



Application Note AN-PAN-1032

# Monitoraggio della corrosione nelle centrali elettriche con analisi di processo online

## Misurazioni ultratraccia più veloci di ferro (Fe) e rame (Cu)

La corrosione nel circuito acqua-vapore delle centrali elettriche riduce la durata della maggior parte dei componenti metallici e può portare a situazioni potenzialmente pericolose. La corrosione accelerata di flusso (FAC) porta a tubi diluiti e ad elevate concentrazioni di ferro nel circuito. Inoltre, problemi di

trasporto del metallo come il rame proveniente dagli «scambiatori di calore in rame» possono causare depositi sulle pale della turbina ad alta pressione. I metodi attuali possono monitorare questi problemi ma non possono prevenirli poiché i tempi di analisi sono estremamente lunghi (fino a tre settimane).

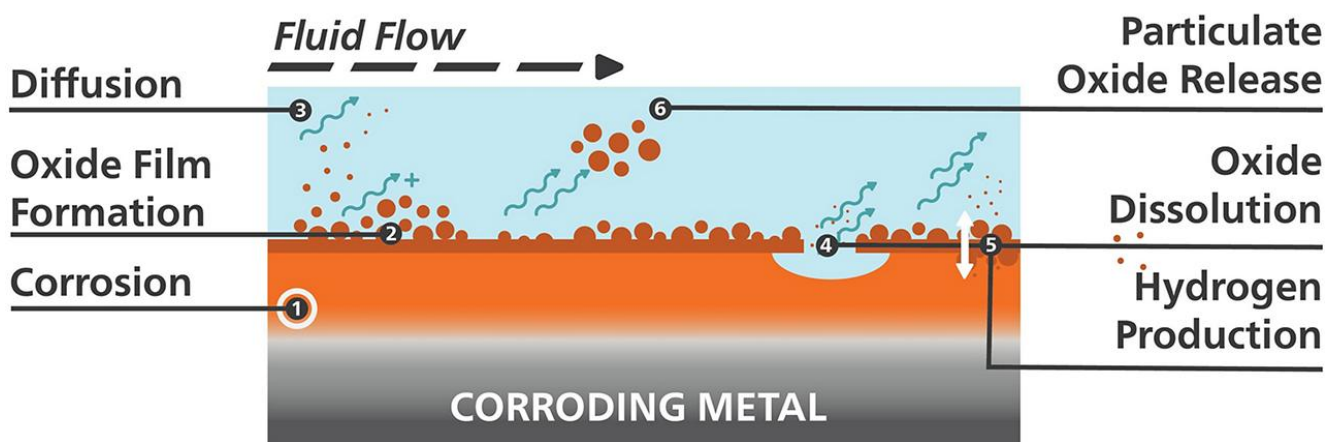
Questa Application Note di processo descrive in dettaglio l'analisi ultratraccia online di ferro e rame nelle centrali elettriche. Questo metodo offre risultati in 20 minuti, il che significa tempi di risposta più rapidi per letture fuori specifica. In combinazione con il sistema di controllo distribuito (DCS) della centrale

elettrica, il monitoraggio in linea di questi analiti mediante un analizzatore di processo garantisce che la corrosione possa essere controllata prima che influisca sull'efficienza della centrale elettrica, riducendo in definitiva i tempi di fermo e i costi di manutenzione.

## INTRODUZIONE

Nelle centrali elettriche, la corrosione rappresenta la principale causa dei tempi di inattività costosi e critici. I circuiti acqua-vapore nelle centrali fossili e nucleari sono intrinsecamente soggetti alla corrosione, poiché i componenti metallici sono costantemente a contatto con l'acqua. La corrosione porta, tra le altre cose, a ridurre la durata delle tubazioni in acciaio al carbonio e degli scambiatori di calore in rame (Cu). Ad alte temperature, il vapore reagisce con il ferro (Fe) nell'acciaio al carbonio delle caldaie a vapore e forma

un sottile strato di magnetite ( $Fe_3O_4$ ) o ematite ( $Fe_2O_3$ ), la forma dipende dai livelli di ossigeno presente, che passiva e protegge la superficie dall'ulteriore corrosione (reazione di Schikorr). In condizioni di **flusso turbolento**, può verificarsi una corrosione accelerata di flusso (FAC) in cui lo strato di magnetite (o ematite) inibente si sfalda, portando a concentrazioni elevate di Fe nel circuito acqua-vapore (Figura 1).



**Figure 1.** Diagramma dei processi che si verificano durante la corrosione accelerata dal flusso. Adattato da [1].

Il metallo sottostante si corrode per ricreare l'ossido e quindi la perdita di Fe continua, portando potenzialmente a guasti catastrofici nelle tubazioni. Nelle centrali elettriche che utilizzano tubi scambiatori di calore in lega di Cu nel sistema della condensa, anche la corrosione e il trasporto del Cu sono un problema, che porta alla deposizione di Cu sulle pale delle turbine ad alta pressione e alla perdita di

prestazioni. La corrosione e il trasporto di metalli aumentano con la potenza erogata oltre una certa soglia, e quindi anche la deposizione sulle turbine. Considerando una perdita di efficienza fino al 10% dalle pale della turbina, la potenza erogata sarà sempre la stessa, ma è necessario consumare il 10% in più di energia e, all'aumentare della portata, aumenta anche la corrosione.

Determinare la potenza ottimale con un FAC minimo è importante non solo per risparmiare sui costi ma anche per la sicurezza dei lavoratori. I metodi attuali monitorano lo spessore delle pareti dei tubi ma non possono fare nulla per prevenire un ulteriore assottigliamento dovuto alla corrosione. Se la centrale viene fermata per pulizia e riavviata indipendentemente dalla soglia corrosiva determinata dalla potenza erogata, le turbine possono ottenere depositi metallici quasi immediatamente, perdendo

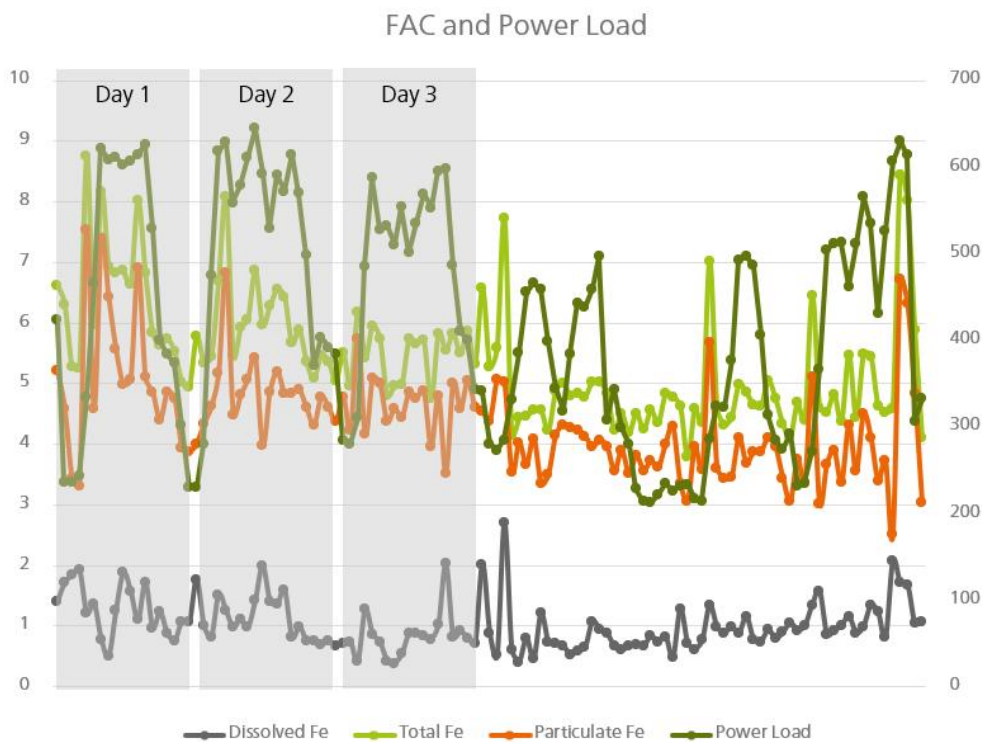
Il trasporto di metalli nei circuiti idrici delle centrali elettriche è attualmente monitorato da rack CPS che raccolgono il particolato metallico su cuscinetti filtranti per un periodo da un giorno a una settimana. I cuscinetti vengono successivamente digeriti e i metalli analizzati mediante ICP-OES o ICP-MS. Il tempo totale di analisi può richiedere da una a tre settimane. Il monitoraggio dei soli prodotti di corrosione accumulati provoca una perdita di picchi di trasporto e vengono perse informazioni dettagliate sul motivo per cui si è verificata la perdita di metallo. Un massimo di 2 µg/L Fe è raccomandato dall'Electric Power Research Institute (EPRI) per evitare problemi legati al FAC nel circuito acqua-vapore e questi livelli non sono misurati accuratamente con gli attuali rack CPS, come si vede in confronti a lungo termine.

L'analisi continua in linea di ultratracce di Fe e Cu nel circuito acqua-vapore delle centrali elettriche è possibile utilizzando il **2060 Process Analyzer** (figura 2) di Metrohm Process Analytics. Questo sistema automatizzato di analisi del processo consente il rilevamento precoce dei processi e dei picchi di corrosione e monitora anche la formazione e la distruzione dello strato protettivo di ossido (Figura 3). Analisi continue segnalano anche un problema prima che i metalli disciolti possano raggiungere il flusso di condensa e quindi le pale della turbina dove causerebbero danni. In combinazione con il sistema di controllo distribuito (DCS) della centrale elettrica, il monitoraggio in linea di Fe e Cu garantisce che la corrosione possa essere controllata prima che influisca sull'efficienza della centrale, riducendo in definitiva i tempi di fermo macchina e i costi di manutenzione.

efficienza e denaro fino al successivo periodo di manutenzione programmata. Il campionamento dei prodotti di corrosione (CPS) è una metrica chiave nel monitoraggio delle prestazioni chimiche del ciclo, poiché la corrosione può verificarsi in qualsiasi momento dato il contatto continuo tra le parti metalliche e l'acqua. Mantenere un buon programma di chimica del ciclo è molto più facile e meno costoso che intraprendere azioni correttive a seguito di un programma inadeguato.



**Figure 2.** 2060 Analizzatore di processo per misure fotometriche di ferro e rame ultratraccia nel circuito acqua-vapore delle centrali elettriche.



**Figure 3.** Dati ottenuti da un analizzatore di processo Metrohm in una centrale elettrica, utilizzato per monitorare il ferro disciolto, totale e particolato (in µg/L), rispetto al carico di potenza (MW).

## APPLICAZIONE

Il contenuto di ferro e rame è determinato mediante digestione acida del campione seguita da determinazione fotometrica utilizzando rispettivamente TPTZ e bicinconinato come reagenti colorati e il 2060 Process Analyzer di Metrohm Process

Analytics (figura 2). Complessi metallici come magnetite, ematite, ossido di ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e idrossido di ferro ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ) vengono dissociati nelle loro forme disciolte utilizzando acido nitrico ( $\text{HNO}_3$ ). Il tempo totale di analisi è di 20 minuti.

**Tabella 1.** Parametri da monitorare nel circuito acqua-vapore delle centrali elettriche.

Analita	Concentrazione (µg/L)
Fe(II, III) e $\text{Fe}(\text{OH})_2$	0–10
Fe totale	0–10
Cu	0–11

## NOTE

Questo analizzatore è costruito sulla base del documento di orientamento tecnico dell'associazione internazionale per le proprietà dell'acqua e del vapore: campionamento e analisi dei prodotti di corrosione per impianti a ciclo combinato e fossile [2]. Gli intervalli sopra elencati (Tabella 1) sono in genere molto bassi e potrebbero non riflettere i valori previsti poiché i rack CPS non sono in grado di misurare con la stessa precisione.

Si prevede che molte centrali elettriche abbiano

attualmente livelli molto più elevati di Fe e Cu disciolti nel circuito acqua-vapore, causando problemi. Per questo motivo i campi di misura per i metalli disciolti possono essere facilmente ampliati.

Altre applicazioni online sono disponibili per le centrali elettriche come: calcio e solfato nello scrubbing dei fumi, acido borico nel circuito dell'acqua primaria, concentrazione di ammine e CO<sub>2</sub> carico, silice nell'acqua di alimentazione della caldaia e altro.

## ULTERIORI LETTURE

### Documenti di domanda correlati

[WP-076: Analizzatori di processo come soluzioni proattive per il monitoraggio della corrosione online](#)  
[AN-PAN-1045: monitoraggio online degli inibitori](#)

[della corrosione del rame nell'acqua di raffreddamento](#)

## VANTAGGI PER LA FOTOMETRIA IN CORSO

- Tutela del patrimonio aziendale con allarmi integrati ai limiti di avvertenza specificati per prevenire la corrosione
- Ambiente di lavoro più sicuro per i dipendenti (ambienti corrosivi)
- Garantire la conformità con gli standard ambientali



## RIFERIMENTI

1. Dooley, B.; Lister, D. Corrosione accelerata dal flusso negli impianti di generazione di vapore. 2018, 51.
2. Documento di orientamento tecnico IAPWS: campionamento e analisi di prodotti di corrosione per impianti a ciclo combinato e fossile  
<http://www.iapws.org/techguide/CorrosionSampling.html> (accesso 2021 -12 -16)



## CONTACT

Metrohm Italiana Srl  
Via G. Di Vittorio, 5  
21040 Origgio (VA)

info@metrohm.it

## CONFIGURAZIONE



### 2060 Process Analyzer

Il 2060 Process Analyzer è un analizzatore chimico per via umida online adatto a innumerevoli applicazioni. Questo analizzatore di processo prevede un nuovo concetto di modularità che consiste in una piattaforma centrale, chiamata «armadio di base».

L'armadio di base è composto da due parti. La parte superiore contiene uno schermo tattile e un PC industriale. La parte inferiore contiene una parte flessibile a umido in cui è alloggiato l'hardware per l'analisi effettiva. Se la capacità di base della parte a umido non è sufficiente a risolvere le sfide delle vostre analisi, è possibile aggiungere all'armadio di base fino a quattro ulteriori armadi con parte a umido per garantire uno spazio sufficiente a risolvere le sfide anche delle applicazioni più impegnative. Gli armadi aggiuntivi possono essere configurati in modo tale da combinare ciascun armadio con parte a umido con un armadio per reagente con rilevamento del livello (non a contatto) integrato, in modo migliorare il tempo di funzionamento dell'analizzatore.

Il 2060 Process Analyzer permette di eseguire diverse tecniche chimiche per via umida: titolazione, titolazione Karl Fischer, fotometria, misurazione diretta e metodi di aggiunta standard.

Per soddisfare tutti i requisiti del progetto (o tutte le vostre esigenze), sono disponibili sistemi di condizionamento del campione, a garanzia di una soluzione per analisi robusta. Possiamo offrire qualunque sistema di condizionamento del campione, ad esempio sistemi di raffreddamento o riscaldamento, degassificazione e riduzione della pressione, filtraggio e tanto altro.