

資源エネルギー学講座 資源エネルギーシステム学分野

ナノラメラ Co-Cu 合金の力学・磁気特性

ナノ結晶金属は力学・磁気特性ともに通常の金属材料に比べ、優れた特性を示すことが知られている。本研究室では磁性材料として知られている Co-Cu 合金を電析法により作製することで、結晶粒内に 3nm 間隔のナノラメラ構造を導入することに成功し、その力学特性が向上することを示した。そこで、本研究はナノラメラ Co-Cu 合金に対し、熱処理を行い、ナノラメラ構造を変化させ、様々なナノラメラ構造を有する Co-Cu 合金の力学・磁気特性を調査した。

熱処理の結果、熱処理温度が上昇するにつれてナノラメラ構造の間隔は増加することがわかった。硬さ試験により硬さと速度依存性を調べた結果、熱処理温度が高い材料ほど硬さが減少、速度依存性が低下するという結果が得られた。これらの速度依存性からナノラメラ Co-Cu 合金はナノラメラ界面からの転位放出により変形していることが示唆された。また、硬さとナノラメラ間隔の関係から、この Co-Cu 合金はナノラメラ間隔が 3nm という非常に小さな値でも、硬さの減少が見られないことがわかった。この性質は、従来のナノ結晶金属における結晶粒径が 10nm 以下となると強度が減少するという性質と異なり、ナノラメラ構造特有の性質であると考えられる。さらに、磁気特性を測定した結果、熱処理温度が高い、すなわちナノラメラ間隔が大きい材料ほど保磁力が低下していることがわかった。ナノ結晶金属では 20nm 以下になると結晶粒径が小さくなるにつれて保磁力が大きく減少することが知られている。今回のナノラメラ Co-Cu 合金はこれとは逆の結果となっている。

以上より、ナノラメラ Co-Cu 合金は従来のナノ結晶金属とは異なる力学特性、磁気特性を有することがわかった。

脱合金化法により作製されたナノポーラス Ni の磁気特性

強磁性体のナノ粒子やナノ結晶材料はバルク材料とは異なり、超常磁性や軟磁性などの磁気特性を示すことが知られている。しかしナノポーラス構造を有する強磁性体の磁気特性について詳しくは知られていない。そこで本研究では脱合金化法によりナノポーラス Ni を作製し、その磁気特性を測定した。実験方法としては、Ni_{0.25}Mn_{0.75}合金の脱合金化により Mn を除去し、ナノポーラス Ni を作製した。この試料に対し Ar 雰囲気中各温度（～873 K）で15分の熱処理を行い、リガメント径の異なる試料とした。走査型および透過型電子顕微鏡により各試料のナノポーラス構造を観察するとともに、試料振動型磁気測定装置によりそれらの磁気特性を測定した。その結果リガメント径が臨界値（55nm）以下の試料においては、ナノポーラス Ni の保磁力は

リガメント径の 1.2 乗に比例することがわかった。これはすでに報告されているナノ結晶 Ni における 6 乗則とは異なる。また、臨界リガメント径の 55nm という値も、ナノ結晶 Ni の臨界結晶粒径（約 13nm）より大きい。また飽和磁化に対しても、比表面積と飽和磁化の値を比較すると比表面積が大きくなるにつれて飽和磁化の値は小さくなることがわかった。そして、ほぼ同様のリガメント径の値を持つ未処理材とアニーリング処理材との値とを比較すると、比表面積の値はほとんど変わらないが、未処理材のものの方が小さい飽和磁化を有していた。このことからナノポーラス構造の表面原子構造は乱れており、アニーリング処理によってその乱れが補正されたことが予想できる。このように、脱合金化で作製したナノポーラス Ni は他の Ni 材料と異なる磁気特性を有することがわかった。

花崗岩の温度履歴によるクラック進展の解析

近年、放射性廃棄物の処分が大きな問題となっているが、その対策として地層処分が注目されている。しかし、地層処分には残存放射性物質の核反応による温度上昇の影響や、地下水による放射性核種の溶出など解決されていない問題も多い。花崗岩はこのような地下空間利用の対象となる岩石の中で有力な候補となっているが、温度条件下における岩石内に存在するさまざまな間隙構造の変化についてはまだ詳細は明らかになっていない。そこで本研究では、粒径の異なる花崗岩を昇温履歴試験に供し、試験前後の物性値の変化を測定し、間隙構造の変化について観察と画像解析を行った。

粒径の異なる花崗岩を昇温履歴試験に供し、試験前後の物性値を測定した結果、いずれの試料でも最高到達温度が高くなるほど寸法、有効間隙率は大きくなり、P 波伝播速度は低下した。これは、花崗岩を構成している鉱物間の熱膨張率の違いによる熱応力等が発生し、既存のクラックが拡大あるいは新たなクラックが発生・進展したことによるものと推察された。また、粒径の違いにより、物性値の変化の割合などに違いが認められた。そこで、間隙構造の変化を詳細に分析した結果、最高到達温度の上昇により、クラックの密度及び開口幅が大きくなる傾向は同じであるが、クラック発達の様子に違いが認められた。すなわち、発達したクラックは粒径の小さな花崗岩ではほとんどが粒界クラックであったが、粒径の大きな花崗岩では粒内クラックも多数発達することが明らかとなった。また、主要構成鉱物である石英、長石、雲母にそれぞれ異なったクラックの発展パターンが認められた。粒径の大きい石英粒子内ではクラックが網目状に発達し、長石や雲母粒子内では、へき開面や双晶面といった弱面に沿ったマイクロクラックが進展することがわかった。

教授 馬 守
助教 陳 友晴