

La valorizzazione del calore di scarto con i cicli ORC



Figura 1 - Vista aerea dell'impianto ORC nello stabilimento di CementiRossi a Pederobba (TV)

Un caso di studio reale nel settore del cemento per affrontare le nuove sfide della transizione energetica e della decarbonizzazione. Anche attraverso un ripensamento dei processi produttivi

Sergio Morlacchi,
Business Development Manager
EXERGY

La transizione energetica e la decarbonizzazione delle economie mondiali sono una sfida enorme e complessa che richiede un impegno globale, l'integrazione di diverse tecnologie, esistenti e nuove, e un ripensamento dei processi produttivi. Sulle tecnologie che avranno un ruolo determinante nella conversione energetica l'attenzione degli investitori e dei governi è concentrata sullo sviluppo delle rinnovabili, in particolare eo-

lico e fotovoltaico, e su nuove tecnologie, come l'idrogeno verde e cattura e sequestro della CO₂.

Esiste tuttavia una serie di tecnologie già mature e comprovate che possono avere un impatto diretto e immediato sulla riduzione dell'impronta carbonica delle attività produttive, e al contempo migliorare l'efficienza energetica riducendo la domanda di energia convenzionale.

Il recupero di calore dai cascami termici prodotti in tutti i processi di lavorazione industriale più energivori (cemento, acciaio, vetro, chimico e petrolchimico) rappresenta oggi una tecnologia matura, economicamente vantaggiosa e rapidamente implementabile per migliorare la sostenibilità e

l'efficienza dei processi di produzione, e allo stesso tempo ridurre i costi operativi e aumentare la profittabilità dell'azienda. In particolare, per il settore cementizio questa tecnologia è molto utile e ampiamente applicata in tutto il mondo.

“ Gli impianti per il recupero di calore di scarto si rivelano vantaggiosi non solo per abbattere le emissioni di inquinanti in atmosfera, ma anche per ulteriori benefici economici

Si contano oggi più di 850 impianti installati globalmente per il recupero di calore di scarto dagli impianti per la produzione di cemento, la maggior parte concentrati in Asia, con Cina, India e Giappone in primo piano per numero di installazioni. Anche in Europa si guarda con sempre maggiore interesse a questa tecnologia, e il numero di impianti realizzati è cresciuto negli ultimi anni. Questa tendenza si conferma in crescita anche per il prossimo decennio, trainata dalla necessità del settore - che è uno dei maggiormente energivori - di accelerare il processo di decarbonizzazione.

Gli impianti per il recupero di calore di scarto si rivelano vantaggiosi non solo per abbattere le emissioni di inquinanti in atmosfera, ma anche per ulteriori benefici economici che possono portare all'industria del cemento. Infatti, recuperando energia dal calore residuo, è possibile ridurre i costi operativi e aumentare i margini di EBITDA dal 10 al 15%. Considerando che nel settore cementizio i costi energetici incidono per circa il 25% sul totale dei costi operativi, un sistema per il recupero di calore aiuta a ridurli producendo elettricità da impiegare per autoconsumo. Un sistema per il recupero di calore può arrivare a sostenere fino al 30% della richiesta energetica del processo produttivo. Questo si traduce in un aumento della redditività del business e conseguentemente della competitività dell'azienda sul mercato.

I sistemi per il recupero di calore presentano ulteriori vantaggi, quali per esempio la flessibilità di integrazione anche in stabilimenti già esistenti, senza richiedere lunghi e costosi interventi, con conseguenti interruzioni delle attività in impianto.

La tecnologia più diffusa e tradizionalmente impiegata per il recupero di calore nel settore del cemento è il ciclo "Rankine" a vapore, ma in anni recenti i sistemi "Rankine" a fluido organico (ORC) si sono diffusi maggiormente in virtù di alcune caratteristiche che li rendono più competitivi e perciò preferibili rispetto ai cicli a vapore:

- maggiore flessibilità nel design di impianto e quindi nella costruzione. Questo garantisce la possibilità di adattare il layout dell'impianto ORC alle limitazioni di spazio o di processo specifiche per ciascuno sito produttivo;

- migliore efficienza di ciclo per applicazioni a temperature più basse (dai 90°C fino ai 350°C) in diversi intervalli di temperatura e di carico;
- nessun consumo di acqua, grazie alla possibilità di utilizzare un condensatore ad aria, diversamente da quanto avviene con un sistema a vapore; questa soluzione è doppiamente vantaggiosa nel caso in cui l'acqua non sia disponibile in loco o se l'impianto si trova in una posizione isolata;
- Maggiore sicurezza e affidabilità di accesso costante all'energia per il processo produttivo.

L'impegno dei cementifici a introdurre nuove tecnologie di produzione più efficienti e sostenibili sta portando a una diminuzione dell'energia termica richiesta per la produzione del clinker. Tale tendenza favorirà l'impiego della tecnologia ORC, preferibile rispetto ai cicli Rankine a vapore per la sua maggior efficienza e competitività in range di temperature medie e basse.

Applicazioni innovative per il recupero di calore con gli ORC: la soluzione per CementiRossi

EXERGY è un fornitore leader di sistemi ORC con circa 500 MWe di referenze in diverse applicazioni. L'innovazione chiave introdotta da EXERGY nella tecnologia ORC nel 2010 è stata l'utilizzo della Turbina Radiale Centrifuga (ROT). Questa turbina applicata ai cicli Rankine a fluido organico permette di beneficiare di ulteriori vantaggi rispetto a un ciclo ORC tradizionale che utilizza turbine assiali o radiali centripete.

Gli impianti ORC di EXERGY, grazie all'utilizzo della ROT offrono:

- una maggiore efficienza di ciclo che può arrivare fino al 30% grazie ad un elevato numero di stadi su turbina a disco singolo;
- migliori prestazioni in condizioni di off design;
- design di impianto più semplice e flessibile;
- minor rumore e vibrazioni grazie a una turbina a bassa velocità di rotazione;
- una manutenzione semplice e veloce, grazie ad un gruppo meccanico brevettato di facile estrazione.

“ Per CementiRossi SpA, nello stabilimento produttivo di Pederobba (TV), EXERGY ha realizzato un design di impianto specifico per recuperare il calore disponibile nei gas esausti del raffreddatore del clinker e del preriscaldatore producendo 3,5 MW di elettricità

Tutti questi aspetti rendono la tecnologia di EXERGY molto efficiente, flessibile e competitiva sul mercato.

Un esempio innovativo di impianto realizzato da EXERGY per applicazione nel recupero di calore è stato sviluppato per CementiRossi SpA, nello stabilimento produttivo di Pederobba (TV). Per questo cliente, EXERGY ha realizzato un design di impianto specifico per recuperare il calore disponibile nei gas esausti del raffreddatore del clinker e del preriscaldatore producendo 3,5 MW di elettricità.

La richiesta e la proposta

Cementi Rossi aveva necessità di una soluzione su misura chiavi in mano, che includesse il design dell'impianto, la produzione, l'installazione, il collaudo e l'avviamento dell'impianto ORC. Gli scambiatori di calore non erano inclusi nell'oggetto del contratto. Le sfide tecniche di questo progetto riguardavano alcune limitazioni di spazio per il collocamento dell'impianto nello stabilimento esistente, severi limiti per le emissioni di rumore e la richiesta da parte del cliente di utilizzare un fluido non infiammabile per il ciclo ORC in modo da preservare la sicurezza delle operazioni in impianto. EXERGY ha progettato e fornito un ORC per il recupero di calore che garantisse elevate prestazioni e la massima efficienza possibile rispettando le richieste del cliente per questo progetto.

Per soddisfare la prima necessità del cliente, relativa alla ridotta disponibilità di spazio in sito, EXERGY ha optato per una soluzione compatta, pre-assemblando l'unità ORC sullo skid, e chiudendo la turbina, il generatore, lubrificatore e le tenute dell'olio in un container di dimensioni standard.

Questo design di impianto su misura ha permesso di contenere l'unità ORC, incluso il condensatore ad aria, in uno spazio di 35 x45 metri. Chiudere le turbine e il generatore in un container ha permesso inoltre di abbattere il rumore e rispettare i limiti di emissioni imposti dalla presenza di un'area urbana limitrofa. In aggiunta la soluzione di assemblare preventivamente in officina alcune componenti dell'impianto ha quasi dimezzato i tempi di

consegna e installazione dell'impianto rispetto alle normali tempistiche per questo tipo di impianti e portato al contempo a un risparmio sui costi finali di installazione.

La vera sfida tecnica di questo progetto però riguardava la richiesta di utilizzare un fluido non infiammabile nel ciclo ORC per garantire la totale sicurezza delle operazioni in impianto. I sistemi ORC per il recupero di calore utilizzano comunemente fluidi infiammabili, poiché la natura chimica di questi fluidi (idrocarburi) permette di ottenere migliori prestazioni in termini di efficienza del ciclo. I fluidi non infiammabili non sono la scelta preferibile per gli svantaggi che presentano su applicazioni ad alta temperatura. Infatti, in questi casi non riescono a garantire elevata efficienza del ciclo e determinano quindi un calo delle prestazioni dell'impianto. Allo scopo di superare questo limite EXERGY ha ottimizzato il ciclo introducendo un sistema di "re-heating" integrato con l'unità ORC. Questa configurazione di impianto è diffusa, e comunemente utilizzata nei cicli Rankine a vapore, per esempio nelle centrali elettriche a carbone. L'idea innovativa in questo caso è stata quella di applicare questo sistema in combinazione all'ORC per garantire una elevata efficienza dell'impianto utilizzando un fluido non infiammabile.

“ La vera sfida tecnica di questo progetto riguardava la richiesta di utilizzare un fluido non infiammabile nel ciclo ORC per garantire la totale sicurezza delle operazioni in impianto

I componenti dell'impianto ORC sono costituiti da due turbine radiali centrifughe, una di alta pressione e una di bassa pressione, entrambe connesse a un singolo generatore, un sistema di "re-heating", un condensatore ad aria, l'evaporatore, il recuperatore, il sistema di lubrificazione e le tenute dell'olio. (figura 1)

Grazie a questa configurazione innovativa del ciclo, il fluido entra in una prima fase nella turbina ad alta pressione dove si espande e poi esce a una temperatura più bassa. Per riscaldarsi nuovamente il fluido entra nel "reheater" e successivamente nella seconda turbina a bassa pressione. Qui espandendosi nuovamente e facendo ruotare la turbina produce attraverso il generatore circa 3.5 MW di elettricità.

Grazie all'utilizzo della ROT e a questo specifico design di impianto, EXERGY è riuscita a fornire al cliente una soluzione innovativa utilizzando un refrigerante "r1233ZDE" non infiammabile come fluido di lavoro del ciclo. L'aggiunta del sistema di "Reheating" ha permesso di aumentare del 10% l'efficienza e quindi il rendimento del ciclo rispetto ad un analogo impianto con lo stesso limite di temperatura in ingresso. (figura 2)

Cliente: CementiRossi SpA

Luogo installazione: Pederobba (TV)

Capacità della linea produttiva: 2500 t/g clinker

Potenza termica: 15 MWth

Temperatura della risorsa (Olio diatermico): 280 °C – 100°C

Potenza elettrica dell'impianto ORC: 3.5 MWe

Efficienza lorda: 22,8%

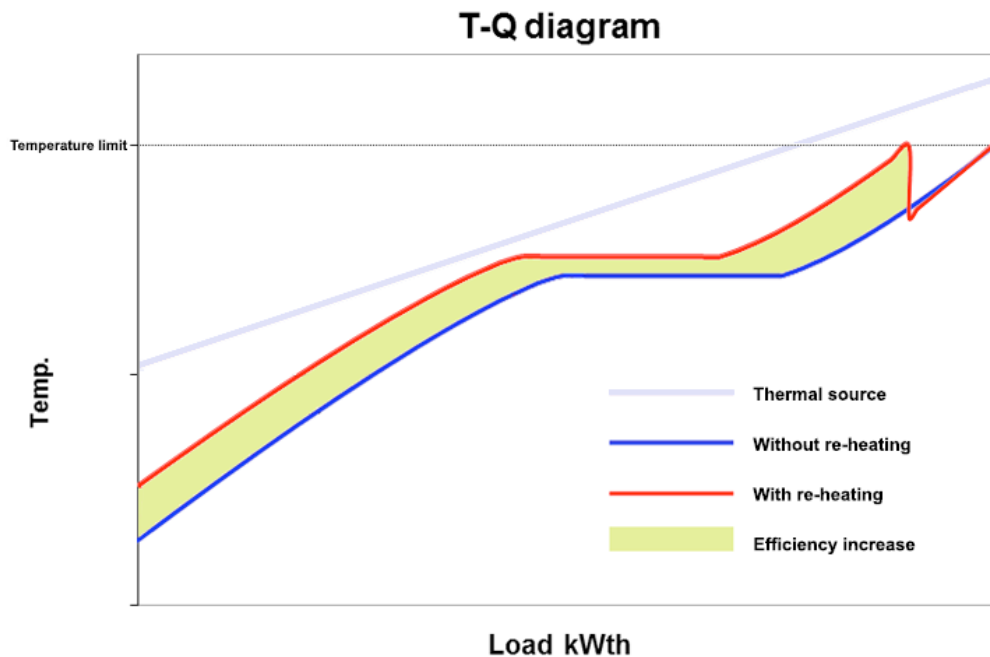


Figura 2 - Rappresentazione grafica della differenza di efficienza tra un ciclo tradizionale e quello con reheating

L'unità ORC è stata avviata nel 2020 e produce 3.5 MWe di elettricità utilizzata dal cliente per autoconsumo.

I vantaggi della soluzione

Con questa innovativa soluzione studiata da EXERGY per CementiRossi, il sistema di recupero di calore ha aumentato le sue prestazioni, raggiungendo la massima efficienza di ciclo garantendo al contempo la massima sicurezza

in impianto grazie all'uso di un fluido non infiammabile.

Per il cliente i benefici sono sia economici che ambientali. L'elettricità prodotta attraverso l'unità ORC copre approssimativamente il 30% della domanda di energia del cementificio, e riduce quindi i costi operativi aumentando la profittabilità dell'azienda. In aggiunta, l'ORC contribuisce a ridurre l'impronta carbonica del processo produttivo con il risparmio di circa 17.000 tonnellate di emissioni di CO₂ all'anno.



Sergio Morlacchi

Con una laurea in Ingegneria Meccanica conseguita presso il Politecnico di Milano e un MBA alla Liuc Business School, Sergio Morlacchi vanta una lunga esperienza nel settore energetico con un focus sulle rinnovabili. In Exergy dal 2013, Sergio ha ricoperto diversi ruoli da Project Manager a Head del Project Management con la responsabilità del coordinamento dei vari progetti e di interfaccia con i clienti. Dal 2020 ha assunto l'incarico di Business Development Manager, e si occupa di individuare nuove opportunità commerciali per lo sviluppo del business in Italia e all'estero

Exploiting Waste Heat with ORC systems: a case study in the cement sector

The industrial sector is one the major contributors of direct industrial CO₂ emissions in atmosphere. Reducing carbon and energy intensity in the heavy industry is imperative to achieve NetZero by 2050. Waste heat recovery (WHR) with Organic Rankine Cycle technology (ORC) proved to be a very effective technology to improve energy efficiency in industrial processes as well as reducing operative costs and their environmental footprint. This article will outline a real case study of a waste heat recovery solution applied in the cement sector, designed and supplied by Exergy, a leading ORC solution provider utilizing the innovative and proprietary technology of the Radial Outflow Turbine.