

## 審査の結果の要旨

氏名 佐々木 俊輔

耐食性および強度に優れたステンレス鋼 (Cr-Ni steel) は、汎用鋼からの置き換えや新たな需要の拡大により、今後生産量が増加することが予想されている。ステンレス鋼にはさらなる耐食性と強度の向上が求められているが、成分設計により高耐食性・高強度化を狙うと Cr, Ni, Mo は増加する。最近では Ni 量の削減が可能で希少元素の使用量が少なく、耐食性と強度に優れた二相ステンレス鋼 (Cr 21~26%, Ni 2~8%) の利用が拡大している。二相ステンレス鋼は 1000°C 以上の熱間加工域の平衡状態において、 $\delta$  相 (フェライト) と  $\gamma$  相 (オーステナイト) が共存するが、これらの相の熱間での塑性流動応力差が数倍あるため、軟質相に塑性変形が集中し、熱間延性 (加工性) が悪く塑性加工が難しいことが課題であった。

本研究では、二相ステンレス鋼が今後ますます重要な素材となることに注目し、製品特性の更なる向上と製造上の課題である熱間加工性の改善を目的とした新たな加工熱処理技術 (熱加工プロセス) を新たに提案し、その効果を検討、検証した。このプロセスでは、二相ステンレス鋼に熱間で塑性加工を施す前に 30°C/s での急速冷却を行うことで、硬質相である  $\gamma$  相の分率を平衡状態より下げ、さらに結晶粒を微細化し熱間加工性を損なわず、優れた機械的特性を持つ製品の製造が可能である。第 1 章では研究背景、二相ステンレス鋼の製品特徴や組織形態、従来の製造プロセス、最近の研究開発動向と課題を示した。第 2 章では二相ステンレス鋼の結晶粒微細化と熱間加工性改善を両立して実現する新たな加工熱処理技術について、その他の鋼種へ適用している従来の加工熱処理技術との対比を行いながら説明した。提案した加工熱処理技術では、二相分率が熱間加工温度域で変化する二相ステンレス鋼特有の組織変化に注目し、加速冷却を利用して結晶粒を微細化し、二相分率を過冷却な  $\delta$  フェライト相が多い非平衡状態とし、軟質な過冷却  $\delta$  フェライト相が多い状態で熱間加工を行うことで熱間加工性を改善することができる。

第 3 章では、提案した加工熱処理技術で作製した組織の微細組織化の確認および結晶粒径の定量評価、結晶方位解析による組織形成メカニズムの推定を行

った。第 4 章では、小型の熱間単軸圧縮試験により、熱間流動応力を調査した結果をまとめた。調査の結果、提案した加工熱処理技術は二相ステンレス鋼の高い熱間流動応力を低減することが明らかとなった。第 5 章では、加工熱処理技術が、二相ステンレス鋼の生産上の課題である熱間延性に与える影響を、熱間単軸引張試験による断面減少率の変化により調査した。調査の結果、提案した加工熱処理技術は熱間延性を広い熱間加工温度範囲で改善することを明らかにした。第 6 章では、第 5 章までの基礎実験結果に基づき、提案した加工熱処理技術が、常温での機械的特性に与える影響を調査した。大型のアンビル圧縮試験による熱間圧延模擬実験の結果、二相ステンレス鋼の機械的特性で重要な引張強度と疲労特性が、結晶粒微細化効果により向上することを明らかにした。第 7 章では、本研究で提案した加工熱処理技術の目的と結果についてまとめ、本論文の総括を行った。また、本研究で得られた内容について学問と工業における成果と今後の展望について述べた。

本論文では、今後用途が拡大する二相ステンレス鋼の新たな加工熱処理技術（熱加工プロセス）を提案しており、新たな研究領域を開拓した点で独創性が高く、工学的価値を高く評価できる。また、熱間延性（加工性）、流動応力、冷間での機械的特性、を系統立てた実験により評価しており、マクロ特性の変化を内部ミクロ組織の変化と関連付けて説明していることは工学的価値が高いのみならず、今後の二相ステンレス鋼の熱間加工技術の発展に有益な知見を提供していることから、工業的価値も高い。

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。