

# Sviluppi tecnologici negli impianti di abbattimento fumi per forni elettrici

G. Pansera, N. Griffini

*I forni elettrici ad arco pongono problemi sia di impatto ambientale che di esposizione ad agenti inquinanti per i lavoratori. Questo comporta una richiesta di riduzione delle emissioni inquinanti durante il ciclo di produzione, con particolare interesse alle emissioni atmosferiche.*

*La produzione di inquinanti atmosferici, che è rappresentata non solo da polveri, e tra queste ossidi di metalli pesanti, ma anche da composti gassosi tra i quali citiamo CO, NOx, VOC e diossine e furani, è ovviamente dovuta in maniera prevalente alla fusione di rottami metallici al forno elettrico. Gli impianti di aspirazione fumi da forno elettrico sono normalmente composti da una linea primaria che cattura le emissioni direttamente dal quarto foro della volta forno e da una linea secondaria che è preposta all'aspirazione di tutte le altre emissioni che non sono captabili dalla linea primaria come durante le fasi di carica e/o colata. In questo modo è possibile raggiungere efficienze totali dell'ordine del 95÷99% in termine di polveri catturate rispetto a quelle prodotte dal forno elettrico nel ciclo completo di colata. Questa presentazione vuole descrivere gli impianti industriali capaci di raggiungere tali prestazioni attualmente disponibili nell'impiantistica siderurgica.*

Parole chiave: ecologia, acciaio, acciaieria

## CONTROLLO DELLE EMISSIONI ATMOSFERICHE DA UN EAF

Il forno elettrico lavora con la volta aperta e chiusa, a seconda delle differenti fasi del processo (carica, fusione, affinazione, colata...); pertanto si chiamano emissioni primarie quelle catturate con la volta chiusa, mentre le altre sono dette emissioni secondarie ed entrambe sono raccolte dall'impianto di aspirazione ed abbattimento.

Il cuore dell'impianto di aspirazione fumi è costituito dal filtro. Il tipo di impianto che, per i sempre più stretti vincoli imposti all'emissione e per ragioni economiche legate a costi di installazione e gestione, si è andato affermando è un impianto a secco equipaggiato con un filtro a maniche con sistema di lavaggio con aria compressa (filtro pulse-jet diffuso principalmente in Europa) o a flusso inverso (bag-house o reverse-air diffuso soprattutto in nord America).

L'impianto d'aspirazione dei fumi provenienti da un EAF assume tipicamente la seguente configurazione (Fig.1):

1. Le emissioni primarie (1600°C circa) sono estratte direttamente dal Quarto foro della volta dell'EAF (1) e raccolte dalla curva raffreddata del condotto d'aspirazione.
2. Un condotto fisso separato dal forno, a volte munito di un ultimo tratto mobile per permettere l'apertura della volta del forno (2) è posto di fronte alla suddetta curva quando il forno è in posizione orizzontale (fasi di fusione e affinazione) e raccoglie e miscela i fumi fuoriuscenti dalla curva e l'aria ambiente aspirata attraverso il "gap" esistente fra i due condotti.

La funzione di questa aspirazione aggiuntiva è quella di introdurre nei fumi una quantità di ossigeno sufficiente a bruciare tutto il CO ancora presente e di contribuire al raffreddamento dei fumi stessi.

3. I gas aspirati passano poi nella Post Combustion Chamber o Drop Out Box (3) (cosiddetta per mettere in evidenza il fatto che nella stessa avviene il completamento

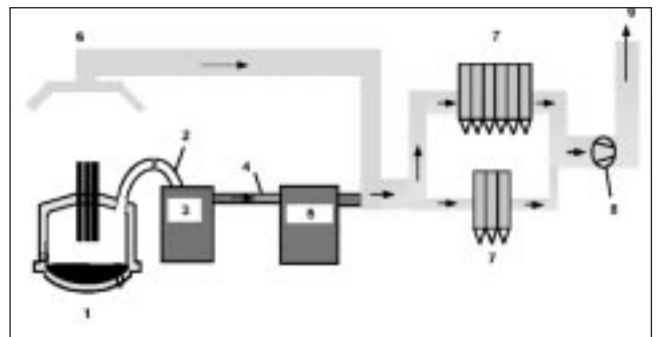


Fig. 1 – Impianto trattamento fumi emessi da EAF (configurazione tipica).

Fig. 1 – EAF dedusting plant (typical arrangement).

4. Dopo ciò i gas caldi entrano in un condotto raffreddato (WCD Water Cooled Duct)(4), il quale raffredda i gas a temperature comprese tra i 500°C e gli 800°C, in funzione della lunghezza del WCD.
5. Lasciato il WCD, i gas caldi sono ulteriormente raffreddati (5) per mezzo di uno scambiatore a convezione forzata (FDC) o a convezione naturale (NDC) o mediante una torre di quenching (QT). I gas caldi sono raffreddati normalmente a temperature tra i 200°C e i 300°C. Il limite inferiore di detto intervallo di temperature è ovviamente imposto da ragioni economiche dato che il costo dello scambiatore (di qualsiasi tipo sopra citato) cresce esponenzialmente scendendo al disotto dei 200°C.
6. La serranda di controllo dell'aspirazione primaria (DEC-Damper), che è abitualmente posta dopo il gruppo di raffreddamento, regola la portata di gas estratta dall'EAF, allo scopo di non asportare dal forno troppo calore nelle fasi in cui la generazione di fumo è limitata.
7. I gas primari con temperature tra i 200°C-300°C sono miscelati con i gas secondari a temperature comprese tra

G. Pansera, N. Griffini  
Voest-Alpine Impianti S.r.l. - Trezzo S/Adda (MI)

i 50°C-70°C e provenienti da una cappa (6) posta sopra il forno, raggiungendo così temperature al di sotto dei 130°C, appropriate per la filtrazione in un filtro a maniche, tipicamente corredato di maniche in poliestere(7).

#### LINEA DI ASPIRAZIONE PRIMARIA

La linea di aspirazione primaria raccoglie la maggior parte delle emissioni dell'EAF attraverso il cosiddetto Quarto Forno, durante le operazioni del forno a volta chiusa. Pertanto l'aspirazione primaria opera solo quando il forno è in posizione orizzontale, con la volta in posizione chiusa.

La sua efficienza è strettamente legata al valore di depressione in forno, mantenuta dall'impianto di aspirazione. Tale efficienza è tuttavia limitata in conseguenza di improvvisi aumenti della pressione nel forno, dovuti principalmente a frangimenti del rottame, reazioni nel bagno o aggiunta di additivi. Per tale motivo è opportuno che, anche nelle fasi di lavoro del forno a volta chiusa sia mantenuta una certa aspirazione anche dalla cappa secondaria del forno stesso.

#### LINEA DI ASPIRAZIONE SECONDARIA

La linea secondaria raccoglie le aspirazioni provenienti da cappe poste sopra il forno, le quali possono avere un singolo punto di aspirazione o più di uno all'interno di una cappa più grande per una più omogenea aspirazione.

Il dimensionamento corretto di una cappa si basa su considerazioni di carattere geometrico (diametro del tino, distanza fra livello superiore del tino e livello inferiore della cappa stessa ecc.) e di carattere fluido-dinamico (velocità di ingresso fumi in cappa, tempo di permanenza ecc.)

Pur correttamente dimensionata secondo i criteri suddetti, formalizzati da vari organi tra i quali recentemente dalla stessa Regione Lombardia, l'efficienza di una captazione secondaria può essere notevolmente influenzata dalla presenza di movimenti d'aria orizzontali dovuti alle aperture nel capannone dell'acciaieria, di altre sorgenti di aria calda presenti nello stesso capannone, dalla presenza e dimensione dello stesso carro-ponte di carica ecc.

Per tale motivo la verifica del corretto dimensionamento di una cappa secondaria è sempre più affidata a programmi di simulazione fluido-dinamica computerizzata.

In ogni caso, sia per le continue variazioni di portata da aspirare durante il ciclo di produzione, sia per migliorare la qualità dell'ambiente circostante la zona del forno, occorre considerare che la cappa da sola non è in grado di garantire una completa raccolta (100%) di tutte le emissioni salvo in caso di sovradimensionamento irrazionale ed antieconomico dell'impianto di abbattimento fumi.

Il raggiungimento del target sopracitato è solo possibile con l'utilizzo di una elephant-house.

#### Elephant-House

È una chiusura totale che isola il capannone forno ed evacua le emissioni attraverso la cappa posta sul tetto.

Per questo tutte le aperture del capannone andrebbero sigillate e l'intero modulo del forno tenuto completamente chiuso durante tutte le fasi del processo. Anche qui i grandi portoni scorrevoli per la carica dei rottami nel forno devono essere aperti solo per il tempo strettamente necessario per questa operazione.

In tal caso la portata della cappa deve essere dimensionata non solo per assicurare la captazione dei fumi emessi durante carica e/o colata ma anche il sufficiente ricambio d'aria all'interno del modulo per ragioni termiche e di vivibilità.

Questo significa normalmente la progettazione di un impianto con la stessa portata massima di un normale impianto

ma con una portata media sensibilmente più alta per i motivi suddetti.

#### RAFFREDDAMENTO DEI GAS PRIMARI

Il raffreddamento dei gas primari in uscita dall'EAF può essere ottenuto mediante diversi sistemi, di cui i principali sono lo scambiatore a convezione forzata (FDC) e la Quenching Tower (QT).

Nella scelta del sistema più idoneo notevole influenza sta avendo la necessità di limitare il contenuto di diossine e furani all'emissione.

L'introduzione di una regolamentazione in merito già in alcune regioni europee e l'attesa di una prossima estensione a tutta l'area comunitaria di una regolamentazione della materia ha indirizzato lo sviluppo dei sistemi di depurazione dei gas aspirati da EAF in questa direzione.

Notoriamente i composti chimici delle succinate famiglie di diossine e furani possono essere totalmente crackizzati nel forno elettrico, a temperature superiori agli 850÷900°C ma possono riformarsi allorchè i fumi del forno permangono a temperature comprese fra i 600°C e i 280°C (De-novo synthesis). Quantitativamente il fenomeno è proporzionale alla durata di tale condizione.

Di conseguenza appare evidente come il sistema di raffreddamento utilizzato sia importante e come i sistemi di raffreddamento più rapidi siano da preferire.

Per tale motivo, ma non solo, la quenching tower è il sistema di raffreddamento dei fumi primari che più si è diffuso negli ultimi anni, in nuovi impianti ovvero nel revamping di impianti esistenti.

La sostituzione da FDC a QT può essere effettuata senza apportare cambiamenti significativi al sistema di aspirazione nel suo complesso ed i risultati in termini di prestazioni del nuovo sistema sono eccellenti [1].

Le ragioni della sostituzione degli FDC con le QT ed i positivi effetti che ne conseguono, come la limitazione alla riformazione della Diossina vengono discussi e dimostrati di seguito.

#### LO SCAMBIATORE A CONVEZIONE FORZATA (FDC)

I più comuni tipi di Scambiatore a convezione forzata (Forced draught cooler) utilizzati negli impianti di aspirazione da un EAF sono gli scambiatori di calore a pacco tubiero o a piastre a flussi incrociati (Fig. 2).

Il secondo tipo di scambiatore è ritornato in auge per la riduzione dei costi di manutenzione ottenibili rispetto ad uno scambiatore tradizionale a pacco tubiero.

Nell'impianto di aspirazione primaria lo scambiatore è tipicamente posto a valle del condotto raffreddato (WCD) dei fumi caldi. Lo scambiatore può raffreddare fumi alle temperature di 550°C-600°C fino a temperature di circa 200°C-300°C. La temperatura dei fumi in ingresso allo scambiatore dipende fortemente dal materiale con cui esso è realizzato, in questo caso Corten o 16Mo03.

Lo scambiatore a tubi/piastre funziona raffreddando in uno o due passaggi i fumi caldi in ingresso.

Tra i tubi è forzato il passaggio di aria a temperatura ambiente sfruttando così la convezione per asportare il calore dai fumi aspirati; questo fatto è molto importante per le successive considerazioni.

La configurazione tipica di uno scambiatore FDC a flussi incrociati è quella qui riportata (Fig.3). Lo scambiatore qui presentato deve il suo nome al fatto che le direzioni di flusso dei fumi caldi e dell'aria di raffreddamento formano tra loro un angolo di 90°. L'aria fredda è forzata a scorrere tra tubi/piastre mediante l'utilizzo di appositi ventilatori installati su un lato dello scambiatore.

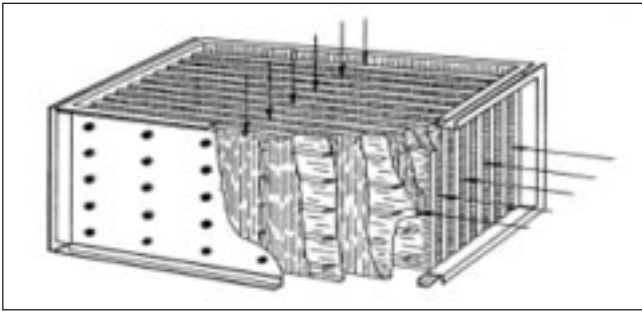


Fig. 2 - Scambiatore a piastre.

Fig. 2 - Plate cooler.

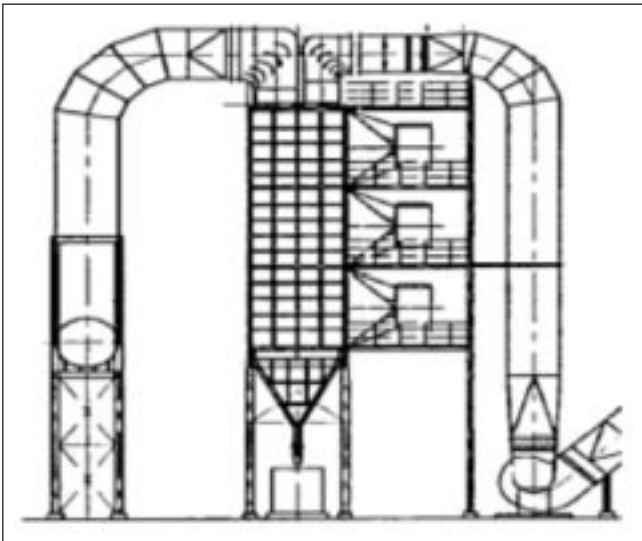


Fig. 3 - Scambiatore a piastre a flussi incrociati.

Fig. 3 - Cross flow plate cooler.

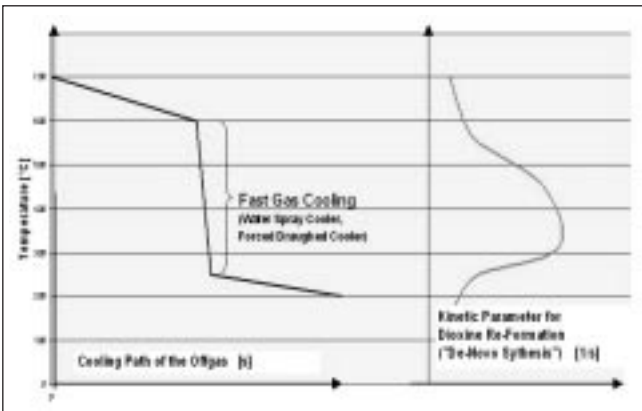


Fig. 4 - Andamento della temperatura e velocità di reazione.

Fig. 4 - Temperature and reaction speed diagram.

**RIDUZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI DIOSSINA E TORRE DI QUENCHING (QT)**

Tra gli agenti inquinanti emessi durante i processi metallurgici la diossina risulta essere tra i più pericolosi. Il problema delle emissioni di diossina è particolarmente critico nei processi di produzione dell'acciaio mediante forno elettrico EAF in generale, ma il problema diventa ancora più rilevante nei forni con preriscaldamento rottame.

La diossina è un termine generico che indica un composto di 75 PCDD (polychlorinated dibenzo-p-dioxins) e 135 PCDF (polychlorinated dibenzo furans).

In questi anni la VAIM si è dedicata allo studio di nuove tecniche per la depurazione degli off-gas, investigando i processi di generazione della diossina e sviluppando tecniche di abbattimento degli agenti inquinanti sempre più efficaci.

Da questi studi [2] è emerso che la concentrazione di diossina nella aspirazione primaria è almeno 10 volte maggiore di quella nell'aspirazione secondaria, nonostante il flusso primario provenga direttamente dalla zona di combustione dove le diossine dovrebbero essere distrutte dalle alte temperature.

La maggior concentrazione è legata al fatto che durante la fase di raffreddamento dei gas primari, la diossina si riforma come risultato della reazione tra componenti organici e cloro in essi presenti e ciò avviene per temperature comprese tra i 280°C e i 600°C. Tale processo, che assume il nome di "De novo Synthesis" ed ha un massimo di produttività tra i 300°C-500°C (Fig.4). A causa di esso si ritrovano spesso alte concentrazioni di diossina nei gas primari.

Dal momento che la reazione chimica della sintesi dipende sia dalla temperatura che dal tempo, la quantità di diossina prodotta è legata al tempo di permanenza dei gas a temperature comprese tra i 280°C-600°C.

Come anticipato, il processo di rigenerazione della diossina può essere minimizzato raffreddando il gas molto velocemente, riducendo quindi al minimo il tempo in cui esso rimane alle temperature della sintesi ex novo.

Tale principio chimico-fisico è ottimizzato nella Torre di Quenching (QT), la quale, come indica il termine inglese "quench", effettua un raffreddamento rapido dei fumi primari mediante iniezione di getti d'acqua, abbassando così la temperatura dei gas a valori inferiori ai 280°C.

La tecnologia sviluppata dalla VAIM-DECOS integra la QT in un sistema chiamato DRS (Dioxin Reduction System, sistema di riduzione della diossina) basato sulla tecnica del raffreddamento in due passi TSC (Two Step Cooling):

Primo passo: la temperatura è ridotta rapidamente nella quenching tower DECOS tramite lance e ugelli nebulizzatori bicomponenti (acqua, aria compressa) che DECOS ha messo a punto grazie all'esperienza maturata con l'installazione di nr. 18 torri di quenching negli ultimi 8 anni.

Un'esatta quantità d'acqua nebulizzata assicura che i fumi caldi vengano raffreddati a temperature comprese tra 250°-280°C (come richiesto).

Secondo passo: i fumi primari vengono rapidamente ed ulteriormente raffreddati miscelandoli con i fumi secondari più freddi (canopy hood, L.F., Ferro-Alloys de-dusting etc.), rendendoli così adatti alla filtrazione nel filtro a maniche.

La maggior difficoltà a raggiungere il contenimento della diossina mediante l'utilizzo del più comune FDC ha portato nel corso degli anni a preferire la QT come sistema di raffreddamento dei fumi primari. Per comprendere la ragione per cui una riduzione della diossina è facilitata dall'uso della QT rispetto ad un FDC, si può osservare quanto segue.

Sebbene il tempo di permanenza del gas caldo nel FDC e nella QT sia approssimativamente identico:

FDC: velocità media gas ca. 20 m/s, lunghezza 25 m, t = 1,25 s

QT: velocità media gas circa 8 m/s, lunghezza 10 m, t = 1,25 s.

Le curve di raffreddamento sono completamente differenti ed evidenziano come i tempi di raffreddamento ottenuti con la QT siano nettamente inferiori a quelli ottenibili con un FDC.

Questa differenza è legata alla tipologia di raffreddamento attuata dai due sistemi, in particolare il raffreddamento nello scambiatore FDC avviene per convezione (gas/gas), mentre nella QT avviene per evaporazione dell'acqua nebulizzata,

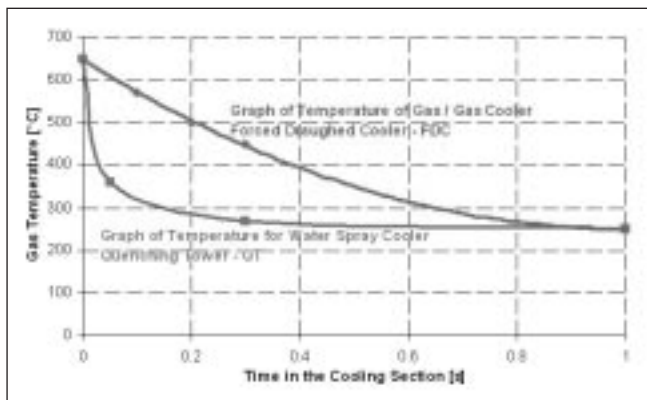


Fig. 5 - Temperatura del gas in funzione del tempo in un Forced Draught Cooler (FDC) ed in una quenching Tower (QT).

Fig. 5 - Raw gas temperature vs. time in a Forced Draught Cooler (FDC) and in a Quenching Tower.

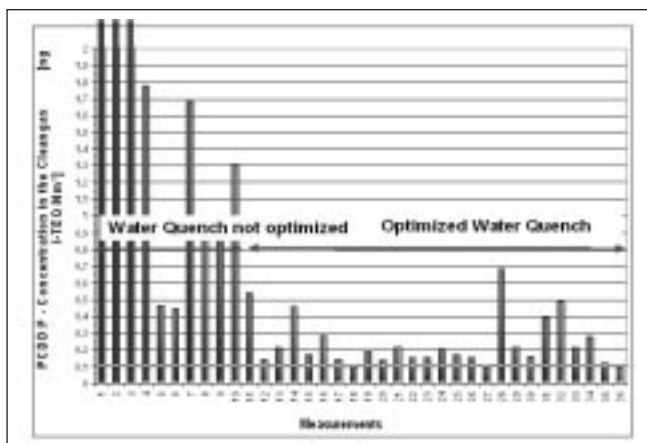


Fig. 6 - Sommario delle misure di PCDD/F nell'impianto dove un FDC è stato sostituito da una QT.

Fig. 6 - Resume of measurements of PCDD and PCDF after substitution of a FDC with a Quenching Tower.

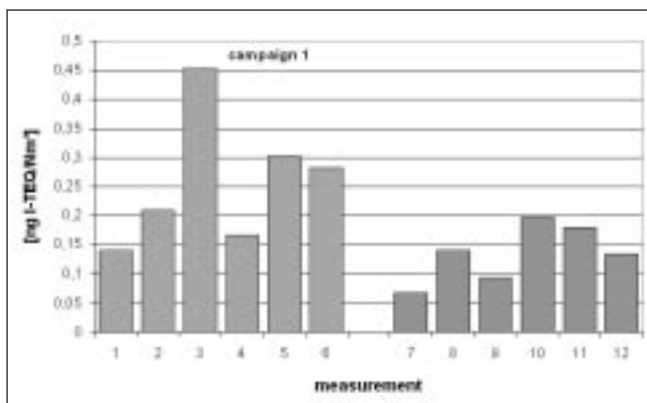


Fig. 7 - Misure di PCDD/F nei fumi puliti al camino durante la fase di ottimizzazione della diossina (fase 1 = prima dell'ottimizzazione; fase 2 = dopo l'ottimizzazione).

Fig. 7 - Measurements of PCDD/F in the clean gas at the stack during the adjustment of a dedusting plant for the optimisation of dioxin control (phase 1 before optimisation, phase 2 after optimisation).

con possibilità di asportare maggiori quantità di calore in minor tempo. (Questo dato è legato alla superficie di esterna delle gocce d'acqua ed è ampiamente noto nell'industria chimica, dove il processo di quenching risulta essere una prassi comune.) Le tipiche differenze di temperature (o tempo) lungo la curva di raffreddamento del gas sono mostrate

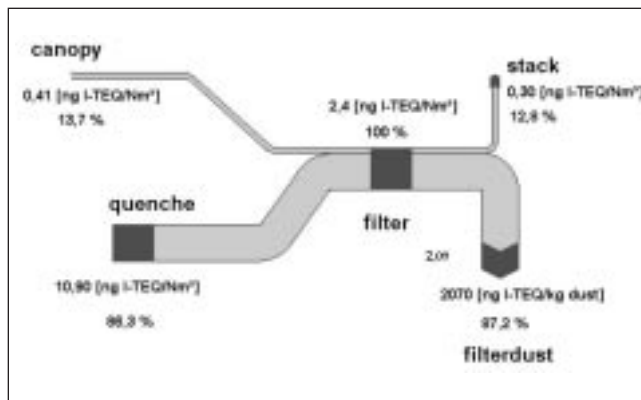


Fig. 8 - Concentrazioni di polveri emesse in atmosfera con l'utilizzo della QT.

Fig. 8 - Emission dust content by means of QT.

di seguito in Fig. 5 (temperatura in funzione del tempo). La QT attuando un raffreddamento rapido risulta essere molto più efficiente rispetto ad un FDC nella riduzione della rigenerazione della diossina. Ciò è stato inoltre provato da misure di PCDD/F effettuate in un impianto dove l'esistente FDC è stato sostituito da una QT [3]. La riduzione nella concentrazione di Diossina a seguito della installazione della QT in sostituzione del FDC è evidente. Si può inoltre vedere come sia stato possibile ottimizzare la QT in maniera tale da ridurre ulteriormente la concentrazione di diossina (vedi Figg. 6 e 7).

Ottimizzazione della QT ha significato una serie di miglioramenti impiantistici atti ad assicurare una temperatura dei fumi di ingresso in torre il più possibile vicina o superiore ai 600°C e la messa a punto di una regolazione automatica della iniezione di acqua di raffreddamento più stabile.

L'utilizzo della QT e della successiva filtrazione delle polveri porta ad ottenere delle basse concentrazioni di diossina emessa in atmosfera dal camino, come è possibile vedere dalla figura 8, in cui è presentata la distribuzione di diossina in un impianto d'aspirazione fumi provenienti da un EAF tipico.

Nonostante le buone prestazioni della torre di quenching difficilmente essa è in grado di garantire il raggiungimento degli 0,1 ng/Nm<sup>3</sup> in modo continuativo.

Per il raggiungimento di questo valore, già richiesto in alcune regioni europee e che è atteso come valore massimo nel medio periodo in tutta la Comunità Europea, diventa necessario un ulteriore intervento.

Premesso che valori più bassi di polverosità al camino corrispondono a minori contenuti di diossina e che basse temperature al filtro favoriscono ulteriormente la separazione della diossina nelle polveri filtrate, abbiamo potuto riscontrare che i migliori risultati possono essere ottenuti iniettando nel flusso dei gas, a monte del filtro, del materiale assorbente che, fornendo alla diossina una notevole possibilità di aggregazione a particelle di polvere più grosse e facilmente filtrabili, favorisca la separazione della diossina nelle polveri separate dal filtro (Fig.9).

Il materiale iniettato è un coke di lignite, poroso e macinato molto fine in modo da avere un elevato rapporto superficie/volume; è così possibile favorire la precipitazione della diossina. L'iniezione avviene tramite ugelli, prima del filtro e dopo il ciclone; ovviamente la resa dipende dalla situazione a monte.

Come si può vedere dal diagramma di figura 10 la tendenza della diossina a concentrarsi in particelle di piccole dimensioni, necessaria per la successiva rimozione nel filtro a maniche, è direttamente proporzionale alla diminuzione della temperatura dei fumi all'ingresso del filtro.

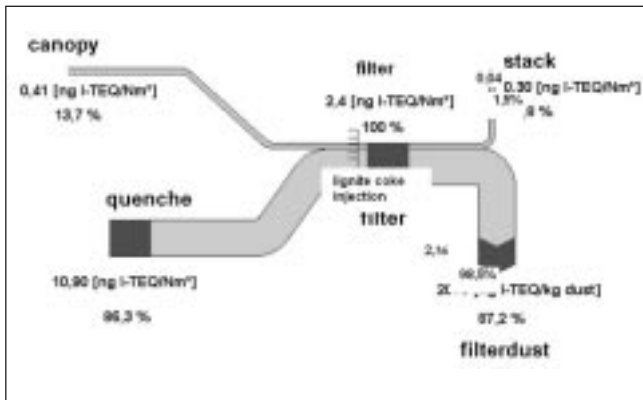


Fig. 9 – Concentrazioni di polveri emesse in atmosfera con l'utilizzo della QT ed iniezione di materiale assorbente.

Fig. 9 – Emission dust content by means of QT and absorbent media injection.

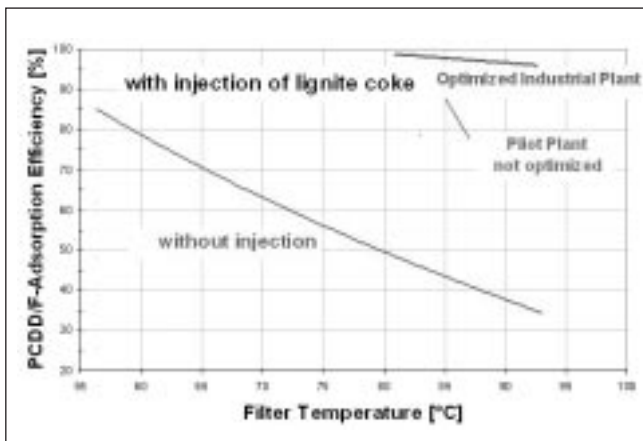


Fig. 10– Efficienza di assorbimento della diossina in funzione della temperatura di ingresso al filtro.

Fig. 10– Dioxin absorption efficiency vs. filter inlet temperature.

Per raggiungere i desiderati livelli di asportazione della diossina potrebbe essere necessario avere una temperatura in ingresso filtro anche minore di 80°C se non si usa un sistema di iniezione della lignite, con il quale è possibile ottenere la massima efficienza; tuttavia bisogna tener conto anche di problemi di potenziale condensazione.

Per forni tradizionali il valore di diossina presente nei fumi raggiungibile con questo sistema è di 0,1 ng/Nm<sup>3</sup>. Per forni con preriscaldamento è necessario fare una crackizzazione nella camera di post-combustione con temperature elevate, di circa 900°-950°C; difatti nei forni tradizionali la diossina non dovrebbe raggiungere la linea primaria direttamente dal 4° foro. La quantità di assorbente da iniettare varia dai 150 ai 500 mg/Nm<sup>3</sup>.

Nella figura 11 viene mostrato un sistema di dosaggio e distribuzione della lignite in un condotto fumi.

La Quenching Tower non è l'unico sistema per raggiungere bassi valori di diossina, ma occorre precisare che realizzando un raffreddamento più rapido permette di avere meno diossina nei fumi che raggiungono il filtro; in questo modo viene limitata notevolmente la quantità di carbone da iniettare rispetto a quello richiesto da un impianto con FDC, realizzando un risparmio sia per quanto riguarda il materiale adsorbente stesso che per lo smaltimento della polvere.

Compresi i vantaggi derivanti dall'utilizzo della QT ed in considerazione che essa rappresenta l'ultima affermata novità in un impianto d'aspirazione dei fumi primari da forno elettrico, vale la pena di analizzare più nel dettaglio in cosa consiste e come funziona una QT.

Abitualmente nel sistema di raffreddamento dei primari provenienti dal forno, la QT è posta a valle del condotto di gas caldi raffreddato ad acqua. La QT può raffreddare gas a temperature ≤ 1.000°C (con l'uso, per valori superiori, di materiale refrattario all'interno della QT) portandoli a temperature tra i 250°C – 280°C.

Nel tipo più comune di quenching tower usate da Decos per gli impianti d'aspirazione dagli EAF, i gas caldi entrano nella quenching tower dalla parte inferiore (vedi Fig. 12), passando attraverso un'ampia camera centrale in cui la velocità dei fumi è rallentata e il flusso stabilizzato e reso costante.

Dopo l'ingresso il gas caldo è immediatamente raffreddato dall'evaporazione dell'acqua nebulizzata iniettata nella parte inferiore della torre mediante delle apposite lance (Fig.13) Infine, il gas raffreddato e secco esce dalla sommità della QT ed entra in un altro condotto per essere poi miscelato con i fumi secondari.

La QT è usualmente composta da una torre verticale in acciaio di forma cilindrica, di diametro dai 3,2 ai 6 m, con altezza dai 10 ai 15 m.

All'ingresso (parte inferiore della torre) un insieme di lance con ugelli spruzzatori (vedi Fig. 13) è posto intorno alla torre.

Le lance vengono alimentate ad acqua ed aria compressa per spruzzare nel gas caldo acqua, nebulizzandola in moltissime gocce di piccolo diametro in modo tale che la superficie di scambio sia grandissima e di conseguenza i tempi di evaporazione ridottissimi.

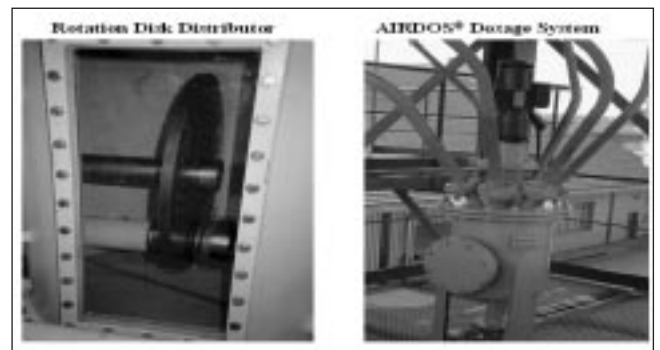


Fig. 11 – Sistema di dosaggio e distribuzione lignite.

Fig. 11 – Distribution and dosing lignite system.



Fig. 12 – Torre di Quenching.

Fig. 12 – Quenching Tower.

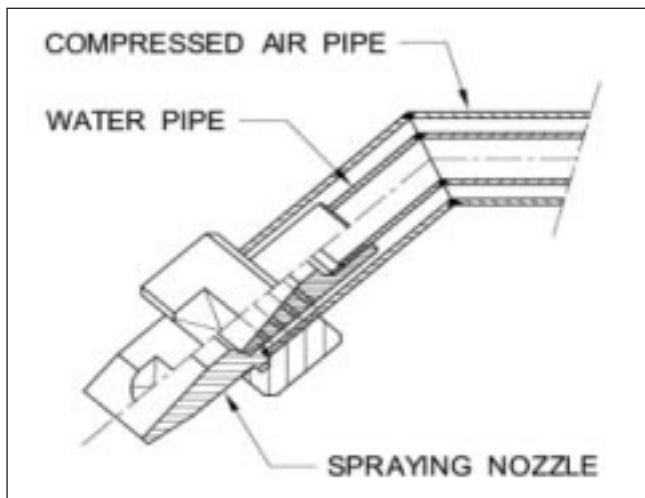


Fig. 13 – Ugello per spruzzatura impiegato in una torre di Quenching.

Fig. 13 – Spraying nozzle installed in a quenching tower.

**CONFRONTO TRA FORCED DRAUGHT COOLER  
E QUENCHING TOWER**

Oltre alla capacità della QT di contenere le emissioni di Diossina, un ulteriore vantaggio derivante dal suo utilizzo consiste nel fatto che gli impianti esistenti già equipaggiati con un FDC possono essere facilmente ammodernati, permettendo un sensibile aumento della capacità di aspirazione primaria (dal momento che la perdita di pressione dovuta alla QT è notevolmente più bassa di quella di un FDC) spesso anche con una sensibile riduzione dello spazio occupato (Fig. 14).

Detto aumento di capacità di aspirazione del lato primario del sistema di aspirazione fumi può essere effettuato senza cambiare i ventilatori principali del sistema, spesso carenti in termini di prevalenza totale.

In altri termini possiamo anche dire che, grazie al fatto che la caduta di pressione sul lato primario è più bassa, a parità di portata, l'impianto può essere gestito con un consumo inferiore di energia elettrica.

Inoltre ricordiamo come la massima temperatura d'ingresso di una QT è di 1.000°C contro i 600°C nel FDC, questo permette di limitare la lunghezza del condotto raffreddato primario (WCD) e, più in generale, una maggior flessibilità impiantistica.

La QT richiede una manutenzione inferiore (controllo e pulizia sistematica degli ugelli delle lance) rispetto ad un FDC a causa della maggior o minor tendenza all'intasamento dei tubi o delle piastre di quest'ultimo, problema che ovviamente non è presente in una QT.

**EFFICIENZA NELL'ABBATTIMENTO  
DELLE POLVERI INQUINANTI**

Nei moderni impianti d'aspirazione dai forni EAF è possibile raggiungere concentrazioni di polvere inferiori a 5mg/Nm<sup>3</sup> nelle emissioni in atmosfera mediante un filtro a maniche tipo pulse-jet. Un ulteriore riduzione di queste concentrazioni di polveri non riduce però significativamente la concentrazione della diossina nel gas pulito.

Differenze significative nell'abbattimento della diossina si possono raggiungere mediante iniezione di materiale assorbente. Va inoltre detto che la capacità del filtro di ridurre la concentrazione di PCDD/F aumenta al diminuire della temperatura dei fumi in ingresso al filtro.

A dimostrazione della efficienza raggiunta dai moderni impianti di aspirazione, nella tabella 1 riportiamo i risultati di

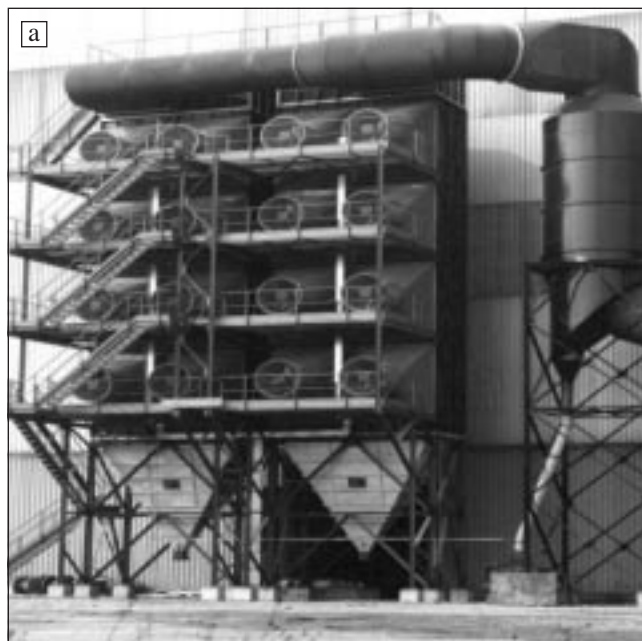


Fig. 14 – Sostituzione di un FDC (a) con una QT (b) in una installazione esistente.

Fig. 14 – Substitution of a FDC with a QT in an existing plant.

recenti analisi effettuate su una installazione VAIM-DE-COS, in cui è utilizzato un filtro a maniche di tipo pulse-jet ed una QT per l'abbattimento della diossina e delle polveri inquinanti. È un impianto nel quale si trova in funzione un forno da 70 t, con una produttività di 100 t/h.

**NOTE CONCLUSIVE**

Per una efficiente pulizia dei fumi provenienti da un forno elettrico una combinazione di trattamenti di natura termica, quali la post combustione dei gas primary, il rapido raffreddamento realizzato in una quenching tower, l'iniezione di assorbenti, consente di ridurre la concentrazione di diossina a livelli persino inferiori a quelli specificati nelle normative. La tecnologia descritta in questa memoria per minimizzare i quantitativi di diossina presenti nei fumi risulta la più efficiente e la più economica tra quelle considerate allo stato dell'arte attuale.

Tabella 1 – Risultati di analisi effettuate su una installazione VAIM-DECOS.

Table 1 – Typical emission gas content at the stack for an EAF dedusting plant.

| Inquinanti       |                       | Concentrazioni  |               | Flusso           |               |
|------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|---------------|
|                  |                       | Valori misurati | Valori limite | Valori calcolati | Valori limite |
| polveri          | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 4,6             | 5             | 2,8 (kg/h)       | 3(kg/h)       |
| O <sub>2</sub>   | %                     | 20,3            | -             | -                | -             |
| CO <sub>2</sub>  | %                     | 0,5             | -             | -                | -             |
| CO               | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 80              | 200           | 58,7 (kg/h)      |               |
| SO <sub>2</sub>  | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | <3              | -             | <2,2             | -             |
| N <sub>2</sub> O | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 12              | -             | 8,8              | -             |
| NOx              | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 16              | 100           | 11,7 (kg/h)      | 20 (kg/h)     |
| COV totali **    | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 2               | -             | 1,47 (kg/h)      | -             |
| COV nm **        | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 1               | -             | 0,73 (kg/h)      | -             |
| HCl              | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 0,2             | -             | 146,8 (kg/h)     | -             |
| HF               | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 0,2             | -             | 146,8 (kg/h)     | -             |
| metalli          |                       |                 |               |                  |               |
| Gruppo 1 (1)     | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 0,12            | 0,15          | 68,8 (g/h)       | 75 (g/h)      |
| Gruppo 2 (2)     | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 0,003           | 0,1           | 2,2 (g/h)        | 9 (g/h)       |
| Gruppo 3 (3)     | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | <LD             | 1,0           | <LD              | 40 (g/h)      |
| Gruppo 4 (4)     | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 1,136           | 5,0           | 834 (g/h)        | 400           |
| Fe               | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 1,67            | -             | 1226 (g/h)       | -             |
| Ti               | (mg/Nm <sup>3</sup> ) | 0,003           | -             | 146,8 (g/h)      | -             |
| PCDD/PCDF        | (pg/Nm <sup>3</sup> ) | 73              | 500           | 0,054 (mg/h)     | 0,25          |

\* espresso in equivalenti di NO<sub>2</sub>  
 \*\* espresso in equivalenti di C  
 (1): Pb particolato + gas  
 (2): Cd+Hg+Ti particolato + gas  
 (3): As+Se+Te particolato + gas  
 (4): Sb, Cr, Co, Cu, Sn, Mn, Ni, V e Zn particolato + gas

RIFERIMENTI

- [1] L. Noska, E. Gramigna, J. Lehner , “The use of spray towers to cool primari gases produced by EAF in comparison with traditional forced air coolers”- EEC 7 /Paper #75.
- [2] J. Lehner, W. Gebert, W. Fingerhut, “Solutions for Dioxin Removal form EAF Offgas”.
- [3] J.Lehner, A. Friedacher, “Campaign PCDD/F measurements in the clean gas”, (Sept.1999-2000)

A B S T R A C T

TECHNOLOGICAL DEVELOPMENTS OF DEDUSTING PLANTS FOR ELECTRICAL ARC FURNACES

**KEY WORDS:**  
 ecology, steel, steelmaking

New environmental requirements pushed the research for new solution in the electrical arc furnaces (EAF) dedusting plants design. The lower thresholds that were recently updated in many European regions and overseas country to the steelshops emissions forced a rethinking of some items of the dedusting plant concept. The main upgrade is related to the dioxins (PCDD) and furans (PCDF) emission control. It's enough well known that these compounds families are cracked at a temperature higher than ab. 900°C and that they can be re-formed in a range of temperatures of 600°C to 280°C. The first target is normally achieved inside the melting fur-

nace and can be improved by a proper operation of the furnace itself. The product of the re-formation (so called De Novo Synthesis) that takes place in the a.m. temperatures range, is proportional to the time that is required to pass through this range. The goal is to decrease the temperature of the raw gas in the fastest time and at this purpose good result were achieved with the installation of the quenching tower in the EAF primary dedusting circuit. The cooling effect of the fumes is reached by the injection of fine droplets of water in the gas flow with time of ab. 0,2±0,4 seconds to cross the dangerous temperatures range. The measurements done in different plants showed a significant improvement with respect to the traditional cooling fumes systems and increased the interest towards the Quenching Tower as a very important development in the environmental technology.