

先進核融合中性子源における液体金属伝熱促進材の材料共存性に関する研究

Corrosion behaviors of F82H steel in liquid metal heat transfer mediums Li, Na, and, NaK of A-FNS

*保坂 龍広¹, 近藤 正聡², 佐藤 聡³, 安堂 正己³, 野澤 貴史³

¹ 東京工業大学大学院工学院機械系原子核工学コース, ² 東京工業大学科学技術創成研究院,

³ 量子科学技術研究機構六ヶ所核融合研究所

先進核融合中性子源(A-FNS)において、照射キャプセル内に試験片と共に充填する伝熱促進材として液体リチウム、液体ナトリウム、ナトリウムカリウム合金が検討されている。本研究の目的は、これらの伝熱促進材と F82H の材料共存性を明らかにする事である。

キーワード:核融合炉, 伝熱促進材, 液体金属, 低放射化フェライト鋼, 粒界腐食

1. 緒言 F82H は核融合炉ブランケットの構造材として開発された低放射化フェライト鋼であり、A-FNS において低放射化フェライト鋼 F82H に対して中性子照射試験を行うことは重要な目的の一つである。この照射試験の温度は核融合ブランケットの温度である 250°C~550°Cで実施される。試験片は円筒型の容器である照射キャプセルに封入され、電熱線とヘリウム冷却によって温度制御されるが、温度制御性を高めるために照射キャプセル内を伝熱促進材で満たす。封入する伝熱促進材として液体金属リチウム(Li)、液体金属ナトリウム(Na)、ナトリウムカリウム合金(NaK)が検討されており、試験片の中性子照射による影響のみを評価できるように伝熱促進材による腐食は最小限にする必要がある。本研究の目的は F82H とこれらの伝熱促進材の共存性を調査することである。

2. 実験条件 試験片のサイズは 15mm×10mm×1mm である。坩堝に候補伝熱促進材である液体金属と試験片を封入し Swagelok 社製のキャップで密閉して試験キャプセルを作製した。試験片と坩堝の材質は F82H である。実験温度は 350°C~550°Cで試験時間は 25 時間から 295 時間の間で実施した。液体金属は Li, Na, NaK を使用した。また、V/S 比は腐食を決定する重要なパラメータで、液体金属の体積と液体金属が接触している試験片及び坩堝の表面積の比である。試験キャプセルに封入した液体金属の量は A-FNS の照射キャプセルと同じ V/S 比(=3.13×10³)と近くなるようにした。

3. 実験結果・考察 試験前および試験後の試験片表面を SEM で観察すると、450°Cの液体 Li に 250 時間浸漬させた試験片表面には大きさ 0.1~0.5µm 程度の直径を有する粒状組織が確認された。550°Cの液体 Li に 250 時間浸漬させた試験片表面に大きさ 0.5~1µm 程度の直径を有する粒状組織が確認され、表面に凹凸ができていたことがわかった。また、試験片表面の Fe と Cr の質量比 Cr/Fe を EDX により測定した。試験前と比べて Cr が減少しており、試験温度が高いほど、試験時間が長いほど減少量が多いことがわかった。550°C250 時間で試験した試験片の断面を観察すると、表面 6µm で粒界腐食が起きていることがわかった。液体 Li による F82H 試験片の腐食は温度に大きく依存していることが考えられる。液体 Na に 550°C295 時間で浸漬させた試験片表面を SEM で観察すると、灰色部と黒色部が観察され、黒色部では Na の三元系酸化物を生成していることがわかった。NaK に 550°Cで 295 時間浸漬させた試験片表面を SEM/EDX で観察すると、表面に大きさ 1~5µm 程度の鉄の析出物が確認され、試験片表面は酸化されていることがわかった。試験片の断面は表面 10µm に粒界腐食が起きており、元素分析では O や Na のピークが検出されたが、K のピークは検出されなかった。

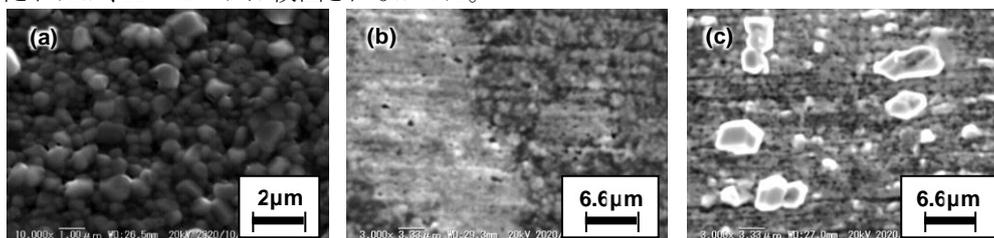


図1 試験片表面の SEM 像

(a) 550°Cの液体 Li に 250 時間浸漬 (b) 550°Cの液体 Na に 295 時間浸漬 (c) 550°Cの液体 NaK に 295 時間浸漬

*Tatsuhiko Hosaka¹, Masatoshi Kondo², Satoshi Sato³, Masami Ando³, Nozawa Takashi³

¹Tokyo Institute of Technology, School of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Graduate Major in Nuclear Engineering, ²Tokyo Institute of Technology, Institute of Innovative Research, Laboratory for Advanced Nuclear Energy, ³National Institute of Quantum and Radiological Science and Technology, Rokkasho Fusion Institute