

# L'utilizzo di etanolo nelle celle a combustibile

La collaborazione tra Acta S.p.A. e ICCOM-CNR ha permesso lo sviluppo di catalizzatori a base di nanoparticelle di ferro-cobalto-nichel, denominati HyPerMec, che per primi consentono di utilizzare, nelle celle a combustibile, questa fonte energetica rinnovabile, producendo energia elettrica veramente «pulita»

Claudio Bianchini, Paolo Bert, Riccardo Parrini

Una cella a combustibile (Fuel Cell) è un dispositivo in grado di trasformare l'energia chimica contenuta in un combustibile direttamente in energia elettrica, senza causare emissioni nocive (per esempio polveri sottili), né rumore (non avendo parti in movimento) e con un'efficienza largamente superiore a quella dei dispositivi tradizionali a combustione interna.

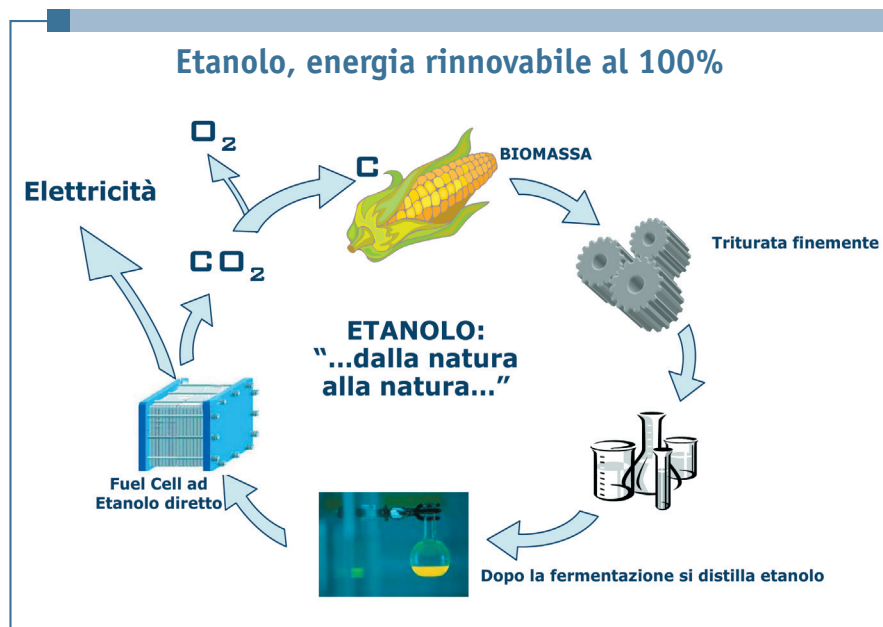
Le celle a combustibile consumano ossigeno, generalmente quello atmosferico, ed impiegano come combustibile idrogeno gassoso o idrogeno contenuto in forma atomica, ad esempio nel caso di

metanolo ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) per celle a bassa temperatura o nel gas naturale per celle ad alta temperatura.

In quanto generatori di corrente, le celle a combustibile si differenziano totalmente dalle batterie, che sono semplici dispositivi di accumulo di energia. Le Fuel Cells hanno pertanto un campo di applicazione molto più ampio di quello delle batterie e possono erogare potenze da pochi kW a centinaia di MW. Si possono dunque realizzare grandi generatori di corrente centralizzati o distribuiti, generatori di media potenza per applicazioni remote, mobili o di *back-up* (generatori

per attrezzature da campo, UPS, ecc.); generatori di potenza per autotrazione; generatori per tecnologie mobili (sia per ricaricare, che per sostituire le batterie). In secondo luogo, a parità di dimensioni e peso, le celle a combustibile offrono una densità di potenza notevolmente maggiore di quella delle batterie, possono cioè erogare una più alta potenza (o la stessa potenza più a lungo). Ciò è estremamente importante per lo sviluppo futuro di molti prodotti elettronici di consumo: la capacità delle attuali batterie costituisce, infatti, uno dei maggiori limiti allo sviluppo di questo settore. Infine, le celle a combustibile, a differenza delle batterie, non si «scaricano» mentre il circuito è spento e, soprattutto, la «ricarica» avviene istantaneamente sostituendo o riempiendo la cartuccia di combustibile, eliminando così i lunghi tempi di ricarica delle batterie, che necessitano di una presa non sempre disponibile e compatibile con il caricabatteria. Inoltre, da un punto di vista tecnico, il voltaggio d'uscita di una cella è molto più stabile di quello di una batteria che diminuisce durante l'erogazione; ciò porta alla semplificazione dei circuiti elettronici di controllo dell'alimentazione, consentendo un più economico e veloce sviluppo del dispositivo. Componenti essenziali di ogni cella a combustibile sono l'anodo, cioè l'elettrodo su cui avviene l'estrazione di elettroni dal combustibile (la corrente elettrica è costituita da un flusso di elettroni in un conduttore), il catodo, cioè l'elettrodo su cui l'ossigeno si converte in acqua per effetto degli elettroni provenienti dall'anodo, e l'elettrolita che separa l'anodo ed il catodo ma permette agli ioni ( $\text{H}^+$  od  $\text{OH}^-$ , a seconda del tipo di elettrolita) di passare dall'uno all'altro, chiudendo così il circuito elettrico che può essere impiegato per produrre lavoro.

Perché l'energia elettrica si formi in quantità apprezzabile occorre però che l'anodo ed il catodo contengano dei catalizzatori, cioè delle sostanze capaci di velocizzare i processi chimici agli elettrodi e quindi di produrre molti elettroni nell'unità di tempo. I catalizzatori sono generalmente costituiti da particelle metalliche di dimensioni nanometriche ( $10^{-9}$  m). Prima della scoperta di HyPerMec (High Performance Metal Catalysts), gli



Il ciclo del carbonio: l'alcool etilico, grazie all'idrogeno contenuto nelle sue molecole, può produrre energia elettrica veramente «pulita»

anodi per celle a combustibile ad elettrolita polimerico (operanti a temperature non più alte di 80-90 °C e con potenze comprese tra pochi *watt* a decine di *kW*) utilizzavano invariabilmente catalizzatori a base di platino o sue leghe con altri metalli.



Gli elettrodi catalizzati e la membrana polimerica a scambio ionico sono gli elementi costitutivi della cella a combustibile e il «sito» della reazione elettrochimica

### Limitazioni della tecnologia corrente

Perché la tecnologia delle Fuel Cells possa effettivamente diffondersi e contribuire a sopperire alla crescente domanda di energia è necessaria l'esistenza di una diffusa rete di distribuzione del combustibile, che consenta agli utenti di «rifare alle celle» in maniera sicura, conveniente ed economica. Le attuali celle utilizzano idrogeno gassoso, o veicolato da metanolo (sia direttamente, sia generato da *reforming* catalitico). L'idrogeno è estremamente poco pratico da immagazzinare e trasportare: è costoso e difficile da comprimere (in forma liquida deve essere mantenuto a -270 °C) e ciò crea problemi di volume dei serbatoi; è estremamente infiammabile, per cui è soggetto a strette regole di sicurezza (l'idrogeno è bandito dalle aree residenziali e commer-

ciali, dai tunnel, dai parcheggi, per non menzionare mezzi di trasporto come gli aerei ecc.). Il metanolo, più promettente dal punto di vista del trasporto, è relativamente tossico e quindi la sua distribuzione e vendita è soggetta a forti restrizioni (in molti paesi, come in Italia, non è possibile acquistare metanolo al dettaglio). È pertanto difficile immaginare come l'idrogeno o il metanolo possano diventare facilmente disponibili al pubblico, specialmente per generatori di energia portatili.

Una seconda, e forse ancora più seria limitazione alla diffusione delle celle a combustibile per il settore mobile, è causata dall'impiego di catalizzatori a base di platino, metallo molto costoso e raro (le riserve naturali ammontano a sole 5.000 tonnellate). La sola produzione mondiale annua di telefoni cellulari, se alimentati

a celle a combustibile, assorbirebbe un terzo dell'estrazione mondiale di platino (solo 165 tonnellate nel 2002), mentre la sostituzione dei motori d'auto con celle a combustibile richiederebbe più di quaranta volte l'attuale produzione di platino (una Mercedes Classe A alimentata con celle a metanolo diretto contiene circa 180

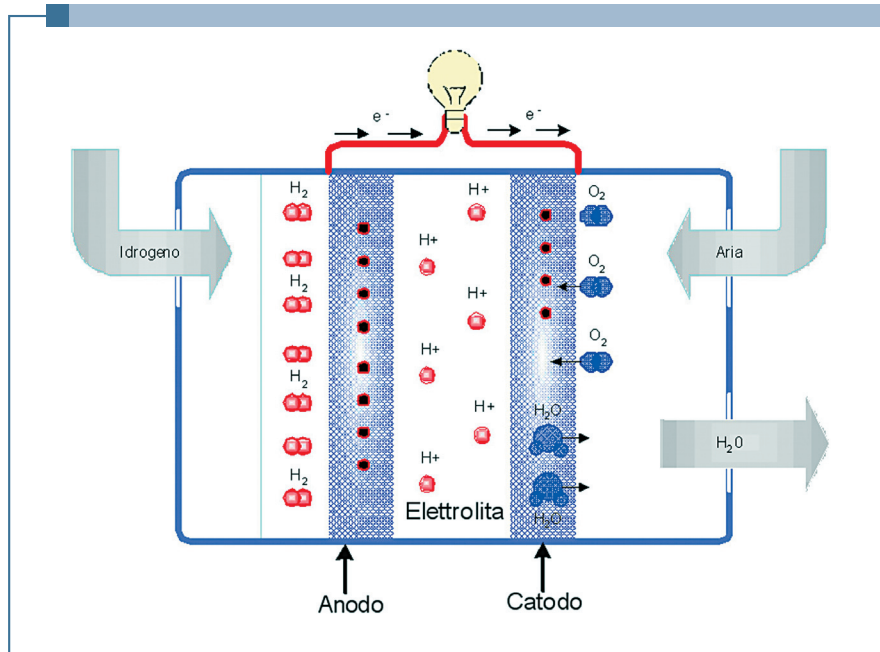
g di platino nello *stack*). A causa della sua scarsa disponibilità, è lecito supporre che un forte incremento di domanda del platino ne causerebbe un immediato aumento di prezzo, fino al punto in cui le celle a combustibile non saranno in grado di competere con altre tecnologie di produzione di energia. Per altro, tutta la produzione mondiale di platino non sarebbe sufficiente a soddisfare le esigenze produttive della sola industria automobilistica mondiale.

Infine, nessuna cella a combustibile contenente catalizzatori a base di platino è capace di impiegare etanolo come combustibile, in quanto quest'ultimo «avvelena» irreversibilmente il catalizzatore anodico e causa anche gravi sovratensioni catodiche.

### La rivoluzione HyPerMec, High Performance Metal Catalysts

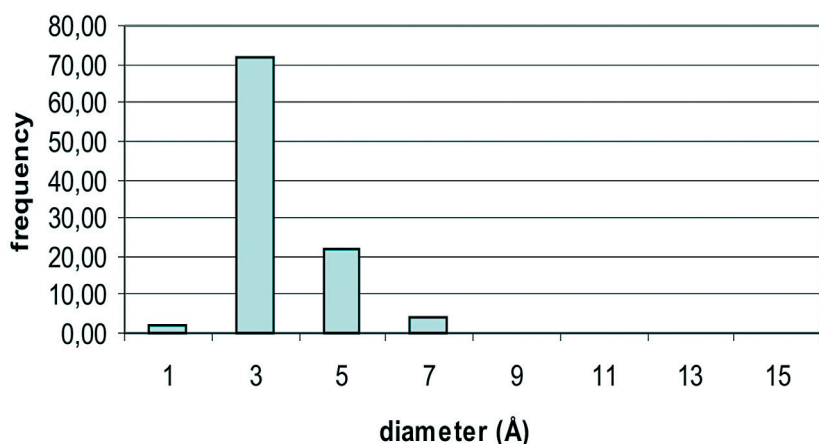
Da una collaborazione tra Acta S.p.A. e l'Istituto di Chimica dei Composti Organometallici del CNR (ICCOM-CNR) è nata una famiglia di catalizzatori denominati HyPerMec, progettati e sviluppati attraverso originali nanotecnologie. I catalizzatori anodici e catodici HyPerMec sono capaci di riprodurre, ed in molti casi migliorare, l'attività catalitica del platino in elettrodi impiegabili in varie tipologie di celle a combustibile.

Prodotti con particelle nanometriche e subnanometriche di ferro, nichel e cobalto, da sole od in combinazioni binarie e ternarie, supportate su materiali conduttivi, i catalizzatori HyPerMec necessitano di materie prime largamente disponibili, eliminando così le limitazioni di reperibilità e di costo determinate dal platino. Inoltre, i nuovi catalizzatori, mentre da un lato mostrano un'attività



Schema di funzionamento di una cella a combustibile: combinando idrogeno ed ossigeno la Fuel Cell produce energia elettrica, acqua e calore

## Dimensioni particelle del catalizzatore HyPerMec



HyPerMec: le particelle metalliche del nuovo catalizzatore hanno dimensioni inferiori al nanometro, in massima parte sotto i 5 Angstrom (Å), ciò consente la grande dispersione superficiale e la reattività di HyPerMec

superiore, anche con carico metallico inferiore, a quella del platino in celle a combustibile a metanolo diretto, dall'altro hanno anche dimostrato grande efficacia nei confronti di una vasta gamma di combustibili alternativi in soluzioni acquose: per esempio glicole etilenico ed etanolo, con rendimenti energetici largamente superiori rispetto a quelli ottenibili con metanolo. I catalizzatori HyPerMec sono quindi capaci di superare il secondo maggiore ostacolo allo sviluppo commerciale delle celle a combustibile: l'impiego di un combustibile sicuro, con una estesa rete di distribuzione, non tossico e per di più completamente rinnovabile come l'etanolo.

Oltre all'aspetto sicurezza, bisogna rimarcare che l'etanolo è un «vettore» di idrogeno completamente rinnovabile, per questo motivo, le HyPerMec Fuel Cells hanno ricevuto dalla Regione Lombardia e da Legambiente il prestigioso «Premio Innovazione Amica dell'Ambiente 2003». Inoltre quest'anno Acta S.p.A. e il Museo della Scienza e della Tecnica di Milano «Leonardo da Vinci» sono stati finalisti dell'Award Altran 2004 «Discovering, Understanding and Enjoying Science through Innovation» organizzato dall'autorevole Fondazione Altran e patrocinato dalla Commissione Ricerca della Comunità Europea e dal Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca. La giuria ha selezionato il progetto «Fuel Cell Educatio-

nal Project - Discover the future of energy with fuel cell» su 163 partecipanti ([www.fondation-altran.org](http://www.fondation-altran.org)).

L'etanolo è un alcool ampiamente reperibile, prodotto in milioni di tonnellate per fermentazione di biomasse vegetali e può essere acquistato in forma quasi pura in qualsiasi supermercato. Nelle celle a combustibile a base di HyPerMec, l'etanolo verrà impiegato in soluzioni acquose al 5-20%, pertanto con un grado alcolico simile a quello di un vino forte.

L'utilizzo di combustibili contenenti idrogeno combinato a carbonio, come negli alcoli, zuccheri ed idrocarburi, produce necessariamente CO<sub>2</sub>, così come nella produzione di energia ottenuta da combustibili fossili. La maggiore efficienza delle celle a combustibile rispetto ai dispositivi a combustione interna comporta, già da sé, una minore emissione di gas serra nell'atmosfera.

Inoltre con l'utilizzo di etanolo nelle celle a combustibile non si ha alcun incremento di gas serra. Infatti la CO<sub>2</sub> sviluppata nel processo di ossidazione dell'etanolo viene riassorbita per effetto

della fotosintesi clorofilliana dagli organismi vegetali i quali, opportunamente trattati, rigenerano l'etanolo, chiudendo un virtuoso ciclo di produzione di energia unicamente a spese di quella solare.

La tecnologia HyPerMec si basa sulla preparazione di nanoparticelle metalliche di ferro, cobalto e/o nichel di dimensioni inferiore ad un nanometro, il che significa ordinare pochi atomi, al massimo 7 o 8, dando vita ad una struttura straordinariamente reattiva. La reattività nei confronti di molti combustibili, tra cui etanolo, si manifesta già a temperatura e pressione ambiente, in linea con uno sviluppo davvero sostenibile.

L'istogramma riportato a fianco mostra la distribuzione delle particelle di un catalizzatore HyPerMec Fe-Co-Ni impiegato per celle a combustibile ad etanolo diretto, capaci di erogare in sistemi monoplari da 30 a 150 MW/cm<sup>2</sup>, a seconda della membrana elettrolitica e della temperatura di esercizio.

### Prospettive di sviluppo industriale della tecnologia HyPerMec

Non esistono e non esisteranno significative applicazioni commerciali per le



La prima cella a combustibile ad etanolo diretto in commercio: strumento didattico e semplice dispositivo in grado di illustrare la costruzione, il funzionamento e la resa di una Fuel Cell

Fuel Cells finché i problemi del combustibile e della scarsità del platino non verranno risolti.

Acta ritiene che la propria tecnologia HyPerMec abbia la capacità di risolvere questi problemi, attraverso la realizzazione di celle a combustibile sicure, ecologiche, economiche e prive di metalli preziosi.

I primi mercati delle celle ad etanolo HyPerMec sono quello educativo e quello dell'elettronica portatile.

Per il settore educativo Acta ha già messo in commercio un semplice prodotto dimostrativo - un piccolo ventilatore ad etanolo - per illustrare la costruzione, il funzionamento e la resa di una cella a combustibile.

L'elettronica portatile è l'altro grande mercato per le celle a combustibile ad etanolo diretto. Basti pensare alla «fame di energia» dei telefoni di nuova generazione - 3G, dei computer e dei lettori Dvd portatili, delle macchine fotografiche digitali...

Perché la tecnologia *wireless* possa effettivamente essere «senza cavo», sarà indispensabile che l'elettronica portatile si affranchi dalla «schiavitù della spina» e dalle limitate capacità delle attuali bat-



Legambiente e la Regione Lombardia hanno premiato la prima cella a combustibile funzionante ad alcool etilico con il «Premio Innovazione Amica dell'Ambiente 2003»

terie agli ioni di litio. Le celle a combustibile rappresentano la soluzione «wireless» che potrà fornire a questo nuovo mercato una vera «indipendenza dalla presa di corrente».



Alcune applicazioni della tecnologia HyPerMec su semplici celle monoplanari: luci di emergenza e carica-batteria di telefoni cellulari capaci di funzionare ininterrottamente per settimane con pochi millilitri di acqua-etanolo (10%)

Alla luce di queste premesse di mercato, la società Acta ha già sviluppato un prototipo di carica batterie per telefonia portatile dalle dimensioni molto ridotte alimentato ad etanolo-acqua e capace di 10 ricariche con un solo pieno del serbatoio (16 mL di etanolo al 10%).

Un altro importante mercato per le celle a combustibile alimentate a combustibile liquido diretto e funzionanti a bassa temperatura, è quello dei generatori elettrici portatili di piccola potenza. Il loro mercato di utilizzo è estremamente ampio e va considerato per le sue immediate necessità di applicazione. I campi nei quali i piccoli generatori portatili, da 100 W a 1 kW, sono maggiormente diffusi sono le attività «outdoor», il campeggio, gli sport all'aria aperta, il turismo itinerante. Non si devono poi dimenticare tutte le applicazioni che tali dispositivi possono avere nell'ambito militare e negli ambiti professionali.

Per questo specifico settore Acta sta progettando un generatore PowerCase a celle a combustibile alimentate ad etanolo-acqua con potenza variabile tra 100 e 300 W, un volume totale di 18 litri, un peso di 9,5 kg e con un serbatoio di 2 litri di alcool etilico diluiti al 20% (per limitarne l'infiammabilità a livello di un liquore) per un'autonomia di almeno 20 ore.

Progetti in comune tra Acta e grandi Case automobilistiche sono in corso e da questi potrebbe derivare un ulteriore sviluppo della tecnologia HyPerMec nel campo dell'autotrazione e della generazione di potenza ausiliaria *onboard*.

I risultati ottenuti sono l'esclusivo frutto di una ricerca svolta, con entusiasmo, da pubblico e da privato; gli investimenti privati non sono stati trascurabili, ma di sicuro premieranno adeguatamente chi li ha fatti. In ogni caso, senza investimenti forti da parte dello Stato in risorse umane, in strumentazioni e quant'altro serve, scoperte come quella descritta in queste pagine saranno solo episodiche, frutto di pochi imprenditori illuminati e di ricercatori entusiasti.

Claudio Bianchini  
Direttore ICCOM-CNR, Area della Ricerca CNR, Firenze  
[www.iccom.cnr.it](http://www.iccom.cnr.it)

Paolo Bert, Riccardo Parrini  
Acta S.p.A.  
[www.acta-nanotech.com](http://www.acta-nanotech.com)