



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Helium Effect on Irradiation Hardening and Anneal Hardening in Iron and its Alloys [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	陳, 思維
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11566号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57197
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Siwei_Chen_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 陳 思維

審査担当者 主 査 特任教授 大貫 惣明
 副 査 教 授 鶴飼 重治
 副 査 教 授 三浦 誠司
 副 査 准教授 橋本 直幸

学位論文題名

Helium Effect on Irradiation Hardening and Anneal Hardening in Iron and its Alloys

(鉄及びその合金における照射硬化及びアニール硬化に対するヘリウムの影響)

本論文は核融合炉構造材料で高エネルギー中性子の照射による格子欠陥の集積の結果生じる照射硬化に対する核変換 He の効果を明らかにしたものである。

第 1 章では、本研究の背景と目的を述べている。核融合炉構造材料の照射効果の特殊性は照射欠陥の導入に加えて多量の核変換 He が生じることであるが、照射硬化に対する He の寄与については明確な研究がなく、その必要性を述べている。その解決のため、著者は He 照射した Fe、F-82H および F82H-ODS に対して微細組織観察とナノ硬度測定から検討する目的を述べた。

第 2 章では、He 照射した Fe の照射硬化について述べている。Fe の照射硬化量は 3 - 4 GPa の範囲であり、He 濃度とともに増加し 1000appm 程度で飽和する。この照射硬化は 500 °C 以上に大きな回復ステージがあるが、300 °C で付加的な硬化ピークが現れること (照射アニール硬化) を初めて見出した。このアニール硬化は鉄基合金では 200 °C 付近で認められ炭素などの侵入型元素の照射欠陥の安定化によることが知られているものの、本研究の結果は、He の移動による転位の障害物の強化によること、300 °C という実用温度で生じることは非常に重要である。

第 3 章は、核融合炉構造材料の候補材料である F82H 照射硬化について述べている。その硬化量は 1 - 3 GPa と比較的小さく、He 量とともに増加した。また、照射アニール硬化は顕著には現れず、回復は 600 °C 以上である。これは F82H は熱処理により導入された多量の転位が He を安定に捕獲しているためと考察している。これは実用鋼の開発においても重要な事象である。

第 4 章は、最近注目されているナノ粒子の分散強化型合金の一つである F82H-ODS の照射硬化について述べている。その硬化量は 0.5 - 2 GPa と小さく、He 量とともに増加した。また、照射アニール硬化は明確には現れなかった。この理由は、ナノレベルの酸化物と中程度に導入された転位線に He が捕獲されているためとしている。これは新規材料の開発の動機を与える結果である。

第 5 章は、照射硬化およびアニール硬化が転位と障害物との相互作用の程度に依存することを前提とし、その相互作用を活性化体積から明らかにしている。本論文では、この活性化体積をナノ硬度測定の際のポップイン現象を定量的に測定・評価して求め、その有効性を示した。求めた活性化体積が減少することは He クラスターが転位運動の障害となり照射硬化をもたらすことを相互作

用の観点から証明した。この方法は照射硬化についての研究では初めての試みであり、独自性が高い。

第6章は、総合的考察と結論である。

これを要するに、著者は、核融合炉などに用いる Fe 基材料の機械的性質に及ぼす核変換 He の効果を検討し、He の寄与による照射硬化および照射アニール硬化現象を見出すとともに、ナノ硬度から活性化体積を評価する新しい方法を提案しその有用性を示した。これらの成果は、将来のエネルギーシステムの材料開発に道を開くものであり、材料工学の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。