

Title	マルテンサイト組織を持つ高張力鋼の破壊性能向上のための加工硬化能の制御
Author(s)	川畑, 友弥
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46029">https://hdl.handle.net/11094/46029</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	川 畑 友 弥
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 19086 号
学位授与年月日	平成 17 年 1 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	マルテンサイト組織を持つ高張力鋼の破壊性能向上のための加工硬化能の制御
論文審査委員	(主査) 教授 豊田 政男
	(副査) 教授 座古 勝 教授 白井 泰治 教授 南 二三吉 助教授 大畑 充

### 論文内容の要旨

本研究では、鋼構造分野で今後ますます重要度を増すと考えられる 780 MPa 級高張力を対象として、溶接用高張力鋼に不可欠なマルテンサイト組織の変形・破壊挙動の特徴を、汎用フェライト鋼と比較することで明確にしながら、地震や製作時の塑性加工後の破壊安全性を検討した。特に、延性き裂発生特性に着目し、その特性を向上させる目的で、マルテンサイト組織の加工硬化能を制御する方策を検討した。

第 1 章では、鋼材の高機能化・高張力化の趨勢を述べるとともに、高張力鋼のこれまでの技術的変遷と今後の高張力鋼の重要性を記述した。また、塑性変形後の加工硬化特性評価が重要であるにも関わらず、高張力鋼について十分ではないことを示し、本研究の目的である高張力鋼における塑性歪附与後の変形・破壊特性に関する検討の重要性を記した。

第 2 章では、予歪附与後の高張力鋼の変形特性を論じる際のポイントを明らかにするため、同鋼の金相学的特徴を述べた。特に、歪附与時に金属組織中に導入される転位に着目し、マルテンサイト組織の変態機構を考慮しながら、汎用フェライト鋼との相違点、および構造鋼材としての課題を明らかにした。

第 3 章では、高張力鋼の降伏挙動に及ぼす予歪量の影響を明らかにした。特に、バウシング効果の程度・経時変化・予歪量の影響などに着目し、マルテンサイトでは時効による変化が殆どないことなどを指摘した。

第 4 章では、予歪附与後の高張力鋼における加工硬化挙動と金属組織的特徴との関連性を明らかにした。マルテンサイト組織は変態原理に起因し初期転位密度が高いため、加工硬化能が乏しく、数%の予歪附与後に一様伸びが消失することを示した。また、マルテンサイト組織は時効処理による変形挙動の変化が殆ど見られないことも特徴であることを明らかにした。

第 5 章では、予歪附与後の脆性破壊に対する感受性の変化を評価するために、予歪附与前後のシャルピー衝撃特性と CTOD 特性を調査し、予歪による脆化量を延性～脆性遷移温度の移行量として定量的に評価した。マルテンサイト鋼は、特に歪量が小さい領域では、フェライト鋼よりも靱性劣化が進行しにくいことを明らかにした。これは、マルテンサイトでは時効硬化が発生しにくいことに呼応していると考えた。

第 6 章では、予歪附与前後での延性き裂発生挙動を明らかにするため、環状切欠き付き丸棒試験片を用い、応力三軸度と相当塑性歪の 2 つをパラメータとする破壊限界評価方法にて考察を行った。高張力鋼は汎用鋼に比べ低い加工硬化能に呼応し、延性き裂発生特性が低下することを示した。更に、繰り返し予歪後の材料損傷量を精度良く予測す

るために提唱されている有効損傷量概念が高張力鋼でも適用できることを示すとともに、陽電子消滅法を用いて、その限界評価指標の意義について考察した。

第7章では、延性き裂発生特性を向上させることを目的とし、マルテンサイト組織の加工硬化能の改善策を検討した。そのためには、①旧 $\gamma$ 粒の微細化、②C量の増加、③Ni量の増加、が有効な手段となり得ることを明らかにした。

第8章は、第7章で得られた改善策の効果を実証するために、実験室レベルの試作を行い、小型試験片および構造物を模擬した歪履歴を与えた試験片を用いて破壊性能を評価し、開発材は汎用鋼と同レベルまで向上することを示した。

第9章では、本論文で明らかにした各章の結論を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、今後活用の範囲が広がると予想される 780 MPa 級の溶接構造用高張力鋼を対象とし、現用の高張力鋼材の持つ構造用鋼材として変形能、特に予加工を受けた場合の変形性能が問題となっていることに注目し、それを組織制御手法の導入によって改善しようとしたものである。本研究では、780 MPa 級高張力鋼に不可欠なマルテンサイト組織の変形・破壊挙動の特徴を、汎用フェライト鋼と比較することで明確にすると共に、高張力鋼が一般鋼構造物に適用された場合に問題となる地震時や制作時の塑性変形を受けた後の破壊安全性を、特に延性き裂発生特性を向上させることを目的としたマルテンサイト組織の加工硬化能の制御に新しい方策を提案するに至っている。

本論文の主な新しい着目点とその結論は以下の通りである。

- (1) 780 MPa 級高張力鋼の技術変遷とその組織的特徴についての詳細な検討を行い、現用の高張力鋼のもつマルテンサイト組織では、予歪を受けた後に十分な変形能を有しないこと、そのために構造としての変形能や延性き裂発生性能の低下をもたらしていることを明らかにしている。更に、予歪附与後の高張力鋼の加工硬化挙動と金属組織学的特徴との関係について詳細に検討し、マルテンサイト組織の変態原理に起因する初期転位密度の影響のため、予歪附与後に一様伸びが消滅することがあることと、その挙動について定量的な評価を行っている。
- (2) マルテンサイト組織を持つ高張力鋼に対して、破壊靱性試験及び延性き裂発生限界評価試験を実施し、特に、高張力鋼では汎用鋼に比べて加工硬化能が低いことに起因して延性き裂発生限界が低下することを実験的に明らかにしている。また、繰返し歪載荷を受けるときの延性き裂発生限界評価に用いられている有効損傷量概念が、高張力鋼にも適用できることを明確にすると共に、マルテンサイト組織鋼に対して陽電子消滅法を用いて、有効損傷量概念の金属学的意義について明らかにしている。
- (3) マルテンサイト組織を持つ延性き裂発生限界を向上させるには、マルテンサイト組織の加工硬化能を向上させることが重要との結論から、その向上に対して新しい改善策を模索し、①旧 $\gamma$ 粒の微細化、②C量の増加、③Ni量の増加、が有効な手段となることを明確にし、他の必要性能とも考慮して実用的に可能な範囲を鋼材を開発し、開発鋼は低強度構造用鋼と同レベルまで加工硬化能が向上できることを実証している。

以上のように、本論文では、将来的に応用が期待される 780 MPa 超の高張力鋼の加工硬化能を向上させることを目的に、材料組織の制御に必要な手法について詳細な検討を行うと共に、組織制御の具体的な手法とその実用化について有用な知見を得ている。その成果は、鋼材の組織制御の方向などの新たな知見によって構造用鋼の組織のあり方に指針を与えるものであり、鉄鋼材料学・生産科学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。