

氏 名	小 川 欽 也 お がわ きん や
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1270 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	稠密六方金属の変形挙動に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 田中吉之助 教 授 足立正雄 教 授 徳岡辰雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、稠密六方金属である亜鉛の単結晶および多結晶、ならびに、チタンおよびチタン合金多結晶について、広い温度範囲と歪速度範囲にわたって、その強度を求め、変形挙動を明らかにすることを目的としたものである。先づ、亜鉛多結晶の強度を明らかにし、熱的回復について考察を加え、次に、単結晶の強度を各種の変形様式について求め、また、幾つかの異なる結晶粒度をもつ場合の強度を明らかにし、単結晶の変形挙動と多結晶のそれとの比較を行っている。最後に、チタンおよび3種のチタン合金について、その強度を明らかにしている。緒言と6章(本文および結論)よりなっている。

序論は、この分野の研究の現状の概略を述べ、本研究を行った目的と、本論文の内容について述べたものである。

第1章は、亜鉛多結晶について、広い温度域と歪速度域において、幾つかの種類の圧縮試験を行い、その変形強度を明らかにし、考察を加えたものである。本論文における亜鉛の純度は99.99%である。

すなわち、先づ、温度 $-195\sim 100^{\circ}\text{C}$ 、歪速度 $10^{-4}\sim(5\sim 7)\times 10^2/\text{s}$ において、温度および歪速度一定試験を行い、応力-歪関係を求め、応力の温度、歪速度依存性を明らかにしている。次いで、温度 $-195\sim 200^{\circ}\text{C}$ 、歪速度 $2.8\times 10^{-4}/\text{s}$ における温度および歪速度変化試験、ならびに $-195\sim 100^{\circ}\text{C}$ 、歪速度 $2.8\times(10^{-3}\sim 10^4)/\text{s}$ における温度一定、歪速度変化試験を行い、活性化エネルギーなどについて考察を加えている。

第2章は、亜鉛多結晶の熱的回復を明らかにするために行った、等温焼なまし試験の結果、およびそれについての考察を述べたものである。

すなわち、温度 -195°C 、歪速度 $10^{-4}/\text{s}$ または $(3\sim 8)\times 10^2/\text{s}$ で圧縮試験を行い、特定の歪において除荷し、各種の一定の温度で等温焼なましを行い、ある経過時間後に、再びもとの温度、歪速度で圧縮試験を行っている。除荷時の応力と再負荷時の応力差を用いて熱的回復率を定義し、回復の活性化エネルギーを求め、また、等温焼なまし時間と回復量との関係を明らかにしている。

第3章は、亜鉛単結晶について、種々の温度において、静的および動的圧縮試験を行い、その変形強度

ならびに変形挙動を明らかにし、考察を加えたものである。

すなわち、温度 $-195\sim 200^{\circ}\text{C}$ 、歪速度は主として約 $10^{-4}/\text{s}$ または約 $10^3/\text{s}$ で、いろいろの方位をもつ単結晶についての圧縮試験を行い、底面 $\bar{1}$ りのみが活動する場合、変形双晶と底面 $\bar{1}$ りとが共に活動する場合、ならびに、錐面 $\bar{1}$ りと底面 $\bar{1}$ りとが共に活動する場合に整理し、その変形強度を明らかにするとともに、各場合についての変形の特性和熱的回復の割合についての検討を行っている。

第4章は、種々の結晶粒度を有する亜鉛多結晶について、広い温度域と歪速度域で圧縮試験を行い、その強度を求め考察を加えるとともに、変形状況についての光学観察を行った結果を述べている。

すなわち、温度 $-195\sim 200^{\circ}\text{C}$ 、歪速度 $1.4\times 10^{-4}\sim 7\times 10^3/\text{s}$ において、約 0.1 mm から約 2 mm までの間の5種類の結晶粒径をもつ試験片について圧縮試験を行い、 $2\sim 10\%$ の歪における応力と結晶粒径との間にHall-Petchの関係がよく成立することを示し、この式において結晶粒径によらない項であらわされる応力、ならびに結晶粒径の $-1/2$ 乗に比例する項の比例係数を詳細に求め、その温度依存性などについて、単結晶についての結果と比較し考察を加えている。また、光学観察により、変形に伴う $\bar{1}$ りや双晶の発生の状況を明らかにしている。

第5章は、チタン、およびチタン合金について、広い温度域と歪速度域において、主として圧縮試験を行い、その強度を求め考察を加えたものである。

すなわち、純チタン、Ti-5Al-2.5Sn合金、Ti-6Al-4V合金、およびTi-15Mo-5Zr合金について、温度 $-195\sim 505^{\circ}\text{C}$ 、歪速度 $10^{-4}\sim 10^{-2}/\text{s}$ の静的試験、および温度 $-195\sim 450^{\circ}\text{C}$ 、歪速度 $10^2\sim 10^3/\text{s}$ の動的試験を行い、その強度を明らかにし考察を加えている。また、歪速度急変試験を行い、活性化エネルギーを求めている。さらに、鋸歯状の応力-歪曲線の出現条件について調べている。

第6章は、結論であり、得られた結果をまとめたものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、稠密六方金属である亜鉛の単結晶および多結晶、ならびに、チタンおよびチタン合金多結晶について、広い温度範囲と歪速度範囲にわたって、その強度を求め、変形挙動を明らかにすることを目的としたものである。先づ、亜鉛多結晶の強度と熱的回復を明らかにし、次に、単結晶の強度を求め、また、多結晶の結晶粒度の強度に対する影響を明らかにし、単結晶の変形挙動と多結晶のそれとの比較を行っている。最後に、チタンおよび3種のチタン合金について、その強度を明らかにしている。得られた研究成果の主なものは次の通りである。

1. 広い温度範囲で、亜鉛単結晶の静的または動的圧縮試験を行った結果、(i)底面 $\bar{1}$ りのみが活動する場合、変形強度は、変形速度の履歴に殆んど関係なく、低歪速度では歪速度の増加とともに増大し温度の低下とともに増大する通常の依存性を示すが、高歪速度では温度の上昇とともに増大すること、(ii)底面 $\bar{1}$ りと変形双晶とが活動する場合、強度は歪速度の履歴を殆んどうけず、歪速度の増加、温度の低下とともに増大すること、(iii)底面 $\bar{1}$ りと錐面 $\bar{1}$ りとが活動する場合、強度は歪速度の履歴の影響をうけ、室温以上では歪速度、温度の通常の依存性を示すが、室温附近以下ではこれと逆の依存性を示す場合があることを示した。

2. 広い温度、歪速度の範囲で、亜鉛多結晶の圧縮試験を行った結果、(i)強度は温度および歪速度に対して一般に通常の依存性を示すこと、ただし、温度に殆んど依存しない歪、歪速度の領域があること、(ii)変形中に結晶粒界の変形が顕著におこる温度と歪速度においては、粒内の変形は底面迂りが支配的であり、結晶粒界の変形がそれほど生じない場合には、底面迂りと変形双晶、または、底面迂りと錐面迂りによって変形が進行すること、(iii)強度と結晶粒径の間には、よく知られた Hall-Petch の関係があることを明らかにした。これらの結果は、亜鉛の強度と変形挙動についての詳細を明らかにしたものである。

3. 亜鉛多結晶について、 -195°C での静的または動的変形の途中で、除荷、等温焼なまし、再負荷を行った結果、除荷時の応力と再負荷時の応力との応力差を用いて定義されているところの熱的回復に対する残留回復率は、反応速度式における対数則と同様に、焼なまし時間の対数と線型関係にあることを示した。

4. 純チタンおよび3種のチタン合金 (Ti-5Al-2.5Sn, Ti-6Al-4V, Ti-15Mo-5Zr) について、広い温度と歪速度の範囲で強度を求めた結果、(i)純チタンの強度は歪速度の履歴の影響を受けるが、3種の合金ではその影響を殆んどうけないこと、(ii)強度は一般に温度の低下、または歪速度の増加とともに上昇するが、3種の合金においては、逆の傾向を示すことがあること、(iii)Ti-6Al-4Vを除いて、比較的高温で、かつ、低い歪速度で、鋸歯状の応力-歪曲線を呈することを明らかにした。

以上要するに、本論文は六方稠密合金である亜鉛、チタンおよびチタン合金について、特に亜鉛について、その強度と変形挙動を、実験的に詳細に明らかにし、多くの知見を与えたものであって、学術上、工学上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。