

【基盤研究(S)】

理工系(工学)



研究課題名 バルクナノメタルが示す特異な力学特性の 統一的理解とそれに基づく材料設計

京都大学・大学院工学研究科・教授

つじ のぶひろ
辻 伸泰

研究課題番号: 15H05767 研究者番号: 30263213

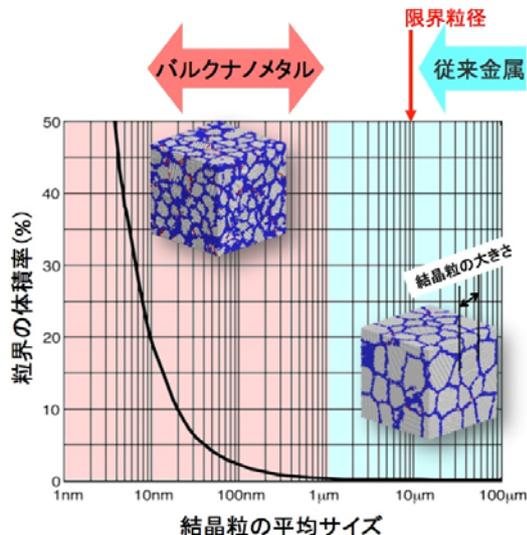
研究分野: 構造・機能材料

キーワード: 構造用金属材料、超微細粒、強度、延性、粒界

【研究の背景・目的】

本領域の目的は、バルクナノメタルが示す種々の特異な力学特性を統一的に理解することです。「バルクナノメタル」とは、それを構成する結晶粒や相が $1\mu\text{m}$ 以下のサイズを有する、均一なバルク状金属材料です。我々がこれまで用いてきた金属材料は多数の結晶粒が集合した多結晶体ですが、従来金属では個々の結晶粒の大きさを $10\mu\text{m}$ 以下にすることはできませんでした。しかし結晶粒・構成相をナノメートルの桁まで微細化することにより、図1に示すように材料は「粒界(結晶粒の境界)だらけ」になります。粒界だらけのバルクナノメタルは、これまでの金属材料科学の常識を覆す種々の興味深い特性を示すようになります。これまでに我々が見出したバルクナノメタルの特異な力学特性とは、(1)金属・合金の種類によらず普遍的に現れる降伏点降下現象、(2)Hall-Petch関係におけるextra-hardening、(3)加工軟化と焼鈍硬化、(4)室温におけるひずみ速度依存変形、(5)巨大なバウシニング効果、(6)六方晶における不活性すべり系の活性化、(7)変形双晶および変形誘起マルテンサイト変態の安定性の顕著な変化、です。これらはいずれも、従来の材料学の常識からは理解できない興味深い現象です。

図1 粒界(結晶粒間の境界)領域の体積率と結晶粒サイズの関係。従来金属における粒界領域はきわ



めて少なく、一方バルクナノメタルは粒界だらけの材料である。

【研究の方法】

研究代表者がこれまでに開発してきた種々の加工熱処理手法を駆使し、特異な力学特性を示すバルクナノメタルを、種々の合金系において粒径も変化させながら系統的に作製します。粒径 100nm オーダーのバルクナノメタルの塑性変形は、主に転位のすべり運動によりもたらされることが明らかになっていすから、転位運動の特異性に着目し、特に粒界の役割に重点を置いて、材料組織と変形挙動の関係を詳細に調べます。粒界は、従来考えられている転位運動の障害物としてだけでなく、転位の核生成場所、さらには転位の消滅場所としても働いている可能性があります。最先端のナノスケール材料解析手法に加え、デジタル画像相関法(DIC)や変形挙動のその場測定手法などを駆使します。特に、J-PARCおよびSPring-8と密接に連携し、中性子および放射光によるその場解析手法を積極的に活用します。

【期待される成果と意義】

バルクナノメタルは、同じ種類の従来金属・合金の4倍にも達する強度を示すなど、常識を覆す優れた力学特性を示します。またこうした力学特性が、合金元素の添加なしに単純な化学組成で達成できるため、希少資源の有効利用やリサイクルの観点からも、バルクナノメタルは魅力的です。構造用金属材料は、我々が暮らす社会の安全を担保する極めて重要な材料です。本研究の成果により、力学特性を制御した革新的構造材料としてのバルクナノメタル新材料創製の基礎が確立されることが期待できます。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- "Hardening by Annealing and Softening by Deformation in Nanostructured Metals", X.Huang, N.Hansen and N.Tsui: Science, Vol.312, No.5771 (2006), pp.249-251.
- N.Tsui: Chapters 2 and 22 in "Nanostructured Metals and Alloy", edited by S.H.Whang, Woodhead Publishing Ltd. (2011)

【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度 154,700千円

【ホームページ等】

<http://www.tsujilab.mtl.kyoto-u.ac.jp>