

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	Fe-Ni-Cr-C 合金の ' マルテンサイトにおけるバリエーション結合則と幾何学的適合条件に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	高橋希
Author(English)	Nozomi Takahashi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第297号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:稲邑 朋也,中田 伸生,細田 秀樹,曾根 正人,尾中 晋
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第297号, Conferred date:2025/3/26, 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	高橋 希	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	稲邑 朋也	教授	曾根 正人	教授
	審査員	中田 伸生	教授		
		尾中 晋	教授		
細田 秀樹		教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Fe-Ni-Cr-C 合金の  $\alpha'$  マルテンサイトにおけるバリエント結合則と幾何学的適合条件に関する研究」と題し、和文で書かれ、全 6 章で構成されている。

第 1 章「序論」では、鉄鋼材料は現代社会において我々の生活基盤を支える重要な構造材料の一つであり、近年では省資源化や環境負荷低減の観点から、マルテンサイト変態組織をこれまで以上に高度に制御することによる高強度化および高靱性化が求められ、そのためにはバリエント結合則を明らかにすることが重要であると述べている。バリエント結合則の支配因子について既存の研究を概観し、バリエント間の幾何学的適合条件に注目することの妥当性および新規性を示した上で、バリエント間の幾何学的不適合性を統一的に評価できる解析解を導出し、ラスマルテンサイトおよびバタフライマルテンサイト組織における結合頻度と幾何学的適合条件との関係を明らかにすること、さらにレンズ状および薄板状マルテンサイトも含めて鉄合金における  $\alpha'$  マルテンサイトのバリエント結合則と幾何学的適合条件の関係を統一的に解明することの必要性を述べ、本研究の目的が示されている。

第 2 章「異なる晶癖面バリエント間の幾何学的適合条件」では、鉄合金  $\alpha'$  マルテンサイトの幾何学的不適合性について統一的な理解を得るために、マルテンサイトプレートの晶癖面が不変面であると仮定し、バリエントの変形勾配を  $\mathbf{U} = \mathbf{I} + g(\mathbf{d} \otimes \mathbf{p})$  の形式で表すことで、晶癖面バリエント間の幾何学的適合条件における剛体回転  $\mathbf{Q}$  (回転角  $\theta$ ) の解析解を導出している。

第 3 章「バタフライマルテンサイト組織におけるバリエント結合則と幾何学的適合条件」では、バタフライマルテンサイト組織の形成が多く報告されている Fe-18Ni-0.7Cr-0.5C 合金を用いて、変態初期および後期におけるバタフライマルテンサイト組織の結合頻度および結合状態を解析し、バタフライマルテンサイト組織の結合則と幾何学的適合条件の関係を明らかにしている。また、第 2 章で導出した解析解を用いた議論から、バタフライマルテンサイト組織に高頻度で出現する  $V1/2$  ペアの  $\theta$  が常におよそ  $0^\circ$  であること、またバタフライ結合である  $V1/16$  ペアの  $\theta$  が常に  $6^\circ$  以上であることを示している。

第 4 章「ラスマルテンサイト組織におけるバリエント結合則と幾何学的適合条件」では、室温以下でラスマルテンサイト組織を形成する Fe-22.8Ni-2.1Cr-0.18C 合金を用いて、変態初期および後期におけるラスマルテンサイト組織の結合頻度および結合状態を解析し、ラスマルテンサイト組織の結合則と幾何学的適合条件の関係を明らかにしている。また、第 2 章で導出し

た解析解を用いた議論から、 $V1/2$  ペアの  $\theta$  が常におよそ  $0^\circ$  であること、 $V1/4$  ペアの  $\theta$  がレンズ状・薄板状マルテンサイトよりも小さくなること、 $V1/16$  ペアの  $\theta$  が常に  $5^\circ$  以上であることを示している。

第5章「鉄合金 $\alpha'$ マルテンサイトの結合則全般に共通する普遍的な性質に関する考察」では、先行研究で報告されているレンズ状・薄板状マルテンサイトについて、第2章で導出した解析解を用いて新たな視点で考察している。さらに、第3章および第4章の結果と合わせることで、鉄合金 $\alpha'$ マルテンサイトのバリエーション結合則と幾何学的適合条件の関係を統一的に明らかにしている。鉄合金 $\alpha'$ マルテンサイトの4形態すべてにおいて、高頻度で発生するペアは $V1/16$  ペアと、 $V1/16$  ペア以外で $\theta$  が $4^\circ$ 未満のペアであることを述べている。また、形態変化に伴う結合則の変化の理由として、格子不変変形の変化に伴い不変面である晶癖面が遷移し、 $\theta$  が減少することで $V1/2$ ,  $V1/4$ ,  $V1/6$  ペアの結合頻度が増加することを示している。さらに、4形態すべてにおいてバタフライ結合は常に $4^\circ$ 以上であるにもかかわらず、変態初期において後期よりも高頻度で形成されることを明らかにしている。

第6章「結論」では、各章で得られた成果をまとめて、本論文の結論を述べている。

以上を要するに、本論文は、晶癖面バリエーション間の幾何学的不適合性を統一的に評価できる解析解を導出し、それを基に鉄合金 $\alpha'$ マルテンサイトのバリエーション結合則と幾何学的適合条件の関係を統一的に明らかにしたものであり、鉄鋼材料において重要な基地組織であるラスマルテンサイト組織に対する理解を格段に深化させている。これらは鉄鋼材料の高強度・高靱性化に向けた発展に大きく寄与する研究といえ、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。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東京科学大学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。