



VALORIZZAZIONE DI SCARTI INDUSTRIALI TESSILI MEDIANTE GASSIFICAZIONE E PIROLISI

Diverse aziende del territorio biellese e non, assieme ad istituti di ricerca, hanno intrapreso una serie di progetti di ricerca per valutare una possibile via di valorizzazione energetica, mediante gassificazione e pirolisi, di sottoprodotti tessili per i quali non è possibile procedere a riciclo e riuso. Sono state progettate e costruite due unità prototipali pilota di diversa taglia al fine di valutare la fattibilità del processo di produzione di syngas e char.

Introduzione

Le motivazioni che hanno portato allo sviluppo di idee progettuali per la valorizzazione di scarti tessili e non solo, è nata dalla sempre più importante necessità delle imprese di ridurre gli scarti di lavorazione da conferire in discarica, ottenendo così un beneficio per l'ambiente, oltre ad un vantaggio economico.

L'industria tessile genera, nelle sue fasi produttive, sottoprodotti di lavorazione eterogenei in termini di forma, dimensioni e composizione merceologica. Tale scarto è spesso considerato come "scarto secondario", per il quale l'unica alternativa allo smaltimento è rappresentata da una valorizzazione termica.

Gli scarti tessili possono essere suddivisi a seconda della loro natura e proprietà in polveri, fibre, filati, tessuti, etc.; tali scarti sono prodotti in quantità differente a seconda del tipo di operazione di lavorazione coinvolta (filatura, cardatura, tessitura, finissaggio ecc.), sia dal tipo di materiale considerato (cotone, lana, poliestere ecc.).

Un filone di ricerca, costituito dai tre progetti VALENTEX [1], VALENTEX2 [2] e BIOCHAR [3], ha portato allo studio di metodi di valorizzazione, mediante gassificazione e pirolisi, su unità prototipali sperimentali.

Progetti VALENTEX e valorizzazione di scarti tramite gassificazione

Per quanto riguarda il distretto biellese, all'interno dello studio di fattibilità VALENTEX [1], è stato somministrato un questionario a diverse aziende al fine di valutare la quantità di scarti prodotti: il risultato che ne deriva, normalizzato all'intero distretto, porta a stimare una produzione giornaliera di rifiuti pari a 3.700 kg/giorno, normalmente conferiti in discarica.

Questo materiale è classificato come materiale di scarto non utilizzabile nei cicli produttivi e quindi deve essere smaltito come "rifiuto speciale" con oneri aggiuntivi di entità non indifferente.

La composizione chimica di detti scarti consente una classificazione come materiale combustibile con potere calorifico considerevole [4]. Uno smaltimento puramente ossidativo può essere caratterizzato da rischi di emissione di prodotti nocivi generati nel processo ed è pertanto da evitare.

In maniera molto sintetica e semplificata si riassumono le reazioni chimiche che sono i capisaldi dei vari processi termici:

- combustione:

feedstock + ossigeno \rightarrow CO₂ + H₂O + Calore
raggiunta una temperatura di innesco i reagenti

iniziano a bruciare sviluppando calore; è necessario operare con una quantità di ossigeno uguale o superiore allo stechiometrico;

- gassificazione:

feedstock + ossigeno \rightarrow syngas ($\text{CO} + \text{H}_2 + \text{CH}_4 \dots$)
la gassificazione si conduce con temperature comprese tra 800 e 1000 °C, in presenza di un valore di ossigeno sotto-stechiometrico rispetto alla biomassa introdotta. Durante la gassificazione la biomassa viene convertita principalmente in una fase gassosa chiamata syngas, una miscela combustibile di CO , CH_4 e H_2 e altri idrocarburi superiori;

- pirolisi: feedstock + calore \rightarrow char + syngas + tar
è un processo di decomposizione termica della biomassa ottenuto in completa assenza di elementi ossidanti, a temperature comprese tra 500 e 700 °C. La natura della biomassa e i parametri di processo definiscono la resa dei prodotti di pirolisi in char (carbone), syngas e tar (idrocarburi condensabili).

Si deve considerare che, durante la valorizzazione termica di una biomassa, queste reazioni avvengono simultaneamente, bisogna pertanto ottimizzare il processo, in termini di temperatura e contenuto di ossigeno, per favorire quella di maggior interesse [4]. All'interno del progetto VALENTEX, al fine di trattare termicamente gli scarti tessili mediante gassi-

ficazione, è stato sviluppato, da un punto di vista concettuale, un impianto di gassificazione a "letto fluidizzato", utilizzando un tipo di reattore denominato "letto a getto" o "spouted bed".

Diversamente dai letti fluidizzati a bolle, in cui il gas viene alimentato omogeneamente su tutta la sezione attraverso un diffusore, nei letti a getto il gas è alimentato al reattore attraverso un unico ugello posto al centro della base (Fig. 1). Raggiunta una certa velocità (funzione del tipo di materiale e parametri geometrici), si genera un condotto centrale, chiamato getto o "spout" il quale cattura parte del materiale solido in prossimità della base del reattore trascinandolo fin oltre la superficie. Il materiale solido, nel ricadere, forma una fontana che garantisce l'alto grado di miscelazione per l'intero sistema, prima di scendere attraverso l'anello ed essere ricircolato [5].

Rispetto ai classici letti fluidizzati, a parità di condizioni operative, i letti a getto necessitano di un quantitativo inferiore di gas (fino a 2/3) [7, 8], così come le perdite di carico attraverso il letto.

Oltre a garantire un alto livello di miscelazione, le tipiche proprietà fluidodinamiche dei letti a getto consentono di operare anche con solidi eterogenei (tipici nei processi termici) minimizzando i fenomeni di segregazione.

Partendo dal know-how acquisito dallo studio di fattibilità VALENTEX, supportato da numerose prove sperimentali a freddo [9], il progetto VALENTEX2 si pone l'obiettivo di confermare l'effettiva possibilità di ricavare energia a partire da un sottoprodotto tessile destinato altrimenti allo smaltimento mediante la progettazione e realizzazione di un impianto di gassificazione pilota da circa 50 kW termici e successiva fase sperimentale.

La Fig. 2 mostra una rappresentazione in sezione dell'impianto e lo stesso al termine dei lavori di costruzione e assemblaggio. Si possono osservare tre distinte zone:

- camera di pre-combustione: all'interno della quale un bruciatore aria/GPL è impiegato sia per la fase di preriscaldamento dell'unità, sia per regolare il quantitativo di ossigeno nel medium di fluidizzazione;

- reattore spouted bed: in cui la base piramidale è sormontata da una sezione parallelepipedica in

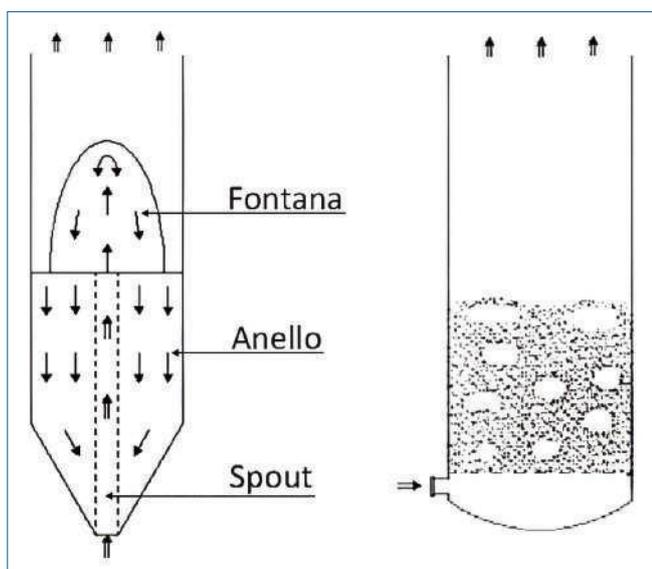


Fig. 1 - Confronto tra letto a getto (tratto da [4]) e fluidizzato a bolle, da [6]

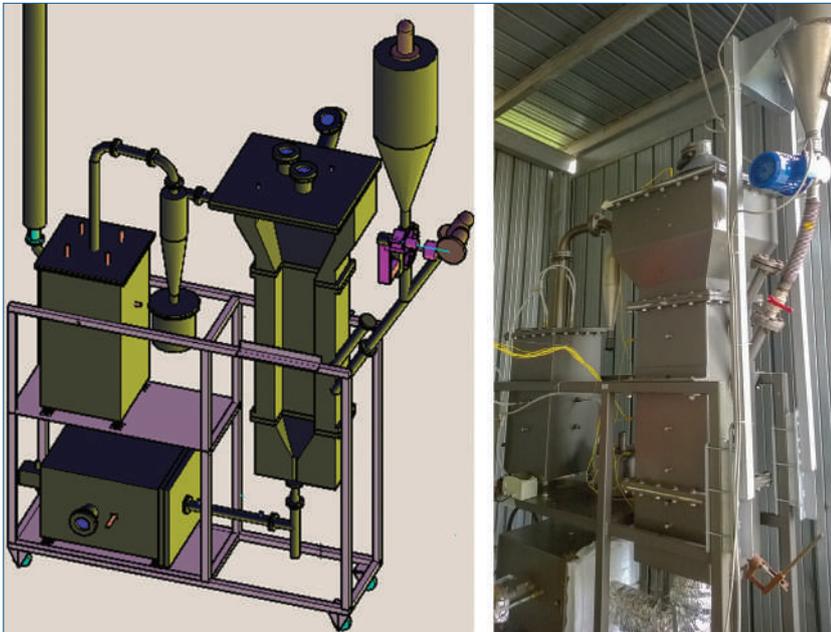
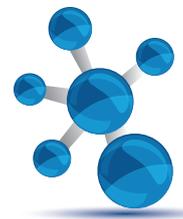


Fig. 2 - Sezione CAD e impianto sperimentale progetto VALENTEX2

cui si sviluppa la fontana e una testa a sezione maggiorata per minimizzare il fenomeno di trascinarsi di polveri;

- trattamento fumi: un ciclone e uno scrubber a umido lavano i gas in uscita dal reattore prima dell'invio al sistema analitico di misurazione.

Tre vincoli devono essere rispettati: portata, temperatura e composizione del gas di processo.

La portata e quindi la velocità minima di spouting, ossia la velocità minima che deve avere il gas per generare la fluidizzazione tipica del letto a getto,

è stata definita considerando la correlazione di Mathur e Gishler [8] alle condizioni di esercizio.

La temperatura operativa è compresa tra 900 e 1000 °C. Il reattore viene preriscaldato mediante combustione di cippato di legna e, raggiunto il regime termico, vengono alimentati gli scarti di materiale tessile, precedentemente pellettizzati per un miglior dosaggio. Agendo sul rapporto aria/GPL al bruciatore si regola la quantità di ossigeno disponibile per la gassificazione.

Il progetto VALENTEX2 ha dimo-

strato che è possibile trasformare residui tessili, non riciclabili in altro modo, mediante operazioni di gassificazione; sono stati raggiunti e superati i kW termici prefissati, con possibilità di gassificare scarti di natura tessile e misto legno ad una temperatura costante di 930 °C e la produzione di un syngas dal medio-basso potere calorifico.

L'analisi economica ha tuttavia evidenziato che allo stato attuale di sviluppo e per il quantitativo di materiale da trattare in gioco, l'impianto non è molto redditizio e si rende quindi necessario integrare lo scarto tessile con un altro feedstock.

Progetto BIOCHAR e valorizzazione di scarti tramite pirolisi

Partendo da queste basi si è pensato di sviluppare una soluzione che rendesse sostenibile l'impianto di gassificazione ampliando il mercato di riferimento a quello agroalimentare, valorizzando anche il char; da qui nasce e il progetto "BIOCHAR" [3].

Il char è un "carbone attivo", un materiale contenente principalmente carbonio amorfo e avente una struttura altamente porosa ed elevata area specifica, e, pertanto, è in grado di trattenere al suo interno molecole di altre sostanze grazie al suo potere adsorbente [10].

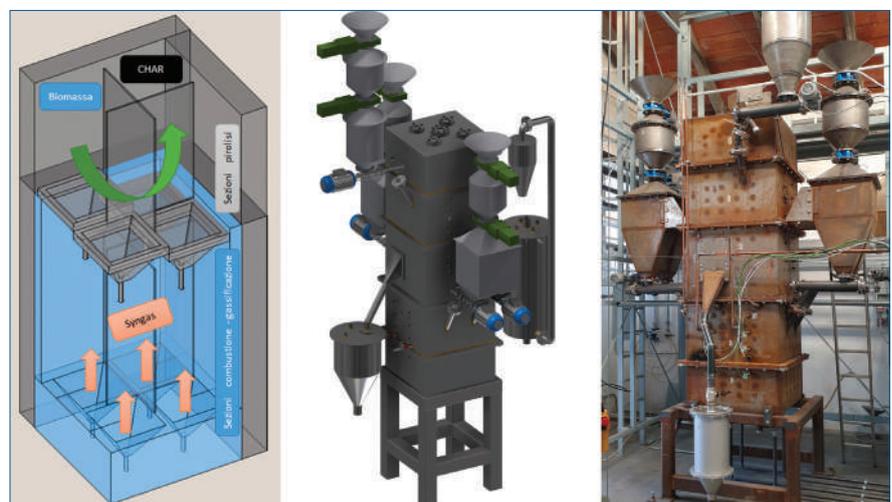


Fig. 3 - Interno, rappresentazione CAD e reattore sperimentale BIOCHAR

Il biochar già oggi trova impiego per scopi agricoli (ammendante per terreno e fertilizzante), per scopi industriali (mezzo adsorbente per trattamento di reflui tintoriali) oppure termici in combustione o gassificazione.

Nell'ambito del progetto è stato progettato e realizzato un reattore di potenzialità dieci volte superiori rispetto alla prima versione, in grado di produrre syngas e biochar partendo da rifiuti tessili e rifiuti di biomassa agricola; la nuova unità è stata dimensionata per una potenzialità termica di 450-500 kW.

Studi di letteratura [9] suggeriscono che lo "scale-up" di letti a getto può essere condotto attraverso un limitato aumento della sezione dell'unità, onde evitare il raggiungimento di condizioni di instabilità di fluidizzazione. Per questi motivi, si è deciso di sperimentare un reattore innovativo che prevede quattro moduli adiacenti a doppio stadio, operanti in serie per quanto riguarda la movimentazione del solido da pirolizzare e in parallelo per quanto riguarda il gas di fluidizzazione [11].

Il doppio stadio di ciascun modulo permette di separare nettamente lo stadio ossidativo esotermico (combustione o gassificazione) da quello riducente endotermico (pirolisi) (Fig. 3).

La configurazione dell'impianto a quattro moduli consente al solido di attraversare le singole unità, minimizzando ogni rischio di by-pass ed uscire come char. Dal punto di vista del gas di fluidizzazione, i moduli sono reciprocamente indipendenti, per ottimizzare la successione di reazioni fisiche e chimiche (essiccamento, carbonizzazione e infine pirolisi). La sperimentazione si è svolta con pellet di legna e granuli di scarti agricoli facilmente dosabili e alimentati nella parte bassa del reattore per combustione e/o gassificazione degli stessi. È stato verificato il raggiungimento del regime termico di 950 °C, con una potenza termica superiore ai 300 kW; è stata anche raggiunta una temperatura superiore ai 350 °C nella zona superiore di pirolisi; tuttavia, la conclusione del progetto ha dato solo risultati parziali in quanto non è stato possibile completare tutte le prove pianificate, specialmente di pirolisi, ma si prevede una ripresa delle attività al più presto.

Il biochar è considerato un materiale fertilizzante naturale perché immagazzina la CO₂ e arricchisce il terreno di carbone; inoltre favorisce l'assorbimento dell'acqua da parte delle piante. Il materiale

può essere distribuito in pieno campo e nelle serre, sia in colture estensive che intensive, in orticoltura, floricoltura, frutticoltura.

In base ai risulti tecnici raggiunti e alle soluzioni individuate come tecnicamente percorribili, sarà necessario valutare i costi per la loro industrializzazione e il loro possibile successivo sfruttamento industriale e commerciale.

Tali bio-carboni potranno successivamente essere utilizzati in diversi settori, tra i quali:

- agricolo: apporto di nutrienti, molecole curative e microorganismi, idroassorbente per il miglioramento della ritenzione idrica dei terreni;
- industriale: isolante, fonoassorbente, incorporazione di additivi e principi attivi, trattamento acque;
- farmaceutico: *carrier* di principi attivi e di molecole ad alto valore aggiunto;
- veterinario: veicolazione dei principi curativi, adsorbitori.

Nell'ottica dell'economia circolare si è voluto pertanto creare un circolo virtuoso tra industria tessile e agricola: ciò che è uno scarto per l'una, può essere trasformato in una risorsa per l'altra, senza dimenticare le ricadute positive per l'ambiente.

Conclusioni

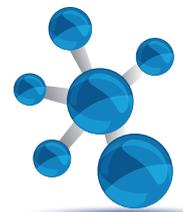
Nell'ottica dell'economia circolare si è voluto creare un circolo virtuoso tra industria tessile e agricola valorizzando sottoprodotti che, ad oggi, non trovano altra destinazione se non lo smaltimento in discarica o pura combustione ove possibile. La filosofia perseguita in questi progetti di ricerca e le attività programmate per il futuro è quella di valorizzare uno scarto in una risorsa preziosa, a vantaggio delle realtà industriali coinvolte e dell'ambiente.

Ringraziamenti

Si ringraziano i partner dei progetti di ricerca coinvolti: Filidea Srl, Tecnomeccanica Biellese Srl, Agrindustria Tecco Srl, Etg Risorse e Tecnologia Srl, Politecnico di Torino (DISAT), Università di Genova (DICCA) e il prezioso contributo del Prof. Giorgio Rovero.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Progetto VALENTEX, Bando Poli di Innovazione Regione Piemonte F.E.S.R. 2007/2013.



- [2] Progetto VALENTEX2, Bando Poli di Innovazione Regione Piemonte F.E.S.R. 2007/2013.
- [3] Progetto BIOCHAR, Bando Poli di Innovazione Regione Piemonte F.E.S.R. 2014/2020.
- [4] M. Curti, Solids and gas hydrodynamic characteristics in square-based spouted beds for thermal applications, Tesi di Dottorato, Politecnico di Torino, 2010.
- [5] N. Epstein, J. Grace, Spouted and spout-fluid beds, Cambridge Univ. Press, ISBN 978-0-521-51797-3, New York, 2011.
- [6] D. Kunii, O. Levenspiel, Fluidization Engineering, Butterworth-Heinemann (USA), 1991.
- [7] T. Mamuro, H. Hattori, *J. Chem. Eng. Jap.*, 1968, **1**(1), 1.
- [8] K.B. Mathur, N. Epstein, Spouted Beds, Academic Press, New York, 1974.
- [9] G. Rovero, M. Curti, G. Cavaglià, Optimization of Spouted Bed Scale-Up by Squared-Based Multiple Unit Design, Advances in Chemical Engineering, Z. Nawz, S. Naveeds (Eds.), 2012, chap. 16, 405-434, ISBN 978-953-51-0392-9.
- [10] M. Valagussa, A. Pozzi, Il Biochar “Black revolution”, 2011.
- [11] G. Rovero, P. Watkinson, *Fuel Proc. Technol.*, 1990, **26**, 221.

Valorisation of Textile Industrial Waste by Gasification and Pyrolysis

Several firms, in the Biella area and beyond, together with research institutes, have undertaken a series of research projects to evaluate a possible way of energy valorization of textile by-products, for which recycling and reuse is not possible, by gasification and pyrolysis. Two pilot prototype units of different sizes were designed and built-in order to evaluate the feasibility of syngas and char production process.

OZONE TECHNOLOGIES

Chemical Industries

Tecnologia ad Ozono
Affidabilità
Innovazione
Personalizzazione
Post vendita in tutto il mondo

AERAQUE S.r.l.
Via F. Barbieri, 24/B - 27040 Pinarolo Po (PV) - ITALY
Tel: +39 0383 197 5439 - web: www.aeraque.com



OZACQUA 5F UV
150m³/h

**AERAQUE**

