13-10 ナトリウムの材料腐食問題をひも解く

高速炉におけるナトリウム環境効果の評価ー

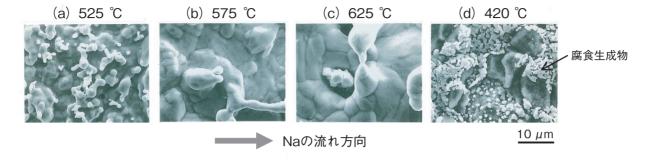
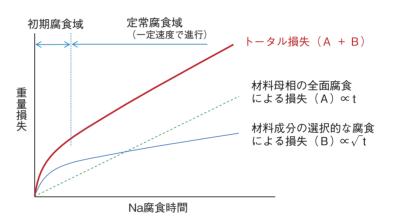


図13-22 長時間 (約82000時間) さらされたステンレス鋼 (SUS304) 腐食表面の走査型電子顕微鏡による観察例 Na流動循環系内で、Na流れに沿って温度が上昇する領域 (a) \sim (c) では材料の合金元素が溶出された腐食形態を、その下流に位置する温度下降の領域 (d) では温度上昇領域 (a) \sim (c) で溶出された微細な腐食生成物の沈着現象が観察されます。

図13-23 腐食過程の模式図

Na腐食は、材料成分のNa中への選択的な溶け出しと、Na中の不純物(酸素)と母相(Fe)との化学的な反応によって生じる腐食があり、これらの総和として材料の損失(減肉等)として現れます。時間軸に見ると、初期段階では前者による腐食が、数1000時間後の定常域では後者による腐食が支配的となって進行します。



ナトリウム冷却型高速炉に適用される構造材料は、供用期間の数10年にわたって常に高温(500 ℃ 前後)のナトリウム(Na)に接液しながら使用されるため、Na腐食が及ぼす材料特性への影響を解明し、材料の健全性を確保することが重要になります。このため、これまでの研究知見を体系的に整理し、高速炉におけるNa環境効果の影響について取りまとめました。

Na環境中では、一般の大気環境下の腐食とは異なり、材料表面に酸化被膜が生成されず、液体の金属Naと固体の金属材料の金属同士が直接接液することになります。この場合、Na環境条件、つまりNaに接液されている温度や時間などによっては、材料の表面からNa中へ合金元素が溶出し、その現象が著しい場合には材料の特性を変化させる一因になります。これらの現象は、温度や時間の他に、Na中における合金元素の溶解度や不純物濃度(主に酸素)に支配されることになります。

例えば、温度分布を有する流動Na系内では、Na流れの中で高温域では材料の合金元素の溶出等による腐食が生じ、その下流側に位置する降温域では、高温域で溶出さ

れた微細な腐食生成物が沈着する(図13-22)。また、時 間経過では、腐食初期には主に合金元素 (Ni, Cr等) の 選択的な溶出による腐食が進み、その後長時間側にな ると母相 (Fe) の均一的な全面腐食を受けて進行する (図13-23)。さらに、合金元素の中で、炭素は材料の強 度特性を維持する上で重要な役割を成す元素であり、Na を介した材料の脱炭・浸炭現象が重視されます。異なっ た材料(例えば、ステンレス鋼とフェライト鋼)で構成 されるNa系統では、材料間の炭素活量差から、炭素活量 の高い材料(フェライト鋼)で脱炭が生じ、低い材料 (ステンレス鋼)では浸炭が生じます。特に、高速炉では 軽水炉よりも高い温度で使用されるため、クリープ特性 やクリープと疲労が重畳するクリープ疲労特性を把握す ることが重要です。これらの特性に及ぼす脱炭・浸炭現 象の影響についても研究が進められ、純度管理されたNa 環境下では、Na腐食特性を含め、工学的に大きな問題に ならないことが明らかにされています。

本研究は、高速炉の設計に用いられる材料強度基準等 に反映されています。

●参考文献

Yoshida, E. et al., Corrosion Issues in Sodium-Cooled Fast Reactor (SFR) Systems, Nuclear Corrosion Science and Engineering, no.22, 2012, p.773-806.