

金属系構造・機能材料のナノ組織化

Keyword: 加工プロセス、マグネシウム合金、高エントロピー合金、金属間化合物、金属ガラス

設計・創造分野 耐食合金グループ

土谷 浩一

TSUCHIYA.Koichi@nims.go.jp | <http://www.nims.go.jp/research/group/corrosion-resistant-alloy/>



研究の背景

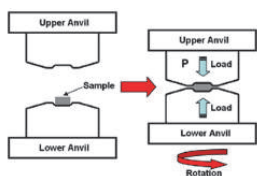
近年、金属系材料の組織極微細化に関する研究が国際的にも非常に盛んである。特にEqual Channel Angular Pressing (ECAP)法やAccumulative Roll Bonding (ARB)法などの新しい加工法を利用した組織極微細化による構造材料の高強度化の例が報告されている。

研究の狙い

金属間化合物、非晶質合金、高エントロピー合金などの金属材料について、高圧ねじり加工(High-Pressure Torsion)法などによる強加工とナノ構造形成、特異機能発現に関する研究を行っている。

最先端研究トピックス

高圧ねじり加工 (High-Pressure Torsion)

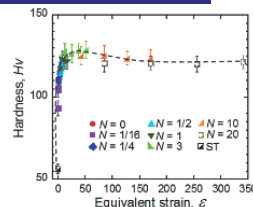
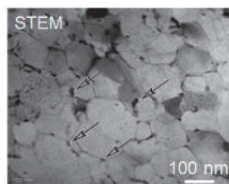


$$\text{shear strain: } \gamma = 2\pi r N / t$$

$$\text{equivalent strain: } \varepsilon = \gamma / 3^{1/2}$$

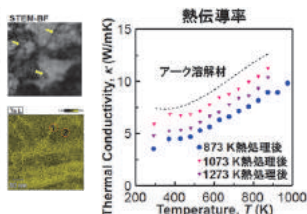
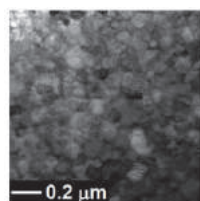
- 擬静水圧下 (~5GPa) で試料に大きな剪断ひずみを付与
- 金属間化合物、非晶質材料などの難加工材にも適用可能

マグネシウム合金の結晶粒微細化



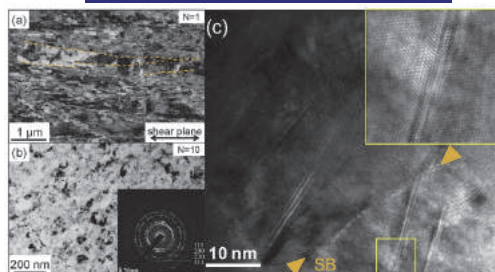
- Mg-Zn合金のHPT加工中にMg₂Zn₇, MgZn₂ナノ粒子が動的析出
- 粒界ピン止め効果により、結晶粒径140 nmまで微細化・高強度化

Fe₂VAl熱電材料の熱伝導度低減



- Fe₂VAlは低環境負荷、低コストの熱電材料として有望
- Fe₂(V_{0.95}Ta_{0.05})Alの結晶粒径を66 nmまで微細化
- HPT加工中にTaが粒界に偏析する事で873Kでも粗大化を抑制
- 結晶粒極微細化により熱伝導率の大幅低減 (~1/2) と性能指数の向上 (ZT=0.3@500K) を達成

高エントロピー合金のナノ構造化



- 粗大粒のAl_{0.3}CoCrFeNiを1回転HPT加工する事で結晶粒が非常に顕著に微細化 (~60nm)、硬さが約3倍向上 (150 Hv → 475 Hv)
- ナノ結晶粒内に積層欠陥、ナノ双晶が導入され、粒界からの部分転位の放出が活発になる事を示唆

文献

- S. Masuda, K. Tsuchiya, J. Qiang, H. Miyazaki, Y. Nishino, J. App. Phys., 124(2018) 035106.
- D. A. Basha, R. Sahara, H. Somekawa, J. Rosalie, A. Singh, and K. Tsuchiya, Scripta Mater., 124(2016)169-173.
- J. Qiang, K. Tsuchiya, Scripta Mater., 155(2018) 99-103.

まとめ

- 様々な金属系構造・機能材料について、高圧ねじり加工によるナノ構造制御と特異物性の発現
- 粉末の固化、加工にも適用可能

実用化への目標

- 強加工によるナノ構造制御で発現した熱伝導度低減、熱膨張低減、高耐食性などの特異物性を熱電材料、医療デバイス材料などへと応用展開する