب، شیرها و سایر تجهیزات مورد استفاده، حداکثر بازدهی به ۵/۵ درصد نمی‌رسد.

گویا برنامه شرکت این است که در تحقیقات بعدی هیدروترموملیز، اندازه راکتور را به گونه ای افزایش دهد تا یک خودروی هیدروژنی با یکبار سوختگیری بتواند ۳۵۰ مایل (۵۶۳ کیلومتر) را طی نماید.

هم چنین مقرر شده است تحقیقاتی در خصوص فناوری‌های بازیافت پسماندهای تولیدی در فرآیند و تبدیل آن‌ها به آمونیا بوران صورت گیرد چراکه از مشکلاتی که باعث شده تاکنون به آمونیا بوران پرداخته نشود، باز تولید مناسب آن بعد از آزادسازی هیدروژن است. به علاوه این فناوری برای تولید هیدروژن در پیل‌های سوختی مصرفی در وسایل الکترونیکی قابل حمل از جمله لپ‌تاپ، گوشی‌های همراه، دوربین‌های دیجیتال، و وسایل دستی تشخیص پزشکی قابل استفاده است.

منبع: Purdue University



حضور کاتالیزور هیدروژن تولید می‌کند، در حالی که در فرآیند ترموملیز، مواد تادمایی بالاتر از ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده می‌شوند تا مقدار کافی هیدروژن تولید شود، اما با توجه به آن که پیل‌های سوختی مصرفی در خودروها در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد کار می‌کنند و استفاده هرچه کمتر از کاتالیزور در فرآیند تولید هیدروژن همیشه امر مطلوبی بوده، لازم است به این فرآیند جدید که با حذف نیاز به کاتالیزور و پایین آوردن دمای تولید هیدروژن تا دمای عملیاتی پیل‌های سوختی همراه بوده، توجه ویژه‌ای صورت گیرد.

این محققان برای تولید هیدروژن از راکتوری استفاده کرده‌اند که در همان دمای عملیاتی پیل‌های سوختی کار می‌کند و انرژی مورد نیاز خود را از حرارت تلف شده از پیل سوختی تأمین می‌کند. این فرآیند نیازمند حفظ فشار راکتور در کمتر از ۲۰۰ psi است که به مراتب خیلی کمتر از فشار ۵۰۰۰ psi است که برای خودروهای هیدروژنی آزمایشی امروزی که به مخازن ذخیره گاز فشرده هیدروژن مجهز

مهندسی شیمی دانشگاه پوردو با حمایت مالی وزارت انرژی آمریکا، با استفاده از پودر شیمیایی آمونیا بوران به روشی جدید برای ذخیره و تولید هیدروژن در خودروهای پیل سوختی هیدروژنی دست یافتند که در این روش هیدروژن در دمای عملیاتی پیل سوختی بدون حضور کاتالیزور، با بازده بالایی تولید می‌شود. ظرفیت ذخیره هیدروژن آمونیا بوران ۱۹/۶ درصد وزنی آن است و این درصد بالا بدین معناست که جرم و حجم نسبتاً کمی از این ماده برای ذخیره مقدار زیادی هیدروژن کفایت می‌کند. اما نکته‌ی کلیدی چگونگی آزادسازی هیدروژن به روشی مؤثر از این ترکیب است که دانشمندان پوردو بدان دست یافته‌اند.

این فرآیند جدید که هیدروترموملیز نامیده می‌شود، تلفیقی از دو فرآیند هیدروترموملیز و ترموملیز است که هیچ‌یک از این دو فرآیند تولید هیدروژن به تنهایی برای کاربردهای خودرویی کارایی ندارند.

در فرآیند هیدروترموملیز، آب با آمونیا بوران ترکیب می‌شود و در

## فروش عمومی سهام شرکت FuelCell Energy به ارزش ۳۰ میلیون دلار

فروش این سهام در کمیسیون اوراق بهادار و بورس آمریکا و به پشتیبانی این کمیسیون صورت گرفت. مدیریست فروش این سهام را شرکت Lazard Capital Markets به عهده داشت و نقش در کنار آن شرکت Genuity Canaccord نقش مشاور فروش این سهام را عهده دار بود.

FuelCell Energy از شرکت‌های موفق و پیشتاز در زمینه پیل‌های سوختی نیروگاهی محسوب می‌شود.

محصول DFC این شرکت در ۵۰ نقطه در سراسر جهان در حال تولید نیرو می‌باشد. در مجموع نیروگاه‌های این شرکت ۵۰۰ میلیون کیلووات ساعت انرژی از سوخت‌های متنوع اعم از گاز حاصل از زباله و گاز زیستی حاصل از فرایندهای غذایی و یا گاز طبیعی و سوخت‌های هیدروکربنی تولید می‌کنند. شرکت FuelCell Energy با توسعه دهندگان اصلی نیروگاه‌ها و شرکت‌های بزرگ برق دنیا در ارتباط است و تاکنون از وزارت انرژی آمریکا و سایر سازمان‌های دولتی جهت توسعه فناوری‌های در مرز دانش و پیشرفته حمایت مالی شده است.

منبع: FuelCell Energy



شرکت FuelCell Energy در ماه ژوئن، ۲۴ میلیون سهم از سهام عادی خود را به قیمت هر سهم ۱/۲۵ دلار و ارزش ناخالص کلی ۳۰ میلیون دلار در معرض فروش عمومی قرار داد. درآمد خالص حاصل از فروش این سهام بعد از کسر حق بیمه‌نامه خریدار سهام و سایر هزینه‌های فروش سهام به ۲۸ میلیون دلار رسیده است. این شرکت به صادرکنندگان بیمه‌نامه خرید در سهام یک فرصت ۳۰ روزه داده تا در صورت تمایل برای خرید حداکثر ۱۵ درصد سهام بیشتر اقدام کنند که این امر منجر به کسب تقریباً ۴/۵ میلیون دلار درآمد ناخالص خواهد شد.

درآمد خالص حاصل از فروش این سهام بعد از کسر حق بیمه‌نامه خریدار سهام و سایر هزینه‌های فروش سهام به ۲۸ میلیون دلار رسیده است. این شرکت به صادرکنندگان بیمه‌نامه خرید در سهام یک فرصت ۳۰ روزه داده تا در صورت تمایل برای خرید حداکثر ۱۵ درصد سهام بیشتر اقدام کنند که این امر منجر به کسب تقریباً ۴/۵ میلیون دلار درآمد ناخالص خواهد شد.

نتایج مالی شرکت FuelCell Energy در ماه ژوئن، ۲۴ میلیون سهم از سهام عادی خود را به قیمت هر سهم ۱/۲۵ دلار و ارزش ناخالص کلی ۳۰ میلیون دلار در معرض فروش عمومی قرار داد. درآمد خالص حاصل از فروش این سهام بعد از کسر حق بیمه‌نامه خریدار سهام و سایر هزینه‌های فروش سهام به ۲۸ میلیون دلار رسیده است. این شرکت به صادرکنندگان بیمه‌نامه خرید در سهام یک فرصت ۳۰ روزه داده تا در صورت تمایل برای خرید حداکثر ۱۵ درصد سهام بیشتر اقدام کنند که این امر منجر به کسب تقریباً ۴/۵ میلیون دلار درآمد ناخالص خواهد شد.

## توزیع گسترده مولدهای همزمان برق و حرارت پیل سوختی در کره جنوبی

این سامانه مانند سایر سامانه‌های متداول که بدون فرآیند احتراق کار می‌کنند، میزان آلاینده‌گی را بیش از ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. ضمن این‌که هزینه‌های مربوط به مصرف انرژی را پایین آورده و با نیاز حداقلی به فضا برای نصب و سرویس‌دهی، به اندازه‌ای ایمن و بی‌صداست که این امر برای مصارف خانگی کاملاً مناسب به نظر می‌رسد.

به علاوه می‌تواند نیاز برق و حرارت منازل و یا کارخانجات کوچکی با مساحت بیش از ۳۷۲ مترمربع را تأمین کند. قیمت هر واحد ClearEdge5، ۵۶ هزار است که ۱۲ تا ۲۰ هزار دلار آن مربوط به هزینه‌های نصب آن می‌شود.

شرکت LSIS قرار است موضوع یکپارچه‌سازی پیل سوختی ClearEdge5 را به‌عنوان گزینه‌ای برای تولید انرژی پاک برای بیش از ۸۰ درصد از مصرف‌کنندگان انرژی در کره انجام دهد. این شرکت که هدف خود را بر روی به حداکثر رساندن بازده، کار در زمینه اتوماسیون و راه‌حل‌های سبز متمرکز ساخته، به‌منظور ارائه راه‌حل‌ها و خدمات مطلوب در زمینه انرژی در سطح ملی با دولت کره همکاری می‌کند.

تا به امروز ClearEdgePower بیشتر روی بازار کالیفرنیا متمرکز بوده چرا که هزینه‌های بالای انرژی به همراه اعتبارات مالیاتی ایالتی و فدرالی باعث شده این محصولات در بازار این ایالت به محصولاتی قابل فروش تبدیل شوند. تاکنون ۲۵ واحد ClearEdge5 در مناطق مختلف نصب شده و با سرعت گرفتن میزان تولید آن، قرار است تا پایان امسال بین ۳۵۰ تا ۵۰۰ واحد تولید گردد.

منبع: ClearEdgePower



سامانه‌های برقی در کره جنوبی به‌منظور کاهش اثرات کربن و بعد از یک بازنگری جامع، سامانه ۵ کیلوواتی ClearEdge5 که با سوخت گاز طبیعی کار می‌کند را به‌عنوان یک گزینه مناسب و مطلوب به عنوان سامانه هیبرید پیل سوختی پلیمری با بازدهی و توان بالا انتخاب کرده است. چراکه فناوری تأیید شده شرکت ClearEdgePower در خصوص مولدهای هم‌زمان برق و حرارت پیل سوختی می‌تواند پاسخگوی نیاز امروز و هم چنین آینده مردم کره به منابع برق غیرفسیلی باشد.

طی یک موافقت‌نامه سه ساله به ارزش ۴۰ میلیون دلار میان شرکت امریکایی ClearEdgePower و شرکت کره‌ای سامانه‌های صنعتی LSIS (LSIS) بیش از ۸۰۰ واحد پیل سوختی ClearEdge5 در کره جنوبی به فروش می‌رسد و این هزینه صرف فروش، پخش و سرویس دهی این واحدها خواهد شد. به دنبال تصمیم اخیر دولت فدرال کره مبنی بر تشویق ساخت و ساز با به‌کارگیری منابع برق جایگزین، شرکت LSIS از پیشاتازان بخش تولید، پخش و اتوماسیون

## مسابقات قهرمانی قایق رانی اروپا با حضور اولین قایق هیدروژنی

می‌کند، تأمین می‌شود. اکتا در طول این مسابقات تعدادی از محصولات خود را در دهکده‌ی هیدروژنی این شرکت واقع در ویارجیو به نمایش گذاشت که مورد استقبال تماشاچیان و هم‌چنین شرکت‌کنندگان در مسابقات قرار گرفت. در مدت برگزاری این مسابقات تماشاگران دوچرخه‌های هیدروژنی اکتا را که با توان حاصل از مولد هیدروژنی متصل به صفحات فتوولتائیک خورشیدی کار می‌کرد، مورد استفاده و آزمایش قرار دادند. این صفحات درون یک سایبان آلومینیومی تاشوی یک کیلوواتی ساخته شده بود و دوچرخه‌ها هم در زیر آن نگهداری می‌شدند.

با حضور اکتا در این مسابقات، حلقه گمشده فناوری‌های هیدروژن در زنجیره انرژی‌های تجدیدپذیر به‌روشنی جالب توجه و مؤثر و هم‌چنین سهولت شارژ با انرژی خورشیدی که یک روش ارزان و دوست‌دار محیط زیست است به نمایش گذاشته شد. اکتا در ادامه برنامه‌های بلندمدت خود به دنبال حمایت و توسعه‌ی این زیرساخت بومی هیدروژن خورشیدی به بسیاری از بازارهای جدید می‌باشد.

منبع: Fuelcellworks



روش تأمین نیروی قایق‌ها و خودروهای تفریحی می‌باشد. پیش از نمایش کاملاً تجاری این قایق‌های کوچک در نمایشگاه قایق‌زن که در اکتبر آینده برگزار خواهد شد، دو عدد از این قایق‌ها به‌عنوان قایق‌های بادبانی در مسابقات قهرمانی اروپا که در ویارجیو ایتالیا برگزار شد مورد استفاده قرار گرفت. نیروی مورد نیاز این قایق‌های کوچک توسط موتور بیرونی هیبرید باتری/پیل سوختی و هیدروژن آن از مولد ابدایی هیدروژن اکتا که با صفحات فتوولتائیک خورشیدی کار

شرکت ایتالیایی اکتا، با یکپارچه‌سازی یکی از مولدهای پیل سوختی هیدروژنی خود در قایق کوچک با نام HIDRO، نام خود را در لیست تأمین‌کنندگان قایق‌های مسابقات قهرمانی قایق‌رانی اروپا ثبت کرد.

این شرکت فعال در حوزه محصولات انرژی پاک، قایق HIDRO را با همکاری شرکت Callegari، که از پیشگامان تولید قایق‌های بادی و تفریحی در ایتالیا است، توسعه داده که نمایش‌گر پتانسیل مولدهای هیدروژنی برای دگرگون ساختن

### پیمان اجرایی هیدروژن آژانس بین‌المللی انرژی (IEA HIA)

IEA HIA یک پیمان اجرایی آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) برای برنامه‌های تحقیق و توسعه‌ای مشترک در حوزه هیدروژن است که بر اساس نظام مشارکتی از پایین به بالا در سال ۱۹۷۷ شکل گرفته است.

HIA با توجه به چشم‌انداز ساختن آینده‌ای هیدروژنی مبتنی بر انرژی‌های پاک پایدار که نقشی کلیدی در تمامی بخش‌های اقتصاد جهانی دارند، با فعالیت در ۳۰ حوزه مهم، طیف جامعی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه‌ای و تحلیل‌های هیدروژنی را تسهیل و مدیریت می‌نماید.

IEA در سال ۱۹۷۴ برای همکاری در زمینه انرژی بین کشورهای عضو تأسیس شد و برای به رسمیت دادن به سیاست‌های انرژی، مکانیسم پیمان اجرایی را برای تحقیق و توسعه مشارکتی در حوزه انرژی پیاده ساخت.

IEA یک هیأت مستقل در سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD) است که بعد از جنگ جهانی دوم برای هماهنگی طرح مارشال ایجاد شده است.

امروزه HIA با بیش از ۳۰ سال سابقه کاری و ۲۲ عضو (استرالیا، کانادا، ایالات متحده، ایسلند، دانمارک، اتحادیه اروپا، فنلاند، فرانسه، آلمان، ایتالیا، ژاپن، کره، لیتوانی، نیوزلند، نروژ، اسپانیا، سوئد، سوئیس، هلند، ترکیه، انگلیس و یونان) و داشتن پیشرفتی قابل توجه در بالا بردن میزان اعتبار خود به‌عنوان یک مرجع جهانی برجسته در مهارت‌های فنی در زمینه تحقیق و توسعه هیدروژنی شناخته می‌شود.

HIA از یک صندوق سرمایه‌گذاری مشترک برخوردار است که همه اعضا موظفند برای پیشبرد اهداف این پیمان، سالانه مبلغی را به این صندوق واریز نمایند. البته این مبلغ در هر سال متفاوت است؛ به عنوان مثال تا قبل از سال ۲۰۰۷، سالانه ۵۰۰۰ دلار بوده و امروز به ۱۰۰۰۰ دلار رسیده است. این مبلغ برای کشورهای کوچک‌تر همان مقدار باقی‌مانده، لیکن کشورهای بزرگ از جمله ایالات متحده باید ۲۰۰۰ دلار پرداخت کنند.

اعضای HIA با توجه به اهداف بهینه‌سازی حفاظت از محیط‌زیست، بهبود امنیت انرژی و توسعه اقتصادی در سطح بین‌المللی تا پایان سال ۲۰۰۷ تحقیق، توسعه و نمایش در ۱۹ حوزه مربوط به هیدروژن از جمله ارزیابی بازارهای آینده، ذخیره‌سازی به‌روش جامد و مایع، تولید به‌روش فتولیز آب، سامانه‌های یکپارچه، راکتورهای دما بالا، هیدریدهای فلزی برای ذخیره هیدروژن، طراحی و بهینه‌سازی و ... را به اتمام رسانده‌اند و در حال حاضر در ده حوزه شامل ایمنی هیدروژن، هیدروژن زیستی، توسعه بنیادی و کاربردی مواد ذخیره هیدروژن، رفورمرهای کوچک برای تولید هیدروژن در محل، زیرساخت توزیع هیدروژن در مقیاس وسیع، آنالیز سامانه‌های هیدروژنی در سطح جهان مشغول به فعالیت هستند و قرار است در آینده به موضوع توزیع هیدروژن و تشکیل جامعه هیدروژنی بپردازند.

گفتنی است سه نماینده از IEA HIA (از سه کشور دانمارک، اتحادیه اروپا، کره) در کنفرانس اخیر انجمن ملی هیدروژن (۱۲ تا ۱۶ اردیبهشت ماه) حضور یافتند و برنامه و ابتکارهای خود را در قالب برنامه‌ای بسیار جالب و پرمحتوا ارائه نمودند.