

鉄中の銅拡散に対する電子線照射効果

Electron-irradiation effects on diffusivity of Cu in Fe

*外山 健¹, Zhao Can¹, 義家 敏正^{1,2}, 下平 昌樹¹, 清水 康雄¹, 井上 耕治¹, 永井 康介¹

¹東北大学, ²大阪ニュークリアサイエンス協会

250-620℃で電子線照射した Cu-Fe 拡散対および Fe-Cu 合金中の銅拡散プロファイルおよび銅析出物をそれぞれ 3 次元アトムプローブで観察し、鉄中の銅拡散に対する電子線照射効果を調べた。

キーワード：照射促進拡散, 電子線照射, 3 次元アトムプローブ

1. 緒言 RPV 鋼の照射脆化の主因の一つである溶質・不純物クラスターの形成および発展を理解する上で、Fe 中の溶質・不純物原子の拡散係数は重要なパラメーターである。原子の拡散には空孔や格子間原子が関与するため、それらが熱平衡時に比べて大量に導入される照射下では拡散が大きく促進される場合がある（照射促進拡散）。照射促進拡散の直接的な実験的な報告はあまり多くなく、特に RPV 鋼の照射脆化で重要な Fe 中の Cu 拡散に関する研究例はわずかである[1]。本研究では、Cu-Fe 拡散対および Fe-Cu 合金を電子線照射したのち、Cu 拡散プロファイルや Cu 析出物の析出 kinetics を 3D-AP で観察して Cu の拡散係数を求め、Fe 中の Cu 拡散に対する電子線照射効果を調べることを目的とする。

2. 実験方法 Cu-Fe 拡散対試料は、純 Fe (5N、水素焼鈍済み) 板状試料を化学研磨後に直ちに 10^{-5} Pa 以下に真空引きし、Ar イオンスパッタで表面を清浄にした後に純 Cu (5N) を膜厚約 $3\mu\text{m}$ まで電子ビーム蒸着して作製した。Fe-Cu 合金は、上述の純 Fe および純 Cu を母材して Fe-1.0wt.%Cu 合金を作り、溶体化処理した後に氷水中に焼き入れて作製した。電子線照射は量研機構高崎研 1 号加速器にてビームエネルギー 2 MeV、ビーム電流 8 mA、照射温度 250-620 °Cで行った。損傷形成率は約 1.3×10^{-9} dpa/s である。照射後、3D-AP を用いて拡散対試料では Cu-Fe 界面からの Cu 濃度プロファイルを、Fe-Cu 合金試料では Cu 析出物をそれぞれ観察し、Cu の拡散係数 D を求めた。

3. 結論 図 1 に Fe 中の Cu の拡散係数 D を示す。照射下での拡散係数 D_{irrad} は、低温ほどその温度での熱時効時の拡散係数 D_{thermal} と比較して大きいことから、低温ほど顕著な照射促進効果が観察された。 D_{irrad} は 250-475 °Cの温度領域ではほぼ一定となった。講演では反応速度論的取扱いによる D_{irrad} の検討を示し、Fe 中 Cu 拡散に対する電子線照射効果を議論する。
[1] T. N. Le et al., Scrip. Metal. Mater. 26 (1992) 771.

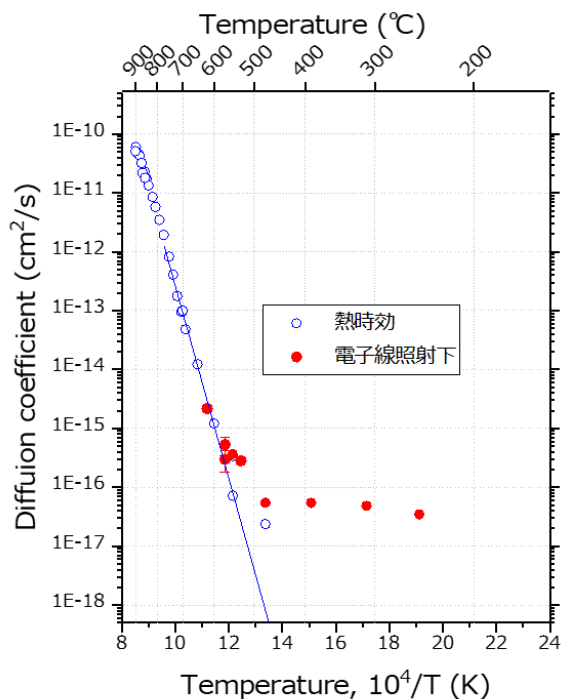


図 1 : Fe 中の Cu の拡散係数。熱時効データは、文献値 (Salje(1977), Rothman(1968), Toyama(2014)) を含む。

*Takeshi Toyama¹, Zhao Can¹, Toshimasa Yoshiie^{1,2}, Masaki Shimodaira¹, Yasuo Shimizu¹, Koji Inoue¹ and Yasuyoshi Nagai¹

¹Tohoku Univ., ²Osaka Nuclear Science Association