

産学共創基礎基盤研究プログラム 令和元年度事後評価結果

1. 研究課題名：オーステナイト鋼への単純強圧延によるヘテロナノ構造の付与と
超高強度化の実現

2. 研究代表者：三浦 博己（豊橋技術科学大学 機械工学系 教授）

3. 研究概要

研究代表者らは、単純強圧延プロセスによって鉄鋼材料の力学特性を飛躍的に向上させることを目標に、実験と理論計算による研究を実施した。具体的には、低積層欠陥エネルギー安定オーステナイト鋼と二相ステンレス鋼を対象に、90%を超える圧延加工と 500°C 周辺での時効熱処理を施すことにより、板厚 0.6mm で、引張強さ 2.7GPa、伸び 5%を達成した。得られた高い強度特性は、圧延中に形成される変形双晶とせん断帯からなる目玉状組織および時効に伴う溶質原子の偏析に起因すること、延性は双晶誘起塑性に起因することを明らかにした。さらに、高強度化に伴う耐水素脆化特性の劣化はほとんどなく、疲労特性および低温靱性にも優れる可能性を見出した。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果

種々の低積層欠陥エネルギー安定オーステナイトステンレス鋼およびフェライト/オーステナイト二相ステンレス鋼を対象に単純強圧延による強化を目指したが、1パス当たりの圧下率制約により圧下率を高めても引張強さ 2GPa 程度が限界との結論に至り、目標とする 3GPa を達成するため、時効熱処理の活用を試みた。その結果、強圧延に加えて 500°C 周辺で時効熱処理を施すことにより、板厚 0.6mm で、引張強さ 2.7GPa、伸び 5%を達成した。

強圧延による高強度化の機構については、組織解析と結晶塑性シミュレーションによる検討を進め、圧延中に形成する変形双晶とせん断帯からなる目玉状組織の体積率が主要な強化因子であると結論し、その形成過程を明らかにした。時効に伴う高強度化の機構については、アトムプローブ等による解析により、目玉状組織を囲むラメラ状素地の境界における溶質原子の偏析に起因する可能性を示した。さらに、Cu 合金も検討に加えて積層欠陥エネルギーを含む種々の要因の影響を横並びで評価し、上記ナノヘテロ組織を得るための条件を明らかにした。一方、超高強度でありながら延性が得られる機構については、SPRING-8 のその場解析によって変形中の積層欠陥と変形双晶の形成挙動を推定し、双晶誘起塑性が主要な要因であると結論した。

以上のように、実験、解析、理論計算の有機的な連携により、単純強圧延と時効による高強度高延性ステンレス鋼製造の指導原理を明らかにし、研究目標を達成した。さらに、実用化を視野に性能評価を進め、耐水素脆化特性および疲労特性にも優れることを確認し

ており、既に産業界と進めている共同研究によって今後実用化に繋がることが大いに期待される。

研究マネジメントの面では、研究代表者によるリーダーシップの下、共同研究者間の研究打合せを高い頻度で定期的を実施して材料創製、物理解析、数値解析の有機的な連携を図ったことが、上述の研究成果を得るに至った要因の一つとして評価できる。また、サイトビジット、産学共創の場の活用に加え、産業界との直接対話による試料作製等といった企業との連携を進めており、産学共創に対する研究代表者の熱意ある取組み姿勢と実行力は高く評価できる。さらに、知的財産権に関する研究代表者の強い問題意識の下に特許の出願を実施し、かつ多くの論文投稿を行ったことは、特筆すべき成果である。

4-2. 今後の研究に向けての期待

既に多くの企業と共同研究を実施していることから、耐水素脆化特性、疲労特性および低温変形特性等の至近の成果についても企業と共有して開発を進め、実用化に繋げることを期待する。

一方、単純強圧延によって当初予想した強度が得られず積層欠陥エネルギーの影響も見出せなかった要因として、1パス当たりの圧下率制約があげられている。また、時効による強化においては、単純圧延材に比べ伸び強度バランスが低下している。企業との共同研究においては、実用設備の高い圧延能力を活かし、単純強圧延でさらなる高強度高延性を得る可能性も追求していただきたい。その際、ステンレス鋼における積層欠陥エネルギーの影響を再評価し、Cu合金で得た指導原理を検証すると共に、さらなる高性能化の指針が得られることを期待する。

4-3. 総合評価

総合評価 A

汎用ステンレス鋼を対象に、単純な強圧延加工と時効熱処理を施すことにより、引張強さ 3GPa に近い超高強度と延性の両立を実現した。また、実験および解析と理論計算の有機的な連携により、高強度高延性を発現するヘテロナノ組織の構造と形成過程および延性の起源を明らかにし、種々の条件も網羅した新指導原理を提案した。得られた成果については、知的財産権の獲得と論文や学会等への発表を積極的に推進すると共に、産学共創の場や企業との交流を積極的に活用して、既に多くの企業との共同研究に発展させている。本技術テーマの趣旨に沿ったマネジメントによって目標を達成したことを高く評価すると共に、今後の実用化に期待する。

以上