

RICERCA SISTEMA ELETTRICO

CELLE A COMBUSTIBILE PER COGENERAZIONE

Celle a combustibile per applicazioni stazionarie cogenerative

Scenario di riferimento

Le celle a combustibile rappresentano, nel medio lungo-termine, una delle tecnologie più promettenti per la generazione distribuita e la cogenerazione, grazie agli elevati rendimenti di conversione anche per impianti di piccola taglia e all'impatto ambientale molto limitato. Allo sviluppo di questi sistemi sono dedicate risorse ingenti nei maggiori paesi industrializzati, con risultati molto promettenti che hanno portato alla realizzazione e prova di numerosi impianti dimostrativi, sia con celle ad elettrolita polimerico, che con celle ad alta temperatura (celle a carbonati fusi e ad ossidi solidi). La disponibilità di sistemi con prestazioni e costi compatibili con le applicazioni commerciali richiede però ancora un notevole sforzo di ricerca, sviluppo e dimostrazione. Particolarmente significativo in questo senso è l'intervento della Commissione Europea, che ha previsto un impegno importante nel settore, con la creazione di una partnership pubblico-privato (Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking) per la gestione delle attività condotte su questi temi nell'ambito del 7° Programma quadro.

L'ENEA opera da tempo in questo campo, sia direttamente che attraverso società controllate come FN e CESI Ricerca, intervenendo su alcuni aspetti critici dello sviluppo delle diverse tecnologie, nell'ambito di rapporti di collaborazione consolidati con altre strutture di ricerca e con l'industria, all'interno di progetti nazionali ed europei.

Obiettivi

Gli obiettivi dell'attività sono i seguenti:

- sviluppo di processi a basso costo e basso impatto ambientale per la produzione dei componenti delle celle a carbonati fusi (matrice di supporto per elettrolita ed elettrodi); questi componenti sono attualmente prodotti per colatura su nastro, processo adatto alla produzione di serie ma che richiede attenzione per evitare problemi di impatto ambientale causati dai solventi organici utilizzati;
- sviluppo di sistemi con celle a carbonati fusi alimentati con gas derivanti da rifiuti e residui agricoli e zootecnici, attraverso la messa a punto di processi di digestione anaerobica e lo studio dell'accoppiamento degli stessi con la cella; l'applicazione richiede attività di ricerca su componenti critici per ottimizzare le prestazioni degli stessi e del sistema nel suo insieme;
- sviluppo di sistemi con celle ad elettrolita polimerico, attraverso la valutazione di tecnologie alternative per la produzione dei componenti di cella, la caratterizzazione di catalizzatori per il processo di riforma dei combustibili e la progettazione di una stazione di prova per sistemi di cogenerazione da 5 kW, per applicazioni residenziali;
- supporto tecnico-scientifico ai Ministeri per la definizione di programmi nel settore dell'idrogeno e delle celle a combustibile e per la partecipazione alle collaborazioni internazionali.

Risultati

Sviluppo di un processo a basso costo e basso impatto ambientale per la produzione dei componenti delle celle a carbonati fusi

È stato studiato un processo basato su tecnologie di formatura utilizzate nel campo delle materie plastiche (estrusione su lastra di un granulato plasto-ceramico), sviluppando lo stesso processo per la produzione di matrici, in collaborazione con FN Nuove Tecnologie e Servizi Avanzati e con il supporto del Politecnico di Torino e dell'Università di Genova. A tal fine:

- è stata sviluppata, a scala laboratorio, una metodologia di produzione delle polveri di gamma-alluminato di litio, utilizzate come materiale di partenza per il processo;
- sono state studiate e messe a punto, su piccola scala, le diverse fasi del processo, dalla realizzazione del compound plasto-ceramico, con individuazione della miscela ottimale per lo stesso, alla sua estrusione e alla realizzazione di matrici prototipali, con successive modifiche e affinamenti sulla base di caratterizzazioni chimico-fisiche dei prodotti delle varie fasi;
- è stato definito il ciclo di condizionamento delle

matrici realizzate (eliminazione in cella dei componenti diversi dal gamma-alluminato di litio), sia sulla base di analisi termogravimetriche che mediante prova in un dispositivo elettrochimico realizzato ad hoc.

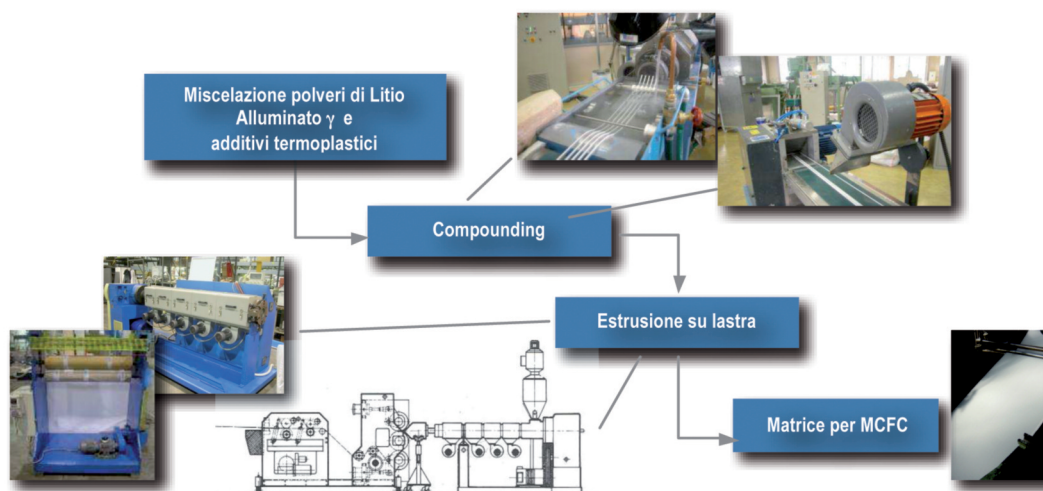
A conclusione del lavoro di sviluppo su piccola scala sono state ottenute matrici (100 mm di diametro) con caratteristiche in linea con quelle prodotte per colatura su nastro (porosità aperta prossima al 60% e diametro medio dei pori inferiore a 0,5 micron).

A partire da tali risultati, che consentono di produrre le matrici con un processo che non usa solventi, si è proceduto allo scale-up del processo stesso e alla individuazione delle attrezzature necessarie per la realizzazione di una linea in grado di produrre matrici di dimensioni fino al m².

Sviluppo di sistemi con celle a carbonati fusi alimentati con gas derivanti da rifiuti e residui agricoli e zootecnici

L'ENEA, in collaborazione con alcune Università (Roma La Sapienza e Perugia), ha:

- studiato i processi di digestione anaerobica della frazione organica dei rifiuti urbani e dei reflui zootecnici, individuando le condizioni e la composizione della comunità microbica che consentono di ottenere un biogas di elevata



Processo di formatura in plastica sviluppato da FN



Schema generale del sistema a biomasse

qualità (elevata percentuale di metano o di miscele metano/idrogeno) e basso contenuto di impurezze;

- studiato i meccanismi di avvelenamento della cella da parte di impurezze a base di zolfo, di solito contenute nel biogas, e determinato il livello di tali impurezze che le celle attuali sono in grado di tollerare, attraverso un programma di prove sperimentali in una monocella a carbonati fusi alimentata con gas a diversi contenuti di composti solforati;
- valutato, attraverso prove sperimentali, diversi sistemi di tipo chimico-fisico per l'abbattimento dei composti solforati e degli alogeni contenuti in miscele gassose di composizione analoga a quelle del biogas, arrivando alla conclusione che, data la varietà dei composti presenti, è necessario utilizzare diverse fasi di adsorbimento, con materiali adsorbenti diversi (ad es., zeoliti e carboni attivi);
- analizzato la possibilità di realizzare anodi più resistenti ai composti solforati, individuando alcune linee di sviluppo (come ad esempio la ricopertura dell'anodo con composti in grado di fissare lo zolfo) e avviando l'attività sperimentale per la preparazione degli stessi.

La ricerca sperimentale sui diversi sottosistemi è stata affiancata, in collaborazione con l'Università di Napoli Federico II, da attività di analisi e studio, mediante modelli matematici, dei sistemi con celle a carbonati fusi utilizzando diverse tipologie di combustibili derivati da biomasse e rifiuti, al fine di individuare le applicazioni e le configurazioni più promettenti.

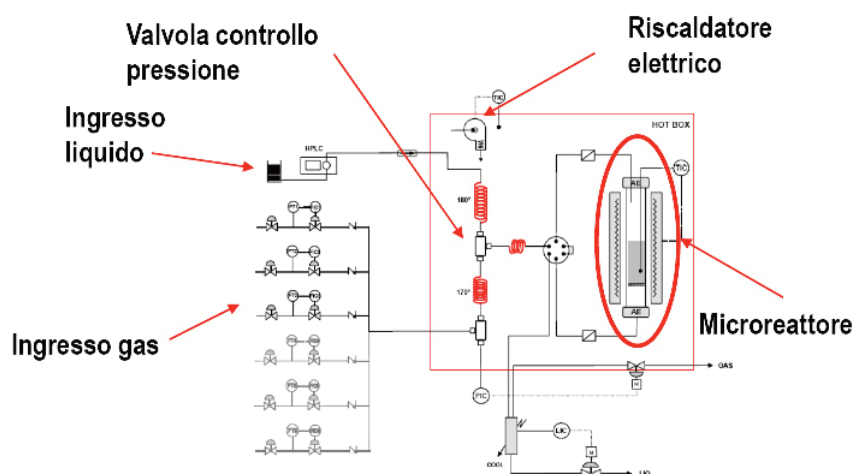
Sviluppo di sistemi con celle a elettrolita polimerico per applicazioni residenziali

È stata progettata una stazione di prova per un impianto da 5 kW e sono stati affrontati due aspetti critici, come la valutazione di metodologie di produzione potenzialmente a basso costo per i componenti di cella e il miglioramento dei catalizzatori impiegati nella conversione del combustibile in un gas ricco di idrogeno. Le attività sono state svolte in collaborazione con le Università di Cassino, di Roma La Sapienza, di Salerno e con il Politecnico di Torino.

Per quanto riguarda la stazione di prova, sono stati definiti i parametri per la caratterizzazione di un impianto cogenerativo a celle polimeriche, individuate tutte le apparecchiature e la strumentazione necessarie per eseguire le campagne sperimentali e definito lo schema impiantistico della stazione stessa.

L'attività di progettazione è stata affiancata dallo sviluppo di modelli matematici, sia stazionari che dinamici, dei componenti principali del sistema (reformer e stack), al fine di mettere a punto uno strumento in grado di fornire un'analisi completa delle prestazioni dell'impianto.

L'attività di ricerca su nuove tecniche di produzione dei componenti di cella ha riguardato principalmente la messa a punto di una metodologia adatta a produrre membrane polimeriche catalizzate (con deposizione dei catalizzatori direttamente sulla membrana). Le membrane catalizzate a base di platino, le più promettenti, sono state caratterizzate da un punto di vista morfologico mediante microscopia elettronica, determinando poi le loro proprietà elettrochimiche con misure di



Schema dell'apparato sperimentale utilizzato per lo studio delle reazioni chimiche

spettroscopia di impedenza (EIS) e con misure di elettrolisi.

La caratterizzazione dei catalizzatori per la conversione del combustibile è stata condotta mediante un sistema di reattori da laboratorio in cui è possibile monitorare, controllare e registrare le diverse variabili del processo (portate in ingresso, temperatura e pressione del reattore, composizione del gas uscente). In particolare, è stata studiata l'ossidazione parziale del metano su varie tipologie di catalizzatori (diversi per granulometria, specie attive e supporto), sia commerciali che sviluppati dai partner, valutando l'influenza delle condizioni di reazione sull'attività, la stabilità e la disattivazione del catalizzatore, anche come conseguenza della formazione di composti carboniosi.

Supporto tecnico-scientifico ai Ministeri e partecipazione alle collaborazioni internazionali

L'ENEA ha:

- svolto e pubblicato un'analisi approfondita dello stato e delle prospettive delle tecnologie delle celle a combustibile, a supporto delle scelte nel settore della PA e dei potenziali utenti;
- contribuito alla definizione dei programmi

europei su celle a combustibile e idrogeno, aderendo alla associazione delle strutture di ricerca del settore (N.ERGHY), costituita per coordinare la partecipazione ai programmi 2008-2013, gestiti dalla partnership pubblico-privata Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking;

- partecipato, a supporto del MATTM, ai lavori dell'International Partnership for Hydrogen Economy;
- partecipato, in rappresentanza dell'Italia, agli Implementing Agreements dell'Agenzia Internazionale dell'Energia su Advanced Fuel Cells, Production and Utilisation of Hydrogen e Hybrid and Electric Vehicles, coordinando anche i contributi delle altre strutture nazionali interessate; in tale ambito sono state svolte azioni di scambio di informazioni sui programmi dei diversi paesi, analisi congiunte delle tecnologie e delle loro applicazioni, ricerche di comune interesse su tematiche specifiche.

Documentazione disponibile

I documenti tecnici che riportano i risultati delle attività e delle ricerche sono consultabili sul sito www.enea.it.