

氏名(本籍)	せきどかおる 関戸薫子(長崎県)			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第6330号			
学位授与年月日	平成24年9月30日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	数理物質科学研究科			
学位論文題目	鉄鋼材料における局所力学挙動と格子欠陥の関係			
主査	筑波大学教授	工学博士	津崎兼彰	
副査	筑波大学教授	Ph.D	土谷浩一	
副査	筑波大学准教授	工学博士	金熙榮	
副査	東京工業大学准教授	博士(工学)	木村好里	

論文の内容の要旨

本研究では、微小領域の力学特性を測定できるナノインデンテーションを用いて、格子欠陥とその力学応答に着目している。特に、ナノインデンテーションから得られる荷重-変位曲線上に現れ、塑性変形の開始に相当する pop-in 現象に焦点を置き、格子欠陥が pop-in に与える影響を詳細に調べた。本博士論文は、8章から構成される。第1章「概要」においては、本論文の概要を述べ、各章の構成を示している。第2章「緒言」においては、本研究の背景と目的を述べ、これまでの研究に対する本研究の位置づけを明確にした。第3章「試料準備及びナノインデンテーション解析方法」においては、Fe系形状記憶合金、Dual Phase 鋼等の材料にナノインデンテーションを行い、試料準備と表面仕上げに関する注意点を考察した。さらに、ナノインデンテーション法の概要ならびにそれを用いた種々の特性評価法を紹介した。第4章「固溶炭素が低炭素鋼の塑性変形開始挙動に及ぼす影響」においては、低炭素鋼の塑性変形開始挙動に及ぼす要素として、固溶炭素に着目した。固溶炭素が pop-in に及ぼす効果について、転位の生成・増殖過程に関連づけて議論し、2重交差すべりに基づいたモデルを提案した。第5章「初期転位密度が低炭素鋼の塑性変形開始挙動に与える影響」においては、材料の初期転位密度が pop-in 挙動に及ぼす影響を調べた。第6章「低炭素鋼における塑性変形開始に及ぼす粒界及び固溶元素の影響」においては、粒界偏析が粒界における塑性変形の開始挙動に及ぼす影響を調査した。ナノ硬さと pop-in 挙動に着目して、粒界と固溶元素の影響を議論した。第7章「Fe-28Mn-6Si-5Cr 合金の形状記憶効果のナノインデンテーション及び原子間力顕微鏡解析」においては、ナノインデンテーション法の新たな展開として Fe-28Mn-6Si-5Cr 合金における変形モードとナノインデンテーション挙動の応答を報告した。ナノインデンテーションで得られる荷重-変位曲線を解析することで、支配的変形モードの応力誘起 ϵ -マルテンサイトから転位すべりへの遷移を検知することが可能であることを示した。第8章「総括」で本論文を総括し、将来の展望を述べた。

審査の結果の要旨

本論文は、サブミクロン領域の力学特性を評価できるナノインデンテーション法を用いて鉄合金の塑性変

形開始挙動を詳細に検討した学術論文である。特に、荷重制御の荷重－変位曲線に現れる塑性バースト (strain burst) 現象である pop-in に着目して、鉄合金中の転位すべり変形におよぼす固溶炭素、転位、粒界の影響について検討した。特に、pop-in 開始応力は理想強度に相当する応力レベルであること、pop-in での発生ひずみには多数の転位すべりが必要なことから、pop-in 現象は試料中の微小領域における完全結晶状態からの転位の発生と増殖に対応する現象であることを明確にした。さらに、固溶炭素によって pop-in 開始応力は増加すること、また pop-in 現象は熱活性化過程であることをも説明できるモデルとして、「転位ループの核生成・二重すべり・フランクリード源の形成」を独自に提案した。さらに、既存転位や粒界の存在によって pop-in 応力が低下することを明らかにして提案モデルの妥当性を強固にするとともに、塑性変形と格子欠陥の相互作用を解明するための新たな手法を提示した。また、変形モードが転位すべりから応力誘起マルテンサイト変態へと変化すると、pop-in における変位量が顕著に小さくなることを指摘した。さらに測定に大きな影響を与える試料の表面仕上げについても一章を設けて論じて技術的知見も示している。本研究は、微小領域の力学特性を測定できるナノインデンテーション法を鉄鋼材料というバルク材に適用して塑性変形の素過程と格子欠陥の関係を論じたもので学術的工学的価値の高い論文と判断される。

平成 24 年 8 月 31 日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。