La liquefazione del carbone E' CONVENIENTE?

obiettivo su...

a cura di: dr. ing. Giuseppe Galassi e dr. ing. Ezio Polacco

Durante la prima crisi petrolifera del 1973 si verificato un ritorno di interesse della liquefazione del carbone. La letteratura riporta alcune decine di processi diversi, che per non sono andati al di l di impianti dimostrativi e che non si sono concretizzati in impianti commercialmente sfruttabili, anche perch in seguito il prezzo del petrolio sub una forte diminuzione. Da circa tre anni il nuovo aumento del prezzo del petrolio, ha riportato il problema di attualit . Vediamo come avviene e se davvero conveniente oggi un processo di liquefazione del carbone.

Il Problema

Il consumo complessivo di energia nel pianeta nel 2004 è stato stimato dall'ente U. S. Energy Information Administration come riportato, suddiviso per fonti di produzione, nella tabella 1.

A fronte di questi consumi le riserve di combustibili fossili nel pianeta sono state stimate dall'ente USGS World Energy Team Assestement Team e da altre fonti come riportato in tabella 2

In conclusione, mentre le riserve di petrolio potrebbero esaurirsi in circa 60 anni, quelle di carbone potranno sostenere i consumi del pianeta per i prossimi 600 anni. Questi dati vanno presi comunque con beneficio di inventario, ma quello che importa è il rapporto tra la vita residua delle due fonti, che è tutto a favore del carbone.

La differenza fondamentale tra il petrolio e il carbone consiste nel fatto che, mentre il petrolio è facilmente trasportabile in quanto si trova allo stato liquido e può essere trasformato facilmente in prodotti liquidi utilizzabili, quali la benzina e il gasolio, il carbone si trova allo stato solido e in pratica è stato finora utilizzato solo in questa forma. Nel secolo scorso si possono citare due esempi in cui il carbone è stato convertito in prodotti liquidi : durante il secondo conflitto bellico dalla Germania nazista, che essendo sprovvista di fonti di petrolio, ha dovuto alimentare le proprie forze armate con combustibili liquidi prodotti da carbone (tramite il processo Fischer Tropsch) e il Sud Africa, che a durante il periodo delle sanzioni negli anni Sessanta ha seguito la stessa strada. Si stima che in entrambi i casi la produzione annua fosse di circa sei milioni di tonnellate di fuel liquidi prodotti, che hanno coperto i loro fabbisogni del tempo.

Saras, Impianto IGCC di Sarlux presso raffineria di Sarroch - Cagliari

Durante la prima crisi petrolifera del 1973 si è verificato un ritorno di interesse della liquefazione del carbone e la letteratura riporta alcune decine di processi diversi, che però non sono andati al di là di impianti dimostrativi e che non si sono concretizzati in impianti commercialmente sfruttabili, anche perché in seguito il prezzo del petrolio subì una forte diminuzione. Da circa tre anni il nuovo aumento del prezzo del petrolio, ha riportato il problema di attualità e la Cina ha annunciato la costruzione a Shenua di un grande impianto di cui però non si hanno molte informazioni e che non risulta ancora in funzione.

Provenienza	Valore (J*1018)
Greggio petrolifero	177
Gas	110
Carbone	120
Energia idroelettrica	29
Nucleare	29
Geotermico, vento, solare, legno	7
Totale	**472**

Tabella 1 - Fonti di energia nel pianeta nel 2004

Provenienza	Valore (J*1018)
Greggio petrolifero	8.000 - 45.000
Gas	30.000
Carbone	290.000
Totale	**328.000 – 283.000**

Tabella 2 - Riserve di combustibili fossili nel 2004

PHOTOFINISH

LA LIQUEFAZIONE DEL CARBONE

Saras, Impianto IGCC di Sarlux presso raffineria di Sarroch - Reattori di gassificazione, tecnologia Texaco

Occorre subito osservare che la gassificazione del carbone ha avuto un forte sviluppo negli ultimi anni per il processo di produzione di energia elettrica sia da carbone che da residui altobollenti di raffineria (IGCC), che impiegano gassificatori di grande capacità e che in Italia sono stati realizzati nelle raffinerie di Melilli, Sarroch e Falconara.

Il presente articolo prende in considerazione la possibilità di realizzare un impianto di liquefazione del carbone considerando processi consolidati e già realizzati, che sono unicamente quelli di liquefazione indiretta, che hanno come primo step la gassificazione del carbone con la produzione di una miscela CO/H_2 e l'utilizzo nel secondo step del processo Fischer Tropsch con la produzione di fuel. Le reazioni base del processo di liquefazione del carbone sono le seguenti:

$C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ ($\Delta H = 118,9$ kJ/mole)

$C + O_2 \rightarrow 2\,CO$ ($\Delta H = -123$ kJ/mole)

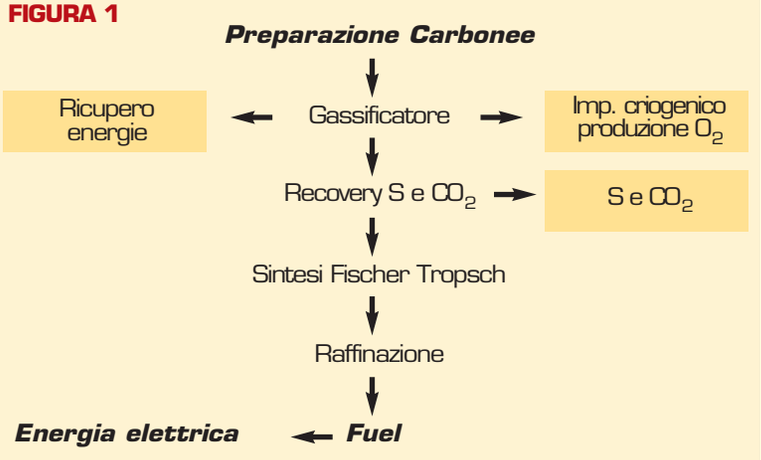
$CO + H_2O \rightarrow H_2 + CO_2$ ($\Delta H = -40,9$ kJ/mole)

$CO + H_2 \rightarrow -CH_2- + H_2O$ ($\Delta H = -165$ kJ/mole)

I Processi di liquefazione del carbone

I processi di liquefazione del carbone, che in estrema sintesi hanno lo scopo di incrementare la percentuale di idrogeno dal circa 5-6 % presente nel carbone, al 12% presente nel petrolio, si possono dividere in due grandi categorie: la liquefazione indiretta che prevede un processo di gassificazione del carbone con la produzione di una miscela di Idrogeno e di Ossido di Carbonio, che poi viene trasformata in fuel tramite il processo Fischer Tropsch e quella diretta in cui si prevede di idrogenare direttamente il carbone tramite uno stream di idrogeno.

FIGURA 1



Schema semplificato dell'impianto

FIGURA 2

Ingresso

Carbone[a]	H_2O	O_2	N_2	CH_3OH
818.664	652.730	697.376	60.536	272

*Composizione (kg/h) :C 541.794; H 36.899; H_2O 9.360; O 113.776; N 11.186; S 19.408; Al_2O_3 86.241

Uscita

CH_2	CO_2	Al_2O_3	H_2O	H_2S	N_2	Altri composti
255.969	1.177.748	86.241	609.075	18.581	70.868	11.096

Bilancio di materia di un impianto di 818,7 t/h di carbone in ingresso (dati in Kg/h)

I bilanci di materia presi come base nel presente articolo per lo step di gassificazione sono stati pubblicati in un rapporto della West Virginia University che riporta lo stato dell'arte dal 1991 al 1998 e che si riferisce a un impianto di gassificazione Texaco di 163,7 t/h di carbone, mentre per il secondo step ci si è basati sul rapporto finale preparato dalla Bechtel per lo US DOE nel 1999 e su altre fonti. Lo schema semplificato dell'impianto considerato è riportato in figura 1.

Bilancio di materia per un impianto di 818,7 t/h di carbone (Fig. 2)

Pertanto la capacità complessiva dell'impianto descritto è di circa **2,2 milioni di t/a** in uscita come gasolio. La resa complessiva di trasformazione del C contenuto nel carbone in C contenuto nel fuel in uscita è pari al 40,5 %.

Investimento

Sulla base delle scarse informazioni disponibili riguardanti assets realizzati in periodi diversi e con capacità diverse, è stato possibile eseguire una stima di massima rapportata al 1.07.2007 per l'impianto considerato. I dati così stimati sono riportati in tabella 3 e sono espressi in milioni di dollari US.

Sezione	Importo stimato (MM di US$)
Preparazione carbone	*185*
Imp. criogenico produzione di ossigeno	*392*
Gassificatore	*704*
Handling delle ceneri	*13*
Ricupero energie	*175*
Recovery S e CO2	*351*
Altri impianti di processo	*616*
Totale investimento	**2436**

Tabella 3 - Stima dell'investimento per un impianto di 818,7 t/h di carbone alla data del 1.07.2007 in milioni di US $

Costi di esercizio e ricavi

Alcuni determinati costi di esercizio, così come i ricavi provenienti dalla produzione del fuel sono variabili in funzione sia delle quotazioni del carbone (materia prima), sia di quelle del petrolio che hanno influenza sulla quotazione del prodotto finito.

Sul versante dei costi possono essere considerati invece stabili quelli che attengono gli altri costi di esercizio (energie, personale, manutenzione, chemicals etc.) e quello dei ricavi corrispondenti alla produzione di energia elettrica.

a – costi

Il prezzo del carbone varia moltissimo in funzione della sue caratteristiche, da dove viene consegnato se a bocca di miniera, FOB (dove occorre considerare il costo di trasporto via terra al porto) o CIF, quando occorre aggiungere il costo del trasporto via mare alla destinazione prescelta.

In termini generali si possono considerare tre livelli di prezzi

- a bocca di miniera: la quotazione in paesi del terzo mondo (Sud Africa e Cina) dovrebbe essere intorno ai 10 $/t, mentre sale a circa 30 $/t in paesi sviluppati come gli USA
- FOB: le quotazioni variano da un minimo di 48 US$/t ad un massimo 65 US $/t
- CIF: sono dell'ordine di 70 US $/t in Asia a circa 80 US $/t in Europa

Non a caso l'unico impianto commerciale attualmente in esercizio in Sud Africa (SASOL) utilizza un giacimento locale dove il carbone si trova a bocca di miniera.

Ma come è variato e varierà il prezzo del carbone in funzione del prezzo del greggio petrolifero?

Secondo l'ente governativo americano Energy Information Administration la quotazione media del carbone americano a bocca di miniera (calcolato in dollari 2005), è diminuita da 1,38 US $ per milione di Btu nel 1990 a 0,91 US $ per milione di Btu nel 1999. Tale quotazione è risalita poi a 1,15 US $ nel 2005 Secondo questo ente questa quotazione. dovrebbe diminuire a 1,08 US $ per milione di Btu nel 2019 per poi risalire leggermente a 1,15 US $ nel 2030.

La centrale di produzione Air Liquide a Sarroch

Prezzo del carbone (US$/t)	Break even point del prezzo del petrolio (US$/b)
10	28,10
33	34,00
66	44,50

Tabella 4 - Break even point del prezzo del barile in funzione del prezzo del carbone

In ogni caso le quotazioni correnti del prezzo del carbone sono comunque molto meno volatili di quelle del greggio petrolifero.
Le altre spese di esercizio dell'impianto considerato sono valutate in circa 410 milioni di US $ all'anno, detratti gli autoconsumi energetici interni all'impianto.

b – ricavi
Gli idrocarburi prodotti sono considerati al livello di gasolio, che a fronte di una quotazione di 53,33 US $/b del petrolio ha una quotazione di 533 US $ /t (dati al 5.02.2007). La resa di trasformazione in raffineria è considerata pari all'80%
L'energia elettrica prodotta in eccesso è contabilizzata in 216 milioni di US $/a a 0,05 US $/kWh (dati West Virginia University sopra citati), al netto degli autoconsumi interni all'impianto.

Break even point, valutazione del prezzo del barile di petrolio

Ipotizzando l'esigenza di un tasso di rendimento del 6% nel calcolo del DCFRR (Discounted Cash Rate of Return o Tasso di rendimento interno) per un periodo di vita dell'impianto di 14 anni, è ora possibile calcolare il break even point del prezzo del petrolio in funzione della quotazione del carbone utilizzato nell'impianto perchè l'iniziativa risulti in pareggio.
Se la quotazione corrente del barile di greggio è superiore agli importi calcolati, l'iniziativa produce profitti.
Si ha la situazione riportata in tabella 4.

Controllo dell'effetto serra dovuto alle emissioni di CO_2

Non sembra ora proponibile la realizzazione di un impianto di liquefazione del carbone se non si dà una risposta al controllo delle grandi quantità di CO_2 che tali impianti producono. Secondo un rapporto del maggio 2002 sullo stato dell'arte redatto dall'International Energy Agency, nell'atmosfera terrestre vi sono 750 gigaton di CO_2 mentre negli oceani ve ne sono 40.000 gigaton, cioè un quantitativo 50 volte superiore a quello contenuto nell'atmosfera. L'85% della CO_2 presente nell'atmosfera viene però trasferito naturalmente in un periodo di circa 1.000 anni negli oceani. L'immissione di CO_2 negli oceani è tra le possibilità considerate nel rapporto, ma vi sono altre soluzioni quali lo stoccaggio in pozzi profondi: attualmente l'unico esempio che si conosca è quello della CO_2 sequestration, operato in Norvegia dove si stoccano circa un milione di t/a di CO_2 (pari al 3% della produzione nazionale) nella formazione geologica di Utsira..

Giuseppe Galassi *si è laureato in Ingegneria Chimica nel 1963 presso l'Istituto di Chimica Industriale del Politecnico di Milano diretto dal prof. Giulio Natta premio Nobel per la chimica. E' autore di libri, pubblicazioni scientifiche e brevetti internazionali. Ha ricoperto incarichi di direttore tecnico progettazioni presso la società Pierrel, di Chief Officer nel Gruppo Ingeco e di direttore tecnico della società Carbochimica Italiana. Dal 1979 opera tramite il suo studio professionale indipendente e ha fornito servizi di consulenza nel settore ambientale ed energetico ai più importanti gruppi industriali italiani, società internazionali e società private e a primari gruppi creditizi per la valutazione di grandi progetti in questi settori.*
ing.galassi@gmail.com

Ezio Polacco *si è laureato in Ingegneria chimica presso l'Università di Padova nel 1960. E' autore di pubblicazioni tecniche e brevetti internazionali. Ha ricoperto incarichi dirigenziali nel settore della ricerca e dello sviluppo industriale presso il Gruppo Montedison e, successivamente, presso la Società Carbochimica Italiana, occupandosi attivamente della liquefazione del carbone. Attualmente opera quale consulente di istituti di ricerca e di primarie aziende chimiche e meccaniche.*
eziopolc@libero.it