

学位論文の審査結果の要旨

本学位論文は、申請者が次世代の低合金構造用鋼として開発した「0.2%C-1.5%Si-1.5%Mn 超高強度低合金 TRIP 型マルテンサイト鋼 (TM 鋼)」の微細組織の特徴と組織形成機構を明らかにするとともに、自動車部品などに適用するために必要となる冷間プレス成形性、切欠き疲労強度特性、衝撃靱性を調査し、微細組織との関係を明らかにしている。

第1章では、最近開発され、かつ TM 鋼と競合する変態誘起塑性 (TRIP) または双晶誘起塑性 (TWIP) を利用した先進超高強度鋼 (AHSS 鋼) の微細組織や冷間プレス成形性についての紹介と TRIP や TWIP が発現するメカニズムについて述べたのち、本論文の目的を述べている。

第2章、3章では、TM 鋼の微細組織と残留オーステナイト特性に及ぼす熱処理条件、合金元素添加の影響をそれぞれ調査している。マルテンサイト変態終了温度 (M_f) より 50~100°C 低い温度で 1000s 間の等温変態処理とその後 250~350°C で 1000s 間の炭素濃化処理を施すことによって、残留オーステナイト特性を最適とし、かつ硬質マルテンサイト・残留オーステナイト複合相 (擬 MA 相) を多量かつ微細に分散できることを示した。また、1.0%Cr または 1.5%Cr-0.2%Mo 添加により、焼き入れ性を高めるとともに、残留オーステナイト体積率、擬 MA 相体積率を高くし、炭化物体積率を低くできることを明らかにした。

第4章、5章、6章では、TM 鋼の冷間プレス成形性 (主に伸びフランジ性と曲げ性) に及ぼす等温変態温度、炭素濃化処理温度、合金元素添加の影響をそれぞれ調査している。プレス成形性は等温変態処理温度を M_f (50-100°C)、炭素の濃化処理温度を 250-350°C とし、1.0%Cr を添加することによって最良となることを明らかにした。また、これらの成形性の結果と微細組織との関係について考察している。

第7章では、TM 鋼のシャルピー衝撃靱性 (衝撃値と延性・脆性遷移温度) に及ぼす Cr, Mo, Ni 添加の影響について調査している。1.0%Cr または 1.5%Cr-0.2%Mo 添加により、既存の構造用鋼 (SCM420 鋼) の2倍の上部棚衝撃値を有し、かつ 50°C 以上低い延性・脆性遷移温度を有することを示した。また、残留オーステナイトのひずみ誘起変態や擬 MA 相の微細分散が、ボイドの発生・連結、擬壁破壊を抑制する理論を提案した。

第8章では、TM 鋼の切欠き疲労強度に及ぼす炭素添加量 (引張強さ) の影響を調査した。炭素添加量が 0.2-0.4mass% の TM 鋼において、既存の構造用鋼 (SCM420 鋼, SCM435 鋼, SCM440 鋼) に比較して極めて高い切欠き疲労限を示した。また、疲労き裂先端の塑性域内に残留オーステナイトが必ず存在することより、残留オーステナイトのひずみ誘起変態による塑性緩和が疲労き裂の発生を抑制すること、擬 MA 相がき裂の成長を抑制することを提案した。

第9章では、得られた主な結果をまとめるとともに、今後の地球環境破壊を抑制することにも貢献できることを述べた。

申請学位論文は、主に申請者を筆頭著者とする審査付き原著論文4編と審査付き国際会議論文4編に基づいてまとめられており、学術的に十分高い評価を得ている。また、我が国の基幹産業である自動車工業分野への貢献も大いに期待できる。従って、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと判断した。

公表主要論文名

- (1) ファムバンドック, 小林純也, 杉本公一: 超高強度 TRIP 型マルテンサイト鋼の成形性に及ぼす合金元素の影響, 鉄と鋼, Vol. 99, No. 11, pp. 659-668, 2013.
- (2) Junya Kobayashi, Daiki Ina, Yuji Nakajima and Koh-ichi Sugimoto: Effects of Microalloying on the Impact Toughness of Ultrahigh-Strength TRIP-Aided Steels, Metallurgical and Materials Transactions A, Vol. 44A, No. 11, pp. 5006-5017, 2013.
- (3) Junya Kobayashi, Nobuo Yoshikawa and Koh-ichi Sugimoto: Notch-Fatigue Strength of Advanced TRIP-aided Martensitic Steels, ISIJ International, Vol. 53, No. 8, 2013, pp. 1479-1486.
- (4) Junya Kobayashi, Sung-Moo Song, Koh-ichi Sugimoto: Microstructure and Retained Austenite Characteristics of Ultra High-Strength TRIP-aided Martensitic Steels, ISIJ International, Vol. 52, No. 6, pp. 1124-1129, 2012.

