

=タングステン電極の規格 (JIS Z 3233 : 2001) について=

本話ではタングステン電極の規格についてみることにします。

第 219 話で, 1990 年に至って, JIS 規格「ティグ溶接用タングステン電極棒」JIS Z 3233-1990 として改正されたと記したが, その後国際規格 ISO との整合上 2001 年に, 再度制定された。

1. 規格の主な内容 ;

JIS Z 3233-2001 と ISO6848(1984)を併記し, 「イナートガスアーク並びにプラズマ切断及び溶接用タングステン電極」を規格名称とし, 以下のような規格の内容で構成されている (表 227-01 参照)。

2. タングステン電極の種類選択への考え方と基準

ティグ溶接用タングステン電極は, 1990 年以前は, トリウム入りタングステン電極 (ThO₂ 0.8 ~ 2.2%) と純タングステン電極の 2 種類が使用されてきたものの, 第 220 話より第 224 話でも詳しくみたように大阪大学の諸先生方が中心に材料研究が遂行され, 1990 年には JIS Z 3233-1990 として規格制定された。

表227-01 タングステン電極棒に関する規格の主な内容

項目	規格の主な内容
▪ 分類記号	従来JISの種類をA系列 (表227-02) , ISOの種類をB系列 (表227-03) と規定。
▪ 不純物の純度 & 識別色	従来どおり。 なお, JISと国際規格との一致が困難な理由および今後の対策欄に次のように記されている。 使用者の要望により, 不純物の規定をISOよりJISを厳しくした。 溶接品質確保のため整合化は困難。JISはIECを包含している。
▪ JISにあってISOにない棒径	2.4, 2.6, 3.0, 6.4mm
▪ 真直性	判定方法を付属書 1 (掲載略) で規定
▪ 化学成分	分析方法を付属書 2 (掲載略) で規定
▪ その他・タングステン電極棒関係規格	ティグ用タングステン電極棒の寸法, 許容差 (表227-04) ティグ用タングステン電極棒の品質 (表227-05)

規格, JISZ 3233-1990 には,

(1) 純タングステン、(2) 酸化トリウム (トリア) 入りタングステン、(3) 酸化ランタン (ランタナ) 入りタングステン、及び (4) 酸化セリウム (セリア) 入りタングステンの 4 種類が規定され、**-2001 制定の規格**にも継続されている。

このほか、JIS 規格にはないが、酸化イットリウム (イットリア) 入りタングステンや酸化ジルコニウム (ジルコニア) 入りタングステンなどが市場には出回っている。

タングステン電極は種類が多く、それぞれ用途が決まっていることがあるので、電極の種類を間違えることの無いように、**表 227-02** および **表 227-03** に示す電極の頭の部分の識別色に注意することが望ましい。

表227-02 A系列の分類記号, 化学成分及び識別色

分類記号	化学成分				識別色
	酸化物の添加量		不純物 (wt%)	タングステン (wt%)	
	添加量 (wt%)	酸化物			
YWP				99.9以上	緑
YWTh-1	0.8-1.2	ThO ₂	0.10以下	残部	黄
YWTh-2	1.7-2.2	ThO ₂	0.10以下	残部	赤
YWL _a -1	0.9-1.2	La ₂ O ₃	0.10以下	残部	黒
YWL _a -2	0.8-2.2	La ₂ O ₃	0.10以下	残部	黄緑
YWCe-1	0.9-1.2	Ce ₂ O ₃	0.10以下	残部	桃色
YWCe-2	0.8-2.2	Ce ₂ O ₃	0.10以下	残部	灰色

表227-03 B系列の分類記号, 化学成分及び識別色

分類記号	化学成分				識別色 ⁽²⁾
	酸化物の添加量 ⁽¹⁾		不純物 (wt%)	タングステン (wt%)	
	添加量 (wt%)	酸化物			
WP				99.8以上	緑
WT4	0.35-0.55	ThO ₂		残部	青
WT10	0.8-1.2	ThO ₂	0.20以下	残部	黄
WT20	1.7-2.2	ThO ₂	0.20以下	残部	赤
WT30	2.8-3.2	ThO ₂	0.20以下	残部	紫
WT40	3.8-4.2	ThO ₂	0.20以下	残部	橙色
WZ3	0.15-0.5	ZrO ₂	0.20以下	残部	茶
WZ8	0.7-0.9	ZrO ₂	0.20以下	残部	白
WL10	0.9-1.2	La ₂ O ₃	0.20以下	残部	黒
WC20	1.8-2.2	Ce ₂ O ₃	0.20以下	残部	灰色

注 (1) 複合電極といわれるものは、純タングステン心線に酸化物を被覆したものである。

(2) 複合電極には、2次識別色として桃色をつけなければならない。

3. 代表的なタングステンに関する概要

タングステン電極棒の選択の際に、その性能・特長および用途についてあらかじめしっかり把握することが望まれます。ここでは、その概要を記します。

なお、タングステン棒は、心線に酸化物を被覆したものと被覆しないものに大別される。最近の関係技術論文では酸化物を総称して電子エミッターと呼ばれているため、本話でも以降、それに従い記述します。

(1) 純タングステン

直流・電極マイナスの場合は、酸化物（電子エミッター）がないため熱電子放射性に劣りアーク起動性が悪いので適用できません。

電極プラスの場合には電子が電極に流入し先端部は高温になり溶融し安定してアークが出ます。そのため、交流ティグとして使用が可能となります。

電極先端部が高温になるまでの比較的長時間クリーニングアクションが継続し、アークを発生させると直ちに先端形状が溶融して丸くなります。丸くなった後は形状の変化は見た目には目立ちません。

(2) トリア (ThO₂) 入りタングステン

従来、タングステン電極としては、トリア入りタングステンが広く用いられてきました。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向上を図ったものです。そのため純タングステンに比べて電極先端の溶融消耗やスタート性にすぐれています。

しかしながら、近年、ロボット溶接に代表されるような自動化や高度に精密な溶接分野には、トリアの安定性や耐消耗性では不十分になりつつあります。

また、トリウム (Th) は放射性物質であり、その取り扱いは法規制を受け、管理に注意が必要です。交流で使用する場合には、電極プラスのサイクルで先端部は溶融し、先端部からかなりはなれた位置までトリアの蒸発温度より高温となり、トリア成分が極端に減少します。電極先端部が溶融飛散することもあり、使用には適しません。

(3) ランタナ入りタングステン

溶接用タングステン電極の中では最も耐消耗性とスタート性にすぐれているといわれています。長時間の連続溶接でアークの安定性などを要求する自動溶接に良く用いられています。

それらの理論的な解明が進み、論文として公表されています。それらの論文*1) によれば、詳細は別としておおよそ以下に要約されます。

- ① 熱電子放出機構の主体をなすものは電子エミッターとその溶融領域である。
- ② 耐消耗性とスタート性にすぐれるためには、電極先端部に集中せずにアーク電流経路(アークルート部)が形成されることが必要。
- ③ 電子エミッターのなかでトリア (ThO₂) とランタナ (La₂O₃) を比較すると、トリアは先端部に集中しやすいのに対し、ランタナの場合はアークルート部が拡がり、比較的均一で広範囲なアーク電流密度分布を形成。
- ④ それら集中と分散のひとつの要因は、それぞれの電子エミッターの融点に起因する。ThO₂ の融点は 3323K と非常に高く、Wの融点 3653K に比べてあまり差がないため ThO₂ の溶融領域が電極先端のごく一部に限られる。
一方 La₂O₃ の融点は 2490K と低いので電極先端部から上方にまで溶融領域が拡がり、比較的均一

で広範囲な電流分布が形成される。その結果、先端部に集中するトリアに比べてアークプラズマの最高温度およびプラズマ気流速度が低下し、耐消耗性などにすぐれ、寿命向上を図ることができる。

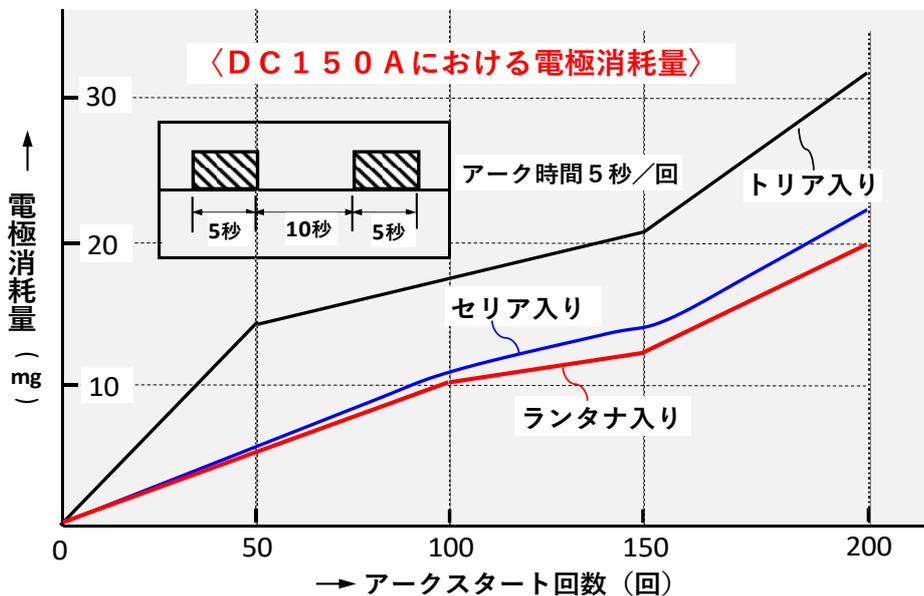
(4) セリア入りタングステン電極

セリア (CeO₂, および Ce₂O₃) の融点はそれぞれ 2873K (CeO₂) および 1963K (Ce₂O₃) と ThO₂ のそれに比べ低く、ランタナ (La₂O₃) 同様、電極先端におけるアークルート部が広がる。そのため、トリア入りタングステンより耐消耗性とスタート性にすぐれます。また、交流でも、電極先端部よりタングステンが溶融飛散しにくく、先端形状の溶融変形の程度も小さいこともあり、アルミニウムやその合金の溶接に用いられます。

当時、パナソニック溶接システム(株)より公表された電極消耗量に関する技術資料を以下に添付します。本資料においてもトリア2%入りはエミッター（酸化物）の性能上消耗が進むのに対し、ランタナ2%入りでは消耗量が少ないとのデータが示されています。参考にして下さい。

DC150Aにおける電極消耗量 (サイズ1.6φ、DC150A Ar7ℓ/min、アフタフロー7秒)

二〇〇回時の写真 アークスタート回数	ランタナ2%入り	セリア2%入り	トリア2%入り
	 <ul style="list-style-type: none"> ● 先端がきれい ● アークスタート良好 	 <ul style="list-style-type: none"> ● 先端が曲がる ● アークがふらつく 	 <ul style="list-style-type: none"> ● 燃え上がりが発生 ● アークがふらつく



なお、表 227-01 に示したタングステン電極棒の関連規格である表 227-04 および表 227-05 については改めて次話でとりあげて説明の予定です。

以上。

*****参考文献*****

*1) ; J. Plasma Fusion Res. Vol.88, No.7 (2012) 3 8 3 - 3 8 8

講座 アークプラズマによる接合プロセス (3. アーク溶接の電極および溶融池現象)

田代 真一, 田中 学 大阪大学接合科学研究所