



ミニ特集 ● 5

高度溶接技術

溶接現象解析 (物性)

Physical Property Measurement of Liquid Metal

大阪大学 接合科学研究所
所長 (教授)

同上 助手

野城 清 Kiyoshi Nogi

松本大平 Taihei Matsumoto

同左 助教授 藤井英俊 Hidetoshi Fujii

1 はじめに

アーク溶接をはじめとする溶融溶接において溶融池の形状は溶接部の特性に大きく影響する。したがって、溶融池形状の予測・制御は健全な溶接部を得るために必要不可欠である。溶融池の形状は溶接金属の表面張力、熱伝導率、粘性、密度等の物性値に依存しており、溶融池形状の予測・制御のためにはこれら物性値を精密に測定する必要がある。

溶融金属の物性値測定は高温での測定であるのみならず、物性値によっては微量の不純物の影響が大きいために正確な測定は非常に困難であり、報告される値に大きな相違が見られる。また、シミュレーションに必要な物性値は理想的な条件で測定された真の値ではなく、溶接環境における値である。したがって、本プロジェクトではアーク溶接時に必要な物性値の一部についてはプラズマの影響を受けることが予想されるため、プラズマ環境下での物性測定も視野に入れる必要がある。

本研究ではNEDOプロジェクト“溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発”において必要とされる溶融金属の表面張力、密度、熱伝導率、粘性の測定を行った。

溶融金属の表面張力、特にその温度係数は溶融地の溶け込

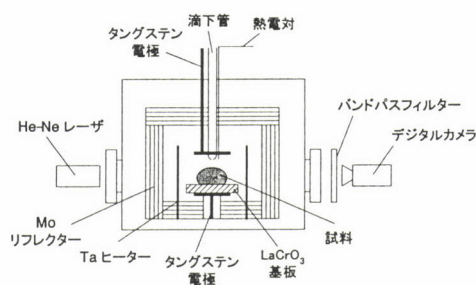
み深さに大きく影響することは以前から知られている¹⁾が、プラズマ環境下の表面張力に関する正確な測定は行われていない。ここでは紙面の制約もあり、本プロジェクトで測定した種々の物性値の内、溶融金属の表面張力の測定結果について述べる。

他の物性値に関しても興味深い結果が得られており、その詳細については以前の報告を参照されたい²⁻⁵⁾。

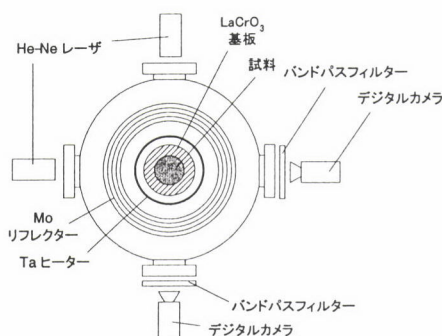
2 測定

プラズマ環境下における溶融SUS304 ステンレス鋼の表面張力およびその温度依存性におよぼすSの影響を図1に示すような高温炉を用い、静適法によって測定した。測定条件を表1にまとめる。

一般に報告されている静適法による測定に対し、本測定の特筆すべき点は①プラズマ環境下での測定であること、②測定精度向上のため直行する2方向から液滴形状が観察可能なこと、③液滴の輪郭を高精度で撮影するために液滴後方からHe-Neレーザーを照射し、バンドパスフィルターを用いることによって液滴の自発光による影響を除去したことが挙げられる。また、導入するArガスには、ゼオライトとMgを



(a) 側面図



(b) 上面図

図1 装置図

使用して脱水、脱酸素処理を施しており、測定終了後の試料中の酸素濃度が40ppm以下の場合のみ、測定結果をデータとして採用している。表面張力は表面状態のわずかな変化に敏感な物性であり、仮にプラズマが表面張力に影響を及ぼす場合、プラズマの量が少量でも十分に表面張力に影響を及ぼすことが予測される。そこで、本研究では、プラズマ発生法として温度に対する影響が少ないグロー放電を用いた。プラズマの発生は実際の溶接現象を模擬できるように液滴を保持する基板に導電性セラミックスを使用し、Ar 低圧プラズマを発生させた。

3 結果および考察

溶融SUS304 ステンレス鋼の表面張力におよぼすプラズマの影響を図2に示す。図から明らかなように、1550℃、1700℃のいずれの温度においても、プラズマ発生の前後において表面張力は変化せず、プラズマの存在は溶融ステンレス鋼の表面張力に影響しない。プラズマは固体材料の表面改質の手段として用いられ、多くの成果が報告されている。しかし、本研究では溶融ステンレス側が正極、負極、いずれの場合においても表面張力に変化は観察されなかった。また、実験後のSの減少量はプラズマの有無にかかわらず、ほぼ等しく、本実験条件ではプラズマは溶融SUS304 ステンレス鋼の表面構造に影響しなかったものと考えられる。

図3に溶融SUS304 ステンレス鋼の表面張力におよぼす温度およびSの影響を示す。溶融ステンレス鋼の表面張力は温度が高いほど、またステンレス鋼中のS濃度が高いほど、低い値を示す。また、その温度係数はS濃度が低い場合には負

の値を示し、S濃度が30ppm付近では表面張力は温度に依存せず、それ以上のS濃度では正の温度係数を示す。溶融金属中のSは表面活性元素として作用することは多くの純金属について報告されており⁶⁾、本研究のような合金系に対して同様の働きをする。

溶融金属の表面張力の温度係数は溶接時の溶融池対流に影響し、溶け込み深さを深くするためには正の温度係数をとる必要がある¹⁾。本研究結果からアーク溶接時に深溶け込みを得るためにはステンレス鋼中に最低でも50ppm以上のSを含有させる必要がある。

4 まとめ

プラズマの存在は溶融ステンレス鋼の表面張力には影響せず、アーク溶接のシミュレーションの際に必要なとされる表面張力の値はプラズマ環境下で測定する必要はなく、通常の雰囲気得られた値を使用できることが明らかとなった。

参考文献

- 1) S.Kou and D.K.Sun： Fluid Flow and Weld Penetration in Stationary Arc Welds, 16A (1985), 203.
- 2) 新エネルギー・産業技術総合開発研究機構平成12年度成果報告書, 溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発, 230.
- 3) 新エネルギー・産業技術総合開発研究機構平成13年度成果報告書, 溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発, 307.
- 4) 新エネルギー・産業技術総合開発研究機構平成14年度成果報告書, 溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発, 341.
- 5) 新エネルギー・産業技術総合開発研究機構平成15年度成果報告書, 溶接技術の高度化による高効率・高信頼性溶接技術の開発, 407.
- 6) たとえば, K. Nogi and K. Ogino： Can. Met. Q., 22 (1983), 19.

(2004年11月15日受付)

表1 測定条件

金属試料	SUS304ステンレス鋼
測定温度	1550℃～1800℃
測定雰囲気	Ar (1tor)
基板	LaCrO ₃
S量	10ppm～250ppm
プラズマ電流	75mA

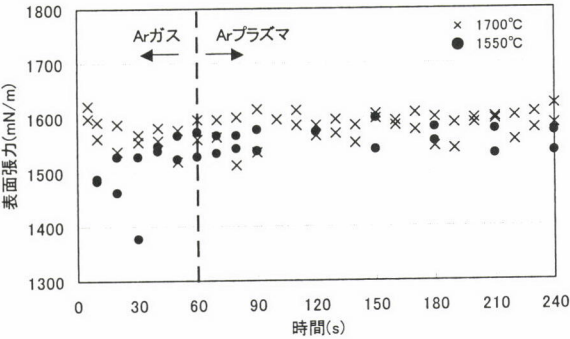


図2 溶融SUS304 ステンレス鋼 (110ppmS) の表面張力におよぼすプラズマの影響

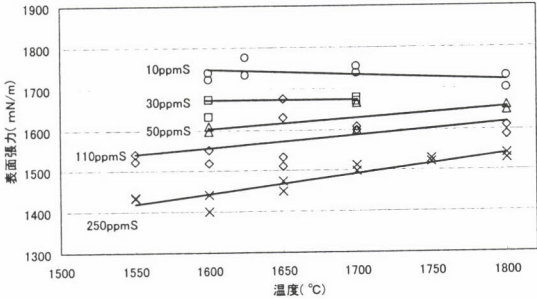


図3 溶融SUS304 ステンレス鋼の表面張力におよぼすS含有量および温度の影響