

審査の結果の要旨

氏 名 谷 徳 孝

力学的強度と共に溶接性に優れた高張力鋼板の代表である TMCP (Thermo-Mechanical Control Process) 鋼板は、優れた溶接性と大入熱溶接の適用による高能率溶接が可能のため、日本の造船業の発展と共にその使用は拡大してきた。しかしながら、その製造プロセスでの不均一冷却に起因する残留応力分布のバラツキにより、面内/面外の形状不良が発生し、工作精度問題が存在する。本研究は、従来の TMCP 鋼板が有する残留応力が原因となって発生する工作精度の不良問題を明確にした上で、新開発の残留応力制御型 TMCP 鋼板を船体ブロックに適用する場合における工作精度や生産性の向上効果に対する有効性を数値解析によって論理的に示し、実際の船体平行ブロックの建造工程において実証する研究である。本論文は、6つの章で構成されている。

第1章では、残留応力制御型 TMCP 鋼板の開発の必要性も含め、本研究の背景と進め方に関して述べている。

第2章では、従来の TMCP 鋼板の残留応力を測定し、残留応力状態を定量的に把握することによって、TMCP 鋼板の残留応力発生の原因を明確に議論しており、残留応力レベルを低い値に制御した残留応力制御型 TMCP 鋼板を開発する上での具体的課題を整理している。また、造船において、鋼板の残留応力と工作精度の因果関係を確認した上で、高い工作精度を要求するためには、残留応力制御型 TMCP 鋼板の開発が必要であることを主張している。

第3章では、第2章で整理した従来の TMCP 鋼板の課題を解決すべく、残留応力制御 TMCP 鋼板を製造する技術に関して議論している。加熱から圧延、加速冷却工程で発生する不均一な温度分布の解消技術や、熱処理やローラレベラ矯正による残留応力の除去技術などの残留応力を効果的に制御する要素技術の構築に関して整理している。また、基盤となる各要素技術や実際の製造方法について述べ、機械的性質、品質保証法について述べ、残留応力制御 TMCP 鋼板の実現性を明確に示している。

第4章では、残留応力制御型 TMCP 鋼板を船体ブロックに適用するにあたり、工作精度への有効性を論理的に明確にする必要があるとの観点から、熱弾塑性 FEM 解析を利用した熱切断、溶接施工における鋼板の変形解析手法を提案している。実験結果と比較することにより、熱弾塑性 FEM 解析モデルの精度検証を適切に処理し、前例の無い鋼船のような大規模な製品を対象とした解析結果を示している。この数値解析による検討により、複雑な船体ブロックの組立工程を対象として、切断・溶接加工時の変形ばらつきに対する鋼板の残留応力の影響を理論的に示している。さらに、溶接・切断条件や順序、拘束条件、仮付け条件などの製造プロセスが工作精度に与える大きな影響を確認し、提案する数値解析モデルの有効性も明確に示している。

第5章では、実際の船舶に残留応力制御型 TMCP 鋼板を適用することによって、工作精度の向上や工数削減の効果を議論し、さらに、第4章で提案した数値解析モデルの

有効性を示している。本研究で示すアプローチの実船への適用結果により、従来の TMCP 鋼板は、その残留応力に起因して変形ばらつきが発生すること、及び、残留応力制御型 TMCP 鋼板を船体ブロックに適用した場合、工作精度が向上し、生産性が向上することを定量的に示している。さらに、提案する熱弾塑性 FEM モデルによる解析結果は実際の船体ブロックの計測値と良好な一致を示しており、提案する数値解析モデルの妥当性を示している。

第 6 章では、従来の TMCP 鋼板の課題と残留応力制御型 TMCP 鋼板の製造法および品質保証法、実用化に向けた効果の把握に係わる研究成果を総括し、造船所において、残留応力制御 TMCP 鋼板を実用化することで部材の工作精度が向上し、工数の削減が可能であること、さらに、従来の TMCP 鋼板では実現できなかった新工法によって、より一層の工数削減が可能であることを述べている。

以上のように、本論文は、数値解析手法および解析結果を利用することと残留応力制御型 TMCP 鋼板を活用することにより、実施工において鋼板の変形を予測可能とすることを示し、次世代の生産システムにおいて、提案する解析モデルや解析結果を生産システムに組み込むことにより、計算機による精度が高い仮想生産の試行の実現が期待される。また、本研究で示すように、複雑な現象とされてきた問題を計算可能とすることによって、熟練作業者の長年の経験やノウハウ、勘やイメージといった経験的知識である暗黙知を表出化し形式知化する可能性も期待できる。このように、本研究の波及効果は多岐に亘り、きわめて大きいものと評価できる。

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。