HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ODSフェライト鋼の高温変形機構に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	杉野, 義都
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11441号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55638
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yoshito_Sugino_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　杉野 義都

審査担当者　主　査　教　授　鵜飼 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

ODS フェライト鋼の高温変形機構に関する研究
(Study on the high temperature deformation mechanism of ODS Ferritic Steels)

フェライト鋼中にイットリア酸化物粒子を超微細分散させた酸化物分散強化型 (Oxide Dispersion Strengthened, ODS) フェライト鋼は、優れた高温強度と耐照射性を発揮するため、次世代高速炉燃料の被覆管候補材料として鋭意開発が進められている。ODS フェライト鋼被覆管はメカニカルアロイング粉末の熱間押出しと冷間圧延により製造されることから、最終製品は圧延方向に伸長した結晶粒組織を有している。そのため単軸方向に比較して内圧周方向の高温強度が大幅に低下するという著しい強度異方性が存在する。

本研究の目的は、ODS フェライト鋼において、結晶粒の配列方向によって高温強度に著しい相違が発生するメカニズムを解明することである。そこで、ODS フェライト鋼被覆管を模擬するため、棒材から切り出した板材に冷間圧延と再結晶熱処理を施して結晶粒を配向させ、これに平行、垂直、45 ° の 3 方向からの引張試験、クリープ試験を行い、高温変形に及ぼす結晶粒界の影響を評価した。

本論文は全 6 章から構成される。

第 1 章は序論であり、金属材料の高温で生じる変形機構についてまとめ、これまで行われてきた ODS フェライト鋼の高温変形・強度に関する研究をレビューし、この結果を踏まえて本研究の背景および目的を述べた。

第 2 章では、本研究で用いた ODS フェライト鋼の製造方法、冷間圧延加工と再結晶熱処理方法等の試料準備について説明した上で、高温引張試験結果に基づき、結晶粒の配向方向に対し平行方向、垂直方向、45 ° 方向から 10^{-1}〜$10^{-5} s^{-1}$ の歪速度で引張った場合の変形挙動を評価した。冷間圧延材では、平行方向と比較して垂直方向の強度は約半分で、伸びは 2 倍以上に増加した。再結晶材では、垂直方向の強度・伸びは平行方向のそれと同等であった。また 45 ° 方向の試験片の試料表面には、粒界に沿ってノコギリ状の serration が観察された。これら再結晶材の電子線後方散乱回析パターン (EBSD) 解析からカーネルアベレージミスオリエンテーション (KAM) 値を求め、平行方向、45 ° 方向の引張変形で導入された粒内歪を求め、これをトータル歪から差し引くことにより、粒界変形による歪を予測した (全体の歪=粒内歪 + 粒界変形による歪)。その結果、粒界変形の影響が大きいことが判明した。

第 3 章では、粒界変形の影響が現れ易い 10^{-9} s^{-1} までの低歪速度で高温クリープ試験を行ない、高温変形に及ぼす粒界の影響を評価した。平行方向の再結晶材では破断面にネッキングが認められ、変形は粒内変形支配であった。一方 45 ° 方向の再結晶材では、粒界が配向している 45 ° 方向

に破断しており、整合性の良い対応粒界でクラックが進展していることが確認された。

第 4 章では微細粒組織を有する冷間圧延材を対象に、変形応力の歪速度依存性を調査した。冷間圧延材の垂直方向では、ひずみ速度が大きくなるにつれ破断歪が増加し、$10^{-2}s^{-1}$ の条件では 90 パーセントの破断歪に達した。それらの試験片ではネッキングの無い均一変形が観察された。さらに内部組織を EBSD 解析した結果、KAM 値が変形前から減少しており、動的再結晶が生じていることを明らかにした。

第 5 章では、以上の実験結果に基づき、ODS フェライト鋼の高温変形機構を検討した。冷間圧延材と再結晶材の垂直方向では、800 ℃において応力指数が 9 以上であることから、変形の律速過程は粒界すべりでないことは明らかである。TEM により内部組織を詳細観察すると、結晶粒内には転位の pile-up やセル組織が認められたことから、800 ℃での変形は粒界近傍でのサブグレイン形成に伴う転位の上昇運動律速に支配されていることを示した。一方 900 ℃では、再結晶材の垂直方向において粒界すべり変形律速の応力指数 n=2 の変形領域が出現した。このような変形は、900 ℃の高温では材料自体の転位組織が回復する温度域に相当し、粒界すべりで導入された粒界三重点での応力集中が空孔移動に伴う拡散クリープで十分に応力緩和されたため生じたものと考えられる。このことから、900 ℃での変形は粒界すべりと拡散クリープが重畳して連続的に起こることにより生じたものと結論される。

第 6 章は、本論文の総括である。

これを要するに、著者は高速増殖炉燃料被覆管の有力候補材である ODS フェライト鋼を実用化する上で重要な高温変形機構に関わる新知見を得たものであり、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。