

# 6-4 IS 法で用いる金属部材の耐食性向上を目指して — 硫酸分解ガス環境でセラミックスと同等の耐食性を有する鋼材を発見 —

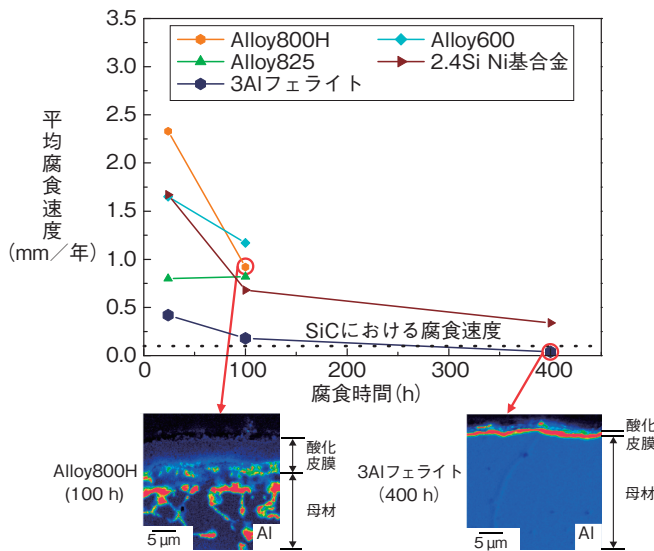


図6-9 各材料の腐食時間増加に伴う平均腐食速度変化及び Alloy800H、3Al フェライトにおける皮膜/母材断面の Al マップ 3Al フェライトの腐食速度は、400 h で SiC と同等の腐食速度を示しました。また、この材料の腐食試験後断面を観察すると、Alloy800H とは異なる均一厚さの Al 濃化酸化皮膜が観察されました。

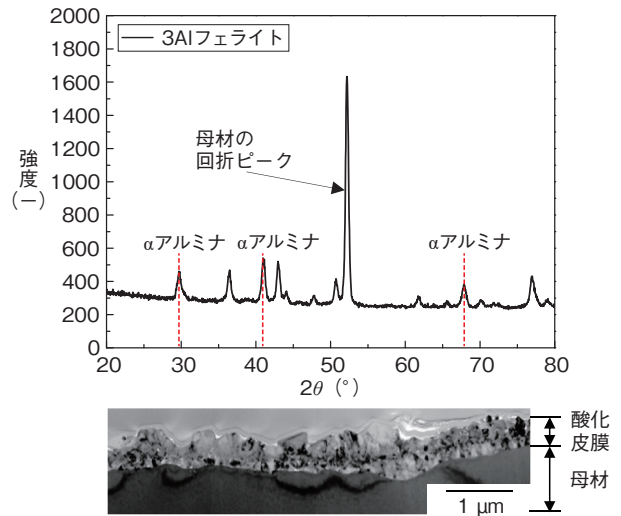


図6-10 3Al フェライトでの X 線回折による表面構造同定及び同材料断面の TEM 拡大観察写真 3Al フェライトでは、 $\alpha$  アルミナの回折ピークが確認されました。また、同材料の断面拡大観察により、 $\alpha$  アルミナの酸化皮膜は、隙間のない緻密な 1  $\mu$ m 厚の皮膜となっていました。

高温ガス炉の熱利用技術の一つである熱化学法水素製造法 IS プロセス (IS 法) は、腐食性の高いヨウ化水素、硫酸を高温で扱うことから、各種構造部材には、耐熱性や耐食性に優れた材料が求められます。特に硫酸を分解する反応容器 (硫酸分解器) 内は、IS 法の中で最も高温の 850  $^{\circ}$ C に達することから、私たちはこれまで硫酸分解器にセラミックスの炭化ケイ素 (SiC) を適用することを検討してきました。

しかし、今後の大量の水素製造が要求される実用プラントを想定した場合、SiC を製造する焼結炉の寸法制約や溶接の接合が難しい等、大型化が困難であることに加えて、脆性材料の SiC は、クラックを発生させない強度設計が必要なが問題点です。そこで、私たちは SiC と同等の腐食速度 0.1 mm / 年を達成可能な金属材料の探索を開始しました。

耐食性向上には、高温加熱時に母材表面に形成される酸化皮膜をどのように形成させるかがポイントであると考え、供試材には、種々異なる酸化皮膜形成を意図して、主に Fe、Cr 系酸化皮膜を形成する鉄 (Fe) 基合金の Alloy800H、Alloy825、Al 系酸化皮膜を形成するアルミニウム (Al) を多量に含有したフェライト系ステンレス鋼である 3Al フェライト、Ni 系酸化皮膜を形成するニッケル (Ni) 基合金の Alloy600、Si 系酸化皮膜を形成するシリコン (Si) を含有した Ni 基合金 2.4Si-Ni 基合金を選びました。

腐食試験は、96wt% の硫酸溶液を加熱蒸発させ、850  $^{\circ}$ C まで昇温することで、実用プラントと同様の環境としました。図 6-9 に各材料の腐食試験時間の増加に伴

う平均腐食速度の変化を示します。24 h 経過後に最も大きい腐食速度を示したのは、Alloy800H でした。一方で、3Al フェライトは、他のどの材料よりも小さい腐食速度 0.42 mm / 年となりました。また、100 h 後には、いずれも 24 h 後よりも小さい腐食速度となり、3Al フェライトでは、0.18 mm / 年となりました。400 h 後には、同材料の腐食速度は、SiC の腐食速度と同等となりました。

腐食試験後の酸化皮膜の状態を確認すべく、腐食の激しかった Alloy800H の 100 h 後及び耐食性に優れた 3Al フェライトの 400 h 後における皮膜/母材断面の Al 元素マッピングを行いました。Alloy800H では、Cr 系酸化皮膜の下層に存在した Al 層は完全に破壊されていたのに対して、3Al フェライトでは、均一な厚さの Al 層が形成されていました。

図 6-10 に 3Al フェライトにおける腐食試験後の X 線回折による表面構造同定及び同材料断面の透過電子顕微鏡 (TEM) 拡大観察写真を示します。X 線回折では、母材のフェライト相と酸化皮膜の  $\alpha$  アルミナの回折ピークが検出されました。また、同材料の TEM 観察から、隙間のない緻密な 1  $\mu$ m 厚の酸化皮膜が確認されました。したがって、3Al フェライトの良好な耐食性は、この  $\alpha$  アルミナが母材表面に均一形成されたためであることが分かりました。

本研究は、日本製鉄株式会社との共同研究「IS プロセス環境における耐食合金開発に関する研究」の成果の一部です。

(広田 憲亮)

●参考文献

広田憲亮ほか, 高温硫酸分解ガス環境下におけるステンレス鋼及び Ni 基合金の耐食性評価及び表面皮膜構造解析, 材料と環境, vol.70, issue 3, 2021, p.68-76.