



Ricerca di Sistema elettrico

Definizione del set-up sperimentale per
l'impiego di sorbenti per la cattura di CO₂
da syngas di gassificazione di biomassa

Antonio Villone, Francesco Nanna, Donatella Barisano

DEFINIZIONE DEL SET-UP SPERIMENTALE PER L'IMPIEGO DI SORBENTI PER LA CATTURA DI CO₂ DA SYNGAS DI GASSIFICAZIONE DI BIOMASSA

Antonio Villone, Francesco Nanna, Donatella Barisano

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2012

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto: Sviluppo di sistemi per la produzione di energia elettrica da biomasse e l'upgrading di biocombustibili

Obiettivo: Sviluppo di sistemi di clean-up e di upgrading di biocombustibili

Responsabile del Progetto: Vito Pignatelli, ENEA

Indice

SOMMARIO	4
1 INTRODUZIONE	5
2 PREPARAZIONE DEI SORBENTI	6
2.1 SET-UP SPERIMENTALE E METODO DEI TEST DI ADSORBIMENTO CO ₂	6
2.2 TEST A FREDDO	6
2.3 PROVE DI ADSORBIMENTO CO ₂ A CALDO	7
2.4 TEST DI ADSORBIMENTO/DESORBIMENTO CO ₂ SU PURAL MG70 E PMG70/K ₂ CO ₃	8
2.5 TEST DI ADSORBIMENTO CON MISCELA CO/H ₂ O SU PURAL MG70 ATTIVATO CON K ₂ CO ₃	9
2.6 TEST DI ADSORBIMENTO SU MISCELA CO/H ₂ O CON PMG70/K ₂ CO ₃ ATTIVATO CON FERRO.....	9
2.7 TEST DI ADSORBIMENTO SU MISCELA CO/H ₂ O CON PMG70/K ₂ CO ₃ E IN PRESENZA DI FE/OLIVINA	11
3 CONCLUSIONI.....	12

Sommario

La conversione di gas da gassificazione di biomassa in Bio-SNG richiede alcuni passaggi finalizzati alla produzione di un gas adeguato alla conversione ottimale in metano.

Dopo produzione del syngas, e a valle di una adeguata purificazione dello stesso, tali passaggi riguardano l'aggiustamento della composizione in termini di rapporto H_2/CO e di rimozione della CO_2 .

Nel presente rapporto si descrive l'attività relativa alla rimozione di CO_2 dalla corrente gassosa da inviare alla conversione in metano attraverso l'impiego di sorbente idrotalcitico. In particolare in questa attività è stato impiegato un sorbente commerciale denominato *Pural MG70* prodotto dalla *Sasol Germany GmbH*.

Il sorbente è stato fornito sotto forma di polvere e nei test è stato utilizzato in questa forma, dopo attivazione secondo due modalità: a) per sola calcinazione e b) per impregnazione con K_2CO_3 e successiva ricalcinazione. Queste due procedure di attivazione sono state condotte in accordo con quanto noto per lo specifico sorbente.

La prima procedura è stata condotta per riscaldamento a $400\text{ }^\circ\text{C}$, la seconda per impregnazione con soluzione di K_2CO_3 via *Incipient Wet Impregnation (IWI)*, essiccamento e successiva calcinazione a $400\text{ }^\circ\text{C}$.

Prima di procedere con il loro impiego con una corrente di syngas reale, i due materiali sono stati testati preliminarmente con gas sintetico in una sezione scala laboratorio. Sono state quindi condotte prove di adsorbimento CO_2 su corrente di CO_2/N_2 e su miscela gassosa di $CO/H_2O/N_2$. Tutti i test sono stati condotti a pressione atmosferica e a T di $400\text{ }^\circ\text{C}$. Per facilitare l'esecuzione delle prove, i sorbenti sono stati miscelati con olivina.

I test con CO_2 sono serviti come prova di riferimento, rispetto a cui verificare la capacità sorbente dei due materiali nelle condizione di processo che si adotteranno nelle prove con corrente reale. Le prove con la miscela $CO/H_2O/N_2$ sono invece serviti per verificarne il comportamento in presenza di simultanea reazione di *Water Gas Shift (WGS)*.

Da ultimo, sono stati condotti test in presenza di olivina arricchita in ferro, elemento per il quale sono note le proprietà catalitiche verso la reazione di WGS.

Dai test condotti su corrente di CO_2 , si è avuto conferma del comportamento dei due sorbenti verso la CO_2 , stimando un assorbimento massimo del *Pural MG70* attivato con K_2CO_3 nell'intervallo $20\text{-}30\text{ mg}_{CO_2}/\text{g}_{\text{sorbente}}$, valore in buon accordo con quelli riportati in condizioni analoghe in letteratura.

I test condotti con la miscela $CO/H_2O/N_2$ hanno di fatto evidenziato le potenzialità dell'uso del sorbente per un aggiustamento *in-situ* della composizione del gas di alimentazione, tuttavia sui materiali recuperati alla fine dei test, sia in presenza di attivazione catalitica sia senza, si è riscontrato sviluppo di depositi carboniosi. Tale deposito è da ricondursi ad una possibile reazione di disproporzione del CO alimentato ed evidenzia la necessità di condurre una attenta valutazione sulla composizione della miscela di alimentazione al fine di evitare l'insorgere di tale problema nel corso della sperimentazione con la corrente reale.

1 Introduzione

Come noto, la sintesi del metano si basa sulle reazioni di idrogenazione degli ossidi del carbonio, CO e CO₂, secondo la stechiometria delle reazioni riportate di seguito:



da cui si vede che per l'idrogenazione di CO e CO₂ è richiesto un rapporto H₂/CO_x rispettivamente di 3:1 e di 4:1.

L'idrogenazione dei due ossidi per produrre metano richiede dunque l'impiego di un gas ricco in idrogeno. I gas prodotti dalla gassificazione della biomassa in generale non hanno un rapporto ottimale e richiedono pertanto un aggiustamento della composizione. Nella tabella di seguito un confronto sulla composizione dei gas secchi:

Tabella 1. Composizione rappresentativa di gas di gassificazione di biomassa

Agente Gassificante	Composizione gas (% _v , secco)						H ₂ /CO
	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂	C ₂ H ₄	
Aria	9-10	12-15	14-17	2-4	56-59	< 1	0.70
Ossigeno	30-34	30-37	25-29	4-6	2-5	< 1	0.96
Vapore	32-41	24-26	17-19	10-12	2-5	2-3	1.46

Una strada perseguibile per aumentare il rapporto H₂/CO ai valori richiesti dalla stechiometria delle reazioni è quella dell'arricchimento interno in H₂ attraverso la reazione di *water gas shift* (WGS), in cui si fa reagire la CO con H₂O a produrre H₂ e CO₂:



L'aggiustamento della composizione del gas prodotto in un processo di gassificazione è richiesta non soltanto dalla stechiometria della reazione, ma anche per mantenere attivi i catalizzatori che si impiegano per favorire la cinetica del processo. Tipicamente questi catalizzatori si basano sull'impiego del ferro, e in presenza di alti contenuti di ossidi di carbonio nel gas tendono a ricoprirsi di residuo carbonioso e a disattivarsi piuttosto velocemente.

Poiché la reazione di WGS avviene con formazione di H₂ e CO₂ in rapporto molare, chiaramente l'aggiustamento interno della composizione del gas può avvenire solo rispetto al CO, ma non alla CO₂. Per evitare che nella fase di metanazione, l'idrogeno prodotto reagisca con la CO₂ riducendo le rese di conversione in CH₄ è possibile utilizzare catalizzatori con elevata selettività verso la reazione (1), oppure rimuovere la CO₂ dalla miscela di reazione prima della sua conversione in metano. Questa operazione può essere condotta contestualmente alla reazione di *shift*, ovvero *in-situ*, attraverso l'impiego di sorbenti per la cattura di CO₂. In tale direzione, alcuni dei materiali più promettenti sono i sorbenti idrotalcitici. Questi sorbenti possono essere impiegati su correnti alla temperatura di 300 - 400 °C. A differenza dunque dei processi industriali più noti di rimozione della CO₂ per lavaggio con solvente, la rimozione a secco di CO₂ da corrente di gas di gassificazione di biomassa presenta il vantaggio di condurre l'aggiustamento della composizione del gas senza dover abbassare troppo la temperatura e così perdere parte del calore sensibile della corrente gassosa.

Con l'attività descritta nel presente rapporto si è inteso verificare il comportamento di questi sorbenti in relazione ad un loro utilizzo con gas reale ottenuto in un processo di gassificazione di biomassa condotto a pressione atmosferica e utilizzando una miscela ossigeno/vapore come agente gassificante. Come materiale di partenza è stato scelto il *Pural MG70*, una idrotalcite commerciale prodotta dalla *Sasol Germany GmbH*.

2 Preparazione dei Sorbenti

Il *Pural MG70* è un materiale idrotalcitico $((\text{Mg})_{1-x}(\text{Al})_x(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_{x/2} \cdot n\text{H}_2\text{O})$ con un rapporto $\text{MgO}:\text{Al}_2\text{O}_3$ di 70:30 (%p).

Al suo primo utilizzo, dati di letteratura indicano che il materiale tal quale raggiunge la sua massima capacità sorbente quando viene sottoposto a trattamento termico per diverse ore. È altresì noto che tale capacità può essere migliorata se il materiale viene impregnato con K_2CO_3 fino ad un contenuto in peso pari al 22 %p.

Nell'attività descritta nel presente documento sono stati testati:

- il *Pural MG70* tal quale attivato per solo trattamento termico (400 °C, 4 ore)
- il *Pural MG70* impregnato con K_2CO_3 (PMG70/ K_2CO_3).

Inoltre per verificare l'effetto della presenza di un catalizzatore di *shift* sulla composizione di un gas sintetico $\text{CO}/\text{H}_2\text{O}$, sono stati condotti test di adsorbimento CO_2 anche in presenza di ossidi di ferro. In un primo caso il ferro era presente sul materiale utilizzato per preparare il letto del reattore e renderlo esercibile a pressione atmosferica, in un secondo invece il ferro è stato trasferito direttamente sul sorbente.

Per trasferire il ferro sui due materiali è stata adottata la procedura dell'impregnazione a incipiente umidità (IWI, *Incipient Wet Impregnation*) utilizzando soluzioni acquose di opportuna concentrazione preparate a partire dal sale $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, quindi per convertire il ferro in ossido, dopo essiccazione in stufa a 105° C, il materiale impregnato è stato calcinato a temperatura di 650°C. Per rendere i risultati confrontabili, preliminarmente, sono stati utilizzati quantitativi di soluzioni tali da far sì che il contenuto totale di Fe rispetto al mix sorbente/olivina fosse in entrambi i casi confrontabile.

2.1 Set-up sperimentale e metodo dei test di adsorbimento CO_2 .

Le prove di adsorbimento CO_2 sono state eseguite adottando un *set-up* sperimentale scelto sulla base di dati di letteratura e di prove a 'freddo' condotte a temperatura ambiente. In particolare, le prove a freddo sono state finalizzate a verificare il comportamento del sorbente sotto una corrente gassosa alimentata a pressione atmosferica. Nei paragrafi di seguito una descrizione delle due procedure.

2.2 Test a freddo

Il sorbente *Pural MG70* è stato fornito sotto forma di polvere di granulometria media di 60 μm . per verificare il comportamento di questo materiale in corrente gassosa a pressione atmosferica, ovvero verificare l'assenza significativa di trascinamento di particelle e la presenza di cadute di pressione, sono stati condotti test a freddo in tubo di vetro di caratteristiche simili al reattore metallico predisposto per i test in temperatura. Per questa verifica è stato utilizzato il sorbente attivato termicamente e una corrente anidra di N_2 alimentata a portate volumetriche variabili.

Al passaggio del gas, le prove condotte hanno mostrato chiaro trascinamento del materiale anche a basse portate di gas (< 10 ml/min), e frazionamento del letto stesso al crescere delle portate in accordo con un comportamento tipico di particelle coesive, o di tipo C secondo la classificazione di *Geldart*. Per risolvere questo inconveniente, il sorbente è stato mescolato con dell'olivina naturale di granulometria compresa nell'intervallo 0.200-0.425 mm e in rapporto in peso 1:3 sorbente/olivina (Figura 1). Sono quindi state condotte prove a portata di gas crescente da 10 a 90 ml/min.



Figura 1. Set-up sperimentale per test a freddo su sorbente

Le prove ripetute sul mix così preparato, e protratte per una durata di quattro ore, hanno mostrato la possibilità di alimentare gas a pressione atmosferica con un minimo trascinamento di sorbente (<0.1%p) fino ad una portata di 80 ml/min e limitata segregazione.

2.3 Prove di adsorbimento CO₂ a caldo.

In accordo con quanto noto in letteratura, le prove di adsorbimento sono state condotte a temperatura di 400 °C in reattore metallico alloggiato in un forno a riscaldamento elettrico. In un tipico test di adsorbimento CO₂, sulla base delle prove a freddo, nel reattore sono stati posti circa 40 g di mix sorbente/olivina ottenuto mescolando gli opportuni quantitativi di sorbente (~ 10 g) e di olivina; prima dell'aggiunta, sul fondo del reattore è stato predisposto un sottile strato di lana di vetro ed uno di sola olivina (~ 1g).

In ciascun test la prova di adsorbimento CO₂ è stata preceduta da operazioni preliminari di riscaldamento e condizionamento sorbente. Il riscaldamento del sorbente da temperatura ambiente a 400°C, è stato realizzato sotto flusso di gas inerte (N₂) mandato; portato in temperatura il sorbente, al reattore è stata quindi mandata una corrente di 40 ml/min N₂, umidificata 30 %_p circa. Questa seconda fase serve per preconditionare il sorbente in modo da portarlo alla sua massima capacità sorbente di CO₂. Il preconditionamento viene eseguito monitorando contemporaneamente la concentrazione di CO₂ nel gas in uscita. Raggiunta una concentrazione inferiore a 0.1 %_v, il preconditionamento viene considerato concluso e al reattore viene mandata la miscela gassosa di test.

La miscela gassosa è stata preparata miscelando il gas di riferimento, CO₂ o CO/Ar, partendo da gas in bombola a composizione nota e miscelandolo con N₂ per ottenere la composizione secca finale. La miscela umida è stata ottenuta facendo passare il gas in un saturatore di umidità termostato alla temperatura di 70 °C (Figura 2).



Figura 2. Set-up sperimentale per prove di adsorbimento CO₂ a caldo

Per valutare l'effetto del sorbente sulla composizione del gas alimentato, all'uscita del reattore il gas è stato analizzato rispetto alla sua composizione. Per condurre l'analisi il gas viene preliminarmente reso anidro per condensazione dell'acqua a bassa temperatura (2-3 °C) e successivo passaggio su letto di gel di silice. Il gas è stato analizzato con gas-cromatografo per la quantificazione di CO, CO₂ e H₂. La variazione della composizione del gas è stata condotta sia nella fase di adsorbimento, sia nella fase di desorbimento. In tabella 2 sono riassunte le condizioni a cui sono stati condotti i due tipi di test, adsorbimento di CO₂ da miscela ternaria CO₂/N₂/H₂O e in presenza di reazione di *shift* ottenuta inviando al reattore una miscela contenente CO/H₂O/N₂.

Tabella 2. Condizioni sperimentali test adsorbimento CO₂ su Pural MG70

Parametro		Adsorbimento CO ₂	Water gas shift <i>in-situ</i>
Composizione del Gas Secco (%v)	CO ₂	10-12	-
	N ₂	83-87	70-72
	CO	-	11-13
	Ar	-	10-11
Acqua (%v)		30	
P (atm)		1	
T (°C)		400	

Il test di adsorbimento è stato ritenuto completo a raggiungimento della condizione di *plateau* della concentrazione di CO₂ nel gas in uscita dal reattore, chiaro indice del raggiungimento della saturazione della capacità sorbente del materiale. Nella condizione più favorevole, sorbente attivato con K₂CO₃, le prove di adsorbimento sono durate 4-5 ore; circa 2 ore per la fase di desorbimento.

2.4 Test di adsorbimento/desorbimento CO₂ su Pural MG70 e PMG70/K₂CO₃

Questi test sono stati condotti al fine di acquisire il dato di capacità sorbente massima del *Pural MG70* nelle specifiche condizioni di esercizio adottate.

Prove condotte sul sorbente dopo sola attivazione termica e dopo trattamento con K₂CO₃, hanno confermato la maggiore capacità sorbente del *PMG70/K₂CO₃* per il quale dai dati di desorbimento è stata valutata una capacità sorbente di 20-30 mg_{CO₂}/g_{sorbente}, valore in buon accordo con quelli riportati in condizioni analoghe in letteratura. In Figura 2 la curva di desorbimento acquisita sul *PMG70/K₂CO₃* per trattamento a 400 °C e sotto corrente di N₂ (70 ml/min) e umidificato al 30 %v.

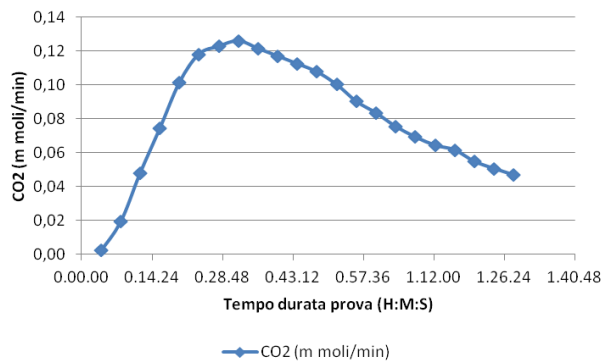


Figura 2. Curva di desorbimento CO₂ da PMG70/K₂CO₃ attivato termicamente

2.5 Test di adsorbimento con miscela CO/H₂O su Pural MG70 attivato con K₂CO₃

I test condotti alimentando una corrente umida di CO hanno indicato che la miscela attraversando il reattore e portandosi in temperatura da luogo alla reazione di *water gas shift* (WGS). La simultanea presenza del sorbente fa in modo che per un certo intervallo di tempo, la miscela esca dal reattore con un rapporto H₂:CO₂ alto. Al procedere dell'alimentazione del gas CO/H₂O attraverso il reattore, il letto di sorbente va via via saturandosi per cui questo rapporto va gradualmente riducendosi fino a raggiungere un valore di plateau circa unitario, in accordo con la stechiometria della reazione di WGS, quando il sorbente si è completamente saturato.

In Figura 3 viene presentato l'andamento dei gas CO, CO₂ e H₂ nel tempo

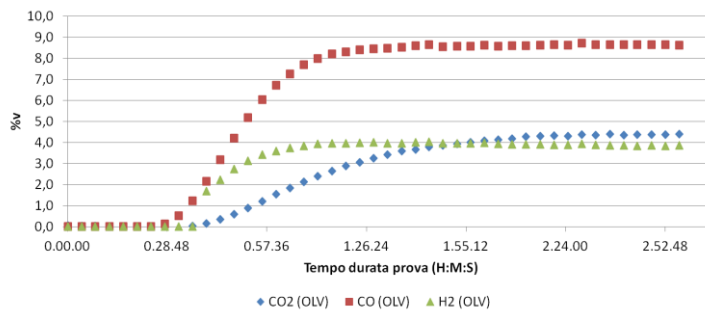


Figura 3. Curva di adsorbimento CO₂ su PMG70/K₂CO₃ attivato termicamente. Miscela di alimentazione CO/H₂O

Dal confronto delle composizioni dei tre componenti nel gas in uscita dal reattore si osserva tuttavia che il CO rimane sempre superiore al contenuto di H₂.

2.6 Test di adsorbimento su miscela CO/H₂O con PMG70/K₂CO₃ attivato con ferro

La stessa prova condotta con sorbente PMG70/K₂CO₃ è stata condotta utilizzando del sorbente PMG70/K₂CO₃ trattato ulteriormente via IWI per arricchirlo in ossidi di ferro, elemento del quale è noto l'effetto catalitico per la reazione di WGS.

In Figura 4 è presentato l'andamento della composizione della miscela gassosa all'uscita del reattore.

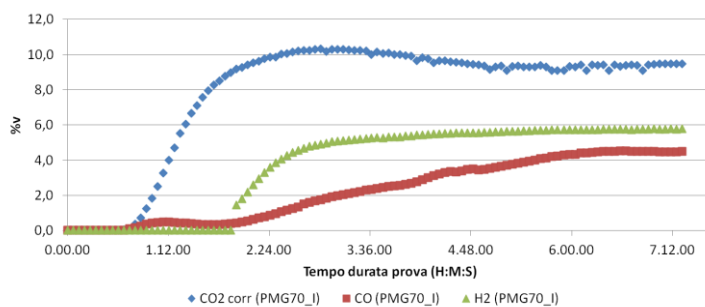


Figura 4. Curve di adsorbimento CO₂ su PMG70/K₂CO₃ impregnato con ferro. Miscela di alimentazione CO/H₂O

Diversamente dal caso precedente, si vede che in questa miscela il contenuto della CO₂ è sempre estremamente alto e per lungo tempo nella miscela non si osserva presenza di H₂. Quest’ultimo comincia ad rivelarsi solo dopo circa 2 ore e per il resto della prova rimane sempre a concentrazione significativamente inferiore a quella della CO₂. Questo comportamento in effetti si può spiegare tenendo presente che dopo lo stadio di calcinazione, il ferro è presente sul sorbente prevalentemente sotto forma di Fe₂O₃. Sotto l’azione del CO questo ossido subisce riduzione a Fe₃O₄ producendo parallelamente CO₂ che diventa così il componente gassoso principale. E’ noto che questo ossido può essere ridotto velocemente anche dall’H₂, per cui non è da escludere che anche questa reazione possa aver luogo. Nell’insieme dunque l’andamento dei gas condotto sul sorbente calcinato mostra che prima di poter usare il materiale per promuovere la reazione di WGA e simultaneamente adsorbire CO₂, è necessario sottoporlo ad uno stadio di riduzione per convertire il Fe₂O₃ iniziale a stati di ossidazione inferiori. Per conferma, al termine del test presentato in Figura 4, il letto di sorbente saturo di CO₂ è stato rigenerato in accordo con la procedura di desorbimento e sottoposto ad un secondo test con miscela CO/H₂O. L’andamento dei gas in questo seconda prova è presentato in Figura 5.

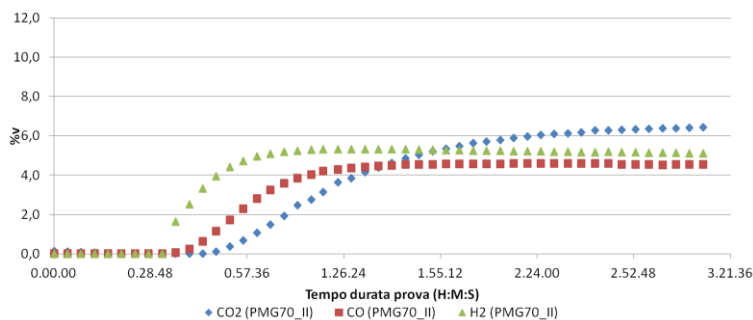


Figura 5. Curve di adsorbimento CO₂ su PMG70/K₂CO₃ impregnato con ferro, sorbente pre-ridotto. Miscela di alimentazione CO/H₂O

Con sorbente pre-ridotto si osserva in fine un comportamento coerente con l’attivazione della reazione di WGS e la simultanea cattura di CO₂. A differenza dell’andamento osservato nel test con PMG70/K₂CO₃, si nota infatti che per un certo periodo, il rapporto H₂/CO₂ parte da valori superiori ad uno. Man mano che il gas viene alimentato al reattore, il sorbente si satura e la concentrazione della CO₂ comincia ad aumentare, di conseguenza il rapporto H₂/CO₂ si va riducendo.

Contemporaneamente, in questo test anche il rapporto H₂/CO parte da valori superiori ad uno, indice del fatto che la CO alimentata si converte pienamente secondo la reazione di WGS e che la CO₂ contemporaneamente sviluppata viene catturata dal sorbente. Man mano che il gas continua ad essere alimentato e le reazioni procedono, il sorbente si satura cosicché la CO₂ riprende a salire, così come anche il CO. A differenza del test con PMG70/K₂CO₃, alla condizione di plateau questa volta la CO₂ va a valori superiori dell’H₂, segno che probabilmente una parte di questa si produce non solo per effetto della reazione di WGA, ma anche di altre reazioni di ossidazione.

Queste potrebbero essere dovute ad un completamento della reazione di riduzione del Fe_2O_3 che potrebbe non essere stata completa nel test precedente e/o a reazione di disproporzione del CO con formazione di depositi carboniosi sul sorbente. La presenza di quest'ultimo è stata in effetti riscontata a fine prova dopo aver svuotato il reattore ed esaminato il sorbente recuperato.

2.7 Test di adsorbimento su miscela CO/H₂O con PMG70/K₂CO₃ e in presenza di Fe/Olivina

L'ultimo test con la miscela CO/H₂O è stato condotto utilizzando, al posto dell'olivina naturale, dell'olivina arricchita in Fe. Mescolata con il sorbente PMG70/K₂CO₃, la miscela è stata trasferita nel reattore, pre-ridotta *in situ* e quindi utilizzata in un test di cattura CO₂ e simultanea reazione di WGS. Nei grafici di seguito viene presentato l'andamento della composizione di CO, CO₂ e H₂ nel tempo, confrontati con i corrispettivi valori ottenuti nel test condotto in presenza di olivina naturale.

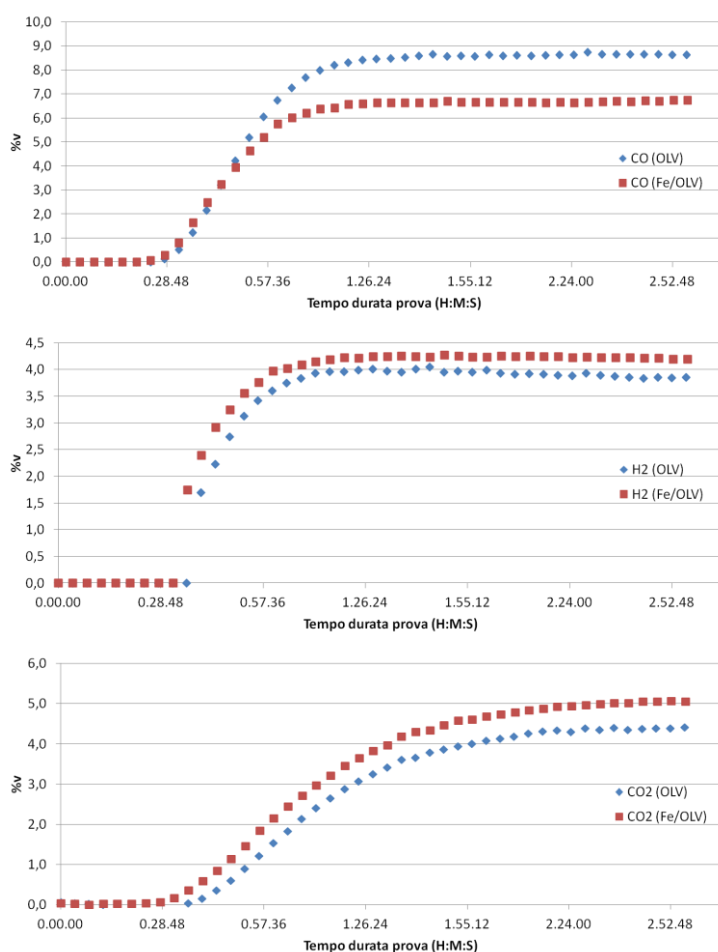


Figura 5. Confronto componenti gassosi test di adsorbimento CO₂ su PMG70/K₂CO₃ miscelato con Fe/Olivina. Miscela di alimentazione CO/H₂O

Gli andamenti dei tre componenti gassosi rispetto ai valori ottenuti in assenza di ferro, indicano un effetto catalizzante esercitato da parte della Fe/Olivina. Sia H₂ sia CO₂ sono presenti nel gas che ha attraversato il letto preparato mischiando Fe/Olivina, hanno concentrazioni maggiori che nel caso di uso di olivina naturale. Tuttavia i risultati sembrano meno importanti di quelli ottenuti quando l'impregnazione è fatta direttamente sul sorbente.

Anche in questo caso alla fine del test, il materiale recuperato ha evidenziato sviluppo di depositi carboniosi, questa volta prevalentemente sulla Fe/Olivina.

3 Conclusioni

Nel presente lavoro sono stati condotti test di adsorbimento CO_2 con sorbente commerciale fornito *Pural MG70*, prodotto dalla *Sasol Germany GmbH*. In previsione di un suo utilizzo su corrente reale di gassificazione biomassa a pressione atmosferica è stato definito un set-up sperimentale che prevede il mescolamento del sorbente con dell'olivina. Questa soluzione è stata adottata al fine di consentire il passaggio di una corrente gassosa attraverso un materiale di granulometria molto fine, senza avere eccessive perdite di carico. Il sorbente è stato impiegato dopo attivazione termica, dopo impregnazione con K_2CO_3 e da ultimo e in presenza di ossidi di ferro, noti avere capacità catalitiche verso la reazione di *water gas shift*.

Per le verifiche sono stati condotti test su corrente di CO_2 e test su corrente di $\text{CO}/\text{H}_2\text{O}$.

Dai primi si è avuto conferma del comportamento del sorbente verso la CO_2 , stimando un assorbimento massimo del *Pural MG70* attivato con K_2CO_3 nell'intervallo $20\text{-}30 \text{ mg}_{\text{CO}_2}/\text{g}_{\text{sorbente}}$, valore in buon accordo con quelli riportati in condizioni analoghe in letteratura.

I test condotti con la miscela $\text{CO}/\text{H}_2\text{O}$ sono invece serviti a verificare le potenzialità dell'uso del sorbente per un aggiustamento *in-situ* della composizione del gas di alimentazione in modo da poterlo poi impiegare per la sintesi di metano.

Tra le varie combinazioni esaminate, la più promettente è risultata essere quella che utilizza il $\text{PMG70}/\text{K}_2\text{CO}_3$ in cui il ferro è trasferito direttamente sul sorbente. In questo caso infatti, entro certi limiti dettati dal quantitativo assoluto di sorbente impiegato, si è osservato sia cattura di CO_2 sia arricchimento della miscela gassosa con rapporto H_2/CO confrontabile con quello richiesto dalla reazione di metanazione. Tuttavia sui materiali recuperati alla fine dei test, sia in presenza di attivazione catalitica sia senza, si è riscontrato sviluppo di depositi carboniosi. Tale deposito è da ricondursi ad una possibile reazione di disproporzione del CO alimentato ed evidenzia la necessità di condurre una attenta valutazione sulla composizione della miscela di alimentazione al fine di evitare l'insorgere di tale problema nel corso della sperimentazione con la corrente reale.