

Biomasse come risorsa energetica

Nella corsa alla valorizzazione delle energie pulite, le biomasse presentano vantaggi sia di tipo economico che ambientale

Riccardo Chirone

Il progresso e l'evoluzione tecnologica richiedono sempre più energia e d'altro canto risulta estremamente importante dal punto di vista strategico che vi sia una diversificazione delle fonti energetiche. Ciò infatti contribuisce a garantire la continuità e sicurezza di approvvigionamento di materiali combustibili, e allo stesso tempo può considerarsi una risposta alle logiche di recupero energetico di sottoprodotti di origine industriale così come quello dell'utilizzo di fonti rinnovabili. Le conferenze sull'ambiente di Rio de Janeiro (1992) e Kyoto (1997) hanno portato il problema della qualità dell'aria all'attenzione internazionale. L'Unione Europea ha approvato totalmente il piano indicato dalla conferenza di Kyoto redigendo linee guida atte a valorizzare le energie pulite. È indubbio che l'energia da biomassa rappresenti un'importante risorsa nel quadro di sviluppo di un'industria energetica che è sempre più attratta verso sistemi di produzione d'energia distribuita che affianchino quelli di produzione concentrata. Gli impianti che attualmente utilizzano sottoprodotti o rifiuti di lavorazioni sono impianti che usano come combustibile legno ricavato dal bosco e dagli scarti industriali del settore legno ed arredamento, impianti che utilizzano biomasse da rifiuti urbani (frazione selezionata del rifiuto solido urbano al termine di un processo che prevede la raccolta differenziata, la separazione mediante trattamenti meccanici della frazione organica biodegradabile da quella combustibile, la combustione e la produzione d'energia), impianti che utilizzano scarti di lavorazioni agro-alimentari, quali lolla, paglia, sansa e noccioli di oliva, scarti



Modello a freddo di reattore a letto fluido

della produzione del vino, semi della frutta utilizzata per i succhi e gusci di nocciola. I vantaggi nell'utilizzo di biomasse sono di carattere sia ambientale sia economico. Un aspetto rilevante riguarda la emissione di gas in quanto, a differenza della combustione di combustibili fossili, in questo caso la produzione di anidride carbonica in fase di combustione è compensata dal riassorbimento di questa durante il processo di crescita delle biomasse vegetali mediante fotosintesi. Il processo è ciclico e pertanto l'immissione netta nell'ambiente può essere al limite considerata nulla.

Inoltre va tenuto presente che lo smaltimento dei rifiuti si sta rivelando problematico nella nostra economia e in tale ambito la combustione degli scarti vegetali presenta naturalmente evidenti risvolti positivi.

Queste sono le principali motivazioni alla base del crescente interesse rivolto alla termovalorizzazione di combustibili alternativi, biomasse, rifiuti di origine agricola, civile o industriale. Tali sottoprodotti possono essere utilizzati da soli o in aggiunta a combustibili tradizionali fossili. In entrambi i casi lo spirito è quello di realizzare contestualmente la produzione di energia e lo smaltimento di rifiuti con ricadute positive sull'economia e sull'ambiente. Dal punto di vista delle tecnologie di termovalorizzazione una prima grossolana distinzione può essere fatta con riferimento ad impianti di combustione nei quali i gas esausti generano vapore passando attraverso una caldaia, che è poi utilizzato per la produzione di energia elettrica e, in alcuni casi, anche per usi termici (cogenerazione) ed impianti di gassificazione. In questi il materiale combustibile viene trattato in difetto di ossigeno al fine di produrre i cosiddetti gas pirolitici o gas di sintesi, che possono poi essere combustibili con un bruciatore a gas oppure direttamente in motori che, collegati ad un alternatore, producono energia elettrica. Con riferimento a questa prima classificazione va precisato che molteplici possono poi essere le opzioni tecnologiche impiantistiche così come le condizioni di processo adottate. A questo proposito la tecnologia dei reattori a letto fluidizzato è stata indicata come una delle scelte più promettenti per la termovalorizzazione di questa classe di materiali combustibili. Ciò è legato ad una serie di vantaggi peculiari di tale tecnologia tra cui l'elevata flessibilità nei riguardi delle proprietà del combustibile, l'alta efficienza ed il basso impatto ambientale. Sono queste caratteristiche che rendono i reattori a letto fluidizzato estremamente interessanti rispetto ad altre tecnologie quali i reattori a grata, i reattori a polverino, i reattori a tamburo rotante. Con riferimento al quadro internazionale i combustori e gassificatori a letto fluidizzato

BIOMASSA



COMBUSTIBILI RICAVATI DAI RIFIUTI



Esempi di combustibili alternativi: biomassa, combustibile ricavato dai rifiuti, combustibile ricavato dai pneumatici

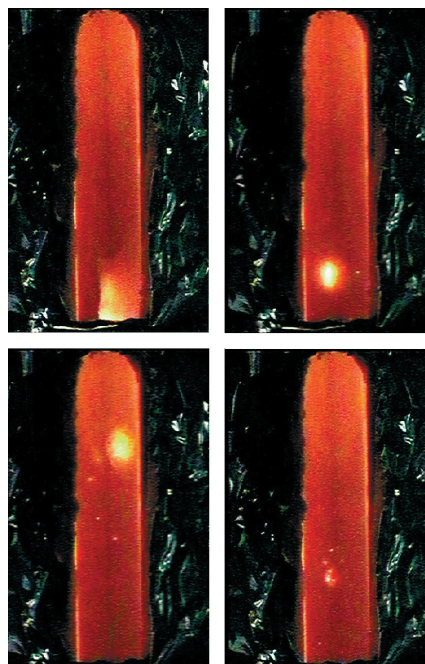
dizzato, sono stati ampiamente utilizzati per sistemi di produzione di energia da carbone, e presentano notevoli attrattive in relazione all'impiego di combustibili alternativi, in quanto possono:

- trattare materiali combustibili solidi con un basso potere calorifico e/o con un alto tenore di umidità grazie all'elevata velocità di miscelazione dei solidi e all'assenza di gradienti termici nel letto;
- ridurre le emissioni di inquinanti grazie alle basse temperature di esercizio (700-950 °C), all'elevata miscelazione dei gas e alla possibilità di utilizzare dei sorbenti *in situ*;
- utilizzare combustibili con un elevato contenuto di ceneri grazie alle basse temperature e la facilità di rimozione delle ceneri dal letto.

Conoscere per ottimizzare

D'altro canto le biomasse così come la maggior parte dei combustibili alternativi, a differenza dei combustibili fossili sono caratterizzati dall'aver in genere un elevato contenuto di umidità e di volatili, una struttura porosa, fragile e

anisotropa, una bassa densità e un'alta reattività intrinseca. Tutti questi aspetti debbono necessariamente essere tenuti



Visione diretta di particelle di materiale combustibile in corso di combustione in reattori a letto fluidizzato nelle differenti fasi di rilascio e combustione di materie volatili e combustione del residuo solido di devolatilizzazione

in conto per la messa a punto di processi di trattamento di tale tipologia di materiali combustibili in letto fluidizzato sempre più flessibili, efficienti e a basso impatto ambientale.

L'Istituto di Ricerche sulla Combustione del CNR, in particolare il gruppo di studio che si interessa dei processi di combustione e gassificazione in letto fluido di solidi carboniosi, è particolarmente attivo nella messa a punto sia di protocolli di caratterizzazione di materiali combustibili sia di soluzioni ottimizzate di processo e di progetto di reattori a letto fluido. In particolare, nel caso si voglia applicare la tecnologia dei reattori a letto fluidizzato si devono considerare molto attentamente differenti fenomeni.

Innanzitutto vi sono quelli legati alla modalità di produzione e quantità di materie volatili. Infatti una caratteristica peculiare dei combustibili alternativi che li differenzia da quelli fossili è la grande quantità di materie volatili che possono costituire anche il 90% in peso del materiale tal quale e la conseguente propensione a generare un residuo di devolatilizzazione relativamente fragile ed in taluni casi incoerente addirittura. Sia le modalità di rilascio che le quantità di materie volatili sono nel caso dei combustibili alternativi molto diverse da quelle relative ai combustibili fossili e ciò ha ripercussioni sul grado di miscelazione/segregazione delle materie volatili e delle stesse particelle di combustibile con la sospensione fluidizzata, sul profilo termico nel reattore, sull'efficienza del processo, sulla produzione di emissioni di potenziale rischio per la salute umana sia gassose sia di particolato micronico e/o sub-micronico.

Inoltre si deve tenere in conto che alcuni combustibili alternativi possono avere un contenuto non trascurabile di sostanze inorganiche bassofondenti (ad es. metalli alcalini). Queste sostanze, durante la reazione, possono interagire tra loro e con il materiale inerte del letto (sabbia) dando luogo a fenomeni indesiderati quali l'agglomerazione e la defluidizzazione del letto. Ciò può portare allo *shut down* dell'impianto con conseguenti ingenti perdite di tipo economico.

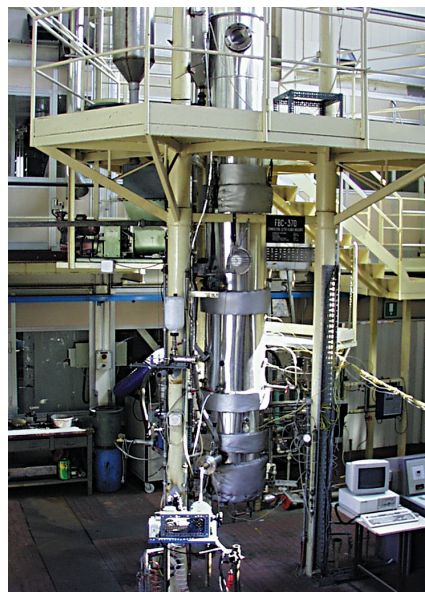
Un percorso articolato

L'obiettivo generale dello studio svolto presso l'Istituto di Ricerche sulla Combustione è quello di contribuire ad abbassare le barriere tecnologiche collegate alla termovalorizzazione di un'ampia varietà di combustibili alternativi, il cui impiego in sistemi di conversione è ancora inesplorato o solo parzialmente esplorato. In particolare si intende acquisire conoscenze finalizzate alla ottimizzazione di processo in relazione alla riduzione delle emissioni inquinanti, alla prevenzione/limitazione delle problematiche di esercizio tipiche di sistemi policombustibile, all'economia del processo. Il percorso attraverso il quale si sviluppa l'attività di ricerca riguarda l'impiego coordinato di più tecniche sperimentali complementari per lo studio sistematico della combustione in letto fluidizzato di varie tipologie di combustibili alternativi. Sono in particolare privilegiate tipologie di combustibili che più direttamente sono collegate con la realtà produttiva, nei comparti industriale ed agricolo, del nostro paese. L'approccio è quello di separare per quanto possibile i diversi fenomeni chimico-fisici tra loro in modo da studiarli singolarmente, per arrivare infine ad avere un quadro organico della fenomenologia. L'attività si sviluppa secondo delle linee di ricerca e/o progetti in stretta connessione con le realtà esterne

sia scientifiche (nazionali ed internazionali) che produttive su obiettivi comuni contraddistinti dal binomio Energia-Ambiente aggregando risorse finanziarie di diversa provenienza sia pubblica che privata. Di particolare rilievo sono le collaborazioni con il Dipartimento di Ingegneria Chimica dell'Università di Napoli «Federico II» e con numerose Università ed Enti di ricerca nazionali ed internazionali quali il Massachusetts Institute of Technology (USA), l'Imperial College di Londra, i Sandia National Laboratories (USA), l'Università di Leeds (UK), l'Università di Twente (Olanda), il CNRS (Francia), ed Agenzie e aziende con finalità settoriali, quali Enea, Enel, ENI, ETI, e Ansaldo.

Le linee direttrici della sperimentazione

L'attività sperimentale è condotta secondo quattro direttrici parallele, che ricalcano poi i differenti aspetti di interesse pratico evidenziati precedentemente. La prima direttrice riguarda il ruolo che i fenomeni di comminazione hanno nel determinare la distribuzione granulometrica del materiale nel letto e la produzione di particolato fine ed ultra-fine responsabili sia della perdita di efficienza sia della compatibilità ambientale del processo. Lo studio comporta l'applicazione di tecniche sperimentali ben consolidate in apparecchiature a letto fluidizzato di scala da laboratorio. La seconda direttrice si propone di caratterizzare le cinetiche di pirolisi, gassificazione e combustione di materiali combustibili alternativi. Lo studio è condotto *in situ* utilizzando microreattori a letto fluidizzato ed *ex situ* mediante sistemi di analisi termogravimetrica ad alta velocità di riscaldamento del campione. La terza direttrice si propone di studiare i fenomeni di segregazione/miscelazione delle sostanze volatili in reattori a letto fluidizzato, che incidono sul grado di post-combustione dei volatili stessi e sul profilo termico che si genera lungo l'asse del reattore. Lo studio è condotto in letti fluidizzati in scala da laboratorio equipaggiati con sonde ad ossido di zirconio miniaturizzate inserite a quote opportune. La quarta direttrice, infine, riguarda la conduzione di campagne di prove stazionarie di combustione e/o gassificazione in letto fluidizzato di materiali combustibili di specifico interesse. Le prove sperimentali sono condotte in letti fluidi sia in scala da laboratorio che pilota e sono dirette alla valutazione dell'efficienza di termoconversione e delle emissioni solide e gassose di inquinanti, nonché dell'entità dei fenomeni di agglomerazione del letto e dell'eventuale tempo di defluidizzazione.



Reattore a letto fluido in scala pilota da 370 mm di diametro

dizzato di scala da laboratorio. La seconda direttrice si propone di caratterizzare le cinetiche di pirolisi, gassificazione e combustione di materiali combustibili alternativi. Lo studio è condotto *in situ* utilizzando microreattori a letto fluidizzato ed *ex situ* mediante sistemi di analisi termogravimetrica ad alta velocità di riscaldamento del campione. La terza direttrice si propone di studiare i fenomeni di segregazione/miscelazione delle sostanze volatili in reattori a letto fluidizzato, che incidono sul grado di post-combustione dei volatili stessi e sul profilo termico che si genera lungo l'asse del reattore. Lo studio è condotto in letti fluidizzati in scala da laboratorio equipaggiati con sonde ad ossido di zirconio miniaturizzate inserite a quote opportune. La quarta direttrice, infine, riguarda la conduzione di campagne di prove stazionarie di combustione e/o gassificazione in letto fluidizzato di materiali combustibili di specifico interesse. Le prove sperimentali sono condotte in letti fluidi sia in scala da laboratorio che pilota e sono dirette alla valutazione dell'efficienza di termoconversione e delle emissioni solide e gassose di inquinanti, nonché dell'entità dei fenomeni di agglomerazione del letto e dell'eventuale tempo di defluidizzazione.



Stazione per la caratterizzazione morfologica e chimica di materiali di interesse in processi di trattamento termico disponibile presso l'IRC: Microscopio Elettronico a Scansione equipaggiato con sonda per la microanalisi

Riccardo Chirone
Dirigente di Ricerca Istituto di Ricerche
sulla Combustione (IRC)-CNR, Napoli