

大阪大学溶接工学研究所

牛尾 誠夫

田中 学

大阪大学大学院

○阪上 匠

## Temperature Measurements of GTA Plasma by Laser Scattering Method

by Masao USHIO, Manabu TANAKA and Takumi SAKAUE

## 1. はじめに

アークプラズマは、溶接、切断、溶射に限らず高温の熱源として様々な分野で応用されている。しかし、このプラズマの温度場や密度場、電場などの物理的パラメータは未だ明確にされておらず、特に陰極や陽極などの電極領域における物理状態はほとんど解っていない。そこで本研究では、レーザ散乱法<sup>1)</sup>を用いてGTAプラズマを計測し、アーク柱領域の温度場を求め、さらに陽極領域の物理状態を推察したので、その結果について報告する。

## 2. 実験装置および実験方法

Fig.1 に本研究で用いた実験装置の概略図を示す。計測用レーザとしてNd:YAGレーザの第2高調波(532 nm, 出力約0.4 W)を選定した。レーザビームのスポット径は約100  $\mu\text{m}$   $\phi$ であり、このスポット部での散乱光をレーザビームに対して直角方向から光ファイバー(直径50  $\mu\text{m}$ )を通して検出した。陰極は3.2 mm  $\phi$ のタングステン電極、陽極は50 mm  $\phi$ の水冷却銅板である。作動ガスとしてアルゴンを選定し、大気圧中でGTAプラズマを発生させた。プラズマの温度は、室温(約300 K)でのレーザ散乱光強度 $I_{300}$ 、プラズマでのレーザ散乱光(レーラー散乱光またはトムソン散乱光)強度 $I$ としたとき、任意の計測位置において $I/I_{300}$ で標準化することにより評価した(Fig.2)。8000 K以下ではアルゴン原子によるレーラー散乱が支配的であり、一方、8000 K以上では電子によるトムソン散乱が支配的であるため、この手法は幅広い温度範囲が予想されるアークプラズマの計測に適していると考えられる。なお、陽極領域については、レーザ散乱計測以外にプローブ計測法を用いて電子温度および空間電位も求めた。

## 3. 実験結果および考察

Fig.3 に電流50 Aおよび電流150 Aの等温線図を示す。共に陰極近傍のアーク中心軸で最高温度(50 Aの場合で約13000 K, 150 Aの場合で約16000 K)を示し、アーク

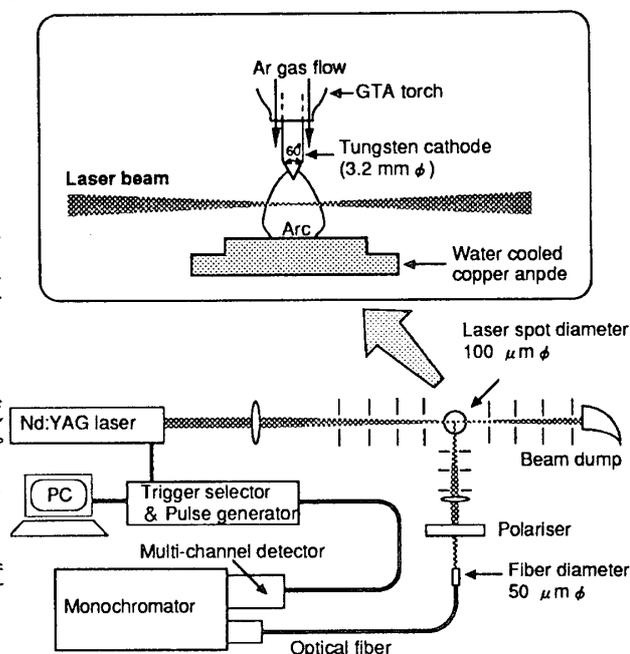


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus.

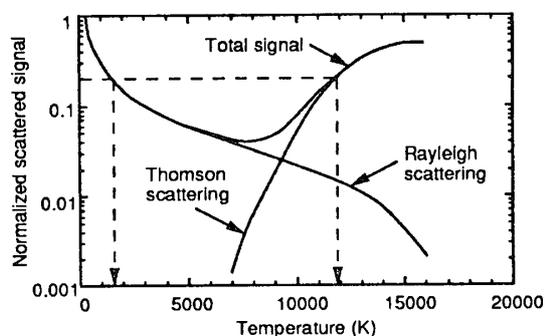


Fig.2 Calculated temperature dependence of the intensity of the scattered signals from an atmospheric-pressure argon plasma in LTE.

クの外周方向、あるいは陽極方向に向かって温度が低下している。Fig.4 に電流 50 A および150 A の場合の陽極領域におけるアーク中心軸上アルゴン原子温度分布と電子温度分布を示す。なお、アルゴン原子温度はレーザ散乱計測から得られ、電子温度はプローブ計測から得られたものである。50 A の場合、アルゴンの原子温度が陽極に近づくにつれて低下しているのに対し、電子温度は陽極前面で急激に上昇しており、原子温度と電子温度が大きく食い違っている。これは50 A の陽極領域が非平衡状態であることを示唆している。一方、150 A の場合、陽極の極近傍まで原子温度と電子温度がほぼ一致しており、LTE に近い状態が保持されていることが示される。Fig.5 にこれらの場合のアーク中心軸上空間電位分布を示す。50 A の場合、陽極（電位 =0 V）から遠ざかるにつれて電位が低下しており、いわゆる正の陽極降下を示している。一方、150 A の場合、陽極からの距離による電位の変化は見られないが、プラズマの電位が陽極電位よりも高くなっており、いわゆる負の陽極降下を示している。したがって、GTAプラズマの陽極領域では、アーク電流が低い場合は非平衡状態にあり、正の陽極降下電圧によって加速された電子の衝突電離が生じることで放電が維持され、一方、アーク電流が高い場合は陽極近傍までLTE に近い状態が保たれており、熱電離によって放電が維持されていると推察される。

以上、本研究の実験範囲では、陽極近傍のガスの温度がアーク・陽極境界層の形態を決定し、そのガスの温度はアークの電流値（電流密度）によって決定されていると結論できる。

参考文献

- 1) A B Murphy and A J D Farmer 1992 J.Phys. D: Appl. Phys. 25 634-643.

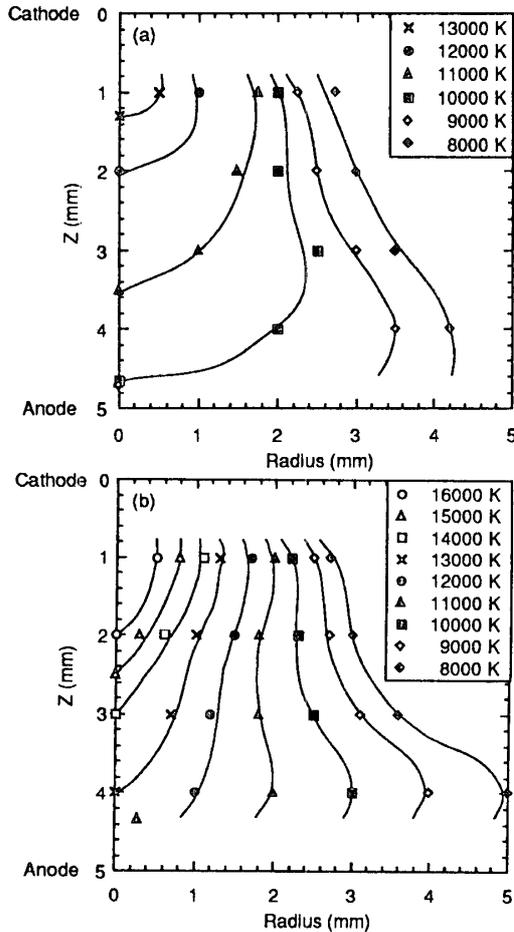


Fig.3 Temperature profiles (a): 50 A arc (b): 150 A arc. Fig.5 Space potential distribution in front of anode.

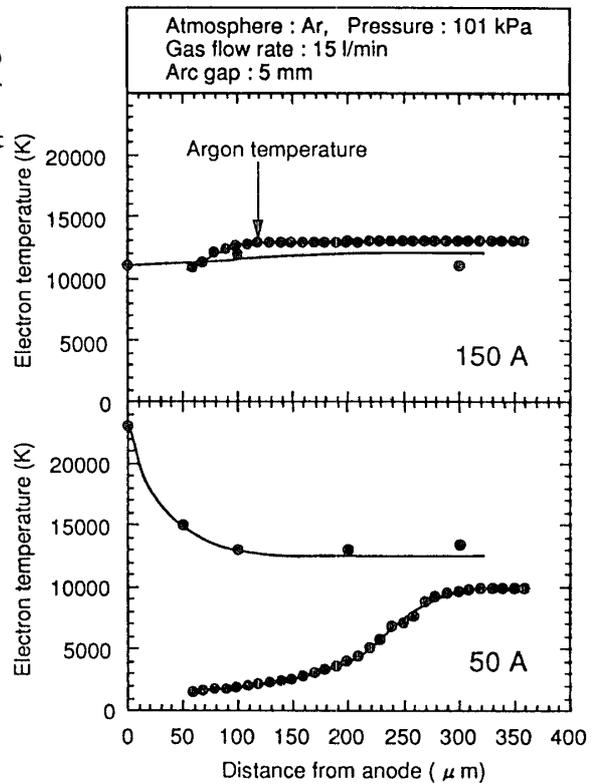


Fig.4 Temperature distribution in front of anode.

