OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Numerical Simulation of α/γ Phase Fraction in Duplex Stainless Steel Welds
Author(s)	金, 東助
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/85384
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　金東助　）	
論文題名	Numerical Simulation of α/γ Phase Fraction in Duplex Stainless Steel Welds （二相ステンレス鋼におけるα/γ相比の数値シミュレーション）

論文内容の要旨

本研究では，二相ステンレス鋼のフェライト/オーステナイト相変態挙動を対象に，速度論的検討と熱伝導解析を連成させることで，多層盛溶接部におけるフェライト/オーステナイト相比の可視化予測を試みた．また，フェーズフィールド法に基づいた相比予測手法を構築し，予測に必要となる速度式と速度定数を数値シミュレーションから推定する方法を提案するとともに，本手法を用いて，組織改善溶接として「リヒートビード溶接法」を提案した．

第1章および第2章では，二相ステンレス鋼溶接部で生じる問題とそれに関する研究動向を整理し，本研究の背景をまとめるとともに，研究目的である二相ステンレス鋼溶接部における相比予測の必要性を論じた．

第3章では，二相ステンレス鋼母材および溶接金属に速度論的検討を実施することで実験的に得られた速度定数に基づいて，二相ステンレス鋼溶接部の相比分布が予測可能であることを確認した．得られた速度式および速度定数をもとに，多層盛溶接部を模擬した熱伝導解析により得られた温度履歴を組み合わせて，フェライト/オーステナイト相比分布を算出した．計算により得られた相比と実際の多層盛溶接部の相比は良好な相関関係にあり，速度論的検討と熱伝導解析を組み合わせることで，多層盛溶接部における相比が予測可能であることが示唆された．

第4章では，実験的に取得する必要がある速度式および速度定数を数値計算により推定するため，二相ステンレス鋼のフェイラト/オーステナイト相変態に対してフェーズフィールド法を用いた解析モデルを構築した．二相ステンレス鋼の相変態挙動をオーステナイトの固溶と析出の可逆変態と捉え，Fe-Cr-Ni三元合金を想定した一次元モデルから，オーステナイトの固溶・析出速度を計算するとともに，速度論的検討から得られた実験結果と比較した．計算された固溶・析出挙動は実現象と類似の特徴を示したことから，フェーズフィールド法を用いた解析モデルにより速度式および速度定数が導出可能であることを示唆した．

第5章では，フェーズフィールド法を用いて算出した速度定数に対して，実験により得られた速度定数を用いて補正する方法を提案した．その結果，鋼材組成が異なっても同一の補正方法により実験結果と同等の速度式を見積もることが可能となった．

第6章では，フェーズフィール法により得られた速度式および補正された速度定数を用いて，熱伝導解析により得られる温度履歴から多層盛溶接部のフェイラト/オーステナイト相比分布を予測した．予測結果は実溶接部の相比と良好な相関性を示し，かつ，実験的に取得した速度式による予測結果とも一致したことから，二相ステンレス鋼溶接部の相比変化を数値シミュレーションのみにより予測できることを示唆した．

第7章では，最終溶接部においてフェイラト/オーステナイト相比が崩壊する問題に対して，構築した予測シミュレーションを駆使して，相比を回復できる「リヒートビード溶接法」を提案するとともに，そのプロセス最適化を試みた．シミュレーションにより得られた最適条件の有用性を実溶接部において検証したところ，両者の相比がほぼ一致していたことから，本研究で提案・最適化したリヒートビード溶接法の有効性が証明された．

本研究を通して，速度論的検討と熱伝導解析を連成することにより二相ステンレス鋼多層盛溶接部の相変態挙動（相比）を可視化予測できた．また，これまで実験的アプローチからのみ導出が試みられてきた速度式を，フェーズフィールド法を用いて解析的に推定可能であることを立証し，溶接部における相比分布を数値解析のみで予測できることを示した．さらに，本手法を駆使して，組織改善溶接として「リヒートビード溶接法」を提案し，二相ステンレス鋼溶接部における相バランス崩壊も回復可能であることを，実験・理論の両面より定量的に明らかにした．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　　名　（金 東 助）			
	（職）		氏　　名
論文審査担当者	主 査	教授	才田 一幸
	副 査	教授	廣瀬 明夫
	副 査	教授	井上 裕滋

論文審査の結果の要旨

本研究では，二相ステンレス鋼のフェライト/オーステナイト相変態挙動を対象に，速度論的検討と熱伝導解析を連成させることで，多層盛溶接部におけるフェライト/オーステナイト相比の可視化予測を試みている．また，フェーズフィールド法に基づいた相比予測手法を構築し，予測に必要となる速度式と速度定数を数値シミュレーションから推定する方法を提案するとともに，本手法を用いて，組織改善溶接として「リヒートビード溶接法」を提案している．

第1章および第2章では，二相ステンレス鋼溶接部で生じる問題とそれに関する研究動向を整理し，本研究の背景をまとめるとともに，研究目的である二相ステンレス鋼溶接部における相比予測の必要性を説明している．

第3章では，二相ステンレス鋼母材および溶接金属に速度論的検討を実施することで実験的に得られた速度定数に基づいて，二相ステンレス鋼溶接部の相比分布が予測可能であることを確認している．得られた速度式および速度定数をもとに，多層盛溶接部を模擬した熱伝導解析により得られた温度履歴を組み合わせて，フェライト/オーステナイト相比分布を算出している．計算により得られた相比と実際の多層盛溶接部の相比は良好な相関関係にあり，速度論的検討と熱伝導解析を組み合わせることで，多層盛溶接部における相比が予測可能であることを示唆している．

第4章では，実験的に取得する必要がある速度式および速度定数を数値計算により推定するため，二相ステンレス鋼のフェイラト/オーステナイト相変態に対してフェーズフィールド法を用いた解析モデルを構築している．二相ステンレス鋼の相変態挙動をオーステナイトの固溶と析出の可逆変態と捉え，Fe-Cr-Ni三元合金を想定した一次元モデルから，オーステナイトの固溶・析出速度を計算するとともに，速度論的検討から得られた実験結果と比較されている．計算された固溶･析出挙動は実現象と類似の特徴を示したことから，フェーズフィールド法を用いた解析モデルにより速度式および速度定数が導出可能であることを示唆している．

第5章では，フェーズフィールド法を用いて算出した速度定数に対して，実験により得られた速度定数を用いて補正する方法を提案している．その結果，鋼材組成が異なっても同一の補正方法により実験結果と同等の速度式を見積もることを可能としている．

第6章では，フェーズフィール法により得られた速度式および補正された速度定数を用いて，熱伝導解析により得られる温度履歴から多層盛溶接部のフェイラト/オーステナイト相比分布を予測している．予測結果は実溶接部の相比と良好な相関性を示し，かつ，実験的に取得した速度式による予測結果とも一致していることから，二相ステンレス鋼溶接部の相比変化を数値シミュレーションのみにより予測できることを示唆している．

第7章では，最終溶接部においてフェイラト/オーステナイト相比が崩壊する問題に対して，構築した予測シミュレーションを駆使して，相比を回復できる「リヒートビード溶接法」を提案するとともに，そのプロセス最適化を試みている．シミュレーションにより得られた最適条件の有用性を実溶接部において検証し，両者の相比がほぼ一致することから，本研究で提案・最適化したリヒートビード溶接法の有効性を証明している．

本研究を通して，速度論的検討と熱伝導解析を連成することにより二相ステンレス鋼多層盛溶接部の相変態挙動（相比）を可視化予測できることを示唆している．また，これまで実験的アプローチからのみ導出が試みられてきた速度式を，フェーズフィールド法を用いて解析的に推定可能であることを立証し，溶接部における相比分布を数値解析のみで予測できることを明らかとしている．さらに，本手法を駆使して，組織改善溶接として「リヒートビード溶接法」を提案し，二相ステンレス鋼溶接部における相バランス崩壊も回復可能であることを，実験・理論の両面より定量的に明らかにしている．

よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める．