

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名: 自己構造・組織創成型過冷金属の応用展開

2. 研究代表者: 井上 明久 (東北大学 金属材料研究所 教授)

3. 研究概要:

融点以下に過冷却された金属液体の結晶化変態に対する異常安定化は、合金成分が3経験則を満たす特定の金属元素で起生し、その際多成分合金において自発的に生成する特殊な原子配列構造(自己創成構造組織)を利用することにより、厚さや直径が数 mm 以上のバルク形状の金属ガラスが得られる。この新規現象の発見をもとに、本プロジェクト研究では、ERATOの研究に引き続きバルク金属ガラスが生成する新合金系の開発、熱的安定性や基礎物性の解明、有用な工業的特性の探索、新しい作製・成型加工プロセスの開発などの研究を行っている。また、ナノ結晶、ナノ準結晶およびデンドライト相が均一分散したバルク金属ガラスなどの新合金組成の探査や有用特性の探査についても研究した。

研究は東北大金研で重点的に進め、一部外部研究者と交流して実施した。以下大きな進展のあった成果を中心にまとめる。

[成果の概要]

(1) 新バルク金属ガラスの創成(張、秦グループ)

Cu-Zr 系において、高延性を示すナノ結晶分散バルクガラス合金が生成することを世界に先駆けて発見した(特許出願)。延性の程度は圧縮試験では破壊しなくなってしまうほど高く、その超高延性の新機構を提唱した。

これまで超急冷法においてもアモルファス相すら得られなかった Fe-Pt 系合金において、3成分則を適用することにより、アモルファス相の生成に成功した。このものは加熱によるナノ結晶化で極めて大きな保磁力を示すハード磁石特性を示すことを見出した(特許出願)。生体用磁石材料としての工業化の可能性が出てきた。

(2) 磁性材料開発(沈グループ)

高圧水アトマイズ法の適用により新しい Fe 基および Co 基合金の大量金属ガラス相粉末を作製できることを明らかにした(特許出願)。

次に、そのガラス合金粉末を用いた過冷却液体で放電プラズマ焼結成型加工により、真密度をもったバルク金属ガラスコア材への成型が可能となり、これらのコア材が優れた軟磁性を発現することを明らかにした(特許出願)。

この成果に基づいて、Fe 基軟磁性コア材料の生体深部磁気刺激装置への事業展開を行うことを目的として、東北大発ベンチャー企業を平成17年4月1日に発足させた。

(3) 強靱性材料開発(ルスギナ ラリッサグループ)

Ti-FeやTi-Fe-Co基などに、 $-Ti+Ti_2Fe$ や $Ti_2(Fe,Co)$ 化合物などのナノ結晶、デンドライト相を

分散させることで、高変形能を示し、高強度と高延性が同時に発現することを見出した。この研究の進展により、新しいタイプの高強度・高剛性Ti基合金の開発も期待される。

(4) ナノ加工法の開発(シャルマ パーマナントグループ)

Zr系やCo系のバルク金属ガラスにおいて、(1)過冷却液体域において、最小50nmのナノインプリント加工、転写加工が行えること、(2)金属ガラスが100-500nmスケールで鋳型として使用できること、(3)収束イオンビームを用いて最小12nm幅のスケールで鋳型を作成できること(特許出願)、などを明らかにした。現在さらなる高効率微細加工法の開発に傾注している。これらは今後の2次加工品の開発に有用なノウハウとなる。

(5) 金属ガラスの応用展開(山浦グループ)

Mg系およびPd-Ni系のガラス相などの非平衡相がアルカリ水溶液中の溶存水素濃度の高感度検出センサーとして極めて優れていることを見出した(特許出願)。

(6) 金型精密鋳造法による1次加工製品開発(木村グループ)

合金液体の金型精密鋳造法により、Zr基やNi基ガラス合金の大面積平板材やネット形状の圧力センサーを高効率・高信頼性を持って作製する新しいプロセスを確立しつつある。また平板材を過冷却液体域での粘性流動加工法により、結晶化させることなく、様々な2次形状材に加工できることを明らかにした。現在、さらに品質と生産性を上げるための技術の開発を行っている。

[その他特記事項]

(受賞) H14 日本学士院賞(井上明久教授)

H16 日本金属学会技術開発賞(井上明久教授)

(国際会議) H16.8 ISMANAM 国際会議(仙台)開催

4. 中間評価結果

4-1 研究の進捗状況と今後の見込み

独自に見出した過冷却された金属液体の結晶化変態に対する3経験則に基づき過冷金属(バルク金属ガラス)が生成する新合金系を開発する中、新しい有用な工業的特性を有する材料を数多く開拓し、またナノ結晶化組織合金の特性をしらべ、成型加工を検討し、工業化への道筋をつけている。とくに単なるアモルファス相だけでなく、部分的に微結晶化することによる高靱性化の達成など新しい考え方に基づく新材料の創成もなされ、発展研究としては非常に良い展開がなされた。今後、基礎科学的側面、例えばガラス形成能や相転移機構などについて、物性論グループ等と共同的研究を行えば、さらに進化することが見込まれる。

4-2 研究成果の現状と今後の見込み

研究代表者がほとんどの面でリーダーシップを発揮し、材料創製の面でも応用化研究の面でも大きな成果が出ている。とくに

ナノ転写性を実証するギヤー、ナノパターニングなどの実現

4元、5元系合金での超軟磁性材の発見

アモルファス材の部分結晶による永久磁石の発見

など研究面で世界的にも先導的役割を果たすとともに、工業製品やナノ加工等への実用化に対しても多くの関心が集まっている。

4 - 3 総合的評価

井上グループで開発された材料は、従来の材料の性能を飛躍的に改善することが期待され、金属ガラスの研究分野での科学的・技術的インパクトは大変高い。世界的にもトップランナーとして走っていることは論をまたない。近年その実用性が世界的に注目され、ナノ材料の一貫として各国、特に韓国や中国などで長期的プロジェクトがスタートしている。我が国の現在の優位性を維持するためにも現在の activity の継続はもちろん、特許に関する配慮や支援等も強く望まれる。