

博士論文要旨

論文題名：単相ならびに二相系金属材料における
調和組織制御プロセスに関する研究ふりがな おおた みえ
氏名 太田 美絵

金属材料に求められる最も基本的でかつ重要な特性は、強度と延性の向上である。しかしながら、強度と延性は一般に二律背反の関係にあり両立は非常に困難である。そのためこの困難な課題の解決策を求めて様々な研究が行われている。先行研究において、調和組織制御を施すことにより強度と延性が同時に向上し、優れた機械特性が得られることが明らかとなっている。調和組織とは、粉末超強加工による巨大ひずみ加工と粉末冶金を組み合わせ創製される特徴的な組織である。調和組織は、微細結晶粒領域と粗大結晶粒領域のバイモーダルな粒径分布を持つ粒径不均一な組織であり、かつ、微細結晶粒が連結したネットワークを形成して幾何学的な周期性を有している。しかしながら、調和組織材料を創製するための調和組織制御プロセスの全容は明らかになっていない。本論文の目的は、種々の単相材料、二相材料に調和組織制御を施し、組織形成機構、変形機構について創製方法の観点に着目して検討し、調和組織制御プロセスの詳細を明らかにすることである。

粉末超強加工の一種であるメカニカルミリングを施した粉末は、粉末表層部の深さ十数 μm の領域に加工層を形成し、さらに表面近傍の数 μm の領域は、結晶粒の扁平化と分割を繰り返す Grain-subdivision 機構により、ナノ結晶粒が生成されることが明らかとなった。

作製した粉末を焼結することにより、粉末表層部の加工層が粉末接合界面で連結したネットワーク組織を形成する。FCC 単相の純ニッケルでは、焼結時の加熱と加圧により、ナノ結晶粒の粒成長と同時に粉末接合界面で動的再結晶が起き、その結果、粒径数 μm の微細結晶粒のネットワークが形成されることが明らかとなった。 $\alpha+\gamma$ 二相ステンレス鋼では、微細結晶粒のネットワークは Mid-Shell と Outer-Shell の二層構造となっており、Mid-Shell は γ 相による粒成長のピン留め、Outer-Shell は回復・再結晶と γ 相析出の競合により形成されることが明らかとなった。また、加工媒体を必要としない粉末超強加工法である高圧ガスジェットミリングの適用を試み、HCP 単相構造の純チタン微小粉末での調和組織制御に成功した。従来法の遊星型ボールミルと今回新たに適用した高圧ガスジェットミリングの加工エネルギーについて詳細に検討した結果、遊星型ボールミルは 1 回当たりの衝突エネルギーは比較的大きいが衝突頻度は低く、一方の高圧ガスジェットミリングは非常にエネルギーの小さい衝突を極めて高い頻度で繰り返すことにより加工が進行することが明らかとなった。このことから高圧ガスミリング法は微小粉末を用いた調和組織制御に有効な加工法であることが明らかとなった。