

塩化物熔融塩高速炉のフィージビリティ研究（Ⅱ）

Feasibility Study of Integral Molten Chloride Salt Fast Reactor (II)

(5) 塩化物共晶塩と Ni 基合金およびステンレス鋼の腐食挙動研究

Corrosion behavior of Ni-based alloy and stainless steel with chloride salt

*福元謙一¹ 中川奎² 有田裕二¹

¹ 福井大原子力研 ² 福井大院工

塩化物熔融塩と構造材の共存性を調べるために、NaCl-CaCl₂-CeCl₃ 環境下で Ni 基合金とステンレス鋼に対して反応試験を実施した。反応試験前後の質量測定から、Hastelloy-C276 が最も耐食性に優れていた。TEM 観察から反応相の組成を同定し、腐食形態は均一腐食で Cr,Fe の拡散後 Mo,Ni が溶出した。

キーワード：熔融塩炉、腐食、ハステロイ合金、ステンレス鋼

1. 背景と目的

塩化物熔融塩と構造材の共存性を調べるために、NaCl-CaCl₂-CeCl₃ 環境下で Ni 基合金とステンレス鋼に対して反応試験を行った。質量変化測定による腐食量の評価と、反応試験後の断面組織のエネルギー分散型 X 線分析装置(SEM-EDS)分析・透過型電子顕微鏡(TEM)観察を実施した。形成された反応相の微視的観察や組成の同定から腐食挙動の知見を得、塩化物環境下での材料選択の指針を検討した。

2. 実験方法

熔融塩は NaCl-CaCl₂-CeCl₃{35:35:30(mol%)} の三元系共晶塩と NaCl-CaCl₂{50:50(mol%)} の二元系共晶塩を使用した。塩の精製として 400℃ 1h 真空で加熱後 700℃ 1h Ar ガス雰囲気中で加熱して共晶塩を作製した。構造材は Hastelloy-N、Hastelloy-C276、PNC316(改良 SUS316L)を使用した。試験温度は 600℃と 650℃で 100～300h で Ar ガス雰囲気にて反応試験を行った。反応前後で構造材の質量と寸法を測定し腐食量評価を行った。塩の精製の有無、石英/グラファイトるつぼの影響、熔融塩中の CeCl₃ 添加による腐食量の比較を行った。

3. 結果

600℃ 100h～300h 反応試験の Ni 基合金は質量減少量約 7mg/cm² と良好な耐食性を示した。PNC316 は腐食の進行が速かった。質量減少量を比較すると、Hastelloy-C276 と Hastelloy-N が耐食性に優れていた。各構造材を構成する主要元素の中で Cr,Fe が塩化物に対して活性であるため、PNC316 の腐食が進行したと考えられる。構造材を腐食させる HCl は塩に含まれる水分から形成される可能性があり、塩の精製方法について再度検討する必要がある。石英るつぼ使用時の腐食は大きく、今後反応試験を行うときはグラファイト坩堝の使用が推奨される。

650℃ 100h 反応試験の SEM-EDS 分析、TEM 観察から Hastelloy-C276 の反応メカニズムを調べた。反応試験前は金属表面に不動態被膜が形成されていた。塩化物により不動態被膜は破壊され、構造材表面が露出した。反応試験中は Ar ガス雰囲気中で不動態被膜形成に必要な酸素が少ないため、再生しなかったと考えられる。Hastelloy-C276 の構成元素の中で、塩化物中の金属の活性が高い Cr と Fe が優先的に塩化物塩側に拡散した。これにより相対的に Mo の割合が高くなって濃化した。さらに 300h まで反応が進むと、塩化物塩が構造材側に浸食し、Ni,Mo が拡散した。TEM 観察から数十 nm の粒子で拡散して NaCl 結晶上に点在する様子を確認できた。Ni,Mo は対応する塩化物の形成は確認できなかった。界面/反応相領域を TEM で詳細に分析すると結晶と黒い斑点が観察され。電子回折像から組成は NaCl と Ni だと特定できた。界面近傍で観察された粒は結晶よりも小さく一様に腐食していたことから。腐食形態は粒界腐食ではなく均一腐食であると考えられる。

本研究は、経済産業省令和 3 年度「社会的要請に応える革新的原子力技術開発支援事業」の一環として、原子力研究開発機構から委託を受けて実施したものである。

* Ken-ichi Fukumoto¹, Kei Nakagawa², Yuji Arita²

¹Research institute for nuclear engineering, Univ. of Fukui, ²Graduate school of engineering, Univ. of Fukui