03Da10

酸化物分散強化銅合金の材料特性と耐照射性
Instructions for Preparing Manuscripts for JSPF Annual Meeting

LIU Yuchen[1], 笠田 竜太[1], GAO Zimo[1], YU Hao[1], 近藤 創介[1], 藪内 聖皓[2], Mohamad Aghamiri3, 大野 直子[3], 鵜飼 重治[3], 能登 裕之[4], 菱沼 良光[4], 室賀 健夫[4]
Yuchen LIU, Ryuta KASADA, …, Sosuke KONDO, Kiyohiro YABUUCHI, Naoko OONO et al.

[1]東北大金研, [2]京大エネ理工研, [3]北大工, [4]核融合研
IMR, Tohoku Univ., IAE, Kyoto Univ., Hokkaido Univ., NIFS

【はじめに】酸化物分散強化銅（ODS-Cu）合金は、核融合炉のダイバータ冷却管に必要とされる高強度と優れた耐照射性が期待されている。ODS-Cuの高強度化は、酸化物分散強化だけでなく、細粒化強化によっても実現可能である。本研究では、メカニカルアロイング法によって新たに開発を進めているODS-Cu合金の優れた特性を示すとともに、イオン照射前後のODS-Cuと非ODS-Cuの機械的性質を、ナノインデンテーション硬さ試験やマイクロピラー圧縮試験などの超小型試験技術(USTT)を用いて調べ、特に低温照射脆化に対する耐照射性の発現機構について微細組織学的要因を明らかにする。

【実験方法】ODS-Cu(Cu-Y_2O_3)及び、Y_2O_3を添加しない非ODS-Cu（MAed-Cu）を水冷式高エネルギーボールミルを用いたメカニカルアロイニング(MA)法により作製し、ホットプレスにより焼結した。焼結体の熱伝導特性は、Xeフラッシュ型熱伝導測定装置LFA467によって測定された。焼結体の微細組織を、X線回折法（XRD），電子線後方散乱回折法（EBSD），透過型電子顕微鏡（TEM）等によって同定した。イオン照射実験は、単結晶Cu(SC-Cu)、純MAed Cu、Cu-1wt%Y_2O_3 ODS-Cu合金を対象に、京都大学DuETを用いて、5.1MeVのCu^{2+}イオンを100℃で照射した。硬さの深さ方向のプロファイルを得るために、連続剛性測定法(CSM)によるナノインデンテーション法を用いた。

【実験結果および考察】図１に示すように、開発したODS-Cu合金のひとつであるCu-1wt%Y_2O_3は、標準試験片である純銅の96%という優れた熱拡散率を有していることがわかった。TEM観察の結果、Cu-1wt%Y_2O_3の酸化物粒子の平均粒径は約40nmであり、ODSフェライト鋼で見られるようなナノサイズの酸化物粒子よりも比較的大きいことがわかった。また、MAed-Cu、ODS-Cu（Cu-1wt%Y_2O_3）はそれぞれ、平均粒径が約1.1μm、0.7μmとなる不均一な微細結晶粒組織を有していた。イオン照射材に対するナノインデンテーション試験の結果、MAed-Cu及びODS-Cuの照射硬化は、SC-Cuよりも抑制されることがわかった。

以上の結果より、開発したODS銅合金中には熱拡散率（熱伝導率）を著しく低下させるような固溶原子はほぼ存在せず、Y_2O_3粒子が分散強化に貢献するように緻密に分散していることがわかった。一方、ODS銅合金の耐照射性については、Y_2O_3粒子を含まない微細粒を有する銅と同等の照射硬化量の抑制が見られたため、Y_2O_3粒子母相界面よりも微細結晶粒が照射欠陥のシンクとして有効に働いたと考えられる。今後、Y_2O_3の複合酸化物化によるリアルナノ化による更なる高強度化・耐照射性向上を目指した合金開発を進める計画である。

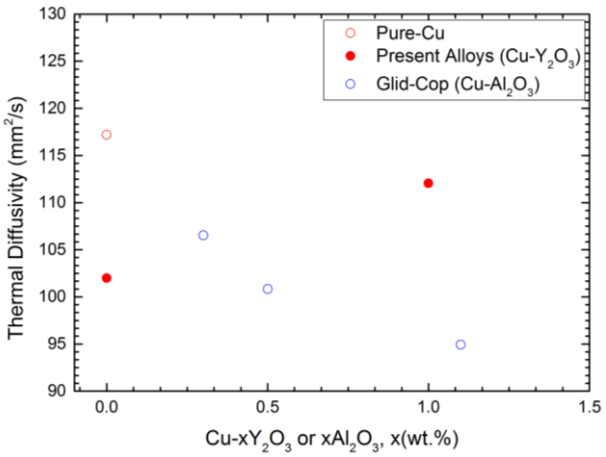

図１　開発したODS銅合金の熱拡散率。