

氏 名	関 幸 生
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 1765 号
学位授与の日付	平成 10 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工学研究科材料工学専攻
学位論文題目	Anelastic Effects Associated with Solute Atoms in Aluminum and Titanium Alloys (アルミニウム及びチタン合金中の溶質原子による擬弾性効果) (主査)
論文調査委員	教授 小 岩 昌 宏 教授 牧 正 志 教授 長 村 光 造

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、軽金属材料であるアルミニウム及びチタン合金について、溶質原子の挙動を擬弾性緩和の実験により調べた結果をまとめたもので、三章から成っている。

第一章は序論であり、軽金属材料の工業的重要性を指摘し、擬弾性効果ならびに内部摩擦に関する従来の研究を概観し、本研究の背景を述べている。

第二章では、冷間加工したアルミニウム希薄合金に現われる低温内部摩擦ピークに関する実験ならびに理論的解析の結果を述べている。

第一節は序論であり、冷間加工した金属の内部摩擦に関する従来の研究報告を概観し、特に、銅及びアルミニウムの希薄合金で見出されている異常な緩和現象について述べ、この研究の目的を明らかにしている。

第二節では、この研究に用いたアルミニウム及びその希薄合金の作成方法、及び実験方法を述べている。"純アルミニウム"として、各種純度の商用地金および帯溶融精製したもの、希薄合金としては高純度アルミニウムに種々の合金元素を添加して溶製したものをを用いている。内部摩擦は逆吊型振り振子装置(振動数約1Hz)を用い、90K から600K の温度範囲で測定を行っている。

第三節では、実験結果を述べている。種々の純度の"純アルミニウム"試料について、強加工(線引き)した状態で内部摩擦を測定したところ、210K 付近に緩和型のピークが認められた。しかし、最高純度の試料には認められないことから、何らかの不純物元素が関与していることが推測された。この不純物を同定するため、各種の希薄合金について測定を行った。添加元素として、Cu, Fe, Si, Mg, Ge, Ga を選んだ。この中では、ピークは Si を添加した合金で最も大きかった。そこで、次に Al-Si 系について詳しい実験を行い、以下の結果を得た。

- (1) ピークの高さは Si 濃度にはほぼ比例する,
- (2) 加工度が高いほどピークが高い,
- (3) ねじり加工ではほとんどピークが現われない,
- (4) 焼鈍により、ピークは高温側に移動するとともに低くなり、650K に加熱すると完全に消滅する,
- (5) 緩和の活性化パラメーターの値が異常に大きい。

これらの結果から、この擬弾性効果は高密度転位と溶質原子の相互作用により生ずること、Si がこの現象において主たる役割を演じていることを指摘している。

第四節では、観測した低温ピークの機構を現象論的に考察している。擬弾性緩和をひきおこす欠陥(緩和要素)の間に強い相互作用が働いている場合、協力現象により緩和強度と緩和時間は通常とは異なる温度依存性を示し、見かけの緩和パラメーターが異常な値を示すことがありうることを指摘している。

第五節は結論である。本研究で得られた成果を要約している。

第三章は、最近開発された新しいチタン合金 SP-700 の内部摩擦に関する研究結果をまとめたものである。

第一節は序論である。 $\alpha + \beta$ 型 2 相チタン合金 SP-700 の諸特性を概観し、その制振特性を研究することの意義を述べている。第二節では、試料と実験方法を述べている。試料は、SP-700、及び SP-700 の β 相部分とほぼ同じ組成の β 単相合金で、これらの試料に施した種々の熱処理について述べている。

第三節では、実験結果を述べている。SP-700 試料を α/β 変態温度 (1123K) 付近から急冷して内部摩擦を測定し、120K と 200K に二つの内部摩擦成分を見出した。それぞれについて、熱処理による変化などを調べている。また、 β 単相合金について比較実験を行い、120K ピークは β 相に依るものであること、さらに、水素添加した試料についての測定結果から、水素が原因であることを明らかにしている。

第四節では、ピークの成因について論じている。120K ピークは β 相中に固溶した水素のスネーク緩和 (応力誘起再配向)、200K の内部摩擦成分は、 α'' マルテンサイト相内部の欠陥による擬弾性効果、または $\beta - \alpha''$ 変態界面の運動に起因すると推測している。

第五節は結論と要約である。本研究により得られた成果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、軽金属として工業的に広く利用されているアルミニウム及びチタン合金について、溶質原子による擬弾性効果に関する研究結果をまとめたもので、得られた主な成果は以下のように要約される。

1. さまざまな純度の純アルミニウムおよび種々の溶質原子を添加した希薄合金について、強く冷間加工した状態での内部摩擦を測定し、従来から知られていた異常な緩和現象は、高密度転位と溶質原子の相互作用によるものであること、また溶質原子としてはシリコンがもっとも大きな効果を与えることを明らかにした。さらに緩和要素の間に強い相互作用が働く緩和系においては、見かけの緩和パラメーターが異常な値を示すことがありうることを指摘し、アルミニウム希薄合金でみられる緩和とピークの特徴的な挙動に明快な説明を与えた。

2. 実用チタン合金 SP-700 について、種々の熱処理を行って内部摩擦を測定した結果、合金の組織と擬弾性挙動との間に明確な相関を見出した。温度 120K に現われるピークは、 β 相中に残存 (固溶) している水素の応力誘起再配向によるものと結論した。また、200K 付近に現われる熱的に不安定な擬弾性効果は α'' マルテンサイト相内部の欠陥による擬弾性効果、または $\beta - \alpha''$ 変態界面の運動に起因すると推測した。

以上、要するに本論文は、アルミニウムにおける転位と溶質原子の相互作用に基づく擬弾性効果の基礎的研究、また実用チタン合金における擬弾性効果の応用的研究をまとめたもので、いずれにおいても重要な知見が得られており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成10年7月28日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。