

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	鍛造Ni基超合金における γ' 析出組織の定量的評価
Title(English)	
著者(和文)	山口義矢
Author(English)	Yoshiya Yamaguchi
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11453号, 授与年月日:2020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11453号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		山口 義矢	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	寺田 芳弘	准教授	審査員	中田 伸生	准教授	
	審査員	尾中 晋	教授				
		梶原 正憲	教授				
		木村 好里	教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「鍛造 Ni 基超合金における γ' 析出組織の定量的評価」と題し、6 章からなっている。

第 1 章「緒論」では、地球温暖化ガス低減に寄与する材料として注目されている γ - γ' 型鍛造 Ni 基超合金について概観し、火力発電プラントへの使用にあたり、高温長時間の組織安定性の向上を図ることが重要となることを述べた。また、鍛造 Ni 基超合金において、 γ' 析出相の組織安定性に関して体系的に俯瞰した研究がほとんど報告されていないことを示した。 γ' 析出粒子形態を支配する合金固有のパラメータである γ' 体積率および格子ミスフィットの観点から、鍛造 Ni 基超合金の γ' 析出粒子形態を系統的に評価することの意義を述べ、本論文の目的と概要を示した。

第 2 章「鍛造 Ni 基超合金 Udimet 720Li における析出相形態の定量的評価」では、 γ' 体積率が約 45%と高く格子ミスフィットが 0%に近い Udimet 720Li について、 γ' 析出組織に及ぼす溶体化熱処理後の冷却速度の影響を調査した。冷却速度の低下に伴い二次 γ' 粒子サイズは単調に増加する。冷却速度の大きい場合に二次 γ' 粒子形状は球状となるのに対し、冷却速度の低下に伴い、粒子形状は球状からオクトデンドライト状に移り変わる。各種冷却材について 1173 K の時効熱処理を施すと、球状の二次 γ' 粒子は形状を維持したまま粗大化するのに対し、オクトデンドライト状粒子の形状は粗大化の進行に伴い球状に近づくことを見出した。

第 3 章「鍛造 Ni 基超合金 Udimet 520 における等温時効熱処理中の微細組織変化」では、 γ' 体積率が約 31%であり正の格子ミスフィットを有する Udimet 520 について、溶体化熱処理後に種々の連続冷却を施した後、1173 K の時効熱処理中における時効硬化挙動および微細組織変化を調査した。水冷材、油冷材および空冷材では時効熱処理中に時効硬化挙動を示すのに対し、炉冷材では時効初期から硬さは減少し時効硬化挙動を示さない。水冷材では、時効熱処理初期において球状の二次 γ' 相が析出し、過時効段階において二次 γ' 粒子は球状から立方体状に移り変りながらオストワルド成長により粗大化する。これに対し、炉冷材では、冷却

時にオクトデンドライト状の二次 γ' 粒子と微細な球状三次 γ' 相粒子が析出し、時効熱処理中において、オクトデンドライト状の二次 γ' 粒子が分裂することを見出した。

第4章「鍛造 Ni 基超合金における γ' 析出粒子の形態変化」では、 γ' 体積率と格子ミスフィットを広い範囲で変化させた Udimet 720Li, Udimet 520, Alloy 80A および Inconel X-750 について、溶体化熱処理水冷後、1173 K にて最長 4000 時間の時効熱処理を行い、過時効段階における微細組織変化を調査した。いずれの合金においても、過時効段階において γ' 粒子の粗大化はオストワルド成長により進行する。 γ' 形態変化過程は、格子ミスフィットの値に依存して三つのタイプに分類できることを明らかにしている。格子ミスフィットが 0.02% の Udimet 720Li では、 γ' 析出粒子は過時効段階全域において球状を維持したまま粗大化する。格子ミスフィットが 0.10% の Udimet 520 では、過時効段階初期において、 γ' 粒子は立方体状となって配列し、粒子サイズの増加に伴い立方体状化および配列が進行する。格子ミスフィットが 0.30% 以上の Inconel X-750 および Alloy 80A では、過時効段階初期において γ' 粒子の立方体状化および配列が進行し、過時効段階後期において γ - γ' 界面の整合性が崩れると共に γ' 粒子は塊状となり凝集する。

第5章「鍛造 Ni 基超合金における γ' 析出粒子の分裂現象」では、Udimet 520 について、溶体化熱処理後の炉冷中において 973–1273 K にて強制水冷した試料について、1173 K の時効熱処理を行い、時効硬化挙動および微細組織変化を調査した。1273 K 強制水冷材では時効熱処理中に時効硬化挙動を示すのに対し、973 K 強制水冷材では時効硬化挙動を示さない。また、1273 K 強制水冷材では二次 γ' 粒子の分裂は生じないのに対し、973 K 強制水冷材では二次 γ' 粒子の分裂が生じることを見出した。二次 γ' 粒子の分裂は、三次 γ' 粒子の溶解に伴う二次 γ' 粒子の $\langle 111 \rangle$ 方向への優先成長、および、弾性エネルギーを駆動力とした界面移動の二つの条件が満たされることにより生じることを明らかにした。

第6章「結論」では、本論文の各章で得られた結果をまとめている。また、当該分野の課題を指摘すると共に、今後の発展につながる研究の展望を示した。

以上を要するに本論文は、 γ' 相を主要な析出強化相とした各種鍛造 Ni 基超合金について、溶体化熱処理後および時効熱処理後における γ' 相の析出形態変化過程を定量的に明らかにしているだけでなく、析出形態に及ぼす γ' 体積率および格子ミスフィットの影響を明確にして γ' 相の析出形態を制御する指針を示しており、工学上・工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。