過酷事故模擬環境を想定した高温型 MI ケーブル用シース材の腐食特性(2)

Corrosion Property of Sheath Materials using MI cables at Conditions Simulated Severe Accident (2)

*中野寛子[1], 広田 憲亮[1], 武内 伴照[1], 柴田 裕司[1], 根本 忠洋[2], 花本 行生[2], 土谷 邦彦[1]
[1]原子力機構, [2]化研

原子力発電所の過酷事故模擬環境における高温型 MI ケーブル用シース材の耐食性評価として、選定した SUS316 及び NCF600 について、過酷事故を模擬した環境(O_2, O_2/H_2O, I_2, $I_2/CO/O_2/H_2O$ 等)における耐食性を調べた結果、各ガス雰囲気により、耐食性が異なり、複雑な腐食形態を示すことが分かった。

キーワード：過酷事故環境, 高温型 MI ケーブル, 腐食特性, 孔食

1. 緒言

原子力発電所の過酷事故時でも炉内計測データを伝送できる計測線として、金属被覆無機絶縁ケーブル(MI ケーブル)の開発を行っている。特に、過酷事故が起こった際、原子炉内は、窒素、酸素、水素、水蒸気のほかに核分裂生成物等が含まれた混合ガス雰囲気中にさらされることから、MI ケーブル用シース材の早期破損が懸念される。本研究では、シース材として選定したオーステナイト系ステンレス鋼 SUS316 及びニッケル基合金 NCF600 について、過酷事故環境を模擬した雰囲気(O_2, O_2/H_2O, I_2, $I_2/CO/O_2/H_2O$ 等)における耐食性を評価した。

2. 実験方法

O_2 及び O_2/H_2O 雰囲気における SUS316 及び NCF600 の酸化特性は、TG-DTA(ネッチジャパン製)を用いて加熱中(700～1000°C×2h)における重量変化を測定し、得られた重量変化を放物線則により速度定数 Kp を評価した。なお、試験中の雰囲気はベースガス(N_2+20%O_2)を 200cm^3/分で導入し、H_2O の添加は加湿器により露点を 90°C に制御して行った。

次に、I_2 及び $I_2/O_2/CO/H_2O$ 雰囲気における耐食性は、管状石英容器(容積:234mL)内に SUS316 及び NCF600 の試験片を設置し、想定される過酷事故時のヨウ素濃度を模擬したガスを連続流入させた状態で電気炉内の加熱試験(700～1000°C×96h)を行った。

各試験後、試験片の光学顕微鏡観察、SEM 観察、EDX 元素分析及び X 線回折を行い、腐食生成物の同定を行った。

3. 結果及び考察

TG-DTA により測定した重量変化量は、NCF600 よりも SUS316 の方が O_2 及び O_2/H_2O 雰囲気とも大きかった。得られた重量変化を放物線則による速度定数 Kp のアレニウスプロットを図 1 に示す。この結果、SUS316 の活性化エネルギーは、O_2 及び O_2/H_2O 雰囲気で、ほぼ同様の傾きであることが分かった。また、SUS316 と NCF600 の試験片は表面に均一な酸化皮膜が形成されており、XRD 測定により、SUS316 では Cr_2O_3、NCF600 では $NiCr_2O_4$ や $3Cr_2O_3{\cdot}Fe_2O_3$ が主に形成されていた。

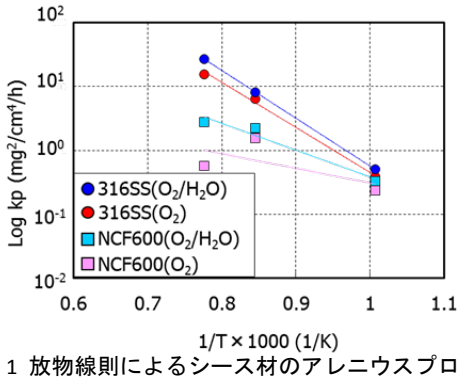

図 1 放物線則によるシース材のアレニウスプロット

I_2 及び $I_2/CO/O_2/H_2O$ 雰囲気における試験片の表面観察写真を図 2 に示す。この結果、SUS316 の表面に約 10～100μm 大きさの孔食が観察され、この孔食の数は試験温度とともに増加していた。一方、NCF600 の表面は孔食が観察されず、均一な酸化皮膜が形成された。

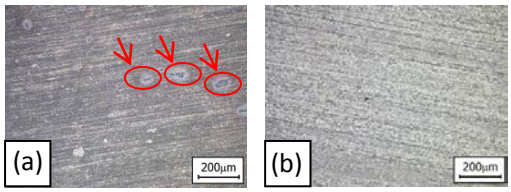

図 2 光学顕微鏡による表面観察(a)SUS316, (b) NCF600
(試験温度：1000℃、雰囲気：$I_2/CO/O_2/H_2O$)

以上より、SUS316 では酸素や水蒸気により均一な酸化皮膜を形成するが、ヨウ素により孔食が起こりやすく、それぞれで腐食形態が異なることが示唆された。

本研究は、経済産業省資源エネルギー庁からの受託事業として実施した「発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業(特殊環境下で使用可能な監視システム高度化)」の成果である。

*Hiroko Nakano[1], Noriaki Hirota[1], Tomoaki Takeuchi[1], Hiroshi Shibata[1],
Tadahiro Nemoto[2], Yukio Hanamoto[2] and Kunihiko Tsuchiya[1]
[1]JAEA, [2]KAKEN, co.