

研究紹介

高強度-導電性板ばね材用Cu-Ni-Al合金

千星 聡 (Satoshi Semboshi)

【所属】新素材共同研究開発センター/ 准教授

【専門】組織制御、構造解析



VCM板ばね向け銅合金

年間14億台出荷と大きな市場を持つスマートフォンは、機器本体の薄肉化と同時に、高精細なズーム機能や広角化のため搭載カメラの複眼化も拡大しており、使用される部品類の小型化・低背化が急速に進んでいます。スマートフォンカメラのオートフォーカスはVCM (Voice Coil Motor) 方式が主に採用され、レンズの上下には板厚30~50 μm の板ばねが組み込まれています⁽¹⁾。この板ばね材は周辺磁場に対して相互作用を及ぼさない必要があるため、非磁性の銅合金が使用されています。更に、長年の使用や落下衝撃にも耐えられるような強度特性と耐久性、電子基板としての導電性などを備える必要があります。

Cu-Ni-Al合金の研究・開発

このような板ばね材用の素材としてCu-Ni-Al系合金が注目されています。本合金系は、溶体化-時効処理により銅母相中に Ni_3Al 、 NiAl 、 Cu_9Al_4 などの種々の金属間化合物相粒子を析出させることが可能です。これまでの探索的な研究では、Cu-Ni-Al系の中では Ni_3Al が単析出する組成の合金で極めて顕著な時効析出強化を示すことが報告されました⁽²⁾⁽³⁾。本合金の強度特性を更に向上させるために、当グループでは、Cu-20Ni-6.7Al (at.%)合金の等温時効に伴う組織と特性の変化を系統的に評価し、その時効析出挙動および強化機構の解明に取り組んでいます。

450~750°Cの温度域で本合金を時効すると、初期段階では銅過飽和固溶体 (A1構造) の母相からスピノーダル分解により微細な球状 Ni_3Al ($L1_2$) 粒子が高密度に整合析出します (図1)。中期以降では、 Ni_3Al 粒子はOstwald成長に従って数密度を減らしながら徐々に粗大化していきます。時効条件によっては、粒界反応により双晶を高密度に含むドメインや、銅相と Ni_3Al 相が積層した比較的粗大なラメラ状組織が発達するのも本合金の特徴です。本合金でみられる組織形成は図2の等温変態図として集約されます。

本研究を通して、本合金の時効析出強化は Ni_3Al 粒子の微細分散が支配因子であること、 Ni_3Al 粒子の粗大化やセル状組織の生成により強度低下することなどの知見が得られました。また、600 °Cで等温時効すると Ni_3Al 粒子の数密度が最大になるため、最高硬さ340 HV以上引張強さ950 MPaを示す合金が得られました。溶体化-時効処理後に加工熱プロセスを施すと引張強さ1400 MPaを超える合金となります。この強度特性は実用銅合金の中で最高レベルに位置します。今後も組織制御による更なる特性改善を目論んでいます。

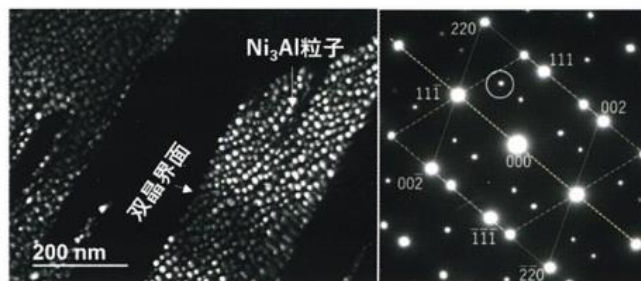


図1 Cu-20 Ni-6.7 Al (at. %) 時効材のTEM暗視野像および電子回折図形。銅母相中には双晶と共に微細 Ni_3Al 粒子が高密度分散する。

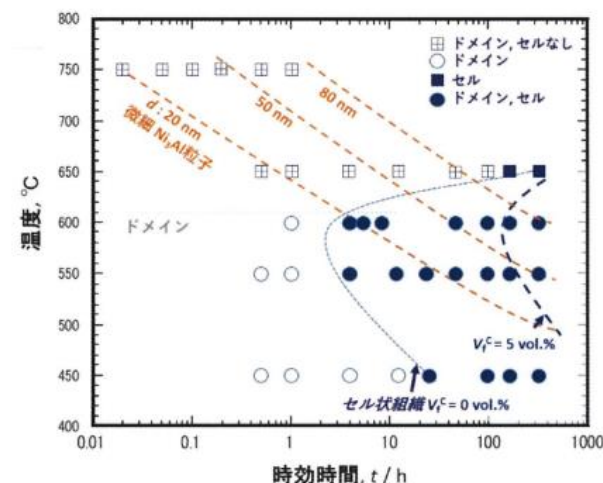


図2 Cu-20 Ni-6.7 Al (at. %)合金の等温相変態図。微細 Ni_3Al 粒子の平均粒径および粒界でのセル状組織の体積分率を境界線 (点線) にて示す。

- (1) 首藤俊也, 笠谷周平, 兵藤宏, 渡辺正治, 成枝宏, 菅原章, 千星聡: まてりあ, **60** (2021) 119-121.
- (2) 宮本隆史, 長迫実, 大森俊洋, 石田清仁, 貝沼亮介: 銅と銅合金, **54** (2015) 190-195.
- (3) 榛木隆太, 千星聡, 金野泰幸, 高杉隆幸, 首藤俊也, 兵藤宏: 銅と銅合金, **59** (2020) 48-53.