

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14065 号
------	---------------

氏 名 YOON Sungmin

論 文 題 目

A Study on Improvement of Tensile and Fatigue Properties of Type 316 Austenitic Stainless Steel by High-Density Pulsed Electric Current
(高密度パルス電流によるタイプ316オーステナイト系ステンレス鋼の引張および疲労特性の改善に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	巨 陽
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	水野 幸治
委員	早稲田大学	理工学術院	教授	細井 厚志
委員	名古屋大学	工学研究科	講師	徳 悠葵

論文審査の結果の要旨

Yoon Sungmin君提出の論文「A Study on Improvement of Tensile and Fatigue Properties of Type 316

Austenitic Stainless Steel by High-Density Pulsed Electric Current」は、破壊力学の理論的考察に基づき、高密度パルス電流（high-density pulsed electric current, HDPEC）がタイプ316オーステナイトステンレス鋼の引張および疲労特性に及ぼす影響を系統的に評価し、HDPECによる材料の力学特性向上のメカニズムを明らかにしている。またHDPECによって発生する電子風力（electron wind force, EWF）による材料の微細組織の変化を調査し、その発生メカニズムを明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、研究の背景および目的を述べている。一般的なステンレス鋼およびタイプ316オーステナイトステンレス鋼の基本特性や、冶金学および強度学的な材料の問題点を記述している。また、HDPEC法や本研究関連の破壊力学理論式などを説明している。

第2章では、実験及びシミュレーションの方法を説明している。引張および疲労試験における各種のHDPEC印加条件を示している。また、材料微細組織の解析に用いる各種の解析手法を記述している。さらに、有限要素法についての具体的な解析方法を述べている。

第3章では、破壊力学と有限要素解析の組み合わせに基づき、引張破壊特性の改善効果を示している。HDPECの適用により、降伏応力および加工硬化指数など力学特性が改善され、き裂進展抵抗の向上を実現している。また、HDPECの作用によりき裂先端近傍における局所領域での破壊靱性を改善したことを明らかにした。

第4章では、温度上昇を抑制したHDPEC作用により材料の降伏応力および延性を同時に強化するメカニズムを明らかにした。材料の微細組織解析により、EWFによって双晶界面が大傾角粒界へ転換されることや、小傾角粒界において微小粒が生成されることにより、材料の降伏応力が向上されることを明らかにした。さらに、EWFによってCr₂₃C₆の分解および新たにデルタフェライト組織の生成が引き起こされ、材料の延性向上に貢献していることを明らかにした。

第5章では、HDPECによる材料の低サイクル疲労（low cycle fatigue, LCF）寿命の改善について論じている。疲労き裂伝播過程における複数のHDPECの適用は、LCF寿命を向上する最善なアプローチであることを示し、HDPECの印加回数および印加タイミングの制御は、LCF寿命の改善に重要な役割を果たすことを明らかにした。また、疲労破壊表面において延性向上を示すストライエーションの増加は、EWFによる転位消滅が原因であることを明らかにした。

第6章では、高精度な疲労き裂治癒を実現するための温度制御型HDPEC適用方式を提案している。き裂プロファイルに応じて最適なHDPEC条件を提示し、き裂の長さが長いほど高い電流密度が必要であることを示した。また、き裂閉口、ブリッジング、二次き裂治癒、およびすべり帯の修復が疲労き裂治癒に寄与していることを明らかにした。

第7章では、本研究によって得られた主な結論を要約している。

以上のように、本論文ではHDPECの適用により従来実現困難であった金属材料の強度と延性の同時向上を実現し、そのメカニズムを明らかにした。加えて、HDPECによる材料の低サイクル疲労寿命の向上を実現し、その適用手法を提案した。さらに、HDPECによる疲労き裂の治癒を実現し、そのメカニズムを明らかにした。これらの研究成果は構造材料の高強度、長寿命に貢献でき、学術的および産業的に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者であるYoon Sungmin君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。