



|              |                                                                                                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 二相ステンレス鋼レーザ溶接部におけるオーステナイト相の析出挙動と継手特性に及ぼすその影響                                                                                                          |
| Author(s)    | 夏, 允幸                                                                                                                                                 |
| Citation     | 大阪大学, 2023, 博士論文                                                                                                                                      |
| Version Type |                                                                                                                                                       |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/92974">https://hdl.handle.net/11094/92974</a>                                                                   |
| rights       |                                                                                                                                                       |
| Note         | やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 氏 名 （ 夏 允 幸 ）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                              |
| 論文題名                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 二相ステンレス鋼レーザ溶接部におけるオーステナイト相の析出挙動と継手特性に及ぼすその影響 |
| <p>論文内容の要旨</p> <p>本研究では二相ステンレス鋼のレーザ溶接部を対象に，溶接継手の諸特性に影響を及ぼすオーステナイト相の析出挙動を明らかにするとともに，とくにレーザ溶接において著しく減少することとなるオーステナイト相の析出を促進させる適切な後熱処理方法を確立することを目的として，主に冶金学的な観点からの検討を行っている．オーステナイト相の析出挙動については，ミクロ組織観察，X線透過観察および数値解析に基づき，凝固過程から固相での相変態挙動まで詳細な挙動を明らかにしており，さらに，本鋼の溶接部において特徴的な組織であるウィドマンステッテンオーステナイトについても，組織観察と数値解析により，その形態を明確にしている．一方，継手特性については，機械的特性（引張特性）と耐食性に着目し，それらに及ぼすオーステナイト相の影響について，オーステナイト含有量の異なる溶接継手をレーザ後熱処理により作製し，それらに対して引張試験と耐食性について検討，考察している．本論文は，7章から構成されており，各章の内容は次のとおりである．</p> <p>第1章は，緒論であり，研究の背景を述べるとともに，関連した先行研究における問題点を指摘し，本研究の必要性ならびに目的について述べている．</p> <p>第2章は，二相ステンレス鋼溶接金属のミクロ組織と継手特性の劣化メカニズムおよび溶接部における相バランスの改善手法に関する研究の現状を把握するとともに，それらの問題点について論述しており，本研究の背景および着目点を明確にしている．</p> <p>第3章は，市販されている4種類の二相ステンレス鋼の溶接部における組織観察を行い，レーザ溶接特有の凝固組織を把握するとともに，凝固過程から合金元素の影響による相変態挙動を検討，考察している．その結果，急峻な冷却速度の影響を受けることにより，フェライト単相領域が大幅に増加し，後の固相変態過程におけるオーステナイト相の析出は窒素のみに依存することを明らかにしている．</p> <p>第4章は，溶接部におけるウィドマンステッテンオーステナイト組織に関する形成機構および析出条件を検討，考察している．さらに，ウィドマンステッテンオーステナイトのタイプの分類，ならびに隣接のフェライトマトリックスとの結晶方位関係を明らかにしている．</p> <p>第5章は，前章の検討結果に基づき，よりウィドマンステッテンオーステナイトの形態を明らかにすることを目的として，数値解析および立体組織観察手法で組織のモデリングを構築しており，ウィドマンステッテンオーステナイトの成長過程とそれに伴う窒素拡散および成長方向による影響について検討，考察を行っている．</p> <p>第6章は，二相ステンレス鋼レーザ溶接部の機械的特性および耐食性に及ぼすレーザ後熱処理の影響について実験的検証を行っている．レーザ後熱処理およびシールドガスに窒素を用いることによってオーステナイト相の析出が促進されることを明らかにするとともに，異なるオーステナイト相含有量の継手に対して機械的特性および耐食性の評価を行った結果，いずれの特性も改善されることを示している．</p> <p>第7章は，本研究で得られた結果を総括している．</p> |                                              |

論文審査の結果の要旨及び担当者

| 氏 名 （ 夏 允 幸 ） |     |     |       |
|---------------|-----|-----|-------|
| 論文審査担当者       | (職) |     |       |
|               | 氏 名 |     |       |
|               | 主 査 | 教 授 | 上西 啓介 |
|               | 副 査 | 教 授 | 中川 貴  |
|               | 副 査 | 教 授 | 芹澤 久  |

論文審査の結果の要旨

ステンレス鋼は強度だけでなく、耐食性や耐熱性にも優れるなどの特性を持つことから、様々な環境で幅広い用途に活用されている。とりわけオーステナイト相とフェライト相の両相から構成される二相ステンレス鋼は、靱性や耐孔食性、溶接性にもすぐれることから、化学プラント設備などに適用が進められている材料である。更に近年では、材料コストを低減するために、Ni などの合金元素量を低減したリーンステンレス鋼も開発され、実用化が加速されている。

二相ステンレス鋼の溶接については数多くの研究が存在し、特に溶接部および熱影響部におけるオーステナイト相の存在が溶接継手の諸特性に影響を及ぼすことが知られているが、リーンステンレス鋼については研究事例が少ない。

本研究では、リーンステンレス鋼の溶接性を調査することを目的に、レーザ溶接部における組織形成メカニズムを実験と数値解析の両面から考察し、また溶接部組織が機械的特性と耐食性に及ぼす影響についても調査を行った。

以下にその成果を要約する。

- (1) 汎用の二相ステンレス鋼、スーパーステンレス鋼およびリーンステンレス鋼の溶接部における組織観察を行った結果、いずれも溶接条件で冷却速度が速くなるほど、溶接部におけるオーステナイト相が減少し、フェライト単相領域が大幅に増加した。一方で、窒素濃度の高いリーンステンレス鋼においては、オーステナイト相量が最も多く、これは侵入型元素で拡散速度の速い窒素が粒界に濃化することにより、オーステナイトが形成しやすくなったと考えられる。
- (2) 二相ステンレス鋼の特性に影響を及ぼすウィドマンステッテンオーステナイト組織は、すべての二相ステンレス鋼において観察され、おもにフェライト相の粒界から粒内に向かって板状に成長することが確認された。またフェーズフィールド法による数値解析により、窒素の拡散にともなうウィドマンステッテンオーステナイトの成長過程を再現することができた。
- (3) レーザ後熱処理およびシールドガスに窒素を用いて溶接することにより、溶接部におけるオーステナイト相の析出が促進されることを見出し、それにともない機械的特性と耐食性が改善されることを明らかにした。

以上のように本論文は、研究事例の少ないリーンステンレス鋼の溶接性について、実験と数値解析の両面から考察を行った研究成果をまとめたものであり、しかも従来の二相ステンレス鋼と比較することにより、合金元素としての窒素の影響を論じた先進的な成果を多数含む論文である。本論文により、さらなる新しいリーンステンレス鋼の開発やその活用に対して、実践的な方向性を示唆するものであり、よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。