T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Fe基二元系合金の繰り返し変形に伴う転位組織の形成と発達
Title(English)	
著者(和文)	首藤洋志
Author(English)	Hiroshi Shuto
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11280号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤居 俊之,竹山 雅夫,小林 覚,村石 信二,中田 伸生,吉永 直樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11280号, Conferred date:2019/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	要約
Type(English)	Outline

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

論 文 要 約

系・コース： Department of, Graduate major in	材料　　系 材料　　コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	首藤　洋志	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	藤居　俊之
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	吉永　直樹

これまで，繰り返し変形に伴う転位組織の形成と発達が疲労特性に影響することが示唆されていたが，明確な結論は得られておらず，また，転位組織の結晶学的な方位や形成機構も明らかでない．本論文は，BCC 構造を持つ Fe–3 mass%Si 合金多結晶および Fe–1 mass%Si 合金多結晶を用いて，繰り返し変形に伴って形成される転位組織を観察し，その形態と形成機構を明らかにしたものである．さらに，同一塑性ひずみ振幅の繰り返し変形において，形成される転位組織の形態が異なる Fe 基二元系合金の組成を探索し，それら合金の疲労特性を比較して，転位組織と疲労特性の関係を明らかにした．その概要は以下の通りである．

第 1 章「序論」では，自動車足回り部品用鋼板の疲労特性向上が求められていることを述べ，疲労特性と鋼板の強化機構に関する既往の研究を概観し，疲労特性と転位組織の関連が示唆されているものの，それが証明されていないこと，また，転位組織の形態や形成機構について統一見解が存在しないことを指摘し，本研究の目的と意義を述べている．

第 2 章「電子チャネリングコントラスト法による Fe–3 mass%Si 合金中の転位組織の観察」では, Fe–3 mass%Si 合金多結晶に対して定塑性ひずみ振幅の低サイクル疲労試験を室温で行い，形成された転位組織を走査電子顕微鏡の電子チャネリングコントラスト法で観察し，塑性ひずみ振幅の増加に伴って，Vein 組織，Vein-like 組織，Labyrinth 組織，変形帯中の Cell Band という順序で転位組織が形成・発達することを明らかにしている．また，本手法による観察結果では，Labyrinth 組織を構成する転位 Wall が Double Pseudo-Polygonization（DPP）モデルでも Li モデルでも説明できると述べている．さらに，変形帯およびその内部に発達する Cell Band の方位に関し，変形帯は主すべり面に平行であり，内部に発達した Cell Band は交差すべり面に垂直な面に沿って配列することを明らかにしている．

第 3 章「超高圧走査透過電子顕微鏡による Fe–3 mass%Si 合金中の転位組織形成過程の観察」では，Fe–3 mass%Si 合金単結晶に対し，全ひずみ振幅$\varepsilon_t = 1.0 \times 10^{-2}$での低サイクル疲労試験を室温で実施し，転位 Wall の形成過程を超高圧走査透過電子顕微鏡で観察し，繰り返し数 30 回で(110)Wall が形成され始めることを明らかにしている．また，(110)Wall の形成に寄与する活動すべり系は$(2\bar{1}\bar{1})[111]$および$(112)[\bar{1}\bar{1}1]$であることを見出し，(110)Wall は，活動する二種類の転位のバーガースベクトル，$\pm 1/2\,a[111]$および$\pm 1/2\,a[\bar{1}\bar{1}1]$の二等分面に相当すると述べている．さらに，本章での転位 Wall の観察結果の考察から，DPP モデルよりも Li モデルの方が転位 Wall の結晶学的方位を予測するのに合理的であることを導き，第 2 章の結果も含めて転位 Wall の方位を矛盾なく説明している．

第 4 章「超高圧走査透過電子顕微鏡による Fe–1 mass%Si 合金中に形成された転位 Wall の観察」では，より実用材料の組成に近い Fe–1 mass%Si 合金多結晶を用いて，全ひずみ振幅$\varepsilon_t = 5 \times 10^{-3}$での低サイクル疲労試験を室温で行い，発達した転位組織を超高圧電子顕微鏡で観察し，転位 Wall が 2 種類のバーガースベクトルの転位で構成されることを明らかにしている．また，転位 Wall は(110)Wall と(001)Wall からなる Labyrinth 組織であり，これらの転位 Wall は活動する二種類の転位のバーガースベクトルの二等分面に沿って形成されると述べている．これは第 2 章，第 3 章の結果と合致し，第 2 章および第 3 章で得た Fe–3 mass%Si 合金の知見が，より実用材料に近い Fe–1 mass%Si 合金にも適用可能であると結論している．

第 5 章「Fe 基二元系合金の疲労特性と転位組織の関係」では，Fe–0.5 mass%Si 合金多結晶と Fe–2

mass%Ni 合金多結晶および Fe–1.5 mass%Cu 合金多結晶を用いて，平面曲げ疲労試験と全ひずみ振幅 $\varepsilon_t = 3 \times 10^{-3}$ を一定とした低サイクル疲労試験を行い，Fe–0.5 mass%Si 合金と Fe–1.5 mass%Cu 合金の時間強度および疲労限は，同等の引張強さの Fe–2 mass%Ni 合金より高くなることを見出している．また，塑性ひずみ振幅が同等でも，Fe–0.5 mass%Si 合金および Fe–1.5 mass%Cu 合金では，Fe–2 mass%Ni 合金に比べ，繰り返し変形中に Cell 組織の形成が抑制されたことから，繰り返し変形中に Cell 組織の形成が抑制される合金で良好な疲労特性が得られると結論している．

第 6 章「結論」では，本論文で得られた結果を総括し，本研究で初めて明らかとなった Labyrinth 組織および変形帯内部に発達する Cell 組織の形態およびすべり変形の幾何学と関連した結晶学的特徴について述べ，それらを予測する手法について説明している．また，疲労特性と転位組織の関係から，疲労強度を高める合金設計の手法について述べている．さらに，この研究分野の未解決課題を指摘すると共に，今後期待される研究の発展性を具体的に提示している．