

氏 名	藤 原 正 二 ふじ はら しょう じ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 1268 号
学位授与の日付	昭 和 55 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	鉄合金における析出強化に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 田 村 今 男 授 教 足 立 正 雄 教 授 村 上 陽 太 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は種々な析出現象を鉄鋼材料の強化に応用するための基礎を確立することを目的として、各種の析出現象とその強化作用、添加元素の影響、重複析出の効果、付加応力の作用、スピノーダル分解などについて詳細に検討し、その研究結果をまとめたもので、6章よりなっている。

第1章は緒言で、鉄合金における析出現象についての従来の研究の動向と本研究の目的およびその意義について述べている。

第2章では典型的な2次硬化性鋼であるFe-4%Mo-0.2%C鋼を基本合金として、この鋼のマルテンサイトからの Mo_2C の析出による2次硬化挙動とこれにおよぼす微量添加元素の寄与について述べている。非炭化物生成元素(Al, Co, Mn)と炭化物生成元素(Cr, V, Ti, Nb)とに分類し、両グループに明確な差があることを見出した。すなわち前者では2次硬化のピークが短時間側に移行し、かつそのピーク硬度も上昇するのに対し、後者ではピーク以後の軟化抵抗が増大することを明らかにした。同時に、炭化物生成元素を複合添加することにより軟化抵抗が著しく増大することを見出している。

第3章では Mo_2C の析出と同時に、炭素を必要としない析出相が析出する重複析出現象について論じている。Fe-4%Mo-4%Cu-0.2%CマルテンサイトにおけるCu相と Mo_2C との重複析出ではまずCu相の析出による小さい硬度のピークがあり、かつ Mo_2C の析出自体もより微細でかつ均一になることを明らかにし、Fe-4%Mo-7%Ni-1.7%Al-0.2%Cマルテンサイトでは Mo_2C の析出が促進されると同時にNiAlによる析出強化もより有効に働くことを見出した。また、Fe-4%Mo-7%Ni-0.6%Be-0.2%Cマルテンサイトにおいても重複析出の効果として、より低温から規則化したクラスターが生成し始め、かつNiBe相の析出がより高温まで維持されることを示し、析出強化におよぼす重複析出の有効性を明確にした。

第4章では固溶している溶質原子が容易に拡散しうる温度域で応力を付加して時効した時の溶質原子の移動とその材質への影響について検討している。すなわち、Fe-4%Mo-0.2%Cマルテンサイトを室温から700℃の間で引張試験を行ない、100℃付近においてC原子と転位との相互作用によるセレーション

がおこることを見出し、マルテンサイト組織における動的ひずみ時効現象とその特徴を明らかにした。また、 Mo_2C の析出が可能である 600°C 付近において早期破断をおこすことを見出し、この現象を解明するために応力下で焼もどしをした後の室温引張性質を検討し、その原因が P などの不純物元素の粒界偏析と同時に Mo の粒界偏析も関与していることを示した。また、この脆化現象は溶体化処理温度を変化させることにより軽減出来ることを示した。

第5章ではフェライト相とオーステナイト相における二相分離について論じている。まず、Fe-Cr-Co フェライト合金において Co 量の変化による 2 相分離挙動への影響を検討し、Co 量の増加にともない Cr-rich 相と Cr-poor 相との 2 相分離が著しく促進させられ、これは二相分離温度が上昇するためであることを示した。また、 750°C 付近における顕著な時効硬化は σ 相の生成に因るものであり、 σ 相の生成も Co 添加により促進することを示した。一方、Fe-Mn-Cu オーステナイト合金においても明確な二相分離による時効硬化現象があることを見出した。Cu 量の増加にともない時効硬化も増大し、また、時効にともない $\langle 100 \rangle \gamma$ 方向に平行な成長方向を持つ変調組織を呈した。この合金における 2 相分離はメスバウアー効果の測定の結果より Fe-Mn rich (Cu-poor) 相と Cu-rich 相とに分離するものと考えた。また、Fe-Mn-40 Cu 合金を液体状態からのスプラット・クエンチすることによりきわめて過飽和なオーステナイト単一相を得ることに成功し、この相においても時効により $\text{Fe}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{-Cu}$ 擬 2 元系状態図における miscibility gap に従い、Cu-rich 相と Cu-poor 相とに二相分離することを見出した。この結果より、平衡状態図において共晶型であっても、両固溶体が同じ結晶構造をとる場合、超急冷凝固法により単一相を得ることによりその相は時効にともない二相分離（スピノーダル分解）をする可能性が大きいことを実証した。

第6章は総括であり、本研究で得られた成果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

鉄鋼材料においては、その強度の上昇のために種々な析出強化が利用されているが、これらの析出挙動については現在なお多くの解明すべき問題が残されている。本論文は鉄合金におけるこれらの析出現象について、材質の強化の観点から詳細に検討したもので、得られた主な結果は次のとおりである。

(1) Fe-4Mo-0.2 C マルテンサイト鋼を基本にして、 Mo_2C による 2 次硬化挙動に対する微量添加元素の影響について検討し、非炭化物生成元素 (Al, Co, Mn) と炭化物生成元素 (Cr, V, Ti, Nb) とに分けてその効果の相違を明らかにし、また、炭化物生成元素の複合添加により軟化抵抗を増大できることを示した。

(2) 合金元素を調整することによって、 Mo_2C の析出と同時に非炭化物析出相 (Cu 相, NiAl 相, NiBe 相) を重複析出させ、析出物相互の干渉作用や強化に対する相乗効果について検討した。すなわち Cu 相も析出においては Mo_2C と同様に転位上に析出し、 Mo_2C の析出をより均一に微細にし、2 次硬化が一層顕著におこることを明らかにした。NiAl 相との重複析出においても明確な相乗効果を見出し、Mo と Be を含有するマルテンサイトにおいてもより低温側から規則化したクラスターが生成し始め、NiBe 相の析出がより高温側まで維持され、重複析出の有効性を実証した。

(3) 固溶元素が容易に拡散しうる温度域のマルテンサイトの引張試験結果を詳細に検討し、100℃付近におけるセレーションはC原子と転位との相互作用によっておこる動的ひずみ時効によるものであるが、その現われ方は軟鋼(α 鉄)の場合と異なり1回の応力降下に対応して1本のリュードース帯を発生していることを見出した。

(4) Mo_2C 析出が可能な600℃付近における引張試験では早期破断をおこし、そのような温度で応力付加焼もどしを行なうと粒界脆化(室温)をおこすことを見出し、不純物(主としてP)の粒界偏析が応力によって促進され、また、Moの粒界偏析もおこっていることを示した。

(5) Fe-30Cr-(5~15)Co フェライト合金においてはCo量の増加にともない二相分離温度が上昇して、二相分離が促進され、 σ 相の生成も促進されることを認めた。

(6) 50Fe-Mn-(3~7)Cu オーステナイト合金において明瞭な二相分離による時効硬化現象を見出し、また、30Fe-30Mn-40Cu合金を液体状態からスプラット・クエンチすることによりきわめて過飽和なオーステナイト単一相を得ることに成功し、この相も時効にともない二相分離することを示した。

以上要するに、この論文は鉄鋼材料の重要な強化機構である析出強化について詳細に広範囲に研究し、マルテンサイトの二次硬化、重複析出、応力下焼もどし、二相分離などについて詳細に検討し、多くの新しい知見を与えたもので、工業的にも学問的にも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。