

RECUPERO DEL CALORE DISPERSO E RIDUZIONE DEL CARICO INQUINANTE NEL PROCESSO PRODUTTIVO DEI LATERIZI

G. Nasseti, C. Palmonari

Centro Ceramico - Bologna
Via Martelli 26 - 40138 Bologna

SOMMARIO

Viene presentata una tecnica di abbattimento delle sostanze organiche volatili (SOV), derivanti dalla cottura dei laterizi alveolati, mediante post-combustione termica dei fumi del forno con recupero di calore a favore del post-combustore, dell'essiccatoio e della mattoniera.

La tecnica presentata, che nasce dallo sviluppo di un Progetto Finalizzato CNR concluso nel 2003 e teso all'ottimizzazione dei processi produttivi dei materiali ceramici tradizionali tramite il recupero dei cascami energetici e la riduzione del carico inquinante, garantisce la riduzione della concentrazione di SOV al di sotto di quella stabilita dalle normative vigenti in altri paesi dell'Unione Europea (Austria e Germania), permette di ridurre i costi energetici del post-combustore di oltre il 95% e permette di ridurre ulteriormente le emissioni di anidride carbonica rispetto ad un processo di post-combustione senza recupero termico.

L'azienda di laterizi che ha partecipato al progetto è la Gattelli S.p.A. di Russi (RA), produttrice di laterizi alveolati e facente parte del Consorzio Poroton.

Il Centro Ceramico di Bologna, in qualità di Coordinatore Scientifico, ha svolto le indagini energetiche nei contesti produttivi esaminati e ha impostato lo studio per ottimizzare i recuperi energetici, sulla base del quale sono sorte successivamente le proposte impiantistiche.

Sulla base delle misure energetiche e dello studio di fattibilità è stata effettuata la progettazione dell'impianto di abbattimento da parte della SIB SIBER di Castel Maggiore (BO), azienda leader nella progettazione di bruciatori e post-combustori.

La tecnica progettata viene a recuperare 2700 kW per il processo di post-combustione e 1280 kW per il processo produttivo (essiccatoio e mattoniera). Il recupero termico dei cascami energetici contribuisce ad abbattere quasi completamente il costo energetico della depurazione mediante post-combustione, riducendolo al 4% della spesa energetica della post-combustione senza recuperi; in altre parole, con questo sistema si fa la post-combustione quasi a gratis.

Il risparmio energetico nell'arco dell'anno è pari a 2713 TEP equivalenti a 3.230.230 Sm³ di gas naturale. Dal punto di vista ambientale e con particolare riferimento alla riduzione dei gas serra, la riduzione dei consumi energetici ottenibile nel processo produttivo della fornace Gattelli comporterebbe una riduzione dell'emissione annua di anidride carbonica pari a 6240 tonnellate.

1. PREMESSA

La tecnologia che viene presentata nasce dallo sviluppo di un Progetto Finalizzato, finanziato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche e concluso nel 2003, teso all'ottimizzazione dei processi produttivi dei materiali ceramici tradizionali tramite il recupero dei cascami energetici e la riduzione del carico inquinante provenienti dalle macchine termiche utilizzate.

Il Progetto Finalizzato ha interessato tutti i settori dei materiali ceramici tradizionali (piastrelle, laterizi, sanitari, stoviglie, colorifici ceramici), coinvolgendo importati aziende a livello nazionale nonché le Associazioni industriali di riferimento.

Il Centro Ceramico di Bologna, in qualità di Coordinatore Scientifico, ha svolto le indagini energetiche nei contesti produttivi esaminati e ha impostato lo studio per ottimizzare i recuperi energetici, sulla base del quale sono sorte successivamente le proposte impiantistiche.

Gli obiettivi della ricerca erano fondamentalmente due: (i) il recupero del calore disperso e (ii) la riduzione dell'impatto ambientale. In particolare, nel settore dei laterizi, gli scopi che s'intendeva perseguire sono stati:

- il recupero del calore attualmente disperso coi fumi, mediante scambio termico, a favore (i) della produzione di vapore per il processo di estrusione della pasta e (ii) dell'essiccamento del materiale;

- la depurazione dei fumi dalle sostanze inquinanti, soprattutto quelle derivanti dalla produzione di materiali alveolati.

L'azienda di laterizi che ha partecipato al progetto è la Gattelli S.p.A. di Russi (RA), produttrice di laterizi alveolati e facente parte del Consorzio Poroton.

Come ben noto, i laterizi alveolati hanno una struttura caratterizzata da una miriade uniforme di piccoli alveoli, con dimensioni non superiori ai 2,5 mm, non comunicanti tra loro, tale da ottenere una diminuzione del peso e, soprattutto, della conduttività termica del materiale, senza peraltro diminuirne la resistenza meccanica.

La struttura alveolare è ottenuta aggiungendo all'impasto palline di polistirene espanso (in alcuni casi anche in combinazione con altri additivi combustibili, quali segatura, fanghi di cartiera, coke, noccioli d'oliva, lolla di riso) che, bruciando in cottura, lascia uno spazio vuoto, l'alveolo appunto.

Reazioni di pirolisi e di combustione incompleta di questi additivi portano alla formazione di sostanze organiche, tra cui sono presenti sicuramente aldeidi, nonché altre sostanze di natura diversa (SOV) che vengono emesse dal camino del forno.

In alcuni paesi dell'Unione Europea (quali ad esempio Austria e Germania) sono state redatte normative per definire i limiti e tenere sotto controllo le emissioni di SOV. In Italia non esiste ancora una normativa cogente, ma ci si aspetta che

l'Unione Europea possa emettere una direttiva, da proporre a tutti i paesi membri, che venga prima o poi recepita anche qui. Pertanto è elevato l'interesse del settore ad individuare una tecnologia di abbattimento delle SOV, che presenti costi d'investimento e di gestione relativamente contenuti.

Le SOV si possono abbattere o con processi di separazione, che però non sono convenienti per le concentrazioni che si hanno nel processo dei laterizi alveolati, o con processi di post-combustione dei fumi. La post-combustione permette di ossidare le SOV contenute nei fumi, convertendole in vapor d'acqua e anidride carbonica.

Esistono tre tecniche di post-combustione: termica, catalitica e rigenerativa; la *post-combustione termica* presenta vantaggi in termini di (i) un'efficienza di distruzione delle SOV quasi totale, (ii) un ingombro limitato dell'apparecchiatura, che è semplice, affidabile e adattabile a diverse condizioni operative (anche per il trattamento di correnti contenenti particolato), (iii) un investimento relativamente contenuto e (iv) una ridotta manutenzione. Per contro, presenta un notevole costo energetico e, pertanto, elevati costi operativi derivanti dal prezzo del gas naturale.

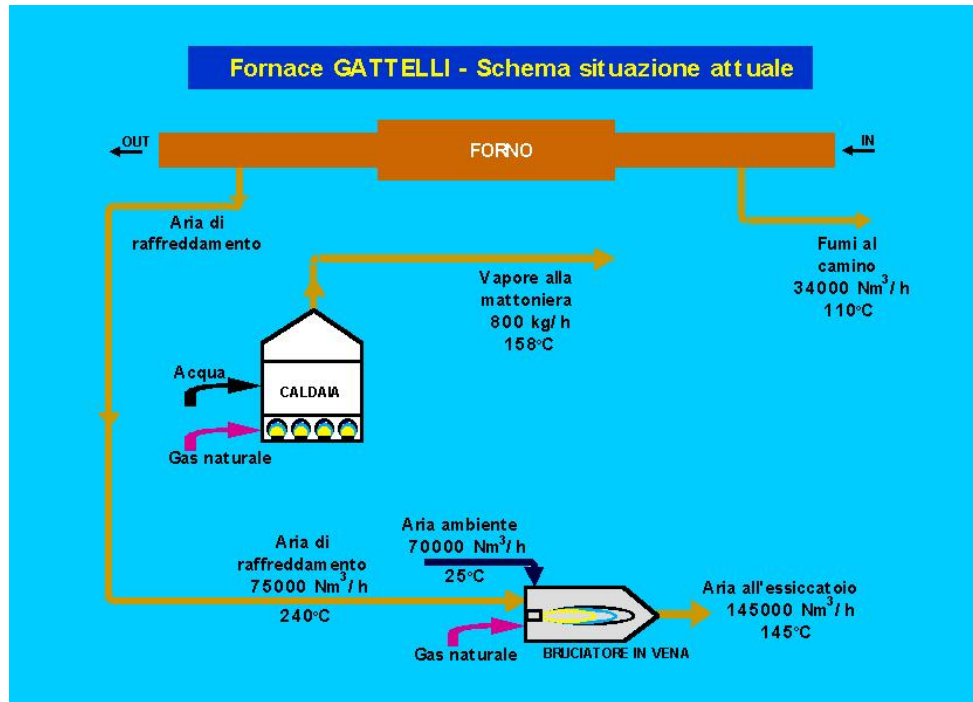


Figura 1. Situazione impiantistica attuale.

2. IL PROGETTO

Come è stato detto, la post-combustione termica presenta un minore costo d'investimento ma un notevole costo energetico, che si può ridurre in larga misura se vengono sfruttati al meglio i cascami energetici del processo produttivo; in altre parole, se vengono recuperati in massima parte i flussi di calore disperso.

Nel caso specifico della fornace Gattelli si è pensato di sviluppare e realizzare una tecnica di post-combustione termica dei fumi del forno con recupero di calore a favore del post-combustore, dell'essiccatoio e della mattoniera.

Il recupero termico al post-combustore, come preriscaldamento dei fumi da trattare, all'essiccatoio, come preriscaldamento dell'aria di essiccamento, e alla mattoniera, come produzione di vapore, serve per abbattere i costi energetici della post-combustione.

Sulla base delle misure energetiche e dello studio di fattibilità è stata effettuata la progettazione dell'impianto di abbattimento da parte della SIB SIBER di Castel Maggiore (BO), azienda leader nella progettazione di bruciatori e post-combustori.

Il forno a pieno regime produce 27.000 kg/h di blocchi di laterizio alleggeriti nella massa. Dai dati rilevati nell'indagine energetica è emerso che (Fig. 1) il cascame energetico "fumi"

ha una portata di 34.000 Nm³/h ad una temperatura di 110°C. In figura sono riportati anche i contenuti entalpici del vapore per la mattoniera e dell'aria calda per l'essiccatoio.

Considerato che il valor medio della concentrazione di sostanze organiche presenti nei fumi del forno della fornace Gattelli, rilevato mediante una precedente analisi ambientale sull'emissione stessa, è risultato non eccessivamente elevato, si è deciso di progettare l'impianto di abbattimento in modo da trattare circa la metà del volume dei fumi uscenti dal camino, cioè 18.000 Nm³/h. In tal modo si ottimizza il dimensionamento economico dell'impianto, poichè si riduce l'investimento per il post-combustore e nello stesso tempo viene garantito l'abbattimento delle sostanze organiche per l'intera emissione, riducendo la concentrazione di esse al di sotto del valore imposto dalle normative.

La tecnica di post-combustione con recupero dei cascami energetici si realizza mediante un circuito (Fig. 2) dove 18.000 Nm³/h di fumi a 110°C, prelevati dal flusso globale dei fumi uscenti dal forno, incontrano un primo **scambiatore fumi-fumi a fascio tubiero**, in cui si riscaldano a 527°C° a spese del calore sottratto ai fumi stessi dopo il trattamento nel post-combustore.

I fumi così riscaldati entrano quindi nel **post-combustore**, dove vengono portati a 750°C in modo che le sostanze

inquinanti subiscano il processo di ossidazione e vengano abbattute. I fumi preriscaldati in ingresso al post-combustore contribuiscono a ridurre di circa 2700 kW (2.326.000 kcal/h) il costo energetico del post-combustore, che, senza tale recupero, sarebbe pari a 4150 kW (3.570.000 kcal/h).

I tempi di permanenza dei fumi nella camera di combustione sono amplificati grazie ad una speciale griglia turbolatrice, che permette di ottenere una seconda combustione (*re-burning*) ed ancora una terza (*burning-out*), suddivise entro il circuito di ossidazione. Tale sistema

permette di ottenere, coi normali dimensionamenti previsti per questo tipo di post-combustore, oltre alla completa ossidazione delle SOV anche una sensibile riduzione degli ossidi di azoto, ben nei limiti delle più severe normative in vigore all'estero (si ricorda che, oltre ai singoli limiti di emissione per CO ed NO_x, viene posto un limite cumulativo CO + NO_x per tener conto dell'effetto di rinforzo che ciascuno dei due inquinanti esercita sull'altro).

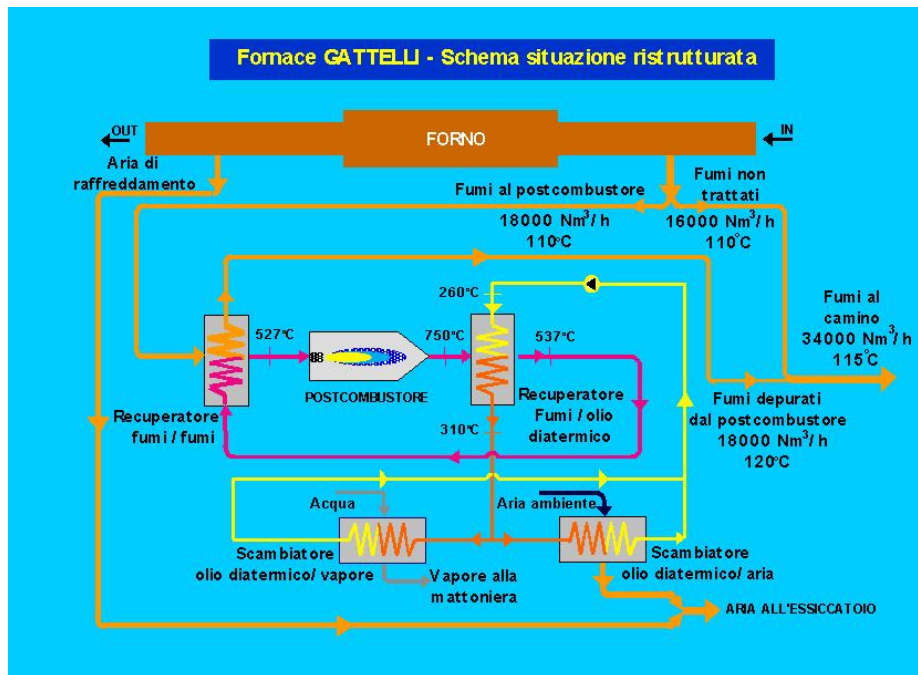


Figura 2. Situazione impiantistica con l'applicazione della post-combustione con recupero termico.

All'uscita del post-combustore, i fumi entrano in un secondo **scambiatore fumi- olio diatermico a fascio tubiero**, dove cedono calore, innalzando la temperatura dell'olio diatermico da 260°C a 310°C.

I fumi rientrano quindi nel primo scambiatore, dove cedono calore e si raffreddano fino a 120°C, ed infine vengono convogliati al camino, assieme all'altra metà del volume di fumi non depurati, dove escono ad una temperatura di circa 115°C.

Il calore recuperato nel secondo scambiatore viene trasferito, mediante un circuito ad olio diatermico, all'essiccatoio e alla mattoniera. La scelta dell'olio diatermico, quale fluido termovettore, è stata determinata dalle grandi distanze che separano il punto di trattamento fumi (post-combustore) dai punti di destinazione del recupero termico (in particolare l'essiccatoio). L'olio diatermico, infatti, presenta i vantaggi di ingombri molto minori, migliore isolamento e, soprattutto, ottima stabilità e prontezza di regolazione.

Il circuito ad olio diatermico è dotato di due scambiatori:

a) un **generatore di vapore ad olio diatermico (evaporatore)**, dove vengono recuperati circa 600 kW (517.000 kcal/h), sotto forma di vapore per il processo di estrusione;

b) uno **scambiatore olio diatermico-aria a fascio tubiero**, per preriscaldare circa 70.000 Nm³/h di aria ambiente in ingresso all'essiccatoio, con capacità di recupero da un

minimo di 678 kW (583.000 kcal/h) ad un massimo di 1280 kW (1.100.000 kcal/h, quando l'evaporatore è escluso).

Con tale circuito è possibile recuperare circa 1280 kW (1.100.000 kcal/h) a favore o dell'essiccatoio, o della mattoniera, o di entrambi.

Tale flessibilità è richiesta, per la buona gestione dell'impianto di produzione dei laterizi, a causa (i) delle diverse condizioni stagionali, (ii) dei differenti tipi di materiale in produzione e (iii) dei transitori dovuti ai cambi di produzione.

Infatti, nei mesi estivi è più necessario avere una notevole produzione di vapore per la mattoniera, in quanto l'argilla ha una bassa umidità, mentre il fabbisogno termico dell'essiccatoio è interamente coperto dal recupero di calore dell'aria di raffreddamento proveniente dal forno (essendo l'aria di diluizione, che viene immessa nell'essiccatoio in aggiunta all'aria di raffreddamento del forno per ottenere i volumi necessari, ad una temperatura tra i 30 e 35°C); al contrario, nei mesi invernali l'aria in ingresso all'essiccatoio ha bisogno di essere maggiormente riscaldata perchè è più fredda, mentre la mattoniera ha meno necessità di vapore in quanto l'argilla è più umida.

Inoltre il materiale in produzione è costituito di diversi tipi, più o meno pesanti, che caricano diversamente i carri che entrano nell'essiccatoio e nel forno; pertanto, a seconda del tipo di materiale, varia la quantità di calore richiesto in

essiccamento e disponibile dal forno (come aria di raffreddamento) e quindi la regolazione dell'essiccatoio.



Figura 3. Bilancio energetico.

3. LE ECONOMIE E I BENEFICI AMBIENTALI

Nella configurazione sopra descritta, l'impianto descritto viene a recuperare 2700 kW (2.326.000 kcal/h) per il processo di post-combustione e 1280 kW (1.100.000 kcal/h) per il processo produttivo (essiccatoio e mattoniera).

Quindi il recupero termico dei cascami energetici contribuisce ad abbattere quasi completamente il costo energetico della depurazione mediante post-combustione. Infatti il bilancio di energia termica nella configurazione ristrutturata (Fig. 3) è pari a $(4150 - 3980) \text{ kW} = 170 \text{ kW}$ (144.000 kcal/h).

Tale quantità di calore, che rappresenta la spesa energetica della post-combustione con recupero termico, costituisce il 4% della spesa energetica della post-combustione senza recuperi; in altre parole, con questo sistema si fa la post-combustione quasi a gratis.

Il risparmio energetico ottenibile dal progetto è costituito dal calore recuperato per la post-combustione e per il processo produttivo nell'arco dell'anno, per un totale di 7920 h/a (poichè il forno funziona a ciclo continuo per 330 giorni all'anno) e cioè:

$$(2.326.000 + 1.100.000) \text{ kcal/h} \times 7.920 \text{ h/a} = 2713 \text{ TEP}$$

equivalenti a $3.230.230 \text{ Sm}^3$ di gas naturale.

Considerando un costo unitario per il gas naturale di 0,212 Euro/ Sm^3 , l'economia che ne deriva, rispetto ad un impianto di post-combustione senza recuperi di calore, è pari a 684.000 Euro per anno.

Considerando un costo d'investimento di circa un milione di Euro, il risparmio energetico consentirebbe di ottenere un ritorno dell'investimento in circa un anno e mezzo.

Dal punto di vista ambientale e con particolare riferimento alla riduzione dei gas serra, la riduzione dei consumi energetici ottenibile nel processo produttivo della fornace Gattelli comporterebbe una riduzione dell'emissione annua di anidride carbonica pari a 6240 tonnellate.

4. CONCLUSIONI

I risultati del progetto hanno verificato la possibilità di applicare al processo produttivo dei laterizi alveolati una tecnica di abbattimento delle SOV mediante post-combustione termica che, nelle condizioni della fornace Gattelli:

- garantisce la riduzione della concentrazione di SOV al di sotto di quella stabilita dalle normative vigenti in Austria e Germania;
- permette di ridurre i costi energetici del post-combustore di oltre il 95%, grazie al recupero termico a favore della mattoniera e dell'essiccatoio;
- permette di ridurre ulteriormente le emissioni di anidride carbonica rispetto ad un processo di post-combustione senza recupero termico.

La tecnica presentata è applicabile agli impianti che producono laterizi alleggeriti in massa, la cui produzione totale, pari a tre milioni di tonnellate anno, rappresenta il 17% della produzione di laterizi in Italia.