



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of γ/α Transformable FeCrAl Oxide Dispersion Strengthened Alloys by Cobalt and Nickel Addition [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	張, 聖華
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14227号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79769
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shenghua_Zhang_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 張 聖華

審査担当者 主 査 准教授 林 重成
 副 査 教 授 橋本 直幸
 副 査 教 授 三浦 誠司

学位論文題名

Development of γ/α Transformable FeCrAl Oxide Dispersion Strengthened Alloys by Cobalt and Nickel Addition

(コバルトやニッケル添加により γ/α 変態を可能とする酸化物分散強化 FeCrAl 合金の開発)

Y_2O_3 酸化物分散強化フェライト FeCrAl 合金 (FeCrAl-ODS 合金) は, メカニカルアロイングー焼結-熱間圧延・押し出し等の熱間加工を経て製造されるが, 熱間加工時に相変態が生じないことから, 強加工により形成した強い配向組織を再結晶熱処理で解消させることができず, 加工性に劣るとともに, 機械的特性にも強い異方性が生じることが問題である. この問題は, BCC(α 相) から FCC(γ 相) へと相変態可能な合金とすることで解消可能である.

本論文は, 熱処理時に γ/α 相変態を生じるフェライト系 FeCrAl-ODS 合金を開発することを目的として, オーステナイト相安定化元素として Co あるいは Ni を添加した合金の相変態挙動, 機械的特性および耐酸化性を研究したもので, 全 7 章から構成されている.

第一章「Introduction」では, 高温材料としての FeCrAl-ODS 合金の開発経緯とその特徴を紹介し, 現状の問題点を述べている. その上で, 相変態を生じる FeCrAl-ODS 合金の開発の必要性を説明して本研究の意義, 概要と目的を述べている.

第二章「Fundamental Aspects」では, 酸化物強化機構, 金属間化合物析出強化機構を解説し, さらに FeCrAl 合金の高温酸化機構についての先行研究を纏めるとともに, 本研究で用いた解析手法について述べている.

第三章「Characterization of FeCrAl-ODS Alloys by Cobalt Addition」では, Co 添加 FeCrAl 合金において相変態が生じる組成範囲を計算状態図から取得し, それら合金の相変態挙動を調査して, Fe-12Cr-3Al-(15, 25)Co と Fe-12Cr-5Al-25Co (in mass%) を提案している. これら合金の相変態温度は, 計算状態図から予想される温度よりも高くなること, その理由として, 分散析出させた酸化物が相変態時の γ/α 界面の移動を阻害する機構を提案している.

第四章「Oxidation Behavior of Co-added Alloys」では, 提案した合金の大気中, 800 ~ 1000 °C における高温酸化挙動を調査し, 800 °C では, いずれの合金でも耐酸化性に優れるが, 1000 °C では, 3Al 合金では Al は内部酸化して耐酸化性に劣ること, 5Al 合金は Al_2O_3 皮膜を形成し耐酸化性に優れるとともに, Co 添加に伴って酸化速度が低下することを明らかにしている. Co 添加合金の酸化速度の低下は Al_2O_3 皮膜の結晶粒径の増大により, 粒界拡散に支配される酸化物イオン拡散流束の低下が要因であることを示している. 結晶粒径増大の理由として, Co 添加による母相中の分散 Y_2O_3 量の増加に伴った母相中の固溶 Y 濃度の減少により, Al_2O_3 粒界の Y 偏析レベルが低下したことを要因とする機構を提案している.

第五章「Tensile Properties of Co-added FeCrAl ODS Alloy」では, Co 添加合金の時効挙動を調査し, 合金は B2-CoAl 相の微細析出により硬化することを明らかにしている. また, 最適時効条件 550 °C, 20 h にて時効した合金の室温, 300 °C および 500 °C における引張り特性を評価し, 引張り強度は, 酸化物分散および化合物析出強化の積み上げで説明されること, 500 °C では化合物析出強化が失われてしまうことを明らかにしている. 500 °C における化合物析出強化の消失に関しては, B2 相における (001) スリップの活性化を要因とする機構を提案している. 加えて, 相変態熱処理後の合金は, 等軸結晶粒から構成された組織を有しており, 機械的特性の異方性に改善が認められたことを述べている.

第六章「Development of FeCrAl-ODS Alloys by Nickel Addition」では, Ni を添加した合金の相変態挙動を検討し, Fe-11Cr-5Al-12Ni と Fe-11Cr-7Al-23Ni 合金を γ/α 相変態する合金として提案している. 候補合金の大気中における高温酸化挙動を検討し, 1000 °C においては, 5% 以上の Al を含有する合金すべてで Al_2O_3 皮膜が形成し耐酸化性に優れることを示している.

第七章「Conclusions」では, 本研究で得られた成果を総括している. これらを要するに, 著者は, Co あるいは Ni 添加により γ/α 相変態可能な機械的特性かつ耐酸化性に優れた FeCrAl-ODS 合金を提案しており, 工学的かつ学術的な進歩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あるものと認める.