

## 審査の結果の要旨

氏名 津山 青史

建築や橋梁、船舶などに用いられる構造用鉄鋼材料には、構造物の大型化や軽量化のための高強度化とともに、耐震や船舶の衝突安全など、構造物の安全性のための延性や靱性の更なる向上が求められている。また、そういった高強度鋼の製造では、生産性や生産コストの改善のために、従来高強度鋼に用いられてきたオフラインの調質プロセスによらない熱加工プロセスでの製造技術の確立が望まれている。本論文はこのような背景の下、建築、船舶などに適用される鉄鋼材料の延性や靱性の向上を目的として、金属組織の最適化ならびにオンラインの熱加工プロセスによる組織制御を検討し、開発した鉄鋼材料を用いた大型の破壊試験やシミュレーションによる構造物の安全性や信頼性の向上を検証した結果をまとめたものであり、全7章よりなる。

第1章では、本研究の背景として建築やパイプライン、船舶などの大型構造物の耐破断の設計の考え方、鉄鋼材料に要求される特性、従来の鉄鋼材料の材料設計指針をレビューし、ならびに、オンラインの熱加工プロセスによる鉄鋼の組織制御に関するレビューを通して、最新のオンライン熱加工プロセスを駆使した鉄鋼材料の新たな組織制御に関する本研究の目的を明らかにするとともに、本論文の構成を述べている。

第2章は、厚鋼板や鋼管の変形性能を支配する一様伸びと相関の強い降伏比 (YR) の制御を 600~800MPa 級の高強度鋼において検討した結果を述べている。高強度鋼の低 YR 化を実現するために、ベイニティックフェライトをマトリックスとし、マルテンサイトと残留オーステナイトの混合相である M-A 相 (Martensite-Austenite constituent) を硬質相として分散した複相組織が有効であり、その複相化、ならびに M-A 相の量および形態の最適化が、鋼板圧延直後の加速冷却とその途上からのオンライン加熱を組み合わせることで実現できることを明らかにしている。

第3章は、上記の新組織を有する引張強度 800MPa 級の建築構造用厚鋼板および降伏強度 80ksi 級の高強度ラインパイプの実機製造材に関して、それぞれ実規模大の短柱圧縮試験と実管曲げ試験を行い、耐震性および耐座屈性能を調査した結果を述べている。いずれの場合も優れた変形性

能が確認され、オンラインで制御された複相組織を有する低 YR 高強度鋼が、建築の塑性設計やラインパイプの許容ひずみの向上を可能にし、それらの大型鋼構造物の信頼性向上に寄与することを示している。

第 4 章は、船舶の衝突安全性能向上に寄与する高ひずみ速度下での鋼板の変形性能の向上に関する検討結果を述べている。船舶用の引張強度 500MPa 級の厚鋼板をフェライトをマトリックスとしてベイナイトを分散第 2 相とする複相鋼によって設計し、その組織制御を圧延直後に 2 台の冷却アクチュエーターを駆使する 2 段冷却プロセスを初めて適用して実現し、高ひずみ速度下で高延性な鉄鋼材料が可能であることを明らかにしている。さらに船舶同士の衝突の数値シミュレーションを行い、開発鋼の適用によって衝突損傷が低減され安全性が向上することを示している。

第 5 章は、極厚鋼板が使われる大型構造物の安全性の向上のため、発生した脆性破壊のき裂の伝播停止特性の向上に関する検討結果を述べている。靱性と集合組織の関係の解析に基づき、圧下配分を適正化した低温圧延によって板厚方向の集合組織制御を行い、特に板厚中央部で集合組織を発達させることによって脆性破壊のき裂伝播の抑制が顕著であることを明らかにしている。その有用性を、極厚鋼板が適用される大型コンテナ船のハッチコーミングを模擬した超広幅の破壊試験により検証した結果を示している。

第 6 章は本研究の工業的な成果と展開について述べている。ベイニティックフェライトと M-A 相の複相組織を有する高強度高変形ラインパイプの凍土・地震地帯での豊富な実績を示すとともに、同様の組織を有する建築用高強度鋼の実績、耐震性要求の高まりによる適用拡大の展望を述べている。また、衝突安全に向けた高変形能の厚鋼板、板厚方向の集合組織制御による脆性き裂伝播停止性能を向上した極厚鋼板の船舶への適用についても実績と今後の展望を述べている。

第 7 章は総括であり、本研究で得られた結果をまとめている。

以上を要するに、本研究は、大型鋼構造物の安全性・信頼性を向上させるために、鋼の延性や靱性の向上を新たに開発・実用化したオンラインプロセスによる組織制御によって達成し、実規模大試験および数値シミュレーションによりその有用性を検証している。これらは、社会基盤の安全性向上に大きく貢献するとともに、鉄鋼の材料工学にも大きく貢献するものである。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。