

UTILIZZI DELL'IDROGENO

___Indice___

Introduzione >

Utilizzare l'idrogeno >

La cella a combustibile

I veicoli a idrogeno

Trasporti sostenibili

Perché l'idrogeno >

La questione sicurezza

L'idrogeno pulito

UTILIZZI DELL'IDROGENO

Introduzione

Nel 2018 la produzione di idrogeno si è attestata a circa 115 Mt, di cui il 97% è ottenuto attraverso il processo chimico di reforming degli idrocarburi leggeri (principalmente il metano) o dal cracking di idrocarburi più pesanti (petrolio) e dalla gassificazione del carbone. Solo l'1% viene prodotto attraverso elettrolisi e il restante 2% attraverso altre tecnologie. L'idrogeno può essere utilizzato per produrre altri composti o come combustibile per produrre energia. In particolare, l'idrogeno prodotto è impiegato nell'industria chimica, per produrre ammoniaca, alcool metilico (metanolo), concimi per l'agricoltura e prodotti petroliferi, e nell'industria metallurgica per il trattamento dei metalli.

Utilizzare l'idrogeno

L'idrogeno è poi un ottimo combustibile che può essere utilizzato per produrre energia in due modi. Il primo metodo consiste nel bruciare l'idrogeno da solo, oppure aggiunto ad altri combustibili. Il secondo metodo consiste nel far reagire l'idrogeno in modo chimico con l'ossigeno (non bruciandolo), ottenendo direttamente energia elettrica attraverso un dispositivo chiamato cella a combustibile.

Direttamente come combustibile. La combustione dell'idrogeno non presenta particolari problemi e dà luogo ad emissioni molto meno inquinanti rispetto ad altri combustibili. I prodotti della combustione con aria sono acqua, idrogeno incombusto e tracce di ammoniaca. Quindi, se i motori delle automobili o le caldaie di casa venissero alimentate con questo gas, si potrebbe produrre energia evitando le emissioni di sostanze nocive. Inoltre, qualsiasi altro combustibile miscelato con l'idrogeno migliora la combustione e il suo rendimento. Per questo motivo negli Stati Uniti è stato sperimentato l'utilizzo di metano con l'aggiunta del 15% in peso di idrogeno, definito commercialmente Hythane.

Le celle a combustibile. L'idrogeno può essere utilizzato per alimentare le automobili che funzionano con le celle a combustibile. L'idrogeno liquido è usato anche come combustibile per alimentare i dispositivi che forniscono energia elettrica all'equipaggio a bordo di navi spaziali. L'acqua ottenuta come sottoprodotto da celle a combustibile può essere bevuta dall'equipaggio. Così come nei trasporti, le celle a combustibile possono essere utilizzate negli edifici. Infine, l'idrogeno potrebbe presto fornire energia a molti dispositivi elettronici, come telefoni cellulari, computer portatili, giocattoli, che oggi richiedono batterie pesanti e costose. Una cella a combustibile è leggera, poco costosa e dura più di una batteria normale. I telefoni cellulari, per esempio, potrebbero essere alimentati costantemente per mesi, e sarebbe sufficiente per acquistare periodicamente un piccolo tubo di combustibile ricco di idrogeno (come metano o metanolo) da inserire nel dispositivo, in modo da alimentare la piccola cella a combustibile.

La cella a combustibile

L'idrogeno può essere utilizzato per alimentare i veicoli provvisti di motore con **celle a combustibile**. L'idrogeno liquido è anche utilizzato a bordo delle navicelle spaziali per alimentare le celle a combustibile che forniscono l'elettricità necessaria per il funzionamento della strumentazione di bordo. L'acqua ottenuta come sottoprodotto da tali celle a combustibile può essere bevuta dall'equipaggio.

L'idrogeno potrebbe alimentare molti apparecchi elettronici di comune utilizzo, come computer portatili, telefoni cellulari e giocattoli, che oggi necessitano di batterie pesanti e costose. Una cella a combustibile miniaturizzata è leggera, economica e di durata superiore a quella di una comune batteria. I telefoni cellulari, ad esempio, potrebbero funzionare continuamente per mesi e basterebbe comprare periodicamente una fiala di un combustibile ricco di idrogeno (come metano o metanolo), da inserire nell'apparecchio, per alimentare la piccola cella a combustibile.

Le apparecchiature che utilizzano l'idrogeno per produrre direttamente energia elettrica vengono dette "celle a combustibile". La cella a combustibile ad idrogeno è un generatore elettrochimico in cui l'energia elettrica è prodotta dalla reazione tra un combustibile (l'idrogeno) e un composto gassoso ossidante (l'ossigeno o l'aria). Insieme all'elettricità, vengono prodotti anche calore e acqua. Una cella a combustibile è costituita da due elettrodi in materiale poroso, il catodo (polo negativo) e l'anodo (polo positivo). Gli elettrodi fungono da siti catalitici per le reazioni di cella che consumano fondamentalmente idrogeno e ossigeno, con produzione di acqua e passaggio di corrente elettrica nel circuito esterno. Tra i due poli è posto l'elettrolita, che ha la funzione di condurre gli ioni prodotti da una reazione (quella che avviene all'anodo) e consumati dall'altra (quella che avviene al catodo), chiudendo il circuito elettrico all'interno della cella. La trasformazione elettrochimica è accompagnata da produzione di calore, che è necessario estrarre per mantenere costante la temperatura di funzionamento della cella. Questa struttura è del tutto simile a quella delle comuni batterie elettriche ma, a differenza di queste ultime, le celle combustibile a idrogeno consumano sostanze che provengono dall'esterno e quindi sono in grado di funzionare senza interruzioni finché vengono fornite di combustibile e di ossidante.

La cella ha una struttura piatta a tre strati: quello centrale, compreso fra il catodo e l'anodo, costituisce o contiene l'elettrolita. Le singole celle vengono sovrapposte l'una all'altra e collegate in serie in modo da ricavare una tensione di corrente del valore desiderato. Più celle impilate prendono il nome di stack (o "pila"). Generalmente, un impianto a celle a combustibile è costituito, oltre che dalla sezione elettrochimica, anche da un convertitore di corrente e da un trasformatore che convertono la corrente continua generata dalla pila in corrente alternata. Le celle a combustibile si differenziano a seconda della natura chimica dell'elettrolita e della temperatura alla quale funzionano. Le celle che liberano temperature comprese tra 60 e 200 gradi centigradi sono dette a bassa-media temperatura, mentre si definiscono ad alta temperatura quelle che sviluppano calore fino alla temperatura di 1000 gradi centigradi. Queste ultime sono spesso utilizzate per applicazioni che necessitano sia di elettricità sia di calore.

Le celle a combustibile a bassa e media temperatura presentano minori problemi tecnologici di quelle ad alta, ma hanno rendimenti inferiori. La tecnologia che sfrutta l'idrogeno come fonte di

energia è in rapido sviluppo sia per applicazioni stazionarie (non in movimento, come industrie, abitazioni) sia per sistemi mobili (trasporti). Le celle a combustibile rivestono un notevole interesse al fine della produzione di energia elettrica, in quanto presentano caratteristiche energetiche ed ambientali tali da renderne potenzialmente vantaggiosa l'adozione:

- rendimento elettrico elevato, con valori che vanno dal 40-48% (riferito al potere calorico inferiore del combustibile) per gli impianti con celle a bassa temperatura, fino a raggiungere oltre il 60% per quelli con celle ad alta temperatura;
- ridottissimo impatto ambientale, sia dal punto di vista delle emissioni gassose che di quelle acustiche, il che consente di collocare gli impianti anche in aree residenziali, rendendo il sistema particolarmente adatto alla produzione di energia elettrica distribuita;
- possibilità di cogenerazione (produzione associata di energia elettrica e calore): il calore cogenerato può essere disponibile a diversa temperatura, in forma di vapore o acqua calda, ed impiegato per usi sanitari, condizionamento di ambienti, ecc.

Una delle centrali elettriche a "celle a combustibile" più grandi del mondo è quella che si trova presso il polo tecnologico della Bicocca a Milano (da 1,3 megawatt di potenza).

I veicoli a idrogeno

L'intervento in questo settore è orientato allo sviluppo sia di motori a combustione interna, sia di motori a celle a combustibile, questi ultimi essenziali per un sistema di trasporto a minimo impatto ambientale.

Nel primo caso si tratta di un motore con cilindri e pistoni, che brucia idrogeno invece di benzina o gasolio e non costringe a ripensare la tecnologia dei motori a scoppio. Nel secondo caso si tratta di una tecnologia in cui le celle a combustibile producono corrente e alimentano dei motori elettrici. Uno dei vantaggi dell'uso di celle a combustibile per la trazione di veicoli è il loro rendimento energetico; infatti, la percentuale che risulta effettivamente utilizzabile per il movimento del veicolo è di oltre il 50% dell'energia prodotta dal carburante mentre, nei motori a benzina, si raggiunge al massimo il 40%. Inoltre, nel traffico urbano il rendimento energetico dei veicoli ad idrogeno risulta circa il doppio di quello delle auto classiche. Infine, il materiale di scarico è costituito da solo vapore acqueo, quindi con un impatto ambientale pressoché nullo.

L'idrogeno può essere fornito alle celle di un veicolo da un serbatoio dove è conservato allo stato liquido, oppure gassoso. In alternativa può essere estratto da idrocarburi, come metano o metanolo direttamente a bordo mediante un reformer. Attualmente è allo studio la possibilità di sfruttare il boroidrato di sodio e l'olio di girasole. Le caratteristiche delle celle a combustibile permettono inoltre la realizzazione di veicoli con taglie anche molto diverse (dalle bici all'auto, all'autobus, alle motrici ferroviarie) con la stessa tecnologia e con caratteristiche di prestazioni, consumi ed impatto ambientale equivalenti.

Attualmente molte case automobilistiche stanno realizzando modelli sperimentali di automobili e di autobus a idrogeno. Alcuni prototipi già circolano in diverse città italiane ed estere. Il problema per lo sviluppo dei veicoli a idrogeno, oltre a quello della produzione di tale combustibile, è che manca

una rete di distribuzione e di stazioni di rifornimento per questo gas. Tra i problemi tecnologici, uno dei più critici è il sistema di accumulo dell'idrogeno a bordo, che condiziona pesantemente l'autonomia del veicolo a causa dell'eccessivo peso e ingombro dei serbatoi attuali.

Trasporti sostenibili

L'idrogeno può rappresentare una soluzione al problema delle emissioni (comprese quelle dei gas serra) generate dal settore dei trasporti. I veicoli ibridi con motore a combustione interna a carburante di origine fossile e a celle a combustibile potrebbero ridurre le emissioni di anidride carbonica di circa il 25% rispetto ai veicoli con motore a combustione interna più avanzati. Tuttavia, riduzioni significative delle emissioni possono essere ottenute solo con l'introduzione di combustibili totalmente rinnovabili.

Diversi combustibili derivati da biomassa offrono alternative interessanti nel breve-medio termine: il biodiesel ricavato da semi oleaginosi, il bioetanolo ricavato da piante ricche di zucchero e amido, l'etanolo, ecc. Sembra, tuttavia, che l'idrogeno abbia il più elevato potenziale a lungo termine come combustibile da trasporto rinnovabile grazie alla diversità di risorse da cui può essere ottenuto, al suo efficiente utilizzo nei veicoli a celle a combustibile e al suo potenziale di emissione praticamente nullo dal "pozzo alla ruota".

Perché l'idrogeno

L'idrogeno è un gas che brucia nell'aria secondo la semplice reazione: idrogeno più ossigeno uguale acqua e calore, dando quindi come unico prodotto di reazione acqua pura. Inoltre, può essere prodotto sia da fonti fossili, sia da fonti rinnovabili, sia da fonte nucleare; può essere distribuito in rete abbastanza agevolmente, compatibilmente con gli usi finali e con lo sviluppo delle tecnologie di trasporto e di stoccaggio; infine, può essere impiegato in diverse applicazioni (produzione di energia elettrica centralizzata o distribuita, generazione di calore, trazione) con un impatto locale nullo o estremamente ridotto.

Si può dire, quindi, che l'idrogeno rappresenta in prospettiva un componente ideale di un futuro sistema energetico sostenibile, costituendo un incentivo verso l'impiego diffuso delle fonti rinnovabili, ma già nel breve-medio termine può rendere i combustibili fossili compatibili con le esigenze ambientali.

Le caratteristiche dell'idrogeno fanno sì che il suo ruolo possa essere complementare a quello dell'elettricità (che è un altro vettore energetico), con la differenza che il primo può essere accumulato e in seguito trasportato. L'idrogeno può quindi aprire la strada a fonti energetiche rinnovabili distribuite in tutto il mondo, dando ai Paesi del terzo Mondo l'opportunità di esportare energia e consentendo loro una maggiore indipendenza dagli stati esportatori di combustibili fossili.

La questione sicurezza

Esistono ancora molte perplessità per gli aspetti di sicurezza a causa della poca familiarità con questo vettore energetico. Tuttavia, un'analisi più attenta ridimensiona il concetto di pericolosità

dell'idrogeno. Questo gas è meno infiammabile della benzina (ha una temperatura di autoaccensione maggiore). L'idrogeno è il più leggero degli elementi e perciò si diluisce e si disperde molto rapidamente in spazi aperti. È praticamente impossibile farlo detonare, se non in spazi confinati (per individuare concentrazioni potenzialmente pericolose si utilizzano sensori che possono facilmente comandare adeguati sistemi di sicurezza). Inoltre, quando brucia, l'idrogeno si consuma molto rapidamente, sempre con fiamme dirette verso l'alto. Per contro materiali come la benzina, il gasolio, il GPL o il gas naturale sono più pesanti dell'aria e, non disperdendosi, rimangono una fonte di pericolo per tempi molto più lunghi. È stato calcolato che l'incendio di un veicolo a benzina dura 20 – 30 minuti, mentre per un veicolo a idrogeno non dura più di 1–2 minuti. Inoltre, nel caso di fiamme da idrogeno, vi sono poche possibilità che materiali vicini possano essere a loro volta incendiati, riducendo così, oltre alla durata dell'incendio, anche il pericolo di emissioni tossiche. L'idrogeno, al contrario dei combustibili fossili, non è tossico, né corrosivo ed eventuali perdite dai serbatoi non causano problemi di inquinamento del terreno o di falde acquifere sotterranee.

L'idrogeno pulito

L'idrogeno è un combustibile a bassissimo livello di inquinamento. La sua combustione produce acqua e piccole quantità di ossidi di azoto. L'idrogeno può essere estratto da una varietà di composti ed è questo uno degli aspetti che lo rende attraente come combustibile del futuro. Per produrre l'idrogeno, però, è necessario consumare energia, operazione che ha un certo costo. Se valutiamo gli aspetti ambientali, quando si estrae l'idrogeno dai combustibili fossili, si produce anche una grande quantità di anidride carbonica, che è uno dei gas responsabili del riscaldamento del pianeta (effetto serra). Si è pensato comunque di creare grandi impianti di produzione di idrogeno dai combustibili fossili e di raccogliere l'anidride carbonica prodotta, evitando quindi che si disperda nell'atmosfera.

Quando si estrae l'idrogeno dall'acqua con l'operazione di elettrolisi non si produce anidride carbonica. Si deve, però, utilizzare energia elettrica. Se tale energia viene prodotta dalle centrali termoelettriche, come avviene generalmente, dobbiamo considerare l'inquinamento che esse generano. Pertanto, la produzione di idrogeno da fonti rinnovabili deve essere considerata la soluzione migliore rispetto a quella da combustibili fossili perché, né in fase di produzione né in fase di consumo, si ha la formazione di composti inquinanti (in questo modo viene limitato anche il danno ambientale associato all'estrazione dei combustibili fossili dai giacimenti; infatti la trivellazione del petrolio, il trasporto, la raffinazione e i prodotti di scarto contribuiscono notevolmente all'inquinamento del pianeta). In effetti, con l'elettrolisi l'intero processo di produzione e consumo dell'idrogeno è ambientalmente sostenibile purché sia disponibile una corrispondente quantità di energia elettrica pulita in grado di alimentare il processo di elettrolisi. Come sorgente di questa energia si può pensare al sole, sfruttabile attraverso l'utilizzo di impianti di conversione fotovoltaica, la cui tecnologia già oggi si può considerare tecnicamente affidabile e adeguata, anche se non ancora competitiva. Infatti, mediante l'uso di energia solare fotovoltaica si può produrre idrogeno elettrolitico e ossigeno che poi possono essere fatti reagire nelle celle a combustibile per produrre



Energia / Idrogeno / Utilizzi dell'idrogeno

l'energia elettrica di cui abbiamo bisogno. Come prodotto finale di scarto si genera una quantità di acqua pura pressappoco uguale a quella di partenza, chiudendo in tal modo il ciclo senza emissioni inquinanti. Infine, è evidente che le grandi distese oceaniche altro non sono che enormi riserve di idrogeno: ogni chilogrammo di acqua pura contiene 111 grammi di idrogeno che, una volta bruciato, potrebbe produrre 3.200 chilocalorie di energia termica. Pertanto, dall'acqua, in linea di principio, sarebbe possibile estrarre tutto l'idrogeno necessario a soddisfare in modo pulito le esigenze energetiche dell'umanità.

Testo aggiornato ad agosto 2022