

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	析出相の体積率を制御した Ni 基超合金における析出形態の評価
Title(English)	The evaluation of precipitation morphology in Ni-based superalloys with controlling volume fraction of phase
著者(和文)	久澤大夢
Author(English)	hiromu hisazawa
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10518号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:寺田 芳弘,尾中 晋,梶原 正憲,木村 好里,中田 伸生
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10518号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	材料物理学	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)
学生氏名： Student's Name	久澤 大夢		指導教員 (主)： Academic Advisor(main) 寺田 芳弘
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub) 尾中 晋

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

Ni 基超合金はその優れた耐酸化性や高温強度から、現代においても欠かすことのできない高温構造用材料のひとつである。特に航空機用エンジンや石炭火力発電プラントにおいては最も過酷な環境に暴露され、全体のパフォーマンスのボトルネックになっていることから、高温強度の更なる向上や強度予測モデルの確立が社会的に強く求められている。一方、その高温強度を担う  $\gamma$ 析出相について、様々な要因が関係することから高温強度に及ぼすその形態の影響は系統的に調査することが難しかった。そこで本論文では  $\gamma$ 析出相の形態を適切に制御する指針を得るために、析出形態に及ぼす格子ミスフィットおよび析出相体積率の影響を系統的に調査した。本論文は 6 章からなり以下のように総括される。

第 1 章「緒論」では、近年の先端超超臨界火力発電プラントにおける鍛造 Ni 基合金の需要を俯瞰し、特に高温長時間仕様における機械的性質の不安について述べた。その原因について現在考えられている候補を紹介し、そのひとつとして析出強化相の形態変化に着目した。その形態変化は機械的性質の劣化要因であるにもかかわらず系統的な調査は皆無であることを指摘し、本研究の意義を述べた。第 2 章「鍛造 Ni 基超合金 Inconel X-750 における  $\gamma$ 相の時効析出挙動」では、鍛造 Ni 基超合金 Inconel X-750 を、析出形態を調査するための供試合金として適性を提案し、その 973-1173 K における時効析出挙動を調査した。また、本合金の室温および高温における格子ミスフィットを測定した。その結果、本合金における析出挙動および形態変化挙動は「形状」「分散」「凝集」の 3 つの観点で整理できることを提案した。さらに、その形態変化挙動は時効温度の上昇に伴い加速するが、分散の観点の形態変化のみ最速の温度が生じることを見出した。第 3 章「 $\gamma$ 相体積率の低い合金における時効に伴う析出相形態の変化」では、前章で析出挙動を詳細に調査した鍛造 Ni 基超合金 Inconel X-750 を用いて、その形態変化を定量的に評価することで、形態変化開始時間や速度論的考察を行った。その結果として、本合金における形態変化は「立方体状化」「局在化」「形状崩壊」「凝集」の 4 つの形態変化現象において整理され、TTP 図上に示した。さらに、析出物の形状は時効温度や格子ミスフィットの大きさによらず析出物粒子径に強く依存することを見出した。第 4 章「析出相形態に及ぼす格子ミスフィットと体積率の影響」では、鍛造 Ni 基超合金 Inconel X-750 をベースとし、そこから [Ti]+[Al] 総量及びそれに対する Al の割合 (Al 分率) を変化させることで、 $\gamma$ 析出相の体積率と格子ミスフィットを制御した合金を用いて、析出相形態に及ぼす体積率と格子ミスフィットの影響を直接的に調査した。この解析には絶対モーメント不変量による方法を導入した。その結果、まず実験条件は本合金系において容易に達成することを確認した。全体の平均的な傾向として  $\gamma$ 相の形状はその体積率に依存せず、格子ミスフィットの増大に伴い立方体状化することを見出した。ただし、そのばらつきは高い格子ミスフィットと時効温度および体積率をすべて満たすとき増大し、またそれが局在化現象によるものであることを指摘した。さらに析出相体積率が高く、格子ミスフィットが低いときに析出相同士の「凝集」現象を発見し、これが高い格子ミスフィットにより抑制されることを見出した。これは析出相体積率が粒子間相互作用に強い影響を及ぼす証拠である。第 5 章「 $\gamma$ 相体積率の高い合金における時効に伴う析出相形態の変化」では、さらに  $\gamma$ 相体積率が高い系において析出形態に及ぼす粒子間相互作用の影響を検討するため、 $\gamma$ 相体積率の高い ABD シリーズの合金を用いて、その析出形態を詳細に調査した。この合金は Precipitation Burst 現象によってバイモーダルな組織を呈する。析出形態を調査した結果、本合金では析出形態に及ぼす格子ミスフィットの大きさによる差異は認められず、体積率の高い合金において特徴的な「周期的粗大化」現象が見られた。すなわち、高い体積率と格子ミスフィットを同時に有する合金では  $\gamma/\gamma$ 相界面が強く安定化されることを見出した。以上から体積率の高い合金においては、析出形態において重要な因子は格子ミスフィットから析出相体積率にシフトし、単一粒子径におけるその挙動は格子ミスフィット- $\gamma$ 相体積率空間上に整理できる可能性を見出した。

本論文で得られた結果は第 6 章「結論」にまとめている。また、この分野の研究の課題を指摘すると共に、今後の発展のための理論的および実験的研究の可能性を具体的に提示している。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。  
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	材料物理学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学)	Doctor of (Engineering)
学生氏名 : Student's Name	久澤 大夢		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	寺田 芳弘	
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	尾中 晋	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Ni-based superalloys are one of high temperature structural materials and have a possibility to improve performance of power application. However, various factors relate to the  $\gamma'$  precipitate, which is responsible for high temperature strength, make difficult to systematic investigation of its morphology. In this thesis, the influence of a lattice misfit and a volume fraction of  $\gamma'$  precipitates on its morphology were investigated.

This thesis consists of six chapters and summarized as follows. In chapter 1, the demands and issues for forged Ni-based alloys in recent years were overlooked. It is described that the importance of investigation on morphology of  $\gamma'$  precipitates. In chapter 2, a Ni-based superalloy Inconel X-750 was suggested as a base alloy and the lattice misfit of this alloy and morphological change behavior were revealed. In chapter 3, using the Inconel X-750 precipitation morphology was quantitatively evaluated in Inconel X-750 and schematically summarized on the TTP diagram. In chapter 4, the influence of the volume fraction and the lattice misfit on the morphology was examined using the model alloys whose compositions are varying the amount of [Ti] + [Al] and the Al fraction. The shape of the  $\gamma'$  precipitates tend to form cuboidal with increase of lattice misfit. It much deviated when high lattice misfit, volume fraction and aging temperature are satisfied due to the localization phenomenon. In chapter 5,  $\gamma'$  morphology in alloys with high volume fraction was examined to study the interactions among  $\gamma'$  precipitates. These alloys exhibit a bimodal distribution of precipitates size and a characteristic "cyclic coarsening" phenomenon. As the result, it is found that morphological evolution can be summarized on the space of the lattice misfit and  $\gamma'$  volume fraction.

The results obtained in this thesis were summarized in Chapter 6. Also the possibility of theoretical and experimental research for future work were presented.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).