ショート・ノート

放射線誘起表面活性を利用した防食法の開発

古谷 正裕^{1,*}, 植松 進², 賞雅 寛而³,
岡本 孝司⁴, 広石 大介⁴, 河村 浩孝⁵

Development of Corrosion Control Method on the Basis of Radiation Induced Surface Activation

Masahiro FURUYA, Susumu UEMATSU,
Tomoji TAKAMASA, Koji OKAMOTO,
Daisuke HIROISHI and Hirotaka KAWAMURA

KEYWORDS: radiation induced surface activation, corrosion, BWR, titanium oxides, metal oxide coating, surface coating, catalysis, anodic reaction, stress corrosion cracking

BWR 構造材の応力腐食割れ低減方策として、冷却材に水素を注入したり、構造材に貴金属を担持させることにより、腐食電位を応力腐食割れ発生のしきい値より卑化させる手法が一部試みられている。本研究ではこれらの代替として、放射線誘起表面活性効果(Radiation Induced Surface Activation¹⁾)を利用して腐食電位を低下させる手法を提案する。すなわち、酸化金属皮膜に γ 線などの放射線を照射することにより、軌道電子が伝導帯に励起され、同時にホールができることによりアノード電流が流れるという、非消耗型の腐食緩和手法である。

1. 実験手法

試験片は、厚さ1 mm、幅20 mm、長さ50 mmの純度99.99%の鉄板に、酸化金属皮膜として酸化チタンを表面に厚さ約220 μ m 溶射し、全面腐食を把握するために裏面および端部をアルルダイト塗布した。試験片を内径33 mmのガラス容器に入れ、第1段階として腐食促進のために3 wt% NaCl 水溶液を50 ml 注入した。また溶存酸素濃度は飽和状態とした。照射線源としては γ 線を用いたが、対照試験として紫外線、また非照射(暗室保管)に対しても同様に試験を行った。試験パラメータは照射線量率(300~900 Gy/h)および浸漬時間(16~64 h)である。 γ 線

源には東京大学原子力研究総合センターの⁶⁰Coを用いた。使用した紫外線ランプは中心波長352 nmであり、本実験における紫外線強度はUV-Aにおいて約5.0 mW/cm²である。ここでは、速報として表面観察結果と水溶液中鉄イオン濃度測定結果について述べる。

2. 実験結果および考察

第1図に3 wt% NaCl 水溶液中に浸漬した試料片表面状態を、照射線源と浸漬時間に対して示す。撮影は10分間の超音波洗浄により表面の水酸化物を除去し、20分間真空乾燥した後に行った。図より暗室に保管した場合と紫外線を照射した場合では同様に、一部孔食が見られるもののほぼ全面に腐食が進行している。一方、 γ 線を照射した場合には、このような腐食挙動はほとんど見受けられなかった。これは γ 線のコンプトン散乱などにより、荷電子帯を含む軌道電子が伝導帯に励起され、腐食電位が卑化することにより腐食緩和効果が発現したと推察される。第1図に示すように、溶液浸漬時間を40 h, 64 hとした実験を行った結果、暗室の場合には腐食がさらに進行したが、 γ 線照射の場合は腐食の進行が遅いことが判明した。

溶液中の鉄イオン濃度を求めるために、溶液の上澄みを採取し、o-フェナントロリンにより2価の鉄イオンを発色させ、分光光度計(日立製作所製、U-2010)を使用して定量化した。3価の鉄イオンはアスコルビン酸を用いて還元して発色させ、2価および3価鉄イオン濃度の和として計測し、前述の結果との差を3価鉄イオン濃度とした。第2図に腐食試験後の溶液中の鉄イオン濃度を示す。 γ 線を照射した場合には3価鉄イオンの割合が多いことがわかる。これは生成した酸素ラジカルが2価鉄イオンを酸化したためと考えられ、防食効果を発現したと推察される。腐食生成物の大部分は水酸化物などの固形物として堆積した。固形堆積物は分析対象外としたが、その量は γ 線を照射した試験片では著しく少なかった。

第3図に γ 線照射線量率の影響を示す。試料片は3 wt% NaCl 水溶液中に16 h 浸漬した。線量率の低下に伴い、孔食と全面腐食が明瞭に見られる。このことから線量率が増大することにより、一層高い腐食緩和効果が期待できることがわかった。

本研究では母材に鉄を選定して実験を行ったが、鉄以外の金属に対しても同様なメカニズムによる防食効果が期待できると考えられる。今後は、溶射以外の固定方法や酸化チタン以外の酸化皮膜に対して同様な試験を行い、広い範囲で防食効果を最適化することを検討したい。

3. まとめ

鉄に酸化チタンを溶射した試料片を3 wt% NaCl 水溶液中に浸漬し、 γ 線および紫外線を照射する実験を行った。実験の範囲では紫外線照射と比較して γ 線照射による腐食緩和効果は高く、かつ線量率が増大することにより一層腐

¹ 財電力中央研究所 原子力システム部(Central Res. Inst. of Electr. Power Ind.)

² 独立行政法人 海上技術安全研究所材料加工部(Natl. Maritime Res. Inst.)

³ 東京商船大学 商船学部(Tokyo Univ. of Mercantile Marine)

⁴ 東京大学大学院工学研究科(Univ. of Tokyo)

⁵ 財電力中央研究所 界面科学部(Central Res. Inst. of Electr. Power Ind.)

(2002年2月15日受理; 2002年4月12日査読通過)

* 著者連絡先: Tel. 03-3480-2111(内線2031),

Fax. 03-3480-2493, E-mail: furuya@criepi.denken.or.jp

第1図 照射線源および浸漬時間に対する腐食挙動

第2図 16 h 浸漬後の溶液中鉄イオン濃度

第3図 γ線照射線量率に対する腐食挙動

食緩和効果が高まることが明らかになった。このように放射線誘起表面活性(RISA)を利用すれば、酸化金属皮膜にγ線を照射することにより、応力腐食割れを含む腐食耐性を向上できる可能性があることが示された。

— 参考文献 —

- 1) 例えば、今井康之、古賀達也、賞雅寛而、他“放射線誘起沸騰改善(3)；アルミナの表面濡れ性”，原子力学会「2002春の年会」要旨集，H5，p. 381(2002)。