

**Titolo della tesi:** Valutazioni energetiche di un processo di carbonatazione di residui industriali

**Tipo di Laurea:** Laurea Triennale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

**Sessione di Laurea:** Ottobre-Novembre

**Anno accademico:** 2014/2015

**Candidato:** Daniele Forlani

**Matricola:** 1541972

**Relatore:** Alessandra Poletti

**Correlatore:** Raffaella Pomi

**SSD Relatore:** ICAR/03

L'obiettivo di questo studio è quello di valutare, attraverso considerazioni di natura energetica, la potenziale applicabilità di un processo di carbonatazione diretta con percorso slurry di residui industriali alcalini, finalizzato al sequestro delle emissioni di CO<sub>2</sub> da impianti industriali.

L'applicazione di un processo di carbonatazione ad impianti industriali potrebbe contribuire in maniera significativa, se applicato in maniera diffusa, all'abbattimento del biossido di carbonio direttamente alla fonte di emissione.

Il principio di tale processo è quello, nel nostro caso, di far reagire l'anidride carbonica, compressa, o immagazzinata, a determinate pressioni e temperature, con materiali di scarto alcalini costituiti da rifiuti industriali, e fissarla sotto forma di carbonati solidi, che rappresentano la forma termodinamicamente più stabile del carbonio. La reazione tra i reagenti, in questo caso CO<sub>2</sub>, acqua e residui industriali, necessita di svolgersi in determinate condizioni operative, pertanto tali reagenti hanno bisogno di determinati pretrattamenti e condizioni di processo per garantire la massima efficienza di sequestro.

L'applicazione di un processo di carbonatazione accelerata, ovviamente, richiede un consumo di energia con ulteriori emissioni indirette di CO<sub>2</sub> in atmosfera ad esso associate. Nella tesi viene trattato, innanzitutto, il problema delle emissioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera e le possibili conseguenze sull'ambiente e sulla salute umana, successivamente vengono esaminate le diverse tecnologie disponibili per il confinamento, lo stoccaggio o la cattura della CO<sub>2</sub>.

Tra le tecnologie di stoccaggio, in particolare, la carbonatazione di residui industriali gode di importanti vantaggi rispetto alla carbonatazione effettuata su minerali naturali. Quindi, focalizzando in particolare l'attenzione su processo di carbonatazione accelerata in fase slurry effettuata su scorie dalla produzione dell'acciaio di tipo BOF (basic oxygen furnace) e di tipo EAF (electric arc furnace) e polveri di cemento CKD (cement kiln dust), sono state esaminate le unità operative richieste per l'applicazione del processo e ne è stata calcolata la richiesta di energia associata. Le unità operative considerate in questo studio, sono, in ordine, le seguenti: macinazione del materiale per la riduzione dimensionale delle particelle, miscelazione tra la componente solida (i residui) e la componente liquida (l'acqua), riscaldamento dello slurry ottenuto, pompaggio dello slurry e compressione dell'anidride carbonica, unità di carbonatazione, chiarificazione della miscela finale.

Dalle valutazioni energetiche e dai risultati ottenuti sui residui industriali in esame, con diversi parametri di input, è stata valutata l'efficienza energetica del processo in esame in funzione della quantità di CO<sub>2</sub> sequestrata.

Il risultati migliori, con una richiesta di energia totale associata prossima ai 2000 MJ/tCO<sub>2</sub>, sono stati ottenuti, per le condizioni operative ed i materiali di cui risultavano disponibili i

dati di processo, per i residui BOF e EAF, rispettivamente, alle seguenti condizioni:  $T = 423 \text{ K}$ ,  $P_{\text{CO}_2} = 1,9 \text{ MPa}$ ,  $L/S = 10 \text{ l/kg}$ ,  $t = 0,5 \text{ h}$  e  $T = 323 \text{ K}$ ,  $P_{\text{CO}_2} = 1 \text{ MPa}$ ,  $L/S = 5 \text{ l/kg}$ ,  $t = 0,5 \text{ h}$ .

In particolare è emerso che, in queste condizioni, il processo di carbonatazione su residui BOF e EAF può raggiungere una efficienza energetica del processo di sequestro della  $\text{CO}_2$  fino al 70% circa, che in ogni caso dipende ovviamente dal tipo di combustibile usato dall'impianto di produzione di energia di riferimento. Non dimentichiamo però che importanti risultati, probabilmente anche migliori, possono essere ottenuti su residui CKD alle opportune condizioni operative.

In generale, si è visto che l'efficienza del processo di carbonatazione dipende fortemente sia da parametri operativi quali temperatura, pressione, rapporto liquido/solido e tempo di residenza nel reattore di carbonatazione, sia dal grado di reattività del materiale ( $R_x$ ), che a sua volta varia in funzione delle condizioni operative di processo appena elencate.