

氏 名	永 野 正 道 なが の まさ みち
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工 博 第 445 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 金 属 加 工 学 専 攻
学位論文題目	アルミニウム及びアルミニウム合金の高温変形機構

論文調査委員 (主 査) 教 授 足 立 正 雄 教 授 高 村 仁 一 教 授 村 上 陽 太 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は Al 及び Al-2.5at% Zn 合金, Al-2.5at% Mg 合金の高温での主として定常変形機構における活性化体積, 平均内部応力等の諸パラメーターの測定について検討を加え, 次いで応力により他の条件に依存しながら転位が運動するモデルを考案し, 定常変形及び内部応力の測定に対する電子計算機によるシミュレーションと, その結果を述べており, 6 章から成立っている。

第 1 章は序論であり, この研究の取扱う組成, 温度範囲等について述べている。

第 2 章は従来の研究及びこの研究の目的を概説したもので, 3 種類の実験式と, それらの実験式間の関係を述べ, 又加工硬化と回復の競合過程としての取扱による式, ジョグの運動に基づく式を説明している。

第 3 章は実験に用いた試料の作り方と熱処理条件を述べた後, 引張試験, 歪速度急変試験及び応力緩和試験より求められる活性化体積について詳しい検討を行っている。次いで stress transient dip test (以下 dip test という) による内部応力の測定について述べている。

第 4 章は実験結果とその考察を述べたものである。

Al について歪速度の応力指数を 300~500℃ で求め, その温度依存性のないことを認め, 又活性化エネルギー等を求めた。Al-Zn 合金では応力指数は Al の値に近い純金属型の値である。Al-Mg 合金では 300℃ 低歪速度及び 400℃ 以上では Al, Al-Zn 合金の応力-歪曲線と大きく異なり, 降伏現象を示し, この降伏現象は一定温度では 10^{-3} ~ 10^{-4} の歪速度で著しく, 一定歪速度では 400°~450℃ の温度で著しいことを明らかにした。又応力指数は温度の上昇と共に減少し, 500℃ では 3.4 のように合金型の位を得ている。

活性化体積は歪速度急変試験と応力緩和試験の両方から求めた Al での値を比較し, その誤差の原因を検討し, 応力緩和試験法が適していることを示した。測定結果によれば Al, Al-Zn 合金の活性化体積は温度に依存しないで, 定常応力にだけ依存することを見出し, この応力は亜結晶粒度に逆比例し, ジョグ間隔は亜結晶粒度に比例することが考えられるので, ジョグの非保存運動が高温での定常変形の律速過程

と考えられることを述べている。Al-Mg 合金の応力緩和曲線は少し異なった傾向を示すが、活性化体積は同様に温度に依存しないで、定常応力の逆数にはほぼ比例することも明らかにしている。

次いで有効応力の定常応力に対する比を、dip test による内部応力の測定から求めて検討しているが、Al-Zn 合金、Al-Mg 合金は計算結果とよく一致することを示した。

第5章は定常変形及び dip test に対する計算機シュミレーションについて述べている。

定常変形をしている結晶の中を運動する転位は、平行面上の転位に近づくとき等に抵抗を受け、速度が遅くなる。又他の転位の生成、消滅も転位の運動に影響する。著者はこのような転位の運動に影響する要因を単純化して変形モデルを考案した。すなわち微視的な転位の運動に基づく変形を担う最小単位として、変形単位体積（以下ブロックという）なる概念を導入し、この中での転位の運動が一つの迂り面だけで起こり、転位の発生と消滅はその迂り面の両端で起こるものとする。この迂り面上の動転位に他の静転位及び動転位との相互作用としての内部応力を働かせ、外部応力を受けた場合の転位の運動を、時間の関数としてのその位置を求めることにより論じている。このようにして転位の発生から消滅までの平均速度を求めることが出来、平均速度から平均有効応力をその関数として定め、平均内部応力を外部応力と平均有効応力との差として定義することにより、巨視的な実験結果の説明に平均値を用いるこの意味を明確にしている。又結晶全体の歪速度が、一つのブロックの一周期に対する平均歪速度に等しいことも示している。

dip test についても同様のシュミレーションを行っているが、この場合は応力が一定に保たれるので、strain transient dip test ということになる。この場合の定常変形との相違について検討し、考慮すべき点を示している。

次いでこのシュミレーションの適用例を示しているが、その時用いたデータは前章の結果を基礎としている。又これにより得た結果は実測結果ともよく一致していることを示し、又内部応力の関数形について考慮すべき点を述べている。

第6章は総括を述べたものである。

論文審査の結果の要旨

この論文は Al 及び Al-2.5at% Zn 合金、Al-2.5at% Mg 合金について、主として定常変形における応力指数、活性化体積、内部応力等を求める方法を検討し、又他の因子とそれらの関係を研究し、更に応力により運動する転位の速度に影響する諸因子を単純化したモデルを考案し、定常変形及び内部応力の測定に対する計算機シュミレーションとその結果を述べたもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 活性化体積

活性化体積の測定法としての歪速度急変法及び応力緩和試験法に検討を加え、歪速度急変法が誤差の大きいことを明らかにし、応力緩和試験法が本研究に精度よく利用出来ることを示した。Al, Al-Zn 合金の活性化体積は等しい応力の下ではほぼ等しく、Al-Mg 合金では小さいが、どの場合にも活性化体積は温度に依存しないで応力にだけ依存し、ほぼ応力に逆比例することを明らかにしている。

2. 内部応力、有効応力

内部応力を *stress transient dip test* (以下 *dip test* という) により求め、その結果求められる有効応力の定常応力に対する比を検討した。この比は定常応力が大きい程、又温度が高い程大きくなることを認めている。又ジョグ理論による歪速度式を用い、動転位密度と定常応力との関係を考慮して、計算によりこの比と定常応力との関係を示す曲線を求めると、実測値が *Al*, *Al-Zn* 合金, *Al-Mg* 合金について一致することを明らかにした。

3. 計算機シミュレーション

定常変形における転位運動に対し、単純化したモデルを考案してシミュレーションを可能とした。単純化のためには、変形単位体積 (以下ブロックという) なる概念を導入している。結晶はブロックを積み重ねることにより構成されることになり、一つのブロック内での転位の発生、運動、消滅を考え、運動する転位のすべてについての平均速度が一定値をとるとき動的平衡にあるとして、結晶の定常変形の条件の一つとした。又運動する転位が停止転位から受ける内部応力を静内部応力、運動転位から受けるものを動内部応力として区別している。このシミュレーションにより得た結果は、実測により得た結果とよく一致することを示した。すなわち内部応力の増大が転位密度を増加させ、外部応力の増大、内部応力の減少が平均転位速度を増加させることが定量的に示される。又ブロックの大きさの増大は平均転位速度を減少させることを示した。

dip test つについてもシミュレーションの方法を考案し、歪速度を零とする応力が定常変形での平均内部応力の近似値となることを明らかにした。

以上要するにこの論文は *Al* および *Al* 合金の高温変形機構における種々のパラメーターの測定法及び測定値に検討を加え、又ブロックの概念を導入して電子計算機によるシミュレーションを行い、この分野の研究に新しい知見を加えたもので、学術上、工業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。