

氏 名	牧 正 志 まき ただ し
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 633 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 9 月 25 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	準安定オーステナイト鉄合金のマartenサイト変態誘起塑性 (TRIP) 現象に関する研究

(主 査)
論文調査委員 教授 田村 今男 教授 足立 正雄 教授 高村 仁一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、準安定オーステナイト鉄合金において、変形中にマルテンサイト変態がおこる場合に異常に塑性が大きくなるマルテンサイト変態誘起塑性 (TRIP) 現象に関する基礎的研究をまとめたもので、8章よりなっている。

第1章は序論で、TRIP 現象に関連する従来の研究と対比しながら本研究の由来、目的について述べている。

第2章では TRIP 現象の一般的特徴を明確にし、TRIP 現象のおこる条件およびその原因を解明するとともに合金系による相違点を明らかにしている。すなわち、レンズ状の α' マルテンサイトを生成する Fe-Ni-C、ラス状の α' および hcp の ϵ' マルテンサイトを生成する Fe-Cr-Ni、および ϵ' マルテンサイトを生成する Fe-Mn-C の、それぞれ異なったマルテンサイトを生成する代表的な3種類の鉄合金を用いて研究をおこない、Fe-Cr-Ni 系合金ばかりではなく他の合金系でも Ms と Md の間で顕著な TRIP 現象がおこることを認め、TRIP 現象が顕著におこるためには変形にともなって次々とマルテンサイトが生成されることが必要で、そのマルテンサイト生成による加工硬化のためにネッキングが抑制され、均一伸びが増大すること、および応力集中部にマルテンサイトが優先的に生成することによって集中応力が緩和され、割れの発生・伝播が抑制されることを指摘している。さらに、合金のオーステナイトの積層欠陥エネルギーが低いほど ϵ' マルテンサイトを生成しやすく、Ms と Md の温度差が大きく、かつ、TRIP 現象のおこりうる温度域が広くなることを明らかにしている。

第3章では、Fe-Ni-C 系合金の TRIP 現象と生成されるマルテンサイトの特異な形態変化との関係について述べている。Fe-Ni-C 合金の加工誘発マルテンサイトは生成温度 (変形温度) によって、転位を欠陥とするバタフライ状、ミドリブ周辺に双晶欠陥のあるレンズ状およびミドリブがなく貫通した双晶欠陥をもつ板状の3種類の形態に変化し、バタフライ状ないしはレンズ状マルテンサイトが生成される条件では大きな TRIP 現象を示すが、板状マルテンサイトの場合は十分な TRIP 現象を示さず早期破断を

おこすことを明らかにしている。

第4章では、前章をうけて、種々な組成の Fe-Ni-C 系合金における、加工および冷却により生成するマルテンサイトの形態について研究し、冷却によるマルテンサイト変態の場合でもその形態の変化は加工誘発マルテンサイトの場合と同じであり、同一の合金においても生成温度によって形態が変化するという現象を見出し、生成温度という観点からこれら3種類のマルテンサイトの生成条件に統一的な解釈を与えている。また、レンズ状から板状への遷移温度は炭素量と共に上昇することを認めた。さらに、これらのマルテンサイトの形態学および結晶学的特徴、ならびに変態挙動に関して多くの新しい知見を得ている。特に板状マルテンサイトの成長に特異な挙動があり、肥大化、交叉、分岐などがおこることを示している。

第5章では TRIP 現象におよぼす炭素量の影響について述べている。合金の炭素量が多くなるとマルテンサイトが硬くなり、そのため少量の生成によっても加工硬化が効果的におこるようになり、TRIP 現象が顕著になるが、あまり炭素量が多くなるとマルテンサイト自身がもろくなり、それが原因となって早期破断をおこすようになるので、炭素量は 0.4~0.5% 程度が好適であることを示している。

第6章は TRIP 現象におよぼすひずみ速度の影響について研究したもので、合金のオーステナイトの積層欠陥エネルギーが低いほどひずみ速度の影響は少なく、高ひずみ速度でも顕著な TRIP 現象を示すことを明らかにし、さらに、ひずみ速度の影響は単純に試片の温度上昇のみでは説明ができないことを指摘している。

第7章では、TRIP 現象を鋼の強靱化へ応用する場合の基礎的知見を得るために、数種の合金のオーステナイトでの析出硬化挙動と加工硬化挙動について研究すると同時に、その後のマルテンサイトへの変態挙動について検討し、オースエージによる析出強化またはオースフォームによる加工強化と TRIP 現象による靱化との組合せが、一層強靱な材料を開発する有効な手段となりうることを示している。

第8章は総括である。

論文審査の結果の要旨

準安定オーステナイトにおいて、変形中にマルテンサイトが生成する場合に著しく延性が増大する現象をマルテンサイト変態誘起塑性 (TRIP) と呼び、鋼の靱化と成形性向上に有効な新しい手段として注目されている。本論文は TRIP 現象の本性を解明し、これにおよぼす諸因子の影響を明らかにしたもので、得られた主な成果を要約すると次のとおりである。

(1) TRIP 現象の一般的特徴およびその現象のおこる条件を明確にするとともに、合金系による相違点を明らかにした。すなわち、TRIP 現象が顕著におこるためには、変形にともなって次々とマルテンサイトが生成されることが必要で、そのマルテンサイト生成による加工硬化作用でネッキングを抑制し、集中応力緩和作用で割れの発生・伝播をおさえることを指摘した。さらに、オーステナイトの積層欠陥エネルギーの低い合金系においては TRIP 現象のおこりうる温度域が広くなることを明らかにした。

(2) Fe-Ni-C 系合金の加工誘発マルテンサイトは生成温度 (変形温度) によって、転位を欠陥とするバタフライ状、ミドリブ周辺に双晶欠陥のあるレンズ状およびミドリブがなくて貫通した双晶欠陥をもつ板状の3種類の形態に変化することを認め、バタフライ状ないしはレンズ状マルテンサイトが生成される

条件では大きな TRIP 現象を示すが、板状マルテンサイトの場合は十分な TRIP 現象を示さず早期破断をおこすことを明らかにした。

(3) 上記3種の形態のマルテンサイトは冷却による変態の場合にも同様に発見され、同一の合金においても生成温度によって形態が変化するという現象を見出し、これら3種類のマルテンサイトの生成条件に統一的な解釈を与えた。さらに、これらのマルテンサイトの形態学的、結晶学的特徴ならびに変態挙動に関し多くの新しい知見を得た。

(4) 合金の炭素量が多くなるとマルテンサイトが硬くなり、少量の生成によっても加工硬化が効果的に起こり、TRIP 現象が顕著になるが、あまり炭素量が多くなるとマルテンサイト自身がもろくなり、それが早期破断の原因となるので、最適炭素量 (0.4~0.5%) があることを示した。

(5) TRIP 現象におよぼすひずみ速度の影響は、合金のオーステナイトの積層欠陥エネルギーが低いほど小さいことを明らかにした。

(6) オースエージによる析出強化またはオースフォームによる加工強化と TRIP 現象による靱化を組合せることにより、一層強靱な鋼を開発することができる可能性を明らかにした。

これを要するに、本論文は準安定オーステナイト鉄合金 TRIP 現象に関して初めて系統的な研究をおこない、TRIP 現象の本質を解明するとともに、これらにおよぼす諸因子の効果を明らかにしたばかりではなく、実用鋼開発の指針をも与えている。さらに、マルテンサイトの形態に関し多くの新しい知見を得、マルテンサイト変態に関する研究分野に重要な資料を提供したものであって、学術上はもとより実際上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。