

Torrefazione e trattamenti termici delle biomasse solide

La necessità di ridurre la dipendenza dalle fonti fossili ed ottenere in tempi brevi un approvvigionamento energetico alternativo, sostenibile e rinnovabile, è ormai una sfida che coinvolge il mondo intero nella lotta ai cambiamenti climatici. Ne è una dimostrazione, oltre allo storico Protocollo di Kyoto, il recente accordo sul clima sottoscritto da USA e Cina che vede anche le due potenze finalmente impegnate a ridurre le emissioni di gas serra entro i prossimi vent'anni.

Tra le fonti energetiche alternative, le biomasse, grazie alla loro disponibilità ampia e diffusa, rappresentano una tra le più interessanti soluzioni applicabili nel breve periodo. Esse forniscono una vasta gamma di materie prime, in forma solida, liquida o gassosa, che possono trovare convenienti impieghi, non solo nell'industria energetica, ma anche in quella metallurgica e chimica.

A fronte dei numerosi benefici legati alla valorizzazione energetica delle biomasse - primo fra tutti il ruolo positivo ai fini del bilancio della CO₂ (particolarmente importante se si fa riferimento a materiali residuali e di scarto, troppo spesso conferiti in discarica o, in alcuni contesti, combusto senza alcun controllo delle emissioni) - vi sono però alcuni aspetti che ne rendono complesso tale destino. Fra i più importanti vi sono:

- la stagionalità che ne rende necessario lo stoccaggio e la conservazione;
- l'elevata umidità che ne riduce il contenuto energetico netto e la conservabilità nel tempo;
- la grande variabilità delle caratteristiche chimico-fisiche che rendono tali materiali difficilmente standardizzabili;
- le eterogenee caratteristiche meccaniche e dimensionali che rendono più complessi e meno efficienti alcuni passaggi operativi durante la fase di approvvigionamento (raccolta, trasporto e stoccaggio);
- la limitata concentrazione energetica rispetto ai combustibili tradizionali che rende meno economiche le produzioni energetiche;
- i sistemi di conversione energetici relativamente recenti che mancano di uno specifico sviluppo tecnologico,

presentano generalmente costi specifici maggiori, rendimenti più bassi, peggiori performance in termini di abbattimento di inquinanti e risultano meno affidabili rispetto ai sistemi tradizionali della stessa classe di potenza.

Sebbene le biomasse residue mostrino spesso caratteristiche qualitative inferiori rispetto a biomasse di maggior pregio, come i materiali legnosi di derivazione forestale, sono in corso di sviluppo delle tecniche di trattamento meccanico e termico allo scopo di ottenere prodotti combustibili più omogenei e standardizzabili.

I trattamenti meccanici delle biomasse solide (es. cippatura, pellettizzazione e bricchettatura) servono generalmente a risolvere quelle problematiche legate alle caratteristiche dimensionali e, quindi, connesse alle fasi di raccolta, trasporto, stoccaggio e anche di alimentazione dei sistemi di conversione energetica.

Per quanto riguarda i trattamenti termici, i più comuni sono la gassificazione, la pirolisi, e la torrefazione, normalmente condotti in atmosfera a concentrazione ridotta o nulla di ossigeno. Il calore determina delle modifiche strutturali delle molecole organiche (cellulosa, emicellulosa e lignina) producendo prodotti combustibili solidi o gassosi di maggior pregio.

Recentemente, nel campo dei biocombustibili solidi ad uso energetico, vi è un interesse crescente attorno alla torrefazione. A livello internazionale esistono diverse iniziative di torrefazione delle biomasse, la maggior parte ancora su scala pilota (50 - 500kg/h) o dimostrativa/pre-commerciale (>500kg/h - 2t/h). Inoltre, sul tema della torrefazione per la produzione di biocombustibili di qualità sono in essere anche dei grossi progetti di ricerca che coinvolgono prestigiosi enti di ricerca internazionali, importanti gruppi industriali ed anche enti pubblici ed agenzie governative. Ne sono un esempio i progetti "Production of Solid Sustainable Energy Carriers by Means of Torrefaction (SECTOR)" e "Agricultural Biomass Torrefaction Research Program".

A ribadire l'interesse verso il trattamento di torrefazione delle biomasse per uso energetico vi è anche il fatto che attualmente la commissione tecnica ISO 238 "Solid biofuels", di competenza della CT 902 "Biocombustibili solidi", sta sviluppando degli standard qualitativi e delle metodologie di test specifici per i materiali torrefatti, mentre l'ISO/PC 248 "Sustainability criteria for bioenergy", di competenza della CT 1003 "Criteri di sostenibilità della biomassa - Biocombustibili solidi per applicazioni energetiche", sta mettendo a punto dei criteri di sostenibilità. Questo nuovo standard di riferimento mirerebbe a classificare il materiale torrefatto definendone i principali parametri chimico-fisici (umidità, ceneri, densità, carbonio fisso e potere calorifico netto).

Il processo industriale di torrefazione nasce con la tostatura del tè e del caffè, anche se in questo caso il trattamento viene eseguito in presenza di ossigeno e a temperature relativamente basse. L'applicazione si è poi estesa anche al settore dei materiali del legno con finalità diverse (es. per la produzione di materiali da costruzione o per la produzione di botti per l'invecchiamento dei vini). Solo in tempi più recenti si è acceso l'interesse in ambito energetico, soprattutto nella produzione di biocombustibili solidi sostituibili al carbone negli impianti per la produzione di energia elettrica.

In questo nuovo contesto il processo avviene in assenza (o ridotta presenza) di ossigeno, a pressione atmosferica e a temperature dell'ordine dei 200 – 300°C. L'applicazione di tale trattamento sul legno, e in generale su tutti i prodotti a base ligno-cellulosica, determina in effetti cambiamenti molto interessanti ai fini della combustione:

- riduzione dell'umidità;
- aumento della densità energetica;
- forte diminuzione dell'igroscopicità;
- modifica delle proprietà meccaniche (maggiore porosità, maggiore fragilità e minore resistenza meccanica) con conseguente miglioramento della macinabilità.

Sono queste alcune delle principali caratteristiche che avvicinano il prodotto torrefatto ai combustibili solidi tradizionali (figura 1).

In virtù di queste migliori proprietà energetico-meccaniche (rispetto al prodotto tal quale di origine) con la tor-

- refazione si possono configurare una serie di vantaggi:
- miglioramento della fase di conservazione/stoccaggio delle biomasse per la maggiore stabilizzazione biologica;
 - riduzione dei costi specifici di quelle fasi di lavorazione dei materiali in cui gli oneri sono funzione dei volumi in gioco (trasporto, stoccaggio, ecc...);
 - possibilità di densificare il materiale mediante pelletizzazione (con un consumo energetico minore rispetto alla pelletizzazione diretta);
 - possibilità di mescolare il prodotto torrefatto al carbone fossile per l'alimentazione di impianti energetici (co-combustione);
 - significativo aumento complessivo del potere calorifico inferiore (es. su matrice legnosa si passa da 17-19 a 18-23 MJ × kg⁻¹ su base secca in funzione delle condizioni operative).

Il Laboratorio Biomasse dell'Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - D3A (web: www.laboratoriobiomasse.it), focalizza ormai da diversi anni la propria attività di ricerca nel settore delle biomasse per uso energetico. Oltre a fornire un servizio di analisi e caratterizzazione delle biomasse, è impegnato in alcuni progetti di ricerca sui temi della standardizzazione dei biocombustibili, delle emissioni legate alla combustione, dell'impatto ambientale e della sostenibilità. Nell'ultimo periodo l'attività sperimentale è prevalentemente incentrata nello studio di trattamenti fisici e termochimici per il miglioramento delle caratteristiche energetiche delle biomasse solide residuali per la produzione di biocombustibili di

FIGURA 1 - Confronto visivo tra cippati di faggio trattati in condizioni di torrefazione via via più severe (fonte: Laboratorio Biomasse - Dip. D3A dell'Università Politecnica delle Marche)



qualità. Sono state sinora indagate diverse categorie di biomasse. Sia materiali legnosi di riferimento, quali legno di faggio e cippato di abete, che residui dei settori agricolo e alimentare come paglia e stocchi, residui della trasformazione industriale del pomodoro, sansa d'oliva, vinacce e pannelli dell'estrazione meccanica di olio di semi.

Una prima serie di esperimenti sono stati condotti su piccoli campioni di biomassa utilizzando uno specifico reattore da laboratorio. Dai risultati della caratterizzazione chimico-fisica dei vari materiali, prima e dopo il trattamento, è stato possibile osservare un incremento del potere calorifico e una modifica della composizione elementare verso un omogeneizzazione della struttura organica che è risultata essere più simile a quella dei combustibili solidi fossili di riferimento (carbone).

Per poter studiare più approfonditamente le performance dei trattamenti termici, il Laboratorio Biomasse

FIGURA 2 - Reattore sperimentale per il trattamento termico delle biomasse progettato e realizzato dal Laboratorio Biomasse del dipartimento D3A dell'Università Politecnica delle Marche (fonte: Laboratorio Biomasse - Dip. D3A dell'Università Politecnica delle Marche)



ha progettato e realizzato nella propria officina un prototipo di reattore da banco in grado di processare le biomasse a pezzatura originale ed in quantitativi relativamente grandi (figura 2). Ciò, oltre a simulare delle condizioni operative più vicine ad una realtà industriale, determinando anche dei bilanci di massa ed energia più attendibili, ha consentito di ottenere maggiori quantità di prodotto torrefatto che è stato quindi sottoposto sia ad un'approfondita analisi dei principali parametri chimico-fisici che ad una serie di test specifici per verificare gli effetti del trattamento su alcuni parametri speciali quali: l'idrofobicità, l'attitudine alla macinazione e la stabilità biologica. I risultati di tali studi hanno complessivamente mostrato: un miglioramento del comportamento idrofobico prevalentemente legato alla degradazione delle emicellulose; una maggiore attitudine alla macinazione e alla polverizzazione dipesa dalla destrutturazione della componente fibrosa; una migliore stabilità biologica legata sia alla minore tendenza del torrefatto a trattenere l'acqua che all'incremento della concentrazione delle lignine e di altri composti in grado di inibire l'attività microbica.

La torrefazione apporta notevoli vantaggi qualitativi ai combustibili solidi ma, coinvolgendo esclusivamente la componente organica delle biomasse, non risolve uno degli aspetti qualitativi più importanti, il problema dell'alto contenuto di ceneri. Parallelamente allo studio della "tradizionale" torrefazione a secco il Laboratorio Biomasse ha sviluppato una seconda linea di ricerca per lo studio di trattamenti termici a carico delle biomasse solide condotti in mezzo acquoso e noti con il nome di "trattamenti idrotermici". La sperimentazione è tuttora in atto e coinvolge diverse biomasse residuali abbondantemente diffuse sul territorio nazionale e dotate di caratteristiche qualitative piuttosto scadenti. I primi risultati sono già interessanti, sia per quanto riguarda il miglioramento delle caratteristiche energetiche che per quanto riguarda il contenuto di ceneri (osservando forti riduzioni percentuali di questa componente).

Giorgio Rossini - g.rossini@univpm.it
Giuseppe Toscano - g.toscano@univpm.it
Esperto TC 902 "Biocombustibili solidi"
Laboratorio Biomasse, UNIVPM