

低圧下でのアーク現象

(四国センター 海洋資源環境研究部門 水中加工自動化技術開発研究G)
松田純、小川洋司

1. はじめに

ガスタングステンアーク(GTA)溶接の自動化を計るに際して、始動時のアークの安定化と電極の異常消耗の防止は重要な要素となっている。また、アーク電流値、アーク発生時間、アーク発生の繰り返し回数、電極の種類、シールドガスの種類、雰囲気圧力などの物理的な使用条件による電極の消耗度合いを知っておくことも重要である。ここでは、電子やイオンの平均自由行程が長く、各因子の相互作用が比較的小さい、低圧力のアルゴン雰囲気中でアーク発生中の現象を観察した。

2. 実験方法

主に直径が3.2mmの2%ThO₂(トリア)入りタングステン電極(以下Th-Wと記す)を使用した。電極専用研磨機(砥石の粒度#170)を用いて、先端角度を40度に揃えた。アーク放電後の表面の状況を観察する場合には、さらにバフ研磨を行った。実験には小型の真空チャンバーを用い、電極を対向して配置し、アルゴンガス雰囲気です定の圧力に設定しておき、コンデンサに充電しながら電圧を増加させて、絶縁破壊によるアーク放電を発生させた。電圧、電流の計測と共に高速度ビデオによりこの間の現象を記録し、現象の解析を行った。図1に実験回路を示す。

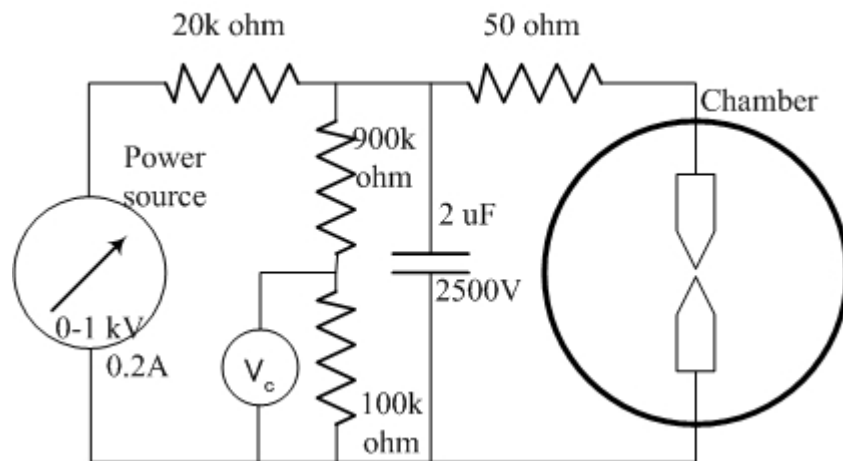


図1 実験回路

3. 実験結果

所定の充電速度でコンデンサに充電させてアーク放電を発生させており、電極種類と先端形状及び雰囲気圧力により放電開始電圧は異なる。コンデンサに蓄えられた電荷が放電により減少すると放電は停止する。充電は連続的に行われており、電圧の上昇によりアークは再

点火する。初回の放電により電極温度が上昇していること、雰囲気ガス中のガス温度の上昇により励起或いは電離している成分が増加していることから、放電電圧は低下する。例えば、雰囲気圧力 10hPa、電極間距離 0.3mm の場合には、最初の放電開始電圧は 740-810V 程度であるのに対して、2 回目以降の放電開始電圧は 220-280V であった。放電は 50 オームの制限抵抗を介して行っており、初回の放電時ピーク電流は 32-52A であるのに対して、2 回目以降は 8-13A であった。さらに、放電回数が増加するほど、再放電にいたる時間間隔が増加した。これは、アークの放電時間の増加によるのではなく、アークが消滅している時間、すなわち充電に要する時間が長くなっていることによる。

アーク放電の開始は、電界強度の最も高い電極先端部で生じることが期待されるが、実際の放電は、電極の側面部で生じる場合が多く観察された。電極表面はバフ研磨により平滑に磨かれているため、初回の放電開始は電極先端部で観察される場合もある程度存在した。しかし、この場合においても放電開始とともに極点(アーク放電の生じている狭い領域)は側面部に瞬間的に移動することが多く観察された。さらに、2 回目以降の放電は、多くの場合側面部から開始された。電子顕微鏡による観察では、放電により電極表面の組織が変化し、放電により微細な凹凸の増加や、トリアの含有量の変動が認められた。これらの物理化学的な変化により、側面での絶縁破壊が容易になったものと考えられる。

タングステン電極へのトリアの含有量を変化させて、電極中のトリアの濃度が放電開始電圧と過渡電流に与える影響を調べた結果、トリアの添加により放電開始電圧が低下する傾向と過渡電流のピーク値が増加する傾向が観察された。放電開始電圧は純タングステンの場合の 5-7 割程度の電圧まで低下しているが、トリア含有量の違いによる放電開始電圧の変化はばらつきが大きく、定量的な評価は困難であった。

50 オームの制限抵抗を介して放電を発生させており、アーク放電の過渡電流のピーク値はこの制限抵抗と放電開始電圧に支配される。雰囲気ガス圧力を 0.1MPa から 200hPa の範囲で実験した結果からは、過渡電流のピーク値は 20A から 60A の範囲でばらつき、雰囲気ガス圧力と過渡電流のピーク値との間には明瞭な相関関係は認められなかった。また、トリアの含有量との間にも明瞭な相関関係は認められなかった。

雰囲気圧力が低くなるほど、電極先端部から離れた位置で放電を開始する度合いが増加し、はなはだしい場合には、50mm 程度はなれた電極を保持している銅の部分で放電を開始する場合も見受けられた。真空中の溶接の問題点として、タングステン電極を保持する銅製コレットが溶融して損傷することがある。今回の実験により、絶縁破壊そのものが対向電極からかなり離れた銅の部分で生じていることが確認された。これらのことから、絶縁破壊は局所的な電界強度と電極表面の局所的な性質に大きく影響されることが理解できた。

4. まとめ

ガスタングステンアーク(GTA)溶接の自動化を目的として、アーク放電開始時の電極表面でのアーク放電の挙動を、低圧力のアルゴン雰囲気中でアーク発生中の現象を高速度ビデオを用いて観察した。放電開始(絶縁破壊)電圧は、タングステン電極にトリアが含まれている場合明瞭に低下する。しかし、トリア含有量との間には明瞭な相関は確認できなかった。多くの場合、電極側面部で絶縁破壊を生じており、この部分の局所的な性質が絶縁破壊に大きく影響されると思われる。