

氏 名	三 浦 精 み うら せい
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 122 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 11 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	PRODUCTION OF LATTICE DEFECTS BY PLASTIC DEFORMATION IN FCC METALS (面心立方金属の塑性変形による格子欠陥の形成)
論文調査委員	(主 査) 教 授 高 村 仁 一 教 授 足 立 正 雄 教 授 中 村 陽 二

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、面心立方金属の塑性変形によって形成される格子欠陥、とくに点欠陥ならびに積層欠陥について基礎的な研究を行なった結果をまとめたもので、6章から成っている。

第1章は緒言で、従来の諸研究を概説し、著者が<110>型格子間原子の形成を実験的に確かめ、これが回復の stage III の解明の端緒となったこと、さらに積層欠陥の形成機構としてラセン転位のジョグの非保存運動が重要であることを指摘するに至った所以などが述べられている。

第2章は面心立方金属の低温変形によって<110>型格子間原子が形成されることを指摘したものである。著者はまず金、銅、アルミニウムなどの面心立方晶金属を液体窒素のような低温で変形し、そのままその温度に保持すると時効硬化現象を呈することを見出した。この時効過程の活性化エネルギーは金で 0.15 eV、銅で 0.08 eV、アルミニウムで 0.07 eV であり、これらの値は放射線照射をうけた金属における回復段階 stage I での格子間原子の移動エネルギーとほぼ一致する。また凍結空孔に関する実験からも明らかなように、100°K 以下の温度では原子空孔したがって不純物原子も殆んど動けない。これらのことは上述の低温時効硬化が格子間原子と転位との相互作用によることを示唆するのに充分である。一方、実験的に求められる最大硬化に達するまでのジャンプ数は 10^{11} 程度であって、この値は転位の再配列あるいは三次元拡散運動を行う点欠陥では説明し得ない。このことから著者は、面心立方晶金属の低温変形によって一次元拡散運動を特徴とする<110>型格子間原子が形成されることをはじめて指摘し、これによって観測されたジャンプ数や時効硬化を矛盾なく説明することに成功した。また<110>型格子間原子の形成量を時効中での電気抵抗変化量から求めると、その量は点欠陥の総量の20%にも達することが明らかとなった。これらの結論は、Koehler らのイリノイ学派が長年にわたって主張してきた 0.1 eV 程度の活性化エネルギーをもつ格子間原子が<100>型ではなくて<110>型であることを示したばかりでなく、このことは<100>型格子間原子がより高い移動エネルギーをもつことを示唆する。

第3章は数年にわたり学会の論争の的となってきた stage III の回復段階の全貌を明らかにしようとし

たものである。すなわち Seeger らの学派はこれを格子間原子の移動によるとし、Koehler らその他の学派はこれを原子空孔あるいは複空孔によるものと主張してきた。著者は従来研究に用いられてきた金属の stage III ではいくつかの過程が重畳する可能性があることを指摘し、融点が高くかつ電気抵抗への点欠陥の寄与の大きい白金を用いれば stage III を細分しうる可能性のあることに着目した。低温変形された白金の等時焼鈍による電気抵抗変化の曲線はこのことを見事に裏書きし、stage III を 0.6 eV および 1.2 eV の活性化エネルギーをもつ 2 つの明瞭な段階に分離することができた。この回復過程の解析ならびに凍結原子空孔を導入した試片の回復曲線との比較から、この 2 つの段階はそれぞれ $\langle 100 \rangle$ 型格子間原子および複空孔の移動消滅によるものであることを結論し、長年にわたる stage III に関する論争に解決を与えた。

第 4 章は塑性変形による積層欠陥の形成機構を論じたもので、とくにその機構としてラセン転位のジョグの非保存運動が重要であることを指摘する端緒となった実験結果がまず述べられている。すなわち低温で変形された金やアルミニウムの残留抵抗、すなわち室温附近で点欠陥を消滅させた後の電気抵抗の値は、変形温度が低いほど大きく、しかも変形応力から評価される転位密度とも合致しない。著者はこの実験結果の解析の矛盾を積層欠陥の存在によるものと考え、その形成機構としてラセン転位のジョグの移動の後に非保存的に残されてゆく積層欠陥を含む双極転位のあることを指摘した。著者は Hirsch ならびに Weertman によって示唆されたジョグの構造をさらに詳しく検討し、転位間の相互作用、線張力および積層欠陥エネルギーの釣り合いから、鋭角をなすジョグは空孔型の積層欠陥を、鈍角ジョグは侵入型の積層欠陥をつくり得ることを結論した。またこれらの積層欠陥を含む双極転位は、主すべりおよび二次すべり転位と反応して不動転位を形成し、面心立方金属の加工硬化に重要な役割を果すことを指摘している。

第 5 章は上述の積層欠陥を含む双極転位の存在を確認するために、積層欠陥エネルギーの小さい銅-アルミニウム (5%) 合金を液体窒素温度で変形し、これを電子顕微鏡で直接観察した結果を述べたもので、その形成機構から予期される共転すべり面の $\langle 110 \rangle$ 方向に積層欠陥を含む双極転位が形成されることを立証している。

第 6 章は結言で、以上の結果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

金属は塑性変形をうけるとその結晶内に多数の格子欠陥が蓄積されるが、その種類や形成機構に関しては多くの実験ならびに提案にもかかわらず、精細な理解と統一的な解釈に欠けるところがあった。本論文はこれらの点を、代表的な面心立方晶金属を用いて追究したものである。

著者はまず、金、銅、アルミニウム等の純金属が液体窒素のような低温で一種の歪時効硬化現象を呈することを見出し、その時効過程を詳しく解析して、その硬化に寄与するものが 0.1 eV 程度の移動の活性化エネルギーを有し、かつ一次元拡散運動を行いうる点欠陥、すなわち $\langle 110 \rangle$ 型格子間原子であることを明らかにした。これにより Koehler らのイリノイ学派が長年主張していた約 0.1 eV の移動エネルギーをもつ格子間原子は、 $\langle 100 \rangle$ 型ではなく $\langle 110 \rangle$ 型であることが結論された。

この結論は、 $\langle 100 \rangle$ 型格子間原子が次の回復段階の stage III で動く可能性を予測させるのに充分で

ある。著者は、従来用いられていた金属の stage III では幾つかの過程が重畳する可能性のあることを指摘し、白金を用いその特性を生かし、また凍結原子空孔を利用するなどして、巧妙に stage III の分離に成功した。その結果の詳細な解析から、stage III が $\langle 100 \rangle$ 型格子間原子による顕著な回復とこれにつづく複空孔による回復の二つで構成されていることを始めて明らかにし、格子間原子説をとる Seeger らと空孔説をとる他の二三の学派との数年にわたる論争に解決を与えた。

著者はさらに金およびアルミニウムにおいて、加工により導入された点欠陥を消滅させた後の残留抵抗の値が転位密度からだけでは説明し得ないことを見出し、これがラセン転位のジョグの非保存運動による積層欠陥の形成に基づくものであることを指摘した。著者はその形成条件としてのジョグの構造をエネルギー的に詳しく検討し、実際にその存在を銅—アルミニウム合金で電子顕微鏡を用いて確認し、またその加工硬化への役割の重要性を強調している。

これを要するに本論文は、面心立方晶金属の塑性変形による $\langle 110 \rangle$ 型格子間原子の形成、ならびに転位のジョグからの積層欠陥の形成機構を新しく提案し、これらを実験的に裏付けたばかりでなく、諸説の対立していた回復段階の stage III に明快な解釈を与えたもので、学術上工学上寄与するところがすくない。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。