

＝ティグ溶接に関する「アークの物理」(7)・・・タングステン電極の適用と開発における歩み＝

ここ最近、TIG 溶接関係で訪問したお客様のなかに次のような事例がありました。

ひとつは、排気系部品のステンレス製品に TIG 溶接を適用している部品メーカーさんの例ですが、TIG アークの安定性を保証するために、予め設定した溶接品個数毎にタングステン電極を、動作ロボットと同一装置内で自動研磨にかける、するとそれらの装置内にタングステンの研磨粉が飛散し大変不都合が生じていました。

他の一つは、薄肉スチール製パイプの表面にアルミ薄肉材を DCSP (直流・正極性) で高速 TIG 溶接する工程があり、順調な場合は決められた時間、電極を取替えずに済むが、一旦不調になると何回も取り換ええざるを得なくなる。要因は为什么呢？などの質問を受けました。

これらのタングステン電極とその周りにおけるコンプレインは、電極の動作の安定性および耐久性に係るもので、TIG 溶接法を採用する際の重要課題です。

ここでティグ溶接の歩みのなかで、タングステン電極への取り組みがどのようになされたかについて振り返ってみます。

参考とさせて頂く資料は、溶接学会誌の年度毎に掲載された「日本における溶接の展望」にある「ティグ溶接」欄より、筆者の判断で抜粋した電極関連資料で、本話後掲の表 220-01 に一覧としました。

期間は 1982 年～2001 年としましたが、概ね電極への見直し、検討は、溶接学会論文集の「ガス・タングステン・アーク電極の研究(1)」^{*)}に記されているように、1983 (昭和 58) 年末より新しいタングステン電極の開発準備を始め、1985, 86 (昭和 60, 61) 年度の文部省科学研究補助金を得て、種々の酸化物を添加したタングステン電極を試作し、その特性を調査・検討するとともに、さらに優れた性能をもつ新しい電極の開発を目的として研究が進められた。

その後の経過として 1987 年には新タングステン電極の全般的な解説がなされ、1988 年には論文集に研究発表がなされ、1990 年の JIS 規格改定につながっている。

筆者としてタングステン電極について当時を振り返っても、トリタンが放射性物質に関し規制を受ける模様だとの漠然とした情報を得ていたのみで、トリタンが電極性能として課題があるなどと理解できていませんでした。

上記論文によれば、新しいタングステン電極の開発準備の背景、目的として次のように記されている。

① 従来、このタングステン電極としては、酸化トリウム (トリア ; ThO₂) を数%含有させたタングステンが広く用いられてきた。

これは、タングステンにトリアを添加することによって、電極からの熱電子放出特性を良好にし、アーク放電電極としての性能の向上を図ったものである。

② しかしながら、近年、ロボット溶接に代表されるような溶接の自動化や、高度に精密な溶接の要求が高まるにつれて、トリヤ入りタングステン電極の性能－とくに、安定性や耐消耗性－では不十分になりつ

つあり、より優れた性能を有する電極の開発が期待されている。

- ③ また、トリウム (Th) は放射性物質であり、その取扱いは法的規制を受ける。その管理の煩わしさのため、国内のトリア入りタングステン電極の生産は次第に積極性を失いつつある。

これらの論文*1)、*2) の中で示されたタングステン電極への見方・考え方を以下に参考として紹介させていただきます。なお、論文の中で示されたいくつかの実施例については次話以降で引用、掲載します。

1) タングステン電極への要求性能

- 1) 点弧容易にして確実なこと。陰極点の這い上がり現象などが生じないこと。
- 2) 動作中の熔融変形や消耗などによるアーク特性の変化を生じないこと。
- 3) アークの安定性や制御性に優れていること。
- 4) 取り扱いの容易なこと。

2) 要求性能を達成するための基礎的な考え方

- (1) 基本的にはタングステンのような高沸点金属をもちい、
- (2) それに、仕事関数の低く、
- (3) しかも、酸化されることによって、その性質を大きくは変化させない物質を添加して、実効的な仕事関数の低下が期待されるようにする方法。

3) 制約条件として考慮すべき事項

- (1) アークの多数回起動性の劣化は全ての電極で多少とも生じ、抑制することは困難。
- (2) 電極先端の表面部およびその近傍から、酸化物が消失する。→アーク起動性の劣化
- (3) 酸化性ガス中における著しい消耗とそれに伴うRIM形成によるアーク力低下と安定性劣化

なお、2000 年以降もタングステン電極への追求が深くなされ、文献*3)によれば「・・・波長可変のレーザ照射による光電効果を利用し、ティグアークにおける陰極作動中タングステン電極の実効仕事関数の in-situ (その場) 測定を行い、仕事関数の低い電子エミッターが電極からの熱電子放出機構の主体となる」などの見解が示され、タングステン電極の寿命を予測しよう、という挑戦が始まっている。

次話では、溶接学会論文集に見るタングステン電極の特性比較試験 (その 1) として、文献より実例を引用し、タングステン電極への深い理解を目的に、紹介させていただきます。

本文以上。

*****参考文献*****

*1) 溶接学会論文集 Vol.6 No.2 1988 5月号 p 3-8

ーガス・タングステン・アーク電極の研究(1)ー松田福久, 牛尾誠夫, 熊谷達也 大阪大学

*2) 溶接学会論文集 Vol.6 No.2 1988 5月号 p 9-13

ーガス・タングステン・アーク電極の研究(2)ー松田福久, 牛尾誠夫, 熊谷達也, アルペールザク 大阪大学

*3) 溶接学会誌 ; Vol.87 No.8 2018 12月号 p 13-17

レビュー&トレンド 溶接アーク物理 ー 田中 学 大阪大学

表220-01 溶接学会誌；日本における溶接の展望「ティグ溶接」にみるタングステン電極関連の記事抜粋
(1982年度～2001年度)

年度	タングステン電極に関する研究・開発報告および動向の概要
1982	特になし
1983	① 穴明き電極
1984	① ティグアーク発生試験；電極表面状態の影響 ② タングステン電極；トリヤ露出腐食処理法
1985	① タングステン電極の研究；トリヤに優る新電極の開発
1986	① タングステン電極の開発研究→WG設置；実用面からランタナ入りなど諸性能報告 ② 電極形状のアーク圧力；詳細な実験報告
1987	① 電極に着目した研究報告多数 ▪ 傘状トリムの形成機構 ▪ トリヤなど酸化物のスタート性への露出状態の影響 ▪ 添加酸化物形状の放電時間に依る変化 ▪ 動作温度と電極仕事関数 ② 新タングステン電極の全般的な解説
1988	① アーク物理・アーク放電現象・理論的解析/実験的アプローチ ▪ 電極；ランタンなど ▪ トリヤ・傘状トリムの形成はガス中の微量O ₂ ▪ ランタンなどの酸化物の放電中における挙動 ② アルミ溶接・矩形波交流ティグ；ランタナ入りタングステン電極がベスト ③ すみ肉；ランタナ or セリウムが優れる 参考文献 溶接学会論文集 Vol.6 No.2 1988 5月号 p 3-8 ランタン、イットリウム、セリウム入り各タングステン電極によるアーク特性の比較研究 ーガス・タングステン・アーク電極の研究(1)ー 松田福久 大阪大学 牛尾誠夫 大阪大学 熊谷達也 大阪大学 溶接学会論文集 Vol.6 No.2 1988 5月号 p 9-13 酸化物入りタングステン電極の消耗変形、RIM形成について ーガス・タングステン・アーク電極の研究(2)ー 松田福久 大阪大学 牛尾誠夫 大阪大学 熊谷達也 大阪大学、アルベールサデク 大阪大学
1989	① アーク放電現象の基礎的な追求継続； ▪ La ₂ O ₃ -Wは動作温度&仕事関数が低く安定
1990	① ティグ溶接用電極の評価； ▪ 直流が主、矩形波交流ティグも検討さる ② JIS規格「ティグ溶接用タングステン電極棒」；JIS Z 3233-1990として改正される。
1991	① タングステン電極；電極の温度分布 ▪ 電極種により先端部温度分布異なる ▪ 分布の違いにより消耗形態異なる ▪ 電極先端角大→先端部温度低い
1992	① タングステン電極の消耗特性 ▪ 大電流域の耐久性→W結晶粒形態の影響 ▪ 2%Ce-W電極適用時、不安定現象発生
1993	特になし
1994	① アーク放電用の電極に関して；高周波プラズマ中で焼結の炭化物新電極材料の電極特性&LaB ₆ 入りW電極の消耗特性
1995	① 陰極現象；アーク放電用電極消耗特性が系統的に検討 ▪ エア・プラズマ切断用Ru-Y ₂ O ₃ 系・Ir-Y ₂ O ₃ 系電極開発 ▪ 大電流用電極；希土類酸化物入りW電極の検討 ② 電極先端に生じる空孔や酸化物の異常消失調査 ③ 大電流用LaB ₆ -W電極が開発さる
1996	特になし
1997	① トリウム入りタングステンに代わる新電極材料の開発を目的 ▪ 放電焼結法によるLaB ₆ 粒子分散型タングステン合金の作製 ② 耐環境用新電極材料の開発を目的として、高周波 ▪ プラズマ焼結による炭化物TaC電極の開発実施
1998	特になし
1999	特になし
2000	特になし
2001	① ナノスケールの酸化トリウムを用いた電極の特性や、電子温度に及ぼす電極先端角度の影響について報告。