

Sommario

L'industria di produzione del vetro ha un elevato consumo di energia a causa delle alte temperature necessarie alla fusione del bagno, pari a circa 1500 °C; l'ottimizzazione del recupero di calore è il tema principale per aumentare l'efficienza e ridurre le emissioni. Gli scambiatori di calore metallici sono usati in un intervallo di temperatura di 400-850°C, ma la loro durata è un problema critico proprio a causa dell'ambiente corrosivo. Attualmente il 4C-54, uno degli acciai inossidabili con la maggiore resistenza alla temperatura e alla corrosione, viene usato negli scambiatori di calore. In questo lavoro sono state messe a confronto le resistenze a corrosione del 4C-54 pretrattato e dell'acciaio austenitico Avesta 253 MA. Sono state effettuate due diverse prove di corrosione: (i) immersione del campione in sali fusi, per determinare la perdita di peso e (ii) ricopertura del campione con sali, per analizzare i prodotti di corrosione. Inoltre, sono stati scelti due diversi sistemi di corrosione, $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$ e $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, per semplificare e riprodurre l'ambiente dell'industria del vetro e utilizzati per effettuare prove a 850 °C per 5, 15 e 30 h. Gli acciai inossidabili tal quali e dopo esposizione ai diversi ambienti, sono stati caratterizzati mediante SEM-EDS e XRD.

Le prove di corrosione eseguite sono risultate efficaci, permettendo di diversificare il comportamento degli acciai nei diversi sali impiegati come agenti corrosivi. In particolare, la miscela di $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$ è risultata più aggressiva rispetto al sale $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, probabilmente a causa della presenza del Cloro, che destabilizza lo strato di ossido protettivo. Il 4C-54 è più resistente dell'Avesta 253 MA in entrambi gli ambienti, soprattutto in $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. Lo strato di ossido formatosi sul 4C-54 è risultato più adeso, denso e stabile probabilmente grazie allo strato ricco in Cromo osservato sul materiale tal quale. I risultati ottenuti portano ad escludere l'applicazione dell'Avesta 253 MA in sostituzione al 4C-54 nell'ambiente dell'industria di produzione del vetro ad 850 °C.

Parole chiave: corrosione a caldo; sali fusi; Avesta 253 MA; AISI 446; $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$; $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

Abstract

The glass production is an *energy-intensive* industry due to the temperatures needed to melt the glass batch at about 1500°C; the optimization of the heat recovery is the most important topic to increase energy efficiency and reduce emission. Metallic heat exchangers are used in the temperature range of 400-850°C but their lifetime is a critical problem due to the high corrosion environment. Nowadays the 4C-54, one of the ferritic stainless steels with the highest corrosion and high-temperature resistance, is used in heat exchangers. In this work the corrosion resistances of pre-treated 4C-54 and of the austenitic stainless steel Avesta 253 MA were compared. Two different corrosion tests were performed: (i) immersion of the sample in molten salt, to determine the weight loss, and (ii) coating the sample with salts in order to analyse corrosion products. Furthermore two different corrosive salt mixtures, $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$ and $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, were chosen to simplify and reproduce the glass industry environment and were applied to perform tests at 850°C for 5, 15 and 30 h. Stainless steels were analysed both in the as-supplied condition and after exposure to molten salts by SEM-EDS and XRD analysis.

The corrosion tests were effective in differentiating the behaviour of steels with the corrosion salts. In particular, the $\text{Na}_2\text{SO}_4/\text{NaCl}$ mixture was more aggressive than $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ probably due to the presence of Chloride that induces destabilization of protective oxide layers. The 4C-54 was more resistant than Avesta 253 MA in both corrosion salts, especially in $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. The oxide scale formed on 4C-54 was more adherent, dense and stable, probably thanks to a Cr-rich layer, already present on the as-supplied commercial material. The results lead to exclude the application of Avesta 253 MA instead of 4C-54 in glass industry environments up to 850°C.