The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	チタニヤ系フラックス入りワイヤの全姿勢溶接性と溶接金属じん性に関する研究
Author(s)	細井, 宏一
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/67152
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（細井宏一）	
論文題名	チタニヤ系フラックス入りワイヤの全姿勢溶接性と溶接金属じん性に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、全姿勢溶接が可能で、良好な低温じん性を付与できるフラックス入りワイヤ(FCW)を開発するに至る研究内容をまとめたものである。

第１章では、本研究を行うに至った背景を踏まえ、全姿勢溶接が可能なチタニヤ系 FCW による溶接部の低温じん性を向上させることが目的であることを述べた。

第２章では、ガスシールドメタルアーク溶接(GMAW)の作業性に直結する溶滴移行現象に関連し、アーク放電によって形成された溶滴の表面張力を定量的に測定する方法を提案した。測定方法の妥当性について、常温の純水を用いて検証した後、アーク放電によって形成した純 Fe と純 Ni の溶滴の表面張力を測定し、従来の報告値との比較を行って測定値の妥当性を確認した。その上で、純鉄のソリッドワイヤの表面張力に関してシールドガス組成を変化させて測定し、酸素分圧が増加すると、純鉄の表面張力が低下することを示した。そして、シールドガス組成の差異によって溶滴の表面張力が変化し、溶滴移行形態とともに溶接時の作業性にも変化をもたらすことに関する考察を行った。

第３章では、チタニヤ系 FCW の立向上進姿勢での溶接性を、ソリッドワイヤと比較しながら、溶滴移行ならびに溶融池の状態を検討・考察した。チタニヤ系 FCW を用いた溶接においては、溶融池表面において溶融金属を覆う鋳型のような役割を果たす高融点スラグが生成され、このスラグ層によって、溶融金属の垂落ちが防止されることや、溶接時にワイヤ先端に形成されたフラックス柱に沿って溶融金属が溶融池へ移行することが、安定した溶滴移行を可能にしていることを示した。

第４章では、チタニヤ系 FCW 溶接金属中の高い酸素量は、Mg など酸素との親和力の高い元素を添加することにより、450ppm 程度までの低減が可能で、溶接した状態(AW)でのじん性改善に効果があることを示した。また、溶接金属母相中に固溶しきれない酸素は多量の酸化物系介在物を生成し、シャルピー衝撃試験時の亀裂の発生源となる場合もあることを破面観察から考察した。次に、合金元素や不純物元素の影響について検討し、γ生成元素の Mn と Ni を添加することにより、結晶粒が微細化してじん性向上が図られることを示した。さらに、不純物元素の Nb と V が、溶接金属の熱履歴の有無にかかわらずじん性を劣化させ、応力除去焼きなまし(SR)を受けた場合には、特に、著しいじん性劣化を引き起こすことを指摘した。

第５章では、酸素と Nb,V がミクロ組織に及ぼす影響について詳細に検討した。先ず、酸素については、溶接金属の高い酸素量によって生じた Si,Mn,Ti などの複合酸化物を主体とする球状の非金属介在物は、その大きさや分散量が、SR の前後でほとんど変化していないことを確認した。また、酸素量の低減が溶接後の凝固過程においてγ粒径を大きくすることにより、結果としてγ粒内に析出する微細なアシキュラーフェライトの体積率を増加させ、このことが低酸素化による低温じん性向上の主要なメカニズムになっているものと考えた。次に、母相中の Nb,V は、SR を受けて溶接金属中で微細な炭化物を生成して析出硬化を生じ、じん性劣化の原因になっていると考え、Nb,V 低減によって大幅なじん性改善が可能となることを示した。さらに、チタニヤ系 FCW 溶接金属の主要な介在物と析出物は、①複合酸化物から構成される球状の介在物(AW と SR の両方)、②粒界に析出する棒状のセメンタイト(SR のみ)、③粒内に析出する微細な Nb,V 炭化物(SR のみ)の三種であることを明示した。そして、SR での著しいじん性劣化は、粒内析出した Nb と V の微細炭化物が、母相の析出硬化を生じさせ、球状介在物の割れに起因する亀裂伝播を促進し、溶接金属の低温じん性を劣化させている可能性を示唆した。

第６章では、本研究で開発したチタニヤ系 FCW が有する良好な作業性と溶接金属の高い低温じん性を踏まえて、実用化された製品事例を示した。

第７章では、本研究の結論として、得られた主要な結果を記して内容を総括した。

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　細井　宏一　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	浅井　知
	副 査	教授	才田　一幸
	副 査	教授	田中　学

論文審査の結果の要旨

本論文は、溶接作業性と機械的特性に優れた溶接部を得るために、全姿勢溶接が可能で、良好な低温じん性を提供するフラックス入りワイヤ（FCW）を開発し、工業的に実用化した研究成果をまとめたものである。本論文は、以下の７章から構成されている。

第１章では、緒言として、フラック入りワイヤの発展経緯、フラックス入りワイヤの課題、および研究目的を述べている。

第２章では、ガスシールドアーク溶接の全姿勢溶接性の基本現象として、溶滴移行に着目し、溶滴の表面張力について検討している。溶滴の表面張力を定量的に測定する方法を提案し、シールドガス組成の差によって生じる表面張力の変化が溶滴移行形態に影響を及ぼし、溶接時の作業性に変化をもたらすことを示している。

第３章では、チタニア系 FCW の立向上進姿勢での溶接性をソリッドワイヤと比較し、高速ビデオを用いて、溶滴移行および溶融池現象から検討を行っている。チタニア系 FCW では、溶融池表面において、溶融金属を覆う鋳型のような役割を果たす高融点スラグが生成し、このスラグ層によって、溶融金属の垂落ちが防止されることや、溶接時にワイヤ先端に形成されたフラックス柱に沿って溶融金属が溶融池へ移行することで、安定した溶滴移行が可能となることを明らかにしている。

第４章では、チタニヤ系 FCW 溶接金属のじん性について、後熱処理の影響、酸素量低減、合金元素の添加、不純物元素の抑制の観点から検討している。酸素量低減の効果により、溶接した状態でのじん性が改善できることを示すともに、γ生成元素である Mn,Ni を添加することにより、酸素量の高いチタニヤ系 FCW の溶接金属に対しても有効であることを明らかにしている。さらに、チタニヤ系 FCW に適用する酸化チタン原料であるルチル鉱石粉に由来する不純物元素の Nb と V が、溶接金属の熱履歴の如何にかかわらずじん性を劣化させ、後熱処理にて、著しいじん性劣化を引き起こすことを示している。

第５章では、チタニヤ系 FCW 溶接金属において、酸素量の低減と不純物の Nb,V の抑制によりじん性が改善することをミクロ組織、介在物、析出物の挙動から検討している。酸素量低減は、γ粒径を大きくし、結晶粒微細化が図れることや Nb,V は、後熱処理にて微細な炭化物を生成して析出硬化を生じ、じん性劣化の原因となっていることを示している。

第６章では、前章までの全姿勢溶接性と溶接金属のじん性改善結果をもとに、工業製品としての特性を付与する製品設計を実施し、低温用鋼用チタニア系 FCW を開発したことを示している。そして、施工能率が高く、優れた低温じん性を具備する溶接ワイヤとして、海洋構造物や LPG 船や貯蔵タンクなど広く実用化されたことを示している。

第７章は、結言であり、以上の研究で得られた結果について総括している。

以上のように、本論文は、チタニア系 FCW 溶接金属の全姿勢溶接性ならびに低温じん性向上のメカニズムを明らかにし、相反する特性をともに有する溶接作業性と機械的特性に優れたフラックス入りワイヤ（FCW）の提供を可能にしたものであり、海洋構造物やエネルギー機器などの溶接に広く寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。