

氏名	おおつきあきら 大槻 徹
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第2379号
学位授与の日付	平成2年7月23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	アルミニウムの粒界エネルギーに関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 新宮秀夫 教授 三浦 精 教授 長村光造

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はアルミニウムの粒界エネルギーについて、その値を実験的に測定し、その回転角、粒界面方位、温度などによる変化を調べたもので8章からなっている。

第1章では、粒界エネルギーと、粒界構造、幾何学的変数、熱力学的変数、材料の種類との間の関係並びに測定方法について、これまでの研究を要約し、この研究を行うに至った理由と研究の目的を述べている。

第2章では、粒界2面角並びに破壊応力による粒界エネルギーの測定方法、ならびに特定の方位を有する双結晶の作成方法、粒界の幾何学的性格の決定方法について述べている。

第3章では、粒界エネルギーの測定に関する準備として、拡散誘起粒界移動・再結晶現象の防止方法、粒界エネルギーの絶対値を求めるための固-液界面エネルギーの推定、表面エネルギーの異方性の検討、並びに粒界破壊応力からの粒界エネルギーの推定方法について述べている。

第4章では、対応粒界において生じる浅いエネルギー・カスプの存在を説明するために次のモデルを提案している。すなわちカスプのエネルギーは、対応粒界における弾性エネルギーの減少と、回転角が対応粒界からずれる時の、2次転位の形成に伴う1次転位の再配列による弾性エネルギーの回復によって説明される。既に得られていたFe微小双結晶の生成頻度の回転角に対する傾向がこのこのモデルで良く説明出来ることを示している。

第5章では、アルミニウムの〔100〕、〔110〕、〔111〕を回転軸とする傾角ならびにねじり粒界のエネルギーの測定結果を示している。 $\Sigma 1$ 、 $\Sigma 3$ 、 $\Sigma 11$ 粒界の深いカスプを生じる小角粒界のエネルギー、その構造が転位で構成されているとする Read-Shockley のモデルで良く説明されることを示している。これら以外の対応粒界については、すくなくとも $\Sigma 100$ 以下の全てにカスプの存在が期待される実験結果を示している。これらの浅いカスプの深さは、第4章で述べたモデルが成り立っていることを示している。大角粒界における〔100〕、〔111〕ねじり粒界のエネルギーのレベルは他の粒界に比べてかなり低いことを見いだしている。

第6章では、[100] 対称-非対称傾角粒界、[100] 対称傾角-ねじり混合粒界、[110] 対称-非対称傾角粒界、ならびに $\Sigma 3$ 、 $\Sigma 5$ 対応粒界の粒界面の方位によるエネルギーの変化を測定している。この測定は円柱状の粒界を有する双結晶を者参することにより、回転角に対する実験誤差を小さくすることによって初めて可能になったものである。

第7章では、粒界エネルギーの温度による変化が測定されている。[100] 傾角粒界エネルギーの温度変化率を $240^{\circ}\text{C}\sim 500^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲に渡って測定している。さらに粒界構造の変化を反映していると考えられる粒界エネルギーの温度に対する不連続な変化（遷移温度）がアルミニウムにも存在していることを初めて見いだしている。この遷移温度は [110]、[110] 傾角粒界において回転角に対して変化することを見いだしている。

第8章は総括である。

論文審査の結果の要旨

結晶の粒界エネルギーは多結晶材料の力学的な性質を支配する重要な因子の一つである。しかしながら、その値は計算に用いるポテンシャルの微妙な差によって変化するものであるため定量的な推定は困難であった。また僅かに方位の異なる一連の結晶を試料として作成することの困難さから、実験的にも信用のおける測定は希であった。本論文は、種々の実験上の問題を解決することによって、粒界エネルギーの値を、回転角、粒界面の方位、温度などに応じて系統的かつ定量的に測定した結果を述べたものである。また、この実験結果に基づいて、これまで解決されていなかった浅いエネルギー・カスプの粒界エネルギーを簡単なモデルにより説明することが可能なことを示したものであり、得られた結果は次の通りである。

1. $\Sigma 3$ や $\Sigma 11$ 対応粒界以外の浅いエネルギー・カスプの存在の可能性は考えられていたが、今回少なくとも $\Sigma 100$ 以下の対応粒界でそのエネルギーが測定された。その結果、浅いカスプは粒界エネルギーの中の弾性エネルギーの減少によって生じるとするモデルによって説明出来ることが明らかになった。すなわち高角粒界に存在する対応粒界ほどカスプは浅く、これはこの粒界の弾性エネルギーが小さいことに対応している。

2. 従来、整合度のより高い $\Sigma 5$ や $\Sigma 7$ 粒界におけるよりも、より整合度の低い $\Sigma 9$ 、 $\Sigma 17$ 、 $\Sigma 33$ 粒界における粒界エネルギーのカスプが深いことが推論されていたが、今回この推論の正しいことが測定結果により初めて実証された。この結果は前者が高角粒界に存在し、後者が中角粒界に存在する為として説明が可能である。

3. アルミニウムの [100]、[110]、[111] 傾角ならびにねじり粒界の $\Sigma 1$ 小角粒界の粒界構造は、エネルギーの測定結果より、公称上のバーガス・ベクトルに係わらず全ての小角粒界において $a/2 \langle 110 \rangle$ 転位で構成されていることを明らかにした。さらに $\Sigma 3$ 、 $\Sigma 11$ 対応粒界の深いカスプの小角粒界もエネルギーの上からは、その2次転位から予想されるバーガス・ベクトルでなく $\Sigma 1$ 小角粒界と同じく $a/2 \langle 110 \rangle$ 転位で構成されていることを明らかにした。

4. 粒界面の方位によるエネルギーの変化の測定結果は、面一致粒界や面平行粒界が従来考えられてきたように特に低いエネルギー値を持たず、エネルギー的に特殊な粒界ではないことを示した。さらに幾何

学的な対称傾角粒界のエネルギーは必ずしも低くなく、非対称傾角粒界でもエネルギーの低い粒界面方位が存在することを示した。すなわち粒界エネルギーは粒界の転位構造すなわち粒界転位のバーガス・ベクトルと転位配置により説明出来ることを明かにした。

以上要するに、この論文は、アルミニウムの粒界エネルギーの精密な測定に基づき、結晶粒界の構造を論じたものであって、学術上、実際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た。

また、平成2年5月22日、論文内容とそれに関する事項について試問を行った結果、合格と認めた。