4 Il futuro: un ritorno alle origini con la riduzione diretta?

4.1 I VANTAGGI AMBIENTALI DELLA RIDUZIONE DIRETTA

4.1.1 I problemi ambientali generati negli Stabilimenti a Ciclo Integrale (SCI) basati sulla riduzione indiretta

Un moderno impianto di produzione acciaio dal minerale di ferro, basato sulla riduzione indiretta, si compone essenzialmente dei seguenti impianti:

1) parchi minerale, carbone e additivi
2) impianto di agglomerazione
3) cokeria
4) altoforno
5) acciaieria
6) laminatoio

Il minerale di ferro proveniente dai parchi viene inviato all'impianto di agglomerazione. Analogamente, dal parco, il carbone è alimentato alla cokeria per la sua trasformazione in coke.

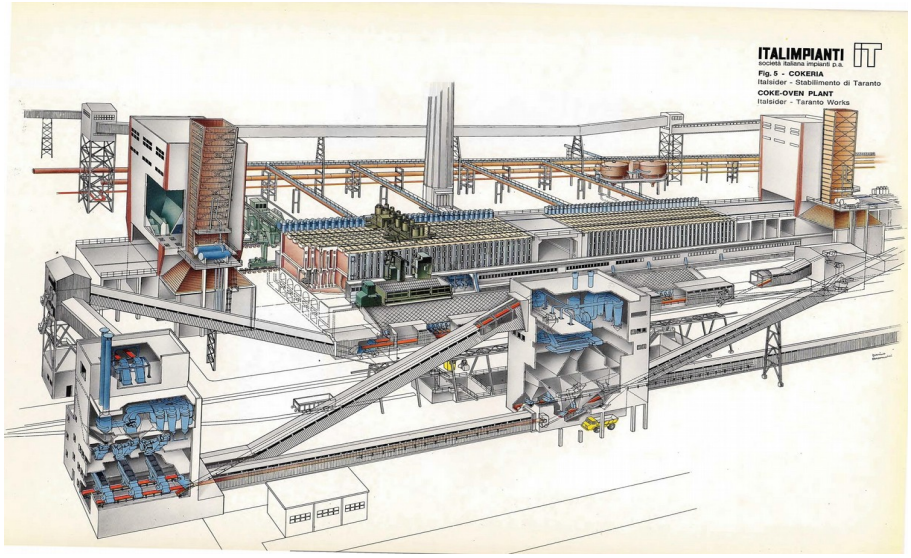

Figura 1: spaccato di una cokeria disegnata da D. Baracchini

Successivamente minerale agglomerato, coke e additivi, opportunamente dosati, sono alimentati all'altoforno a strati alterni.

Dall'altoforno fuoriesce la ghisa, che viene trasportata in acciaieria allo stato liquido, per non perdere calore, mediante carri ferroviari speciali detti carri siluro.

In acciaieria la ghisa viene affinata ad acciaio nel convertitore, dove viene iniettato ossigeno ed additivi per la decarburazione e l'eliminazione degli inquinati (fosforo, zolfo). I processi di affinazione ad ossigeno attualmente impiegati utilizzano una carica composta per il 70 ÷ 90% di ghisa liquida e il rimanente da rottame di ferro e materiale ferrifero. Essi consentono anche di arrestare la decarburazione a livelli medi ed elevati di carbonio, e quindi la produzione di acciai duri e semiduri. I principali processi di conversione ad ossigeno - anziché ad aria come i precedenti

convertitori - sono il processo L.D. (Linz - Donawitz) ed il processo O.B.M. (Oxygen – Boden – Maxhuette).

L'acciaio ancora caldo viene mandato al laminatoio per la produzione di prodotti piatti o lunghi.

L'impianto di agglomerazione è necessario poiché il minerale, proveniente dalle miniere, è costituito in gran parte da pezzature molto fini, incompatibili con l'alimentazione in altoforno. Infatti, parametro fondamentale in altoforno è la sua permeabilità, cioè la possibilità del gas riducente di fluire all'interno del forno. Ciò è possibile se l'alimentazione (minerale, coke, fluidificanti) è costituita da materiali in pezzatura, non in polvere. Da qui la necessità di agglomerare il minerale fine.

Parimenti è necessario alimentare l'altoforno con coke in pezzatura e non con carbone, il quale, alle temperature in gioco, tende a rammollirsi e a non avere le caratteristiche meccaniche necessarie a reggere il peso della carica sovrastante, oltre a contenere inquinanti nocivi per la qualità della ghisa come lo zolfo.

Agglomerato e cokeria costituiscono i due impianti decisamente più inquinanti presenti in un impianto siderurgico a ciclo integrale, anche se il contributo dell'acciaieria è tutt'altro che trascurabile.

L'agglomerato è responsabile di emissioni di diossine, polveri e ossidi di carbonio. Il costo di un impianto di abbattimento delle polveri con filtro a maniche e delle diossine è molto alto, sia come costo di investimento sia per l'alto consumo dei carboni attivi necessari per l'adsorbimento degli inquinanti gassosi, in considerazione dell'alta portata di fumi fuoriuscenti dall'impianto. Per ridurre l'inquinamento è possibile alimentare l'altoforno con pellet, cioè minerale agglomerato a bocca miniera, spostando parte dell'inquinamento dal centro siderurgico alla zona mineraria.

La cokeria è responsabile dell'emissione di IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), in particolare del benzo(a)pirene, oltre che di polveri. Nell'ultimo decennio sono stati messi a punto dei sistemi di regolazione della pressione di ogni singolo forno a coke che consentono l'abbattimento del 90% delle emissioni diffuse.

4.1.2 I vantaggi ambientali dalla riduzione diretta

Come nel passato, i processi di riduzione diretta avvengono a temperatura relativamente bassa (tipicamente tra gli 800 °C ed i 1050 °C), portano direttamente dal minerale ad un prodotto ferroso non carburato, o poco carburato, senza passaggio del metallo allo stato liquido.

Il prodotto è una spugna di ferro (DRI, Direct Reduced Iron), intendendosi con questo termine una struttura metallica di porosità elevata, contenente inclusioni non metalliche provenienti dalla ganga e da ossidi non ridotti. Nei processi di riduzione diretta la temperatura di processo è inferiore a quella di liquefazione del prodotto e, quindi, non c'è possibilità di separazione tra metallo fuso e scoria a differenza dei processi in cui si ottiene la fusione del metallo. La pezzatura della spugna è strettamente dipendente da quella dei materiali trattati. La spugna di ferro è caratterizzata da un'elevata reattività nei confronti dell'ossigeno, con reazioni di tipo piroforico[1].

Gli impianti di riduzione diretta del passato cercavano di ottenere un prodotto trasformabile direttamente in manufatto. L'attuale l'obiettivo è quello di produrre un "rottame sintetico" con cui

1 CAVALLINI, 2004

alimentare le acciaierie elettriche, o, in misura minore, un preridotto con cui alimentare gli altoforni o i convertitori, in sostituzione del rottame, per effettuare la separazione del metallo dalla ganga.

Solo il 30% di spugna di ferro è attualmente destinata al mercato, mentre il 70% viene consumato da acciaierie elettriche situate nei pressi dell'impianto. Il DRI fornisce, rispetto al rottame, una materia prima di maggior purezza e di costo variabile tra ±10% a seconda del costo locale del riducente.

Trattandosi di impianti medio-piccoli, la produzione di DRI è generalmente antieconomica rispetto alla produzione con altoforno e conveniente laddove il costo dell'energia è basso. Tuttavia, presenta notevoli vantaggi in campo ambientale non necessitando dei due impianti più inquinanti che caratterizzano gli stabilimenti con altoforno e cioè la cokeria e l'impianto di agglomerazione.

Non a caso l'adozione di impianti di riduzione diretta sono stati proposti per l'impianto siderurgico di Taranto, in sostituzione degli attuali altoforni, sia da una parte del mondo tecnico[(2)], sia da una parte del mondo sindacale[(3)]. Tale soluzione è stata studiata anche da parte dell'ufficio del Commissario Straordinario governativo ed è attualmente fortemente sostenuta dal Presidente della Regione Puglia.

La capacità produttiva dei processi di riduzione diretta è in costante aumento, sia per i vantaggi ecologici di questi impianti sia per i minori costi d'investimento e il minor consumo energetico. I maggiori produttori sono: l'India con circa 27 Mt/y nel 2011, seguita da Iran, Messico, Venezuela, e Paesi Arabi. Attualmente circa il 7% dell'acciaio mondiale è prodotto con metodi di riduzione diretta.

Nella seguente figura si vede l'evoluzione dell'utilizzo delle varie soluzioni impiantistiche per la produzione di acciaio.

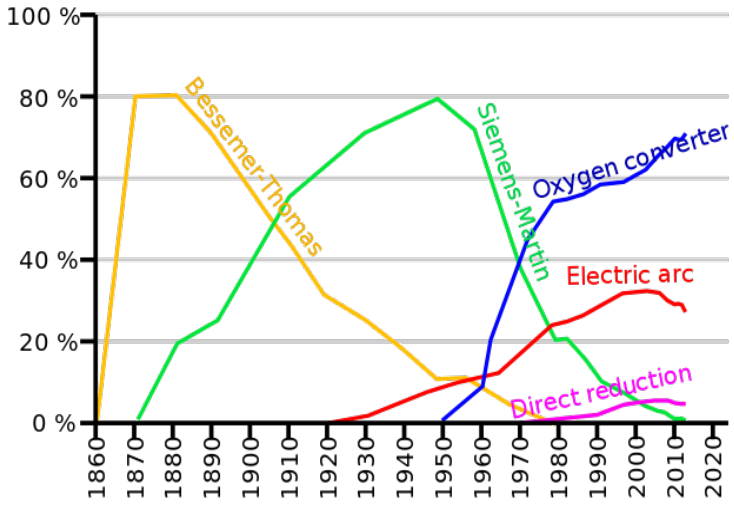

Figura 2: evoluzione impiego impianti per la produzione di acciaio

Il sistema basato su altoforno e convertitore Bessemer o Thomas trova il suo apice alla fine dell'Ottocento, per poi ridursi fino a scomparire nel 1980. Il forno Martin-Siemens si afferma a metà del Novecento per andare anch'esso a scomparire nel primi anni del 2000, sostituito dai convertitori ad ossigeno tipo L.D. o O.B.M. I forni elettrici che caratterizzano la produzione di acciaio da

2 TRIFIRÒ, 2016
3 ALIOTI, 2008

rottame si affermano dall'inizio Novecento e attualmente si attestano su circa il 25% della produzione totale mondiale.

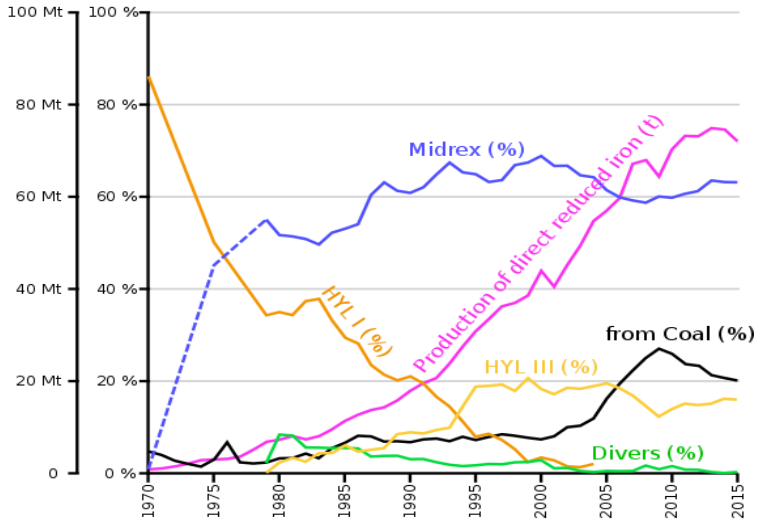

Figura 3: evoluzione dell'uso dei processi per la produzione di DRI

Come evidenziato nel grafico, dal 1970 la produzione di acciaio tramite riduzione diretta cresce quasi costantemente fino al 7% attuale.

I processi di riduzione diretta possono venire classificati in diversi modi: in base al riducente impiegato (solido o gassoso) e in base al tipo di apparecchio (forni rotativi orizzontali e forni a tunnel, forni a tino, reattori a letto statico e reattori a letto fluidizzato).

Una prima distinzione può essere tra quelli basati come riducente sul gas metano e quelli basati sul carbone.

Come evidenziato nella figura 46 il processo di gran lunga più utilizzato oggi è quello basato sulla tecnologia Midrex a gas metano.Il processo Midrex utilizza come gas riducente una miscela di CO e H_2 prodotti facendo reagire gas naturale (metano) col biossido di carbonio (anidride carbonica), proveniente dal gas di recupero prelevato nella parte alta del forno:

$$CH_4 + CO_2 \rightarrow 2\ CO + 2\ H_2$$

Il gas riducente viene preriscaldato ed iniettato ad una temperatura compresa tra 750 e 900 °C , mentre il gas esausto viene prelevato ad una temperatura compresa tra 280 e 400 °C. Il minerale attraversa il forno a tino dall'alto verso il basso. Nella parte alta avvengono le reazioni di riduzione, mentre in basso si opera un raffreddamento del minerale ridotto, che deve essere scaricato a bassa temperatura. La pressione viene mantenuta a valori di circa 1,5 bar. Le reazioni utili sono quelle di riduzione degli ossidi e di eventuale carburazione del metallo.

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$$

$$Fe_2O_3 + 3H_2 \rightarrow 2Fe + 3H_2O$$

$$3Fe + CO + H_2 \rightarrow Fe_3C + H_2O$$

$$3Fe + CH_4 \rightarrow Fe_3C + 2H_2$$

Oggi esistono più di 60 impianti riconducibili al processo Midrex che, con una produzione di 500 milioni di tonnellate, coprono circa 76% della produzione mondiale di preridotto ottenuto da gas[(4)].

I processi basati sul carbone ne prevedono l'utilizzazione in polvere o pezzatura fine miscelato con il minerale di ferro in forni a tino o a letto fluido o, ancora, in forni a suola rotante.

4 CAVALLINI, 2014