

摩擦攪拌プロセスを用いた AA-TIG 溶接継手の機械的特性の向上

三浦 拓也
福井大学

1 はじめに

アドバンスド・アクティブ・ティグ (AA-TIG) 溶接とは、ティグ溶接のシールドガスに微量の酸素ガスを添加することで、ティグ溶接の課題の1つである溶込みが浅いという問題を改善する手法である。これまでにオーステナイト系ステンレス鋼¹⁾、二相系ステンレス鋼および9Ni鋼²⁾などを用いた研究により溶込み深さの向上が実証されている。通常は多パスの溶接が必要な中～厚板の溶接にAA-TIG溶接を用いることができれば、溶接施工工数や溶接材料を大幅に削減することが可能となる。AA-TIG溶接による溶込み改善の主なメカニズムは、図1に示すように、溶融池に酸素が溶解することで表面張力の温度依存性が変化し、通常は外向きとなる溶融池表面のマランゴニ対流が内向き変わることでであるとされている¹⁾。しかし、鋼種によっては溶接金属に酸素が混入することでじん性などの機械的特性が大幅に低下することが知られており、AA-TIG溶接を種々の鋼種に適用するには、溶接部の機械的特性を確保する方策が必要となる。

ところで、溶接継手において溶融池表面や止端部に摩擦攪拌プロセス (FSP) による表面改質を施すと、組織が微細化され、継手の疲労特性やじん性が大幅に向上す

ることが報告されている³⁾。AA-TIG溶接継手においても、FSPを施すことで機械的特性を改善することが可能であると期待されるが、溶接金属に酸素が混入している場合にFSPを施すことが溶接継手の機械的特性に与える影響については明らかとされていない。

本研究では、すでにAA-TIG溶接による溶込み向上が明らかとなっている9Ni鋼に対してFSPを用いた表面改質を施し、じん性などの機械的特性への影響を明らかにし、深溶込みと機械的特性を両立することを目標とした。

2 研究方法

供試材料には外形寸法が100mmW×120mmL×12mmtの9Ni鋼 (SL9N) を用い、シールドガスはアルゴンガスとし、ビードオンプレートでティグ溶接を実施した。この時、アルゴンシールドガスに体積割合で0.0～0.6%の酸素ガスを添加することでAA-TIG溶接を実施した。溶接電流および溶接速度はそれぞれ200A、2.0mm/sとした。試験片表面の酸化物除去を目的として、平面研削盤にて溶接部表面から0.25mm研削した後、溶接部に対して超合金製のツールを用いてFSPを行った。ツール回転速度および接合速度はそれぞれ

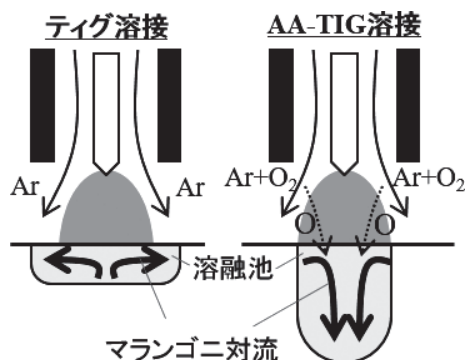


図1 AA-TIG溶接法の模式図

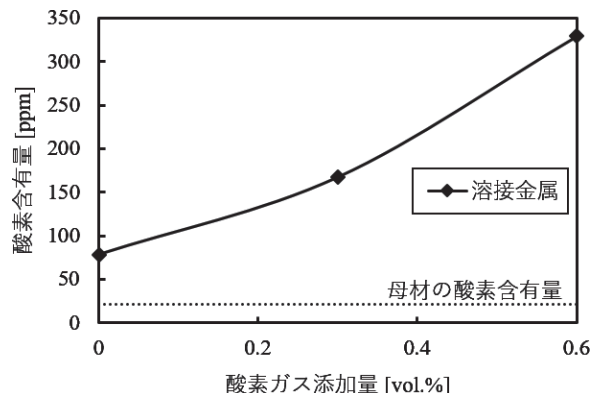


図2 溶接金属の酸素含有量

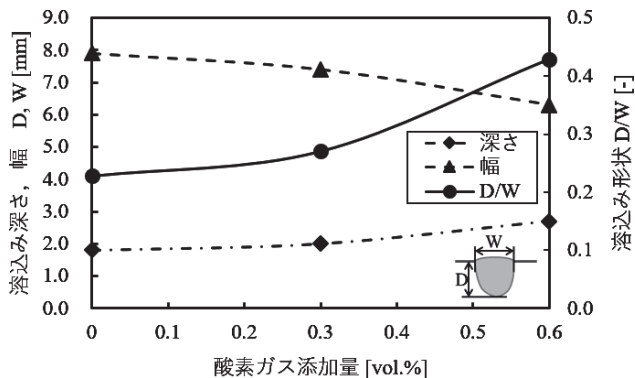


図3 酸素添加量による溶込み形状の変化

200rpm, 150mm/minとし、ツール押込み荷重は2,500kgで一定とした。母材およびFSP前後の溶接部中央の表面付近から、1.0mm×1.0mm×20mmの微小シャルピー試験片を作製し、室温で衝撃試験を行いじん性の変化を評価した。

3 主な研究成果

図2にシールドガスへの酸素ガス添加量と溶接金属中の酸素含有量の関係を示す。図2より、酸素ガスの添加量が増加するにしたがって溶接金属中の酸素含有量が増加していることが見て取れる。図3に酸素ガス添加量と溶接部断面の溶込み形状の関係を示す。図3より、シールドガスへの酸素ガス添加量が増加するにしたがい、溶込み深さは増加する一方、溶込み幅は減少しており、結果として溶込み深さと溶込み幅の比 (D/W) が大きな、深い溶込み形状となっていることが分かる。以上の結果より、シールドガスに酸素ガスを微量添加することで、溶込みの改善の効果が得られる一方で溶接金属中の酸素含有量が増加することが確かめられた。

図4に母材および溶接部それぞれのFSP前後の微小衝撃試験によって得た吸収エネルギー⁴⁾を示す。酸素ガス添加量が0.0%、すなわち通常のティグ溶接では吸収エネルギーの低下は見られないが、0.6%の酸素ガスを添加したAA-TIG溶接の場合、じん性が大きく低下している。一方、FSPを施した場合、母材およびいずれの溶接部においても吸収エネルギーが上昇している。とくに、0.6%の酸素ガスを添加した場合には、ティグ溶接によって低下した吸収エネルギーが母材とほぼ同等まで上昇している。すなわち、AA-TIG溶接によって溶接金属のじん性は低下するが、FSPを施すことにより破断の起点となりやすい表面付近のじん性を母材と同等レベルにまで回復させることが可能であることが明らかとなった。

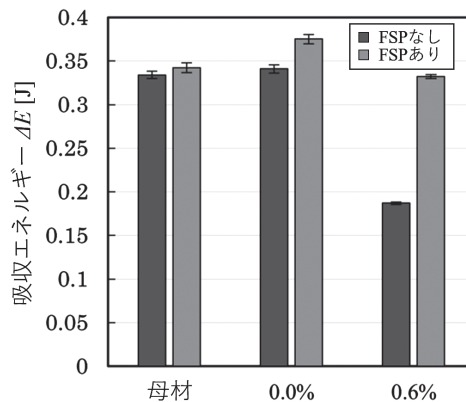


図4 微小衝撃試験の結果⁴⁾

4 おわりに

今回、9Ni鋼に対して、アルゴンシールドガスに酸素ガスを添加するAA-TIG溶接を実施したところ、酸素ガス添加量の増加にともない溶込み深さの向上が見られた一方、従来から知られている通り溶接金属の酸素含有量増加にともない溶接部のじん性が大きく低下した。しかし、FSPによる表面改質プロセスを組み合わせることで溶接部のじん性を母材レベルにまで回復させることが可能であり、AA-TIG溶接とFSPの組み合わせが深溶込みと機械的特性の両立に有効な手法であることが明らかとなった。このFSPによるじん性の向上は組織の微細化によるものと考えられ、FSPの加工条件を最適化することで、より大きな効果が得られると期待される。また、溶接金属中の酸素含有量の増加にともなって溶接金属の微細組織形成挙動が変化することが報告されており²⁾、FSP改質部の微細組織も酸素含有量の影響を受けて変化していると考えられる。今後、FSPの加工条件および酸素ガス添加量が微細組織に与える影響を詳細に検討していくことで、種々の鋼種において、深い溶込み形状と母材と同等あるいはそれ以上の機械的特性を併せ持つティグ溶接継手を作製することが可能となることが期待される。

参考文献

- 1) H. Fujii, T. Sato, S. Lu, K. Nogi, Mater. Sci. and Eng. A 495 (2008) pp. 296-303.
- 2) Y. Zou, R. Ueji, H. Fujii, Mater. Sci. and Eng. A 620 (2015) pp. 140-148.
- 3) K. Ito, T. Okuda, R. Ueji, H. Fujii, C. Shiga, Materials & Design 61 (2014) pp. 275-280.
- 4) T. Tokuda, M. Mori, Y. Aoki, H. Fujii, Y. Morisada, T. Miura, Preprints of the National Meeting of JWS, 2017s (2017) pp. 186-187.