

DAL MONDO  
DELL'INDUSTRIA

INGEGNERIA E SISTEMI DI MISCELAZIONE

# Progettare al meglio un impianto di idrogenazione

*La divisione Process Plants di EKATO RMT è in grado di progettare impianti di idrogenazione di scala industriale in condizioni di totale sicurezza. L'approccio seguito viene incontro alle esigenze dell'industria, che ha sempre più bisogno di ottimizzare tecnologie e tempi di realizzazione. Il gruppo EKATO è rappresentato in Italia dalla società Ravizza & C.*

DI WERNER HIMMELSBACH(\*) E PETER ROJAN(\*\*)

(\*)PRESIDENTE RICERCA E SVILUPPO, EKATO, (\*\*)DIRETTORE GRUPPO PROCESSI, EKATO

L'industria chimica sta attraversando una fase di profondo cambiamento. È ora necessaria una rapida implementazione dei progetti d'investimento. Se la sperimentazione su scala pilota, lo scale-up e la progettazione dell'impianto originano da un unico soggetto, è possibile garantire tempi di realizzazione più rapidi e tecnologie impiantistiche ottimizzate.

La divisione Process Plants di EKATO offre servizi di sviluppo e di ingegneria per alcune applicazioni selezionate, come ad esempio l'idrogenazione, ed è in grado di fornire, oltre ai propri agitatori, anche la tecnologia completa per un impianto industriale, assicurando il successo dell'iniziativa.

Come detto, un caso tipico di questo approccio si può riscontrare nella messa a punto di un processo di idrogenazione. L'idrogenazione è una reazione frequentemente utilizzata per la sintesi di prodotti chimici, sia di massa che speciali, in campo farmaceutico, alimentare o cosmetico. Tipici esempi di reazioni di idrogenazione sono: la riduzione di gruppi nitro o nitrile ad ammine, la saturazione di legami multipli del carbonio a legami semplici e la riduzione di carbonili ad alcoli. Si tratta di reazioni fortemente esotermiche che avvengono ad alta velocità, se sono adottati opportuni catalizzatori e condizioni operative adeguate.

La progettazione del reattore è normalmente basata su prove pilota, che forniscono i parametri per determinare le condizioni operative e il sistema di miscelazione da adottare. In figura 1 è riportato un esempio di reattore pilota.

Vediamo più in dettaglio quali sono le tecniche messe a punto da EKATO per progettare al meglio un impianto di idrogenazione su scala industriale.

### IMMISSIONE DELL'IDROGENO E SCAMBIO TERMICO

Illustrato in figura 2, il sistema speciale EKATO combinato di dispersione del gas consente un passaggio molto veloce dell'idrogeno dalla fase gas alla fase liquida nel reattore di idrogenazione. Allo stesso tempo la progettazione del reattore assicura una rimozione del calore di reazione molto veloce, permettendo quindi al reattore di scala industriale di operare a condizioni molto vicine a quelle di laboratorio.

L'alimentazione del gas avviene nella parte bassa del reattore, al di sotto della girante di dispersione primaria, ed è controllata dalla pressione del recipiente.



FIGURA 1 – REATTORE ELA 5 MINIPLANT AL TEST CENTER DI EKATO

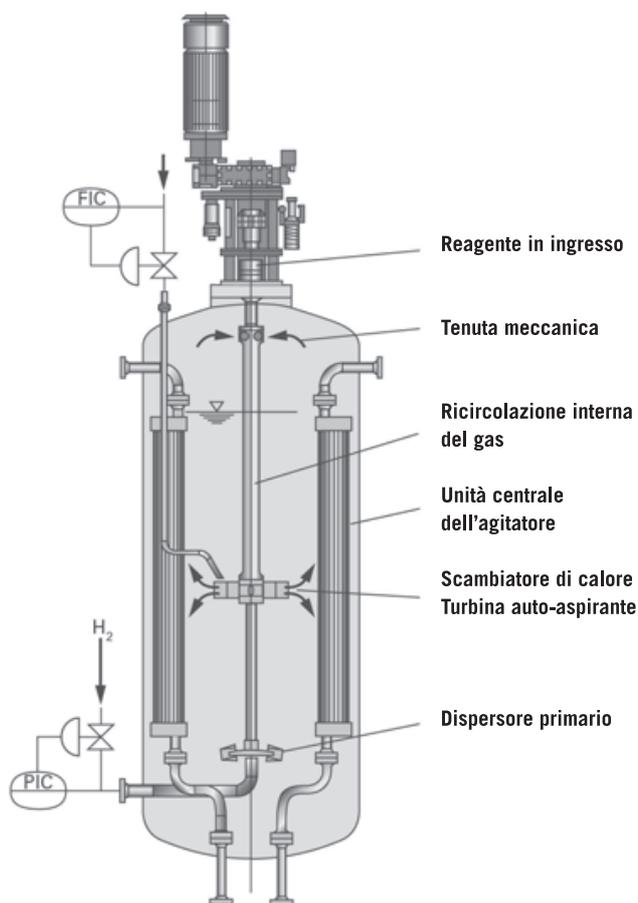


FIGURA 2 - INTERNO E SCAMBIATORI DI CALORE NEL REATTORE

La turbina autoaspirante, posta al sopra della precedente, ricircola in modo continuo nella fase liquida l'idrogeno che si accumula nel cielo del reattore. In tal modo viene assicurata una distribuzione omogenea dell'idrogeno nell'intero volume di reazione, ottenendo un'alta velocità di conversione e minimizzando la formazione di prodotti secondari.

La presenza di adeguati scambiatori di calore, spesso integrati nella struttura del reattore, è necessaria per un'efficace rimozione del calore di reazione. Al fine di evitare possibili problemi meccanici e di controllo della temperatura, normalmente EKATO non utilizza scambiatori pressurizzati alternatamente con vapore e acqua di raffreddamento. Viceversa, viene preferito un circuito secondario di riscaldamento/raffreddamento con vapore ed acqua. La temperatura del circuito di riscaldamento/raffreddamento è controllata dalla

temperatura all'interno del reattore per mezzo di un circuito di controllo a cascata. Dimensione e tipologia degli scambiatori, come pure la natura del fluido di riscaldamento/raffreddamento vengono scelti in funzione della specifica temperatura richiesta e della disponibilità delle sorgenti energetiche (Fig. 3).

### GESTIONE DEL CATALIZZATORE

La fase di preparazione, dosaggio e separazione post-reazione del catalizzatore (con l'eventuale opzione di ricaricare una parte) ha notevole importanza e una complessità spesso sottostimata. Le modalità variano notevolmente, potendo trattarsi di polveri asciutte, per sospensioni non ancora attivate, o in acqua o olio per catalizzatori piroforici. Il catalizzatore deve essere trasferito in tutta sicurezza al reattore, direttamente o tramite una stazione di preparazione, nella quantità esatta predeterminata. I sistemi di dosaggio possono variare da quelli operati manualmente, ai sistemi di trasferimento semiautomatici fino a quelli totalmente automatizzati per batch multipli.

La separazione del catalizzatore è attuata di norma mediante filtri a pressione differenziale; anche qui l'operazione può essere manuale o automatizzata. Una separazione completamente automatizzata comprende il monitoraggio del carico al filtro tramite misure differenziali di flusso, il lavaggio, la pulizia e lo scarico del pannello filtrato.

La scelta delle modalità operative della gestione del catalizzatore è generalmente effettuata in base alle necessità e alla filosofia impiantistica della società che gestirà il sistema.

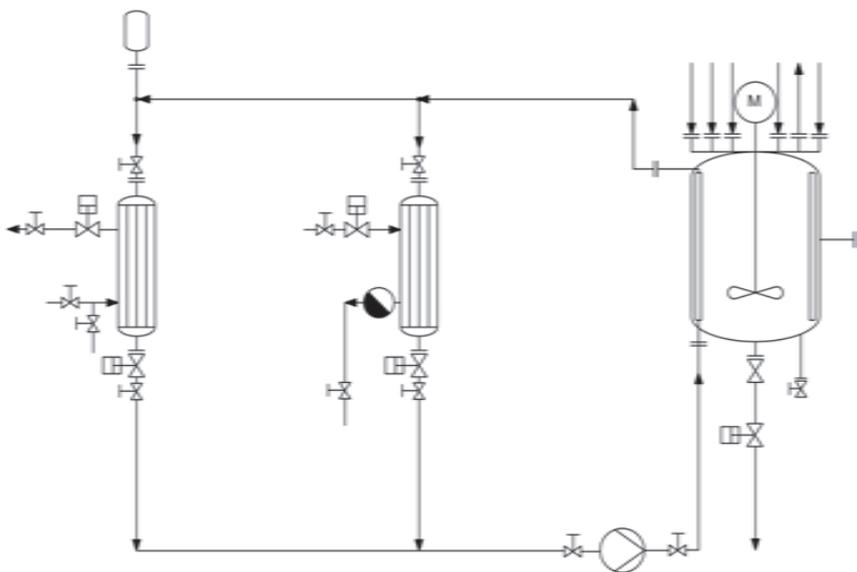
### SISTEMI AUSILIARI

I sistemi ausiliari di supporto al reattore comprendono i serbatoi necessari per le materie prime, i solventi e i prodotti di reazione; gli strumenti di misura e controllo; i sistemi di sicurezza, compresi quelli di inertizzazione e per interventi di emergenza; gli apparati per lo sfiato del sistema ed il trattamento dei gas residui.

L'acquisto di componentistica di ultima generazione non è sufficiente; è necessario che tutti gli elementi siano esattamente calcolati, evitando costosi sovradimensionamenti o pericolosi sottodimensionamenti che potrebbero generare colli di bottiglia durante l'esercizio.

### ENGINEERING

Le procedure di progettazione degli impianti chimici sono largamente standardizzate; la documentazione risultante è in accordo con la normativa DIN EN 28000-1. Devono anche essere prese in considerazione le esigenze specifiche del cliente e, durante la fase di prima imposta-



**FIGURA 3 - SCHEMA SEMPLIFICATO DEL SISTEMA DI RISCALDAMENTO/RAFFREDDAMENTO DEL REATTORE**

zione di un sistema di idrogenazione, vengono effettuate prove di laboratorio per determinare la tipologia più appropriata del reattore, le migliori condizioni operative, il tipo di catalizzatore e la metodologia della sua introduzione nel reattore e successiva separazione.

L'ingegneria di base determina quindi il dimensionamento delle apparecchiature principali, in funzione del bilancio di massa e delle utenze disponibili. Lo schema delle tubazioni e della strumentazione viene realizzato contemporaneamente durante questa fase del progetto e serve come documento di riferimento per tutta la successiva progettazione.

Le prove pilota per completare lo sviluppo del processo e lo scale-up per il dimensionamento del reattore sono entrambe fasi importanti per raggiungere una soluzione funzionale ed economicamente efficace. L'obiettivo di minimizzare l'investimento e i costi operativi e di conseguire un'operatività d'impianto affidabile sono più efficacemente raggiunti se la concezione del reattore e l'ingegneria di base provengono da un'unica fonte.

Dati precisi sulla miscelazione, raccolti durante le prove pilota, sono utilizzati per calcolare le performance di trasferimento di massa e di scambio termico raggiungibili nel reattore di idrogenazione equipaggiato, ad esempio, con il sistema di dispersione del gas combinato. Inoltre, nei reattori moderni, con alte velocità di conversione, l'agitatore tipicamente trasferisce elevate potenze che risultano in carichi dina-

## MISCELAZIONE PER I PROCESSI A 360°

Fondato nel 1933 e leader mondiale per le tecnologie di miscelazione, il Gruppo EKATO, offre tramite quattro consociate soluzioni individuali per l'industria orientata al processo:

- EKATO Rühr- und Mischtechnik GmbH, quale leader mondiale nella tecnologia di processo da 80 anni, progetta e ottimizza agitatori, reattori e sistemi di processo completi per applicazioni liquide ed è la più grande consociata del GRUPPO EKATO. Inoltre EKATO RMT offre soluzioni innovative per i sistemi di tenuta degli alberi (EKATO ESD).
- EKATO FLUID Misch- und Dispergiertechnik GmbH produce agitatori customizzati per varie applicazioni industriali.
- EKATO SYSTEMS GmbH è specializzata in unità complete comprensive di sistemi di controllo di processi per il trattamento di solidi sfusi e per l'industria della cosmesi.
- EKATO Process Technologies GmbH consolida sotto lo stesso tetto tutte le consociate e le rappresentanze internazionali del GRUPPO EKATO.

Una rete di assistenza mondiale con hotline attiva 24 ore su 24 assicura una disponibilità d'impianto ottimale per i clienti del Gruppo. Come risultato del consistente sviluppo tecnologico e della focalizzazione sulle innovazioni rivolte ai clienti, il Gruppo EKATO si è affermato come leader mondiale tecnologico e di mercato nella tecnologia di miscelazione e continua a espandere la sua posizione.

Per maggiori informazioni, vi invitiamo a visitare il sito [www.ekato.com](http://www.ekato.com)

# EKATO

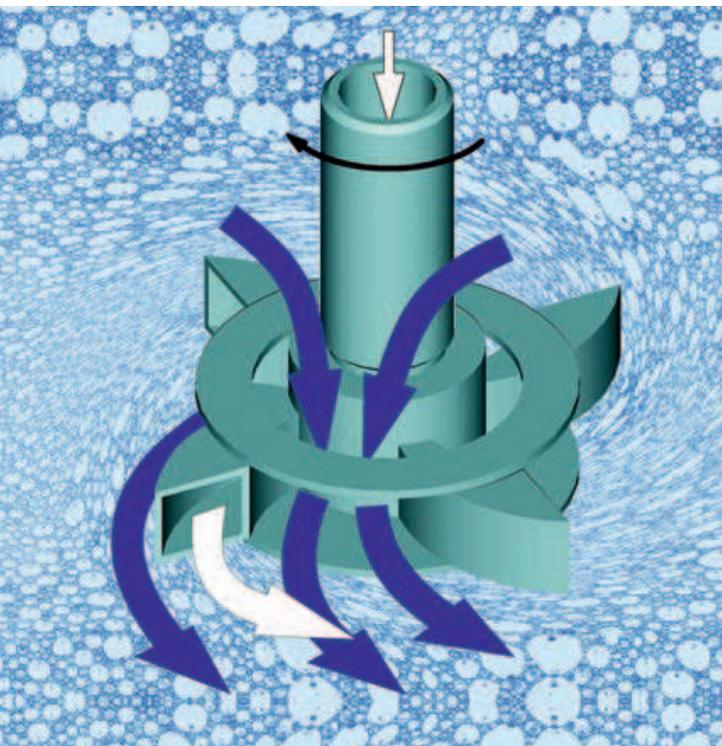


FIGURA 4 - GIRANTE GASJET

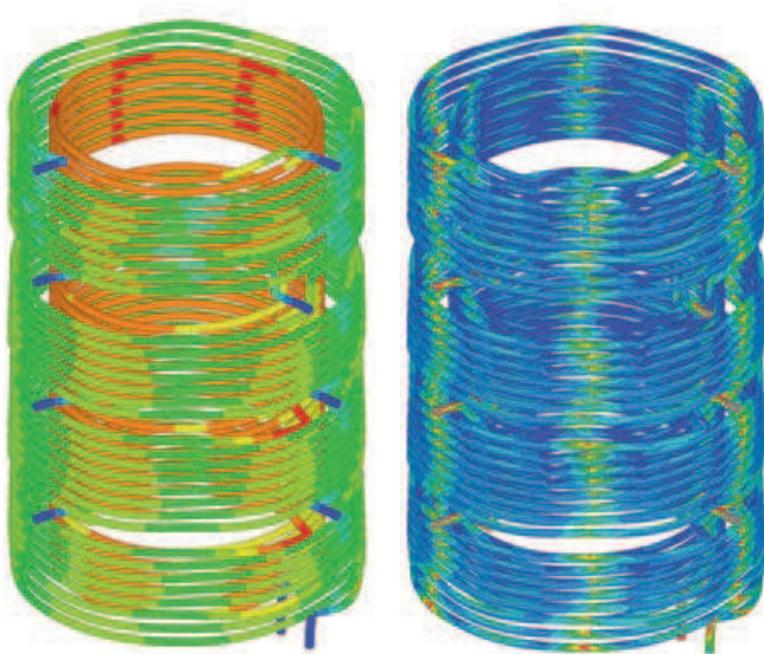


FIGURA 5 - ANALISI DEGLI ELEMENTI FINITI DI UNO SCAMBIATORE A DOPPIA SPIRALE CHE EVIDENZIA LE DEFORMAZIONI E GLI STRESS

mici ed idraulici sui componenti interni del serbatoio così come sugli scambiatori.

Solo una conoscenza precisa delle velocità di flusso all'interno di un reattore di idrogenazione può fornire precisi dati per un'analisi agli elementi finiti di tali parti in modo da poterle progettare e realizzare adeguatamente robuste rispetto alle sollecitazioni da sopportare, con particolare riferimento alla resistenza a fatica e alla possibile risonanza. La figura 5 esemplifica uno di tali calcoli.

Nella fase di ingegneria di dettaglio, la progettazione viene completata in modo da consentire l'approvvigionamento dei componenti e la realizzazione della nuova unità produttiva. Vengono definiti i macchinari e i componenti, le tubazioni, la strumentazione e i circuiti di controllo. Vengono creati gli schemi elettrici e di flusso di dettaglio nonché gli schemi strutturali e di montaggio finali. Soltanto una pianificazione basata su una banca dati adeguata e che includa tutte le fasi della progettazione permette di concludere il lavoro in modo economicamente efficace.

#### SICUREZZA OPERATIVA

L'operatività di un impianto d'idrogenazione coinvolge numerose possibilità di rischio, per l'impianto stesso, il personale e l'ambiente; tali rischi sono però gestibili e vengono qui di seguito presi in considerazione.

Le apparecchiature soddisfano le normative di protezione per le esplosioni, in particolare quelle specifiche riguardanti l'idrogeno.

Trattandosi di reazione fortemente esotermica, nel caso di insufficiente raffreddamento del reattore, con superamento della temperatura critica, si attiva l'"arresto di emergenza" e l'alimentazione dell'idrogeno viene interrotta.

Il trasferimento di massa dalla fase gas a quella liquida cessa immediatamente e la reazione si interrompe. Il reattore può quindi essere portato in condizioni di sicurezza. Nel caso vengano impiegati reagenti instabili, la procedura di arresto è assoggettata a una specifica valutazione di rischio.

La gestione del catalizzatore attivato richiede accortezza; in particolare lo scarico del catalizzatore attivato è critico, poiché può agire come

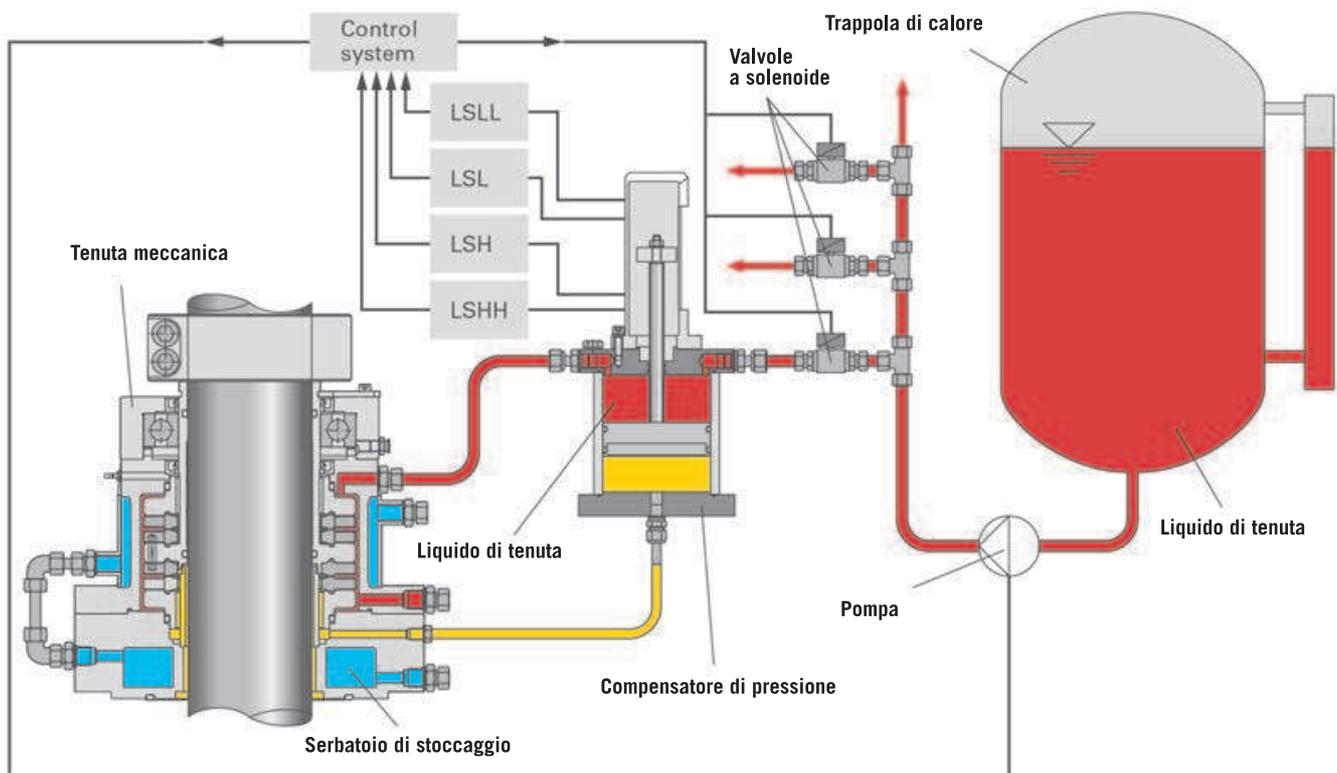


FIGURA 6 - SCHEMA TENUTA CON SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

innesco d'incendio nel caso che - insieme al solvente - entri in contatto con l'atmosfera. In questi casi il catalizzatore può essere lavato con acqua per rimuovere il solvente e poi trasferito in un recipiente in atmosfera inerte o disattivato in modo controllato in un altro reattore. La pressione operativa di un reattore di idrogenazione è tipicamente entro i 100 bar e in alcuni casi anche al di sopra. In fase di progettazione viene assicurato che tutte le apparecchiature in pressione siano conformi agli standard, nazionali o internazionali. Particolare attenzione viene data alla tenuta degli alberi rotanti delle pompe e degli agitatori. Tipicamente, vengono applicate tenute meccaniche doppie o triple od anche accoppiamenti magnetici.

Un tipico sistema di alimentazione della tenuta (vedi figura 6) consente un continuo aggiustamento della pressione all'interno della tenuta stessa ad un livello lievemente più alto di quello esistente all'interno del serbatoio; questo viene ottenuto per mezzo di un compensatore di pressione in grado di operare anche in caso di interruzione di elettricità. In tal modo, la coppia di anelli di tenuta lato prodotto

non è soggetta agli stress meccanici causati da un'elevata differenza di pressione e subisce quindi un'usura minore garantendo una maggiore affidabilità. Una perdita di liquido di flussaggio può essere automaticamente reintegrata tramite la connessione al serbatoio di riserva del liquido stesso; la frequenza di questi interventi di reintegro rende conto dello stato di usura del sistema e consente adeguati programmi manutentivi.

Per mezzo di un'analisi di rischio, sono identificate e valutate tutte le minacce evidenziabili che possano afferire al personale o al macchinario, sia in termini probabilistici che di gravità. Per ognuna di esse si stabiliscono le misure in grado di eliminare o tenere sotto controllo il rischio relativo.

Ancora una volta, un costruttore d'esperienza con competenze specifiche nel campo dell'idrogenazione e con proprie risorse di ingegneria, costituisce il partner corretto in termini di conoscenza del processo, dei componenti e delle loro interazioni con l'impianto complessivo.

## DA OLTRE 60 ANNI AL SERVIZIO DELL'INDUSTRIA DI PROCESSO

Presenti sul mercato dagli anni 50, **Ravizza & C.** rappresenta e distribuisce in Italia prodotti di società straniere di primissimo piano, ciascuna leader nelle proprie tecnologie. Questa scelta di fondo si è dimostrata vincente sia negli anni dell'industrializzazione italiana del secondo dopoguerra sia, successivamente, all'aumentare degli standard qualitativi imposti dall'aumentata concorrenza internazionale. I settori di maggiore presenza sono in primo luogo l'industria chimica in senso lato, la petrolchimica, la generazione di potenza, la farmaceutica e, con alcune rappresentate, l'industria alimentare,

mineraria, siderurgica e quella dei metalli non ferrosi.

Le linee guida dell'attività sono molto precise:

- collaborare, come rappresentante o distributore, solo con fornitori universalmente conosciuti come leader nel proprio campo e quindi dotati di know-how e di referenze di altissimo livello;
- immedesimarsi nelle necessità tecnico-commerciali e di esercizio del cliente e quindi essere considerati da questi un valido collaboratore sia prima che dopo l'ordine.

[www.ravizza.it](http://www.ravizza.it)



### LE AZIENDE PARTNER DI RAVIZZA & C.

azienda	sede	prodotti	
BS&B	Limerick (IRL)	Dischi di rottura. Sistemi di rilevazione e spegnimento scintilla. Sfogo, isolamento e soppressione esplosioni	
Buss-SMS-Canzler	Butzbach (D), Pratteln (CH), Dueren (D)	Evaporatori a film sottile, essiccatori, sistemi e tecnologie di separazione termica.	
Clyde Bergemann	Wesel (D)	Soffiatori di fuliggine, sistemi di pulizia pareti radianti.	
Gruppo Ekato	Schopfheim (D)	Agitatori e miscelatori per liquidi.	
Hosokawa Alpine	Augsburg (D)	Sistemi di macinazione, micronizzazione e classificazione. Compattatrici, bricchettatrici, pellettizzatrici e granulatori.	
Hosokawa Rietz	Runcorn (GB)	Disintegratori a secco e umido, rubber-choppers, prefrantumatori	
MikroPul	Colonia (D)	Filtri a maniche, cicloni, scrubbers, elettrofiltri a umido.	
Nash	Norimberga (D) e Assendelft (NL)	Pompe del vuoto e compressori ad anello liquido. Sistemi del vuoto.	
Oschatz	Essen (D)	Caldaie a recupero speciali, surriscaldatori a fiamma diretta, impianti di incenerimento e combustione industriali.	
Outotec (Filters) Oy	Lappeenranta (FIN)	Filtri a pressione automatici verticali, filtri pressa a membrana, filtri a nastro orizzontale sottovuoto, filtri a dischi ad azione capillare, filtri polishing	
Statiflo International	Macclesfield (GB)	Miscelatori statici	
SVS	Wachtendonk (D)	Eiettori a vapore, sistemi del vuoto.	