Il sistema MVR come leva per l'efficienza energetica dei processi industriali

Lamberto Bastiani, Proposal & Thermal Engineer di Turboden

Nel contesto della transizione energetica industriale, l'efficienza nell'uso dell'energia è diventata un fattore chiave per la competitività e la sostenibilità delle imprese manifatturiere. Alla crescente attenzione verso la riduzione delle emissioni climalteranti si affianca la necessità di contenere i costi energetici e di migliorare l'integrazione tra i diversi vettori termici utilizzati nei processi produttivi. Il recupero e la valorizzazione del calore di processo assumono un ruolo centrale, in particolare nei settori caratterizzati da un elevato fabbisogno termico. In questo scenario, le pompe di calore di grande taglia consentono, attraverso la compressione meccanica, di innalzare il livello termico di flussi a bassa temperatura, rendendoli nuovamente utilizzabili nei processi industriali o nelle reti di teleriscaldamento.

Questo approccio permette di trasformare calore di scarto in una risorsa energetica, migliorando l'efficienza complessiva dei sistemi e riducendo il consumo di energia primaria. Il loro contributo è particolarmente rilevante se si considera che riscaldamento e raffrescamento rappresentano circa la metà dei consumi energetici europei, ancora fortemente dipendenti dai combustibili fossili.

Le pompe di calore industriali si configurano quindi come una soluzione chiave per l'elettrificazione della domanda termica e l'integrazione con fonti rinnovabili. In tale scenario si inseriscono anche soluzioni basate su principi analoghi, come il sistema di Ricompressione Meccanica del Vapore (MVR), particolarmente efficace per applicazioni caratterizzate da grandi portate di vapore a bassa pressione e temperatura, come in molteplici processi industriali di evaporazione, concentrazione e distillazione.

Il sistema MVR come tecnologia di recupero energetico

Il sistema MVR è una tecnologia che consente di recuperare il vapore generato da un processo industriale e di riutilizzarlo come fonte di calore a un livello termico più elevato. Attraverso la compressione meccanica, il vapore aumenta la propria pressione e temperatura, rendendo possibile il suo reintegro nel processo produttivo e riducendo il fabbisogno di vapore prodotto da caldaia.

Molti processi industriali generano vapore a bassa pressione che, in assenza di sistemi di recupero, viene condensato e dissipato. Il sistema MVR permette di trasformare questo flusso in una risorsa energetica, migliorando l'efficienza complessiva dell'impianto e riducendo il consumo di energia primaria.

Dal punto di vista energetico, il principio è particolarmente efficace. A fronte di un consumo elettrico relativamente contenuto, è possibile valorizzare una quantità significativamente maggiore di energia termica già disponibile nel processo. Questo rende il sistema MVR una tecnologia pienamente coerente con le strategie di elettrificazione dei processi industriali e con gli obiettivi di decarbonizzazione.

Turboden sviluppa soluzioni basate su sistema MVR seguendo una visione integrata al processo industriale. La tecnologia non viene proposta come componente isolato, ma come parte integrante del sistema energetico complessivo del sito produttivo. Il know how maturato nella progettazione e costruzione diretta delle turbomacchine consente a Turboden di ottimizzare il sistema MVR in funzione delle reali condizioni operative del processo.

La fase di analisi riveste un ruolo centrale. La valutazione delle fonti di calore disponibili, dei livelli di temperatura e pressione, delle esigenze di esercizio e delle modalità operative consente di individuare la configurazione più efficace, massimizzando i benefici energetici e garantendo elevati livelli di affidabilità e continuità di esercizio.

Applicazioni nel settore cartario e il contesto delfortgroup AG

Il settore cartario rappresenta uno degli ambiti in cui le soluzioni basate su sistema MVR trovano applicazione particolarmente efficiente. Gruppi industriali come Delfort operano a livello internazionale nella produzione di carte specia-

li e tecniche, con processi caratterizzati da un uso intensivo di energia termica e dalla presenza di significativi flussi di calore di scarto a bassa temperatura.

In questo contesto, per la sede finlandese, Turboden ha sviluppato e recentemente avviato il più grande sistema di generazione del vapore senza emissioni di carbonio che prevede l'integrazione di una heat pump industriale con un sistema MVR. Il calore di scarto a bassa temperatura (10°C), tipicamente non direttamente riutilizzabile, viene recuperato mediante la pompa di calore e successivamente valorizzato grazie al sistema MVR, che consente di fornire al processo produttivo 12 MWth di vapore surriscaldato a 3,4 bar(a) con temperature che raggiungono i 150-180°C.

Questa configurazione permette di ridurre in modo significativo il ricorso a vapore prodotto da caldaia, migliorando l'efficienza energetica complessiva del sito. Il progetto costituisce una tappa significativa nella decarbonizzazione dei processi industriali ad alta intensità energetica, nonché una soluzione praticabile e attualmente disponibile che offre prestazioni superiori del previsto. Infatti, il Coefficiente di Prestazione (COP) è maggiore del 10% rispetto al valore garantito (il valore di performance (COP) effettivo dell'impianto in marcia è superiore a quello che avevamo garantito durante la stipula del contratto), testimonianza delle promettenti potenzialità di queste tecnologie. L'approccio adottato consente inoltre di limitare gli interventi sull'impianto esistente, mantenendo elevati livelli di stabilità operativa e affidabilità del processo. Il risultato è un sistema attendibile, efficiente e duraturo, in grado di ridurre le emissioni di CO_2 di circa 19.000 tonnellate all'anno.

Applicazioni nel settore agroindustriale e il contesto Co.Pro.B.

Nel settore agroindustriale, il sistema MVR trova applicazione in contesti caratterizzati dalla disponibilità diretta di vapore a bassa pressione. È il caso di realtà come Co.Pro.B., cooperativa italiana

attiva nel settore saccarifero, dove il vapore rappresenta un elemento centrale del bilancio energetico di processo.

Questo progetto è, inoltre, supportato dall'Unione Europea nell'ambito dell'iniziativa HP4INDUSTRY, che promuove lo sviluppo e la diffusione di tecnologie avanzate per la decarbonizzazione del processo industriale.

Per lo stabilimento di Co.Pro.B., la soluzione sviluppata da Turboden prevede l'utilizzo diretto del vapore di processo a bassa pressione, che viene sottoposto a ricompressione meccanica da 0,38 bar(a) e 80°C a 1,8 bar(a) e 117°C, con una capacità totale di 22 tonnellate all'ora. Il vapore compresso viene quindi riutilizzato come fonte di calore all'interno del processo, eliminando la necessità di integrazione con vapore prodotto da caldaia.

A differenza delle applicazioni nel settore cartario, in questo caso il focus è posto sulla ricompressione del vapore disponibile, senza l'integrazione di una pompa di calore per il recupero di calore a bassa temperatura. Tale configurazione risulta particolarmente efficace quando la pressione di evaporazione è sufficientemente elevata da garantire una ricompressione efficiente del vapore. In scenari caratterizzati da sorgenti termiche a temperatura molto bassa, come nel caso di Delfort, la produzione diretta di vapore richiederebbe infatti condizioni di vuoto molto elevate, con un conseguente aumento della complessità impiantistica. Nel caso di Co.Pro.B., al contrario, la disponibilità diretta di vapore di processo a una pressione adeguata consente di adottare una soluzione basata esclusivamente sulla ricompressione meccanica. Ciò evidenzia come il sistema MVR possa essere declinato in architetture differenti, adattandosi efficacemente alle specificità del processo industriale e alle risorse energetiche disponibili.

Integrazione del sistema MVR e potenzialità per la transizione energetica industriale

Il sistema MVR si configura oggi come una tecnologia affidabile e versatile, in grado di generare benefici concreti in termini di efficienza energetica e riduzione delle emissioni. Attraverso il recupero e la valorizzazione del calore a bassa temperatura, consente di ridurre in modo significativo il fabbisogno di energia primaria e l'impiego di combustibili fossili, contribuendo al contempo all'elettrificazione dei processi termici. Questa combinazione di caratteristiche lo rende uno strumento particolarmente efficace per migliorare le prestazioni energetiche dei siti industriali.

L'applicazione del sistema di Ricompressione Meccanica del Vapore in diversi settori industriali evidenzia come ogni progetto richieda una configurazione specifica, fortemente influenzata dalle condizioni operative, dai livelli di temperatura e pressione, nonché dalle esigenze di regolazione e continuità di esercizio. In questo contesto, l'integrazione impiantistica rappresenta un fattore determinante: l'efficacia della tecnologia dipende infatti dalla capacità di inserirla in modo coerente all'interno del processo esistente, ottimizzando le interazioni con le utenze termiche ed elettriche e garantendo stabilità operativa nel tempo.

Guardando alle prospettive future, il potenziale del sistema MVR è destinato a crescere ulteriormente, anche in relazione alla crescente disponibilità di energia elettrica da fonti rinnovabili e alla necessità di rendere i sistemi produttivi più flessibili e resilienti. In questo scenario, il sistema MVR può svolgere un ruolo rilevante non solo come tecnologia di efficientamento, ma come elemento chiave nell'evoluzione dei modelli energetici industriali verso configurazioni sempre più sostenibili e integrate.