



Corrosione e compatibilità chimica dei materiali con il Persolfato Klozur®

ASPETTI GENERALI

Il persolfato Klozur® rappresenta una tecnologia ampiamente utilizzata per la bonifica di terreni e acquiferi contaminati, vantando una lunga storia di trattamenti efficaci *in situ* per una grande varietà di contaminanti organici, anche recalcitranti. Dal momento che il persolfato Klozur è un ossidante molto potente che genera condizioni fortemente acide ($\text{pH} \leq 2$) una volta diluito, le soluzioni di persolfato potrebbero, quindi, generare un ambiente corrosivo per molti tipi di metalli e materiali. Inoltre, il persolfato Klozur viene spesso applicato utilizzando l'attivazione alcalina, che genera condizioni altamente basiche con valori di pH maggiori di 10.5. Pertanto, il presente bollettino tecnico riporta i risultati delle analisi eseguite sui fenomeni corrosivi, considerando sia le soluzioni di solo persolfato che quelle di persolfato attivato alcalinamente, e fornisce, quindi, le linee guida sulla potenziale compatibilità dei materiali. Per ulteriori informazioni sulla sicurezza del Persolfato Klozur, si prega di far riferimento alla Scheda di Sicurezza (SDS) fornita da PeroxyChem.

CORROSIONE

Sono state condotte delle prove di laboratorio per valutare il comportamento dei comuni materiali ingegneristici una volta esposti alle soluzioni di Persolfato Klozur. Le analisi sono state effettuate utilizzando due differenti concentrazioni di soluzione di persolfato: 20% in peso, che rappresenta la tipica soluzione preparata per le iniezioni, e 40 grammi/L, che rappresenta la tipica concentrazione presente nelle acque di falda *in situ*. Tali prove sono state condotte seguendo le linee guida descritte in ASTM G31-72.

I tassi di corrosione per i campioni metallici sono stati calcolati sulla base delle variazioni di peso durante il periodo di esposizione alla soluzione. I campioni non metallici sono stati analizzati mediante osservazione delle variazioni visive e delle variazioni delle proprietà fisiche. Le proprietà strutturali del cemento e dei campioni non metallici non sono state misurate.

RISULTATI

Per quanto riguarda le soluzioni a base esclusivamente di persolfato Klozur (senza l'aggiunta di un attivatore), non è stata rilevata un'apprezzabile corrosione dell'acciaio inossidabile (304L e 316L) durante tutta la prova. Differentemente, per quanto riguarda l'acciaio al carbonio, il rame e l'ottone, è stata osservata una forte corrosione anche poco dopo l'inizio del test, sia nel caso della soluzione concentrata (20% in peso) che nel caso di 40 gr/L. È stato osservato, inoltre, come i tassi di corrosione dell'acciaio al carbonio e dell'ottone diminuissero dopo uno e due mesi rispetto a quelli valutati dopo una settimana di esposizione, pur mantenendo valori sempre piuttosto elevati ad indicare il fenomeno corrosivo in atto. Il fluoruro di polivinilidene (PVDF) e le plastiche fibro-rinforzate hanno mostrato, invece, prestazioni piuttosto soddisfacenti durante il periodo di esposizione di un mese, senza osservare alcun incremento evidente di peso o di indebolimento strutturale. Il cemento, la gomma naturale e la gomma sintetica hanno altresì mostrato evidenze di deterioramento a seguito dell'esposizione prolungata alle soluzioni (acide) di solo persolfato.

Inoltre, in generale, i risultati delle prove effettuate con soluzione di persolfato attivato con Fe-EDTA sono risultate essere simili a quelli relativi alle soluzioni di solo persolfato. Non è stato osservato alcun incremento significativo di corrosione dovuto alla presenza del sistema di attivazione Fe-EDTA o alla successiva formazione radicalica.

Per quanto riguarda le soluzioni di persolfato attivato alcalinamente, è stato aggiunto idrossido di sodio per generare l'innalzamento del pH fino a valori maggiori di 10 e neutralizzare l'acido solforico prodotto a seguito della decomposizione del persolfato. Nel caso del persolfato attivato basicamente, è stata osservata una notevole diminuzione del tasso di corrosione del rame, dell'ottone e dell'acciaio al carbonio. Per questi metalli è stata, infatti, osservata una corrosione trascurabile dopo un mese di esposizione ad entrambe le concentrazioni di persolfato. Inoltre, non è stata osservata alcuna corrosione evidente per l'acciaio inossidabile. Per il cemento, invece, sono stati osservati, dopo un mese di esposizione alla soluzione di persolfato attivato alcalinamente, notevoli incrementi di peso (5 – 10%) e scolorimenti; è stata, inoltre, notata una parziale dissoluzione del cemento stesso durante la prova.

Tabella 1: Risultati dell'esposizione alle soluzioni di solo Persolfato Klozur al 20% (in peso) a temperatura ambiente dopo 1 Settimana e dopo 1 mese

mm/a – millimetri per anno; ✓ - materiale compatibile, ⊖ – materiale non compatibile

Materiale	1 settimana	1 mese	Commenti
Acciaio Inox (304L, 316L)	✓	✓	< 0.025 mm/a. Nessuna evidenza di corrosione in 1 mese.
Rame Ottone	> 2.5 mm/a ⊖	0.5 – 1.3 mm/a ⊖	Grave corrosione generale, Il tasso di corrosione diminuisce con il tempo.
Acciaio al carbonio	> 5.1 mm/a ⊖	1.3 – 2.5 mm/a ⊖	Grave corrosione generale, che incide sulle saldature, il tasso di corrosione diminuisce con il tempo.
PVDF	✓	✓	Nessuna evidente variazione dopo 1 mese di esposizione.
FRP	✓	✓	Nessuna evidente variazione dopo 1 mese di esposizione.
Cemento	Incremento di peso, aspetto schiarito.	Incremento di peso (5 – 10%), aspetto schiarito.	Crescente aumento di peso nel tempo. Osservati alcuni residui di dissoluzione.
Gomma Naturale	Lieve aumento di peso.	Lieve aumento di peso.	Osservate fratture e bolle dopo 1 mese di esposizione.
Gomma Sintetica (neoprene)	Lieve aumento di peso.	Lieve aumento di peso.	Osservate fratture e bolle dopo 1 mese di esposizione.

Tabella 2: Risultati dell'esposizione alle soluzioni di solo Persolfato Klozur (40 gr/L) a temperatura ambiente dopo 1 settimana e dopo 2 mesi

mm/a – millimetri per anno; ✓ - materiale compatibile, ⊖ – materiale non compatibile

Materiale	1 settimana	2 mesi	Commenti
Acciaio Inox (304L, 316L)	✓	✓	< 0.025 mm/a. Nessuna evidenza di corrosione in 2 mesi.
Rame Ottone	> 1.3 mm/a ⊖	< 0.5 mm/a ⊖	Grave corrosione generale, Il tasso di corrosione diminuisce con il tempo.
Acciaio al carbonio	> 1.3 mm/a ⊖	< 0.5 mm/a ⊖	Grave corrosione generale, che incide sulle saldature, la corrosione diminuisce con il tempo.
PVDF	✓	✓	Nessuna evidente variazione dopo 2 mesi di esposizione.
FRP	✓	✓	Nessuna evidente variazione dopo 2 mesi di esposizione.
Cemento	Incremento di peso, aspetto schiarito.	Incremento di peso (5–10%), aspetto schiarito.	Crescente aumento di peso nel tempo. Osservati alcuni residui di dissoluzione.
Gomma Naturale	Lieve aumento di peso.	Lieve aumento di peso.	
Gomma Sintetica (neoprene)	Lieve aumento di peso.	Lieve aumento di peso.	



Tabella 3: Risultati dell'esposizione alle soluzioni di Persolfato Klozur e Fe-EDTA, al 20% (in peso) e a 40 gr/L, a temperatura ambiente dopo 1 Mese

mm/a – millimetri per anno; ✓ - materiale compatibile, ⊖ - materiale non compatibile

Materiale	Concentrazione 20% in peso	40 gr / L	Commenti
Acciaio Inox (304L, 316L)	✓	✓	< 0.025 mm/a. Nessuna evidenza di corrosione in 1 mese.
Rame Ottone	0.5 – 1.3 mm/a ⊖	< 0.5 mm/a ⊖	Grave corrosione generale, Il tasso di corrosione diminuisce con il tempo.
Acciaio al carbonio	> 1.3 mm/a ⊖	0.5 – 1.3 mm/a ⊖	Grave corrosione generale, che incide sulle saldature.
PVDF	✓	✓	Nessuna evidente variazione dopo 1 mese di esposizione.
FRP	✓	✓	Nessuna evidente variazione dopo 1 mese di esposizione.
Cemento	Incremento di peso, aspetto schiarito.	Incremento di peso (5–10%), aspetto schiarito.	Crescente aumento di peso nel tempo. Osservati alcuni residui di dissoluzione.
Gomma Naturale	Lieve aumento di peso.	Lieve aumento di peso.	
Gomma Sintetica (neoprene)	Lieve aumento di peso.	Lieve aumento di peso.	

Tabella 4: Risultati dell'esposizione alle soluzioni di Persolfato Klozur attivato alcalinamente, al 20% (in peso) e a 40 gr/L, a temperatura ambiente dopo 1 mese

mm/a – millimetri per anno; ✓ - materiale compatibile, ⊖ - materiale non compatibile

Materiale	Concentrazione 20% in peso	40 gr/L	Commenti
Acciaio Inox (304L, 316L)	✓	✓	< 0.025 mm/a. Nessuna evidenza di corrosione in 1 mese.
Rame Ottone	✓	✓	Corrosione generale trascurabile (< 0.05 mm/a). Formazione di un film di colore scuro.
Acciaio al carbonio	✓	✓	Corrosione generale trascurabile (< 0.05 mm/a). Macchie di ruggine isolate.
Cemento	Incremento di peso, aspetto schiarito.	Incremento di peso (5–10%), aspetto schiarito.	Aspetto schiarito, crescente aumento di peso nel tempo, Osservati alcuni residui di dissoluzione.



COMPATIBILITÀ DEI MATERIALI CON LE SOLUZIONI DI PERSOLFATO KLOZUR SP

Materiali compatibili consigliati:

- Gomma butilica
- EPDM
- Plastiche Fibro-Rinforzate (FRP)
- Vetro
- Neoprene
- Polimetilmetacrilato (PMMA)
- Polietilene
- PVC
- Acciaio Inox (304L and 316L) per tutte le attrezzature di miscelazione, trasporto e stoccaggio
- Politetrafluoroetilene (PTFE)
- Viton®
- Materiali Non Compatibili:
- Alluminio
- Acciaio al carbonio
- Tubi galvanizzati
- Monel
- Gomme nitriliche
- Ottone
- Rame
- Ferro
- Nichel

GUIDA GENERALE

Si consiglia di verificare che tutte le parti bagnate ed ogni altra strumentazione o materiale, che possa venire a contatto con le soluzioni di Persolfato Klozur, siano chimicamente compatibili, anche alle differenti concentrazioni con le quali potrebbero entrare in contatto. Le parti bagnate generalmente comprendono qualsiasi parte del sistema di iniezione e di dosaggio che possa entrare in contatto con la soluzione di Persolfato Klozur, tra cui le pompe, i misuratori di portata, i manometri, le tubazioni, i raccordi, gli adesivi, i giunti sigillanti, le guarnizioni, i tubi flessibili, le valvole, gli spinotti, le teste dei punti iniettivi, gli utensili per l'iniezione, i pozzi di iniezione, i dispositivi per la miscelazione e le vasche di miscelazione.

GUIDA SPECIFICA

Costruzione dei piezometri iniettivi:

- Utilizzare materiali compatibili, quali PVC o Acciaio Inox (304L, 316L)

Pompe:

- Verificare la compatibilità di tutte le parti bagnate, comprese tutte le guarnizioni, i diaframmi, le tubazioni e i tubi flessibili



Aste per iniezione diretta tipo "Direct Push":

- Le aste per Direct Push sono generalmente a base di acciaio al carbonio. È stato osservato, inoltre, come l'acciaio al carbonio reagisca con le soluzioni a base di solo persolfato e di persolfato attivato con Fe-EDTA. Ad ogni modo, le aste devono essere ispezionate frequentemente anche quando viene utilizzato il persolfato ad attivazione alcalina.
- Le giunzioni filettate delle aste possono essere suscettibili alla corrosione. Per ridurre tale effetto corrosivo, possono essere adottati diversi accorgimenti pratici, come l'applicazione sulle filettature di uno strato protettivo chimicamente compatibile (ad esempio, uno strato di PTFE o di un altro grasso lubrificante). Le giunzioni filettate devono essere controllate frequentemente durante la fase iniettiva.

Sottoservizi:

- Prima dell'applicazione del Persolfato Klozur, identificare e verificare l'esatta localizzazione dei sottoservizi presenti in sito.
- Assicurarsi che i sottoservizi non entrino in contatto con la soluzione di Persolfato Klozur oppure che tutte le parti che potrebbero venire a contatto con la soluzione di Persolfato Klozur siano chimicamente compatibili. Tali parti potrebbero includere tubi, guarnizioni, bulloni, cinghie, supporti e anodi sacrificali.

Giunzioni:

- 304 Inox – Sched.40
- CPVC – Sched.80 preferibilmente (potrebbe perdere resistenza se scaldato)
- PVC (potrebbe divenire fragile in caso di uso prolungato)