



Title	極低温用高マンガンオーステナイト鋼溶接部のミクロ組織制御技術と溶接継手設計指針の提案
Author(s)	植田, 圭治
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/82230
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

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 (植 田 圭 治)	
論文題名	極低温用高マンガンオーステナイト鋼溶接部のマイクロ組織制御技術と溶接継手設計指針の提案
論文内容の要旨	
本研究においては、液化天然ガス用の極低温タンクを対象として、高マンガンオーステナイト鋼を適用するために、鋼材から溶接部に必要とされる機械的特性や健全性を総合的に達成するマイクロ組織制御技術を確認することを目的とした。さらに、高マンガン鋼を利用して実際の極低温タンクを建造、運用することを想定した破壊安全性シナリオを構築したうえで、極低温での実構造模擬大型試験を実施し破壊安全性を立証した。 第1章では、本研究の背景と高マンガン鋼の母材および溶接部設計と高マンガン鋼製タンクの破壊安全性に関する従来技術の整理を行った。その結果に基づき、課題を整理し、本研究の目的を明確化した。 第2章では、液化天然ガス用極低温タンクを想定した高マンガン鋼母材の最適成分設計と鋼板製造条件の適正化を目標として、母材マイクロ組織と変形、破壊過程におけるマイクロ組織変化を解明することを目的とした。まず、0.5 %C-25 %Mn系高マンガン鋼を基準材として、MnおよびCr量を変化させた高マンガン鋼の熱間圧延材、および熱間圧延と熱処理条件を変化させたときの機械的特性変化を調査し、母材の目標特性を達成する最適条件を導出した。加えて、靱性支配因子調査のため、熱間圧延後の母材に加え、シャルピー衝撃試験後および引張途中段階における変形・破壊過程の微視組織を詳細に調査し、高マンガン鋼の靱性メカニズムを冶金学的アプローチで詳細に解析した。 第3章では、0.5%C-25%Mn-5%Crを含有する高マンガン鋼母材を対象に、マグ多層盛溶接継手および溶接熱影響部を模擬した再現熱サイクル試験を実施し、熱履歴ごとの詳細なマイクロ組織観察と極低温におけるシャルピー吸収エネルギーなどの機械的特性の評価、およびシャルピー衝撃試験による破壊過程の詳細観察を行い、高マンガン鋼溶接熱影響部靱性の冶金学的支配因子を解明した。さらには、溶接後熱処理を想定したときの再熱による炭化物生成と靱性の影響を解明するため、基礎的な時効熱処理試験を実施し、オーステナイト母相中の炭化物形成および隣接する母相の合金欠乏域の形成過程を詳細に観察し、極低温におけるオーステナイト安定性とシャルピー吸収エネルギーに及ぼす影響について解明した。 第4章では、母材と同等に高強度かつ極低温靱性に優れる溶接継手を確保可能な高マンガン鋼用溶接材料および溶接条件を確認することを目標として、高マンガン鋼溶接金属部の強度・靱性に及ぼす各種合金元素の影響について調査し、溶接金属部の目標特性を達成する最適条件を導出した。さらに、実際の多層盛溶接施工を想定して溶接条件を変化させたときの、溶接金属原質部および再熱部の機械的特性支配因子について冶金学的アプローチにより解明した。 第5章では、高マンガン鋼溶接割れ防止指針の導出と、高温割れ防止の観点から最適溶接金属設計提案を目標として、まず初めに、高マンガン鋼多層盛溶接部に発生する高温割れ発生形態の解明を試みた。次に、高マンガン鋼における凝固割れ感受性に及ぼす不純物元素、および合金設計に関わる各種添加元素の影響を実験的・理論的に検討した。これらの結果から、高マンガン鋼の溶接割れ防止の観点から最適成分系を導出した。 第6章では、高マンガン鋼を船舶用極低温タンクへの適用を想定し、破壊安全性評価のシナリオを構築した。最終的に、開発した高マンガン鋼板と溶接技術を利用して実構造を模擬した大型試験体を作製し、極低温での引張試験による高マンガン鋼製極低温タンクの破壊安全性の立証を試みた。 第7章では、本研究において確立した、高マンガン鋼の鋼材から溶接部の総合的なマイクロ組織制御指針と、これを最適に活用した溶接継手設計指針について総括した。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (植 田 圭 治)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	才田 一幸
	副 査	教授	井上 裕滋
	副 査	教授	大畑 充
	副 査	准教授	小椋 智

論文審査の結果の要旨

本研究では、近年急速に成長している低炭素社会に対応すべく、液化天然ガスなどの活用を目的として、貯蔵用の極低温タンクを対象としている。そこで本研究では、高マンガンオーステナイト鋼を低温用材料として適用する場合を想定して、母材ならびに溶接部の特性評価と組織の関係性が明らかにされ、極低温タンクの生産、運用のみならず安全性に対しても言及されている。

第 1 章では、本研究の背景と高マンガン鋼の母材および溶接部設計と高マンガン鋼製タンクの破壊安全性に関する従来技術の整理が行われ、高マンガンオーステナイト鋼の低温環境適用時に問題となる課題が整理されている。

第 2 章では、液化天然ガス用極低温タンクを想定した高マンガン鋼母材の最適成分設計と鋼板製造条件の適正化を目標として、母材ミクロ組織と変形、破壊過程におけるミクロ組織変化が解明されている。まず、0.5 %C-25 %Mn 系高マンガン鋼を基準材として、Mn および Cr 量を変化させた高マンガン鋼の熱間圧延材、および熱間圧延と熱処理条件を変化させたときの機械的特性変化について調査されており、母材の目標特性を達成する最適条件が提案されている。加えて、靱性支配因子調査のため、熱間圧延後の母材に加え、シャルピー衝撃試験後および引張途中段階における変形・破壊過程の微視組織を詳細に調査し、高マンガン鋼の靱性メカニズムを冶金的アプローチで詳細に解析されている。

第 3 章では、0.5%C-25%Mn-5%Cr を含有する高マンガン鋼母材を対象に、マグ多層盛溶接継手および溶接熱影響部を模擬した再現熱サイクル試験を実施し、熱履歴ごとの詳細なミクロ組織観察と極低温におけるシャルピー吸収エネルギーなどの機械的特性の評価、およびシャルピー衝撃試験による破壊過程の詳細観察を行い、高マンガン鋼溶接熱影響部靱性の冶金的支配因子が解明されている。さらには、溶接後熱処理を想定した場合の再熱による炭化物生成と靱性の影響を解明するため、基礎的な時効熱処理試験を実施している。オーステナイト母相中の炭化物形成および隣接する母相の合金欠乏域の形成過程を詳細に観察され、極低温におけるオーステナイト安定性とシャルピー吸収エネルギーに及ぼす影響について明らかにされている。

第 4 章では、母材と同等に高強度かつ極低温靱性に優れる溶接継手を確保可能な高マンガン鋼用溶接材料および溶接条件を確立することが目的とされている。高マンガン鋼溶接金属部の強度・靱性に及ぼす各種合金元素の影響について調査し、溶接金属部の目標特性を達成する最適条件について明らかにされている。さらに、実際の多層盛溶接施工を想定して溶接条件を変化させたときの、溶接金属原質部および再熱部の機械的特性支配因子について冶金的アプローチにより解明されている。

第 5 章では、高マンガン鋼溶接割れ防止指針の導出と、高温割れ防止の視点から最適溶接金属設計提案を目標として、まず初めに、高マンガン鋼多層盛溶接部に発生する高温割れ発生形態について解明されている。次に、高マンガン鋼における凝固割れ感受性に及ぼす不純物元素、および合金設計に関わる各種添加元素の影響を実験的・理論的な検討

が行われている。これらの結果から、高マンガン鋼の溶接割れ防止の観点から最適成分系が導き出されている。

第6章では、高マンガン鋼を船舶用極低温タンクへの適用を想定し、破壊安全性評価のシナリオが構築されている。最終的に、開発した高マンガン鋼板と溶接技術を利用して実構造を模擬した大型試験体を作製し、極低温での引張試験による高マンガン鋼製極低温タンクの破壊安全性が立証されている。

第7章では、本研究において得られた高マンガン鋼の鋼材から溶接部の総合的なマイクロ組織制御指針とその最適化のための溶接継手設計指針について総括されている。

以上のように、本論文では、高マンガンオーステナイト鋼を適用するために、鋼材から溶接部に必要とされる機械的特性や健全性を総合的に達成するマイクロ組織制御技術を確立することを目的とされている。一連の研究を通して、高マンガンオーステナイト鋼を利用した極低温タンクを建造、運用することを想定した破壊安全性シナリオが構築された上で、極低温での実構造模擬大型試験を実施し破壊安全性をも立証されている。低炭素社会に向けたエネルギー活用のために不可欠な貯蔵方法、特に安全性として最も問題となる貯蔵タンク用材料の活用から終局までを総合的に研究されており、次世代エネルギー活用が重要となる社会問題の解決に貢献するところが少なくない。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。