

氏名(本籍)	小 ^こ 山 ^{やま} 元 ^{もと} 道 ^{みち} (埼玉県)			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第6036号			
学位授与年月日	平成24年3月23日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	数理物質科学研究科			
学位論文題目	Fe-Mn-C オーステナイト鋼の加工硬化およびその機械的性質への寄与			
主査	筑波大学教授	工学博士	津崎兼彰	
副査	筑波大学教授	Ph.D.	宝野和博	
副査	筑波大学教授	Ph.D.	土谷浩一	
副査	筑波大学准教授	工学博士	金熙榮	

論文の内容の要旨

面心立方構造 (FCC) を有する Fe-Mn-C オーステナイト鋼は形状記憶合金や変態誘起塑性 (TRIP) 鋼、双晶誘起塑性 (TWIP) 鋼等として知られ、自動車用材料等への実用化が期待されている材料である。これら Fe-Mn-C 鋼の特性の多くは加工硬化挙動によって強い影響を受ける。本研究では上記合金の特性発現機構解明および機能改善の設計指針確立のために、加工硬化挙動に着目した。

Fe-Mn-C オーステナイト鋼の加工硬化に顕著な影響を与える現象として、拡張転位すべり、最密六方構造 (HCP) マルテンサイト変態、双晶変形ならびに動的ひずみ時効が挙げられる。本論文一章ではこれら現象の説明を含めた本研究の全体像を紹介した。

第二章では上記加工硬化に影響する各現象の単独の効果を明らかとし、各現象が発現したときの加工硬化率の定量値を求めた。いずれの現象も有効に加工硬化に寄与したが、HCP マルテンサイト変態、双晶変形、動的ひずみ時効の順に効果的に加工硬化率を増大させると結論した。

第三章から第六章では、第二章で各現象の単独の効果に注目したことに対し、各現象間の相互作用に注目して論を進めた。第三章は其中で、拡張転位すべりと動的ひずみ時効の相互作用について言及し、議論をした。結論として、動的ひずみ時効は転位の拡張に有意な影響を受けることが明らかとなった。

第四章では HCP マルテンサイトと動的ひずみ時効の相互作用について議論した。動的ひずみ時効は応力誘起 HCP マルテンサイト変態が起こっている間は発現しない。すなわち、HCP マルテンサイト変態で塑性変形を支配的に与えることで動的ひずみ時効が抑制されることが明らかとなった。

第五章では動的ひずみ時効と双晶変形の相互作用について議論した。双晶変形は動的ひずみ時効発現によって顕著に促進されることが明らかとなった。また、このことが Fe-Mn-C オーステナイト鋼において双晶誘起塑性が有効に働く原因であることに言及した。

第六章では焼鈍双晶と HCP マルテンサイトの相互作用について議論した。HCP マルテンサイトは他の現象と比較して極めて高い加工硬化を与えるが、焼鈍双晶と交差することによって著しい脆化を引き起こすことが明らかとなった。

第七章では、これまでに明らかとなった加工硬化に寄与する因子を整理し、塑性不安定条件の観点から延

性を議論した。“脆化を引き起こさずに高い加工硬化能を与え、優れた伸びおよび強度を得る”という方針から Fe-Mn-C オーステナイト鋼の設計指針を考察し、その潜在的な特性について言及した。マルテンサイトが形成しないよう変態開始温度を十分に低下させ、かつ動的ひずみ時効を促進することで双晶変形も促進する変形温度および化学組成の選択が重要であると結論した。すなわち、有意に低い積層欠陥エネルギーである前提で、炭素の拡散が有効に働く高炭素、高温状態が最も延性-強度バランスを向上させる。

第八章は本研究のまとめとし、Fe-Mn-C オーステナイト鋼の加工硬化に関連する現象の全体観を示すことで結びとした。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、形状記憶合金や変態誘起塑性鋼ならびに双晶誘起塑性鋼などとして注目されている Fe-Mn-C オーステナイト鋼を対象として、その加工硬化挙動を詳細に解明することによって材料特性向上のための設計指針の確立を目指した学術論文である。加工硬化現象に影響を与える素過程である 1) 拡張転位すべり、2) 最密六方構造 (HCP) マルテンサイト変態、3) 双晶変形ならびに 4) 動的ひずみ時効の 4 つを取り上げ、それぞれの単独の効果を初めて明確にした上で、それらの相互作用を系統的に検討した。特に双晶変形と動的ひずみ時効の相互作用では、動的ひずみ時効が起こることによって双晶変形が促進されることを見出し、その機構として炭素雰囲気の形成によって後続半転位の運動が抑制され転位の拡張幅がひろがるという新規のモデルを提案した。また、HCP マルテンサイト自体は加工硬化能を高めることに寄与するが、焼鈍双晶との交差がおこる条件では著しい脆化を引き起こすことを明らかにした。これらの知見を基にして、高強度・高延性材料につながる設計指針を提示した。本研究は、塑性変形の素過程に関する学術的研究に基づき Fe-Mn-C 鋼の特性向上という工学的に価値のある設計指針を提示したもので学術的工学的価値の高い論文と判断される。

平成 24 年 2 月 10 日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。