

[Gestione dell'acqua nelle acciaierie]

In breve. L'acqua svolge un ruolo fondamentale nella produzione dell'acciaio, supportando processi come il raffreddamento, la depurazione dei gas, la decalcificazione e la finitura del prodotto. I moderni impianti siderurgici si basano su sistemi idrici complessi, in gran parte a circuito chiuso, che fanno circolare volumi significativi per migliorare l'efficienza e ridurre i consumi. Nonostante ciò, mantenere la qualità dell'acqua resta una sfida operativa importante. Temperature elevate, solidi sospesi e nutrienti creano condizioni ideali per la crescita microbica e la formazione di biofilm su superfici interne come tubazioni e scambiatori di calore. Questi biofilm compromettono il trasferimento di calore, aumentano il fabbisogno energetico, accelerano la corrosione e contribuiscono al fouling. Inoltre, comportano potenziali rischi per la salute, inclusa la diffusione di batteri nocivi come la Legionella. Una gestione efficace dell'acqua richiede un monitoraggio continuo e strategie di trattamento mirate. Strumenti avanzati, tra cui tecnologie di rilevamento dei biofilm in tempo reale, consentono interventi tempestivi e un uso ottimizzato dei prodotti chimici. Tali approcci migliorano l'affidabilità degli impianti, riducono i costi operativi e favoriscono una produzione dell'acciaio più sostenibile e rispettosa dell'ambiente.

La produzione di acciaio è un pilastro dell'economia globale, in quanto fornisce materiali essenziali per settori chiave come l'edilizia, i trasporti, l'ingegneria meccanica e la produzione di beni di consumo. Nel corso dei decenni, la produzione mondiale di acciaio è aumentata in modo significativo, passando da 148 milioni di tonnellate nel 1950 a oltre 1880 milioni di tonnellate nel 2022. Questa rapida crescita ha attirato sempre più l'attenzione sull'impatto ambientale dell'industria siderurgica, in particolare per quanto riguarda l'uso e la gestione dell'acqua. L'acqua svolge un ruolo fondamentale e insostituibile in quasi tutte le fasi del processo di produzione dell'acciaio, dalla preparazione delle materie prime fino alla finitura del prodotto finale. Viene utilizzata per il raffreddamento diretto e indiretto, il controllo dell'inquinamento, la depurazione dei gas e per molte altre applicazioni di tipo tecnico e ambientale. Poiché gli impianti siderurgici operano generalmente su larga scala, con processi ad alta temperatura e spesso con circuiti idrici a ciclo chiuso, la gestione sia della quantità sia della qualità dell'acqua è diventata una priorità strategica. Particolarmente complesso è il controllo della crescita microbica all'interno dei sistemi idrici, dove temperature elevate e abbondanza di nutrienti creano condizioni ideali per la formazione di biofilm. Quando alcuni



Figura 1: Acciaieria

batteri presenti nella massa d'acqua si depositano sulle superfici a contatto con il liquido, formano una comunità strutturata di microrganismi racchiusa in una matrice protettiva auto-prodotta. La presenza di questa matrice può causare una serie di problemi operativi, tra cui una significativa riduzione dell'efficienza dello scambio termico, un aumento del rischio di corrosione, fouling di origine microbica e problemi igienico-sanitari, incluso il rischio di proliferazione della *Legionella*. Questo white paper offre una panoramica sull'utilizzo dell'acqua nell'industria siderurgica, con un focus sui requisiti di processo, le tecnologie di trattamento e i rischi legati alla proliferazione microbica. Particolare attenzione è dedicata alla gestione del biofilm e alle tecnologie di monitoraggio

in tempo reale, che aiutano gli impianti siderurgici a mantenere l'efficienza operativa riducendo al minimo gli impatti ambientali ed economici.

Processo di produzione dell'acciaio

Esistono diversi metodi per produrre acciaio, ma a livello globale gli impianti siderurgici si basano principalmente su tre tecnologie fondamentali. L'approccio più comune è quello tradizionale dell'altoforno, responsabile di circa il 60% della produzione mondiale di acciaio. Questo metodo utilizza il coke come combustibile ed è tipicamente parte di un impianto integrato di grandi dimensioni. Un'altra tecnologia molto diffusa è quella del forno elettrico ad arco (*Electric Arc Furnace*, EAF), che si basa principalmente sull'utilizzo di rottami metallici come materia prima e rappresenta circa il 35% della produzione mondiale di acciaio. Una quota più ridotta, pari a circa il 5%, proviene dal processo di riduzione diretta (*Direct Reduction*, DRI), una via alternativa spesso utilizzata in combinazione con i forni EAF. Tra questi, il metodo dell'altoforno rimane il più consolidato e ampiamente adottato, soprattutto negli impianti industriali di grandi dimensioni. Più precisamente, questo metodo prevede un impianto integrato costituito da una serie di unità interconnesse, in cui materie prime ed energia fluiscono in modo continuo da una fase all'altra. Il cuore del sistema è rappresentato dall'altoforno vero e proprio, dove i minerali di ferro subiscono un processo di riduzione per produrre ghisa. Questa ghisa viene poi trasferita a valle in un Forno ad Ossigeno Basico (*Basic Oxygen Furnace*, BOF), dove viene poi trasformata in acciaio. A supporto di questo processo centrale vi sono diverse strutture fondamentali. Una di queste è il forno di cokefazione, dove il carbone viene trasformato in coke, un combustibile essenziale per l'altoforno.

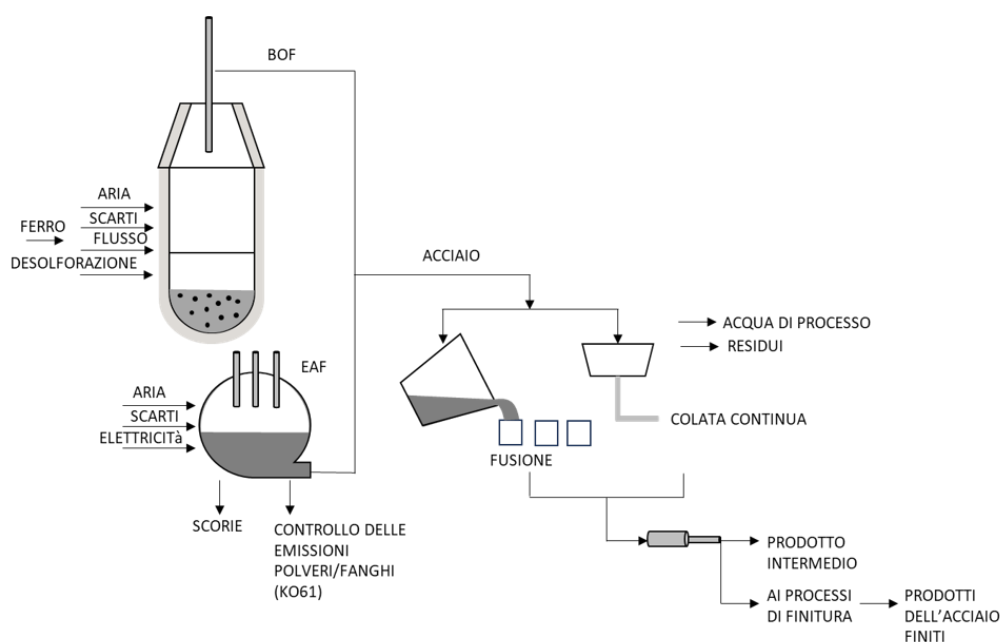


Figura 2: Schema del processo di produzione dell'acciaio

L'impianto include anche un'unità di pretrattamento della miscela di minerale di ferro per garantirne la composizione ottimale prima dell'ingresso nell'altoforno. Inoltre, una centrale elettrica dedicata brucia i gas residui del processo per generare l'elettricità e il vapore necessari a supportare l'intera operatività, migliorando l'efficienza energetica e l'uso delle risorse interne.

Gestione dell'acqua negli impianti siderurgici

La produzione dell'acciaio è un processo ad alta intensità sia energetica che idrica. L'acqua svolge numerose funzioni lungo tutto il ciclo produttivo, tra cui il raffreddamento diretto e indiretto, il raffreddamento dei gas esausti, le operazioni dell'altoforno, il controllo dell'inquinamento e la pulizia e finitura del prodotto finale. In media, un impianto siderurgico integrato consuma tra i tre e i cinque metri cubi d'acqua per ogni tonnellata di acciaio prodotta. Poiché il calore è presente praticamente in ogni fase, è fondamentale un raffreddamento continuo delle apparecchiature e dei prodotti. Tuttavia, il carico termico e l'ampiezza dei sistemi idrici a ricircolo rendono gli impianti siderurgici particolarmente soggetti a problematiche come incrostazioni, corrosione e fouling biologico. Per questo motivo, la qualità dell'acqua deve essere costantemente monitorata e controllata. Per ridurre l'impatto ambientale e i costi operativi, gli impianti siderurgici puntano a riutilizzare e riciclare il più possibile i flussi idrici. Raggiungere questo obiettivo richiede l'impiego di tecnologie di trattamento adeguate, selezionate in base all'origine e alle caratteristiche della fonte idrica. L'osmosi inversa è comunemente utilizzata per il trattamento di acque salmastre o saline, mentre l'ultrafiltrazione è preferita per reflui con alto contenuto organico. I processi di chiarificazione e sedimentazione sono impiegati per acque contaminate da scaglie di laminazione, particolato o oli. Possono essere impiegate anche fonti idriche alternative, come acqua piovana, acque superficiali, sotterranee, marine o reflui industriali trattati, a condizione che vengano sottoposte ai necessari trattamenti.

I circuiti idrici negli impianti siderurgici si suddividono generalmente in tre categorie principali: circuiti per il controllo dell'inquinamento atmosferico, circuiti ad acqua a contatto diretto e sistemi di raffreddamento delle apparecchiature. Una gestione efficace di questi sistemi è fondamentale per garantire la continuità operativa, l'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale. L'uso dell'acqua è distribuito tra diversi processi chiave. Nella produzione di coke, l'acqua viene utilizzata per il controllo della temperatura e la gestione dell'inquinamento atmosferico. Durante la sinterizzazione, ha un ruolo nel controllo dell'umidità e nel raffreddamento tramite sistemi a spruzzo. Nella produzione della ghisa, l'acqua è impiegata per la depurazione dei gas, il raffreddamento e il controllo termico. Nella produzione dell'acciaio, sia gli altoforni a ossigeno che i forni ad arco elettrico richiedono acqua per il raffreddamento e il controllo delle emissioni. Processi come la colata continua utilizzano acqua spruzzata direttamente a contatto e lavaggi del prodotto, mentre la laminazione a caldo richiede acqua per la rimozione della calamina, il raffreddamento delle apparecchiature e il lavaggio dei canali. Nelle fasi successive, anche il decapaggio acido, la pulizia alcalina e la finitura superficiale prevedono l'impiego di acqua per il risciacquo e il controllo dell'inquinamento.

Durante l'intero processo, la protezione delle infrastrutture rappresenta una preoccupazione fondamentale. Tubi, scambiatori di calore e altri componenti metallici sono costantemente esposti a condizioni aggressive, che li rendono vulnerabili alla corrosione e all'incrostazione. Per prevenire tali problemi, nel sistema vengono introdotti prodotti chimici protettivi, come anticorrosivi e antincrostanti. Particolare attenzione è riservata al trattamento dell'acqua di processo, in particolare quella impiegata nei circuiti di raffreddamento, che viene opportunamente condizionata con additivi specifici per preservare nel tempo l'integrità e le prestazioni degli impianti.

Processo	Uso dell'acqua
Produzione del coke	Controllo della temperatura del coke Controllo dell'inquinamento dell'aria
Sinterizzazione	Controllo umidità Raffreddamento Spray
Produzione del ferro	Pulizia gas Raffreddamento Controllo temperatura dello scarto
Produzione acciaio (BOF)	Raffreddamento Controllo dell'inquinamento dell'aria
Produzione acciaio (EAF)	Controllo dell'inquinamento dell'aria Filtrazione
Degassificazione	Controllo del vapore
Colata continua	Spray a diretto contatto Lavaggi
Laminazione a caldo	Rimozione depositi Raffreddamento dei rulli ed attrezzature Raffreddamento del prodotto Lavaggio in serbatoio
Decapaggio acido	Controllo dell'inquinamento dell'aria Risciacquo Controllo salamoia
Pulizia alcalina	Risciacquo Utilizzo di detergenti alcalini
Rivestimento superficiale	Risciacquo Acqua di immersione

Tabella 1: Dove viene impiegata l'acqua nel processo di produzione dell'acciaio

Gestione e monitoraggio del biofilm negli impianti siderurgici

Come già accennato, negli impianti siderurgici l'acqua è impiegata in diversi processi e deve essere costantemente monitorata. Questi sistemi idrici sono spesso estesi e complessi, operano ad alte temperature e sono regolarmente esposti a nutrienti e sostanze organiche. Tali condizioni creano un ambiente ideale per lo sviluppo di microrganismi e la conseguente formazione di biofilm all'interno di tubazioni, scambiatori di calore, vasche e serbatoi. Per affrontare le problematiche legate al biofilm, la [Tecnologia di Monitoraggio ALVIM](#) rappresenta una soluzione proattiva, permettendo il rilevamento in tempo reale della crescita biologica. L'installazione dei [Sensori ALVIM](#) in punti critici dei circuiti idrici, come torri di raffreddamento e sistemi ad anello chiuso, consente di individuare la crescita microbica sin dalle primissime fasi. Questa capacità di allerta precoce permette di attuare tempestivamente azioni correttive e di ottimizzare il dosaggio dei biocidi, riducendo così l'impiego di sostanze chimiche e migliorando l'efficienza e l'affidabilità dell'intero sistema idrico. Inoltre, questo



Figura 4: Sensori ALVIM di biofilm

approccio contribuisce a ridurre gli sprechi di acqua ed energia, sostenendo al contempo la performance operativa e la sostenibilità ambientale.

Conclusioni

L'acqua riveste un ruolo fondamentale per l'intero ciclo di produzione dell'acciaio, svolgendo funzioni essenziali che vanno dal raffreddamento dei processi al controllo dell'inquinamento e alla pulizia. Con la crescente domanda globale di acciaio, la necessità di una gestione efficiente e sostenibile delle risorse idriche diventa sempre più urgente. In questo contesto, ottimizzare l'uso e il trattamento dell'acqua non rappresenta solo una priorità ambientale, ma anche una strategia operativa chiave. Problematiche come corrosione, incrostazioni e biofilm possono compromettere in modo significativo l'efficienza, l'affidabilità e la sostenibilità economica degli impianti siderurgici. Questi rischi sono particolarmente critici nei sistemi a ricircolo, dove condizioni favorevoli – come alte temperature e presenza di nutrienti – favoriscono la proliferazione microbica. L'integrazione di tecnologie avanzate come il [Sistema ALVIM di Monitoraggio del Biofilm](#) consente agli impianti siderurgici di rilevare la crescita microbica sin dalle prime fasi, permettendo interventi tempestivi e mirati. Questo approccio migliora l'efficacia del dosaggio dei biocidi, riduce lo spreco di prodotti chimici ed energia, e rafforza la stabilità operativa complessiva dell'impianto. Adottando strategie proattive di monitoraggio e trattamento avanzato, i produttori di acciaio possono ridurre significativamente i costi di manutenzione, minimizzare l'impatto ambientale e garantire la conformità a normative sempre più stringenti. In definitiva, una gestione efficiente dell'acqua non riguarda solo la conservazione della risorsa: rappresenta un vero e proprio vantaggio strategico per l'intero settore siderurgico.

Hai un problema simile con il biofilm? Contatta i nostri esperti e chiedi una consulenza gratuita su misura, riceverai maggiori informazioni riguardo i prodotti ed i servizi ALVIM.

Il sistema ALVIM per il Monitoraggio del Biofilm rappresenta uno strumento affidabile per la rilevazione precoce della crescita batterica sulle superfici, in linea ed in tempo reale, in impianti industriali, acque di raffreddamento, etc.

La Tecnologia ALVIM è stata sviluppata in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Marine, ed è attualmente utilizzata in tutto il mondo, in svariati settori applicativi.

ALVIM Srl | +39 0108566345 | info@alvim.it | www.alvim.it | www.linkedin.com/company/alvimbiofilmsensors