

氏 名	古 川 弘 三 ふる かわ こう ぞう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 126 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 1 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	STUDY ON QUENCHED-IN VACANCIES IN GOLD (金における凍結原子空孔に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 高 村 仁 一 教 授 足 立 正 雄 教 授 村 上 陽 太 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、熱平衡的に存在する多数の原子空孔が高温からの急冷によって金属結晶内に凍結される場合の凍結効果を支配する因子を精細に検討し、理想的凍結に対応する状態を求め、金における原子空孔の形成エネルギーその他の基本的性質を明らかにしたものであって、5章から成っている。

第Ⅰ章は緒論で、一価貴金属とくに金における原子空孔の基本的性質、原子空孔濃度の測定法、原子空孔の凍結過程と複空孔の結合エネルギーなどに関する従来の研究を概説し、原子空孔の凍結効果を支配する二つの因子、すなわち冷却速度と急冷歪との関連を示し、高村によって確立された凍結空孔濃度におよぼす試片寸法効果が本論文の端緒となったことを述べている。

第Ⅱ章は試片の急冷時の冷却特性ならびに熱応力について、理論的ならびに実験的に詳しく検討を加えたものである。著者はまず試片の温度伝導率が極めて大きい場合には指数関数的冷却曲線、冷却が定常熱流のみによるときは直線的冷却曲線となることを理論的に指摘した後、実際に塩水焼入の場合には前者、水焼入の場合には後者の冷却特性をもつことを示した。また冷却速度の試片寸法依存性、とくに塩水焼入の場合のそれは本研究によって始めて明らかにされたものである。著者はさらに急冷時の熱応力の計算を行ない、急冷歪が通常の引張変形などに比べて極めて複雑な特性をもつことを指摘している。

第Ⅲ章においては、二つの典型的な冷却特性、すなわち直線的ならびに指数関数的冷却曲線の場合について、原子空孔の凍結過程を電子計算機によって追究した結果が述べられている。著者は Lomer その他の従来の研究者とは異なり、単一空孔の転位への消滅ばかりでなく、複空孔の消滅や三空孔の形成までも組み入れ、しかも転位への消滅には急冷途中の各温度での過飽和空孔のみが関与する点をも考慮し、冷却速度、転位密度および空孔の結合エネルギー等をパラメーターとして反応方程式を解析した。

その結果、急冷過程における原子空孔の転位への消滅は、その大部分が急冷初期の高温領域でおこり、殆んどが単一空孔として消滅することが明らかとなった。しかも凍結される原子空孔の全濃度は、冷却速度、転位密度および原子空孔の拡散係数などで与えられる簡単な指数関数によって表わされることを始めて見出した。急冷の後半では原子空孔の消滅は殆んど起らず、複空孔や三空孔集合体の形成反応のみが進

行するが、これは著者によって新らしく提案された臨界温度に至って事実上停止する。すなわちこの温度での原子空孔の状態がそのまま結晶内に凍結されることを意味する。この臨界温度は焼入温度が低いほど、また冷却速度が大きいほど高温側に移行することが示された。

第Ⅳ章は高純度の金試片の急冷による電気抵抗増加量の測定結果を述べたものである。この実験において著者は、凍結空孔濃度に及ぼす試片寸法効果が、冷却特性の異なる冷却剤においても成立つことを確かめ、実験結果の零寸法への外挿によって、用いた冷却剤の種類に関係なく、理想的急冷に対応する状態を求め得ることを明らかにした。この方法により金における原子空孔の形成エネルギーとして 0.96 eV, 空孔の電気抵抗への寄与として 1.7×10^{-6} ohm cm/at. % が得られた。また複空孔および三空孔集合体を構成する原子空孔の電気抵抗への寄与が、単一空孔のそれにほぼ等しいことを、急冷後の等時焼鈍による電気抵抗回復量の測定と計算機の結果との対比により結論している。

第Ⅴ章は、急冷歪による原子空孔濃度の変化を明らかにするため、熱応力のもとで運動する転位と原子空孔との相互作用を知るために行なわれた実験結果を述べたものである。すなわち、試片寸法効果における特異点温度では試片寸法に関係なく空孔濃度は一定であり、この温度以上では試片が太いほど空孔濃度は小さくこの温度以下ではその反対である。しかもこの温度は金属によって定まり冷却剤に殆んど依存しない。著者は、急冷により過剰の原子空孔を含む金、アルミニウムおよび稀薄アルミニウム－ケイ素合金を低温変形し、その電気抵抗増加量を測定することにより転位と原子空孔との相互作用を検討した。その詳細な解析により外力のもとで運動する転位と原子空孔の相互作用は、純金属では積層欠陥エネルギーに、合金では原子空孔と溶質原子の結合エネルギーに依存することが明らかにされた。これらにより凍結空孔濃度に及ぼす試片寸法効果が、原子空孔の凍結を支配する二つの要因、すなわち冷却速度ならびに急冷歪の影響の最も端的な表現であることを結論している。

論文審査の結果の要旨

熱平衡的に存在する多数の原子空孔は、高温からの急冷により結晶内に過剰に凍結される。本論文は、このような原子空孔の凍結効果を支配する因子を精細に検討し、理想的凍結に対応する状態すなわち原子空孔の熱平衡濃度を電気抵抗的に求め、金における原子空孔の形成エネルギーその他の基本的性質を明らかにしたものである。

著者はまず原子空孔の凍結効果を支配する要因としての冷却特性を理論的ならびに実験的に詳しく検討し、これに基づき典型的な例として直線的および指数関数的冷却曲線の二つの場合を選び、原子空孔濃度の急冷中の変化を計算機を用いて追究した。著者は Lomer その他の従来の研究者とは異なり、単一空孔の転位への消滅ばかりでなく、複空孔の消滅および三空孔の形成までも組み入れ、しかも転位への消滅には急冷中の各温度での過飽和空孔のみが関与する点をも考慮し、冷却速度、転位密度および空孔の結合エネルギー等を因子として反応方程式を解析した。

その結果、急冷中の原子空孔の転位への消滅は、その大部分が急冷初期の高温領域でおこり、殆んどが単一空孔として消滅することが明らかとなった。しかも原子空孔の全凍結量は、冷却速度、転位密度および原子空孔の拡散係数などで与えられる簡単な指数関数で表わされることを見出した。急冷の後半では原

子空孔の消滅は殆んど起らず，複空孔や三空孔集合体の形成反応のみ進行するが，これも著者によって新たに提案された臨界温度に至って事実上停止する。すなわちこの温度での原子空孔およびその集合体の濃度がそのまま結晶内に凍結されることになる。この臨界温度は冷却速度が大きいほど，また焼入温度が低いほど上昇する。

著者はさらに急冷歪による原子空孔濃度の変化を明らかにするため，熱応力のもとで運動する転位と原子空孔との相互作用の検討を行なった。その結果，この相互作用は純金属では積層欠陥エネルギー，合金では原子空孔と溶質原子の結合エネルギーに依存することを実験的に明らかにした。

以上のような原子空孔の凍結効果に対する二つの要因，すなわち冷却速度と急冷歪の影響の最も端的に現われるのが試片の寸法効果であることを利用し，実験結果の零寸法への外挿により理想的急冷に対応する状態を求め，これによって金における原子空孔の形成エネルギーとして 0.96 eV，原子空孔の電気抵抗への寄与として 1.7×10^{-6} ohm cm/at. % が得られた。これらの値は現在もっとも信頼度の高い値として一般に採用されている。

これを要するに本論文は，金における原子空孔の凍結過程の全貌を幾多の新らしい提案を添えて明らかにし，信頼度の高い原子空孔の形成エネルギーおよび電気抵抗への寄与を求めたもので，学術上工学上寄与するところがすくなくない。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。