

＝ティグ溶接に関する「アークの物理」(13)

・・・ 極性がアーク状態やタングステン電極に及ぼす影響 ＝

主題を「電極の極性がおよぼす影響」に移します。

直流ティグ溶接では、タングステン電極を陰極（マイナス）にするか、陽極（プラス）にするか極性によって、アーク状態やタングステン電極などへの影響が著しく異なってきます。

ティグアークにおける電流、電子、イオンおよびプラズマ気流の発生については、既に第 211 話～第 213 話において説明しましたが、ここでは電極との関係で振り返ってみます。

なお、電極の極性を以下、JIS の表示に合わせて棒プラスおよび棒マイナスと表示します。

【直流・棒（マイナス）の場合・・・図 225-01】

陰極領域では、電流密度はアーク柱に比べて高く電流路が収縮している。この収縮が電磁力によるポンプ作用を生じ、周囲のガスや電極蒸気の陽極方向へ向かうプラズマ気流を発生させる。強いプラズマ気流の発生によりアークは集中し、強いアーク力により幅が狭く、溶け込みが深くなる。

また、電流を構成する電子は、ほぼ全部が熱電子として陰極から放出されるので電極は適度に冷却作用を受け、温度上昇が抑制され、消耗を少なくできる。通常のティグ溶接では棒マイナス（E N）の極性が用いられる。一方、陽極の母材側には熱電子が流入するが、母材表面の酸化物を除去する、いわゆるクリーニング作用は有しない。

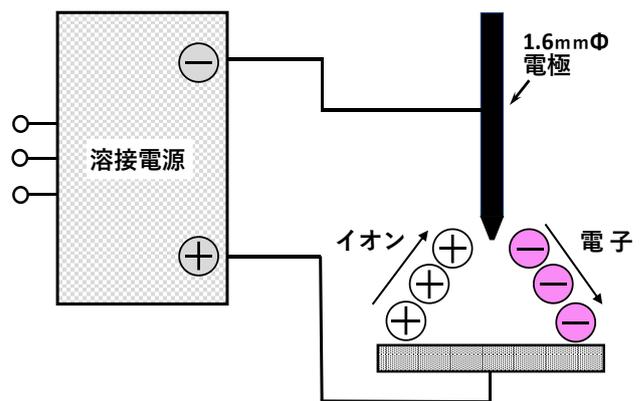


図225-01 ティグ溶接における直流・棒マイナス（DCEN）の場合

【直流・棒（プラス）の場合・・・図 225-02】

陽極領域の棒・電極部には、電流を構成する熱電子が流入するので電極の温度上昇を助長するため、太径の電極を適用しなければならなくなる。電極先端部は球状になり、その結果発生するプラズマ気流も棒（マイナス）時に比べ弱く、アーク集中度は悪くなりアークが分散し、アーク力が弱まるためビード幅は広く、溶け込みも浅くなる。

一方、質量の大きいイオン流の衝撃によって母材表面の酸化被膜を破壊するクリーニング作用（清浄作用）

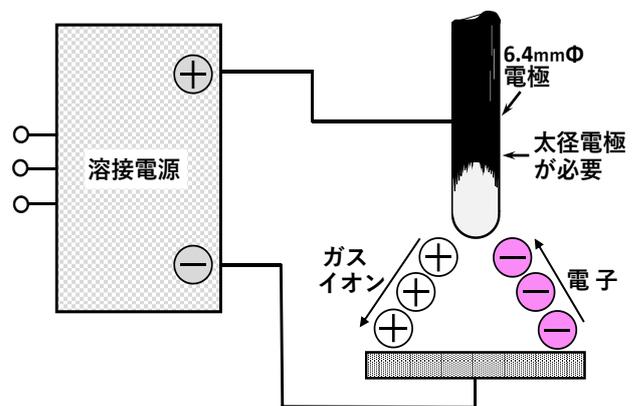


図225-02 ティグ溶接における直流・棒プラス（DCEP）の場合

の効果が、電極プラス（E P）の極性では得られる。

しかし、常時電極プラス（E P）ではタングステン電極の熱的負担が大きく溶融変形に耐えられない。

以上、ティグアークの極性による特色を表 225-01*1) に示しました。参照下さい。

表225-01 ティグアークにおける極性の特色

極性	アークの集中度	溶込み深さ	ビード幅	電極の消耗	清浄作用	用途
電極マイナス	良い	深い	狭い	少ない	なし	一般的な使用方法
電極プラス	悪い	浅い	広い	多い	あり	殆ど使用されない

アルミニウムの酸化膜（Al₂O₃）は2000℃を越える融点、2345℃を持ち、自身の融点は純アルミで660℃と低い。同様に、マグネシウムの融点は650℃、酸化マグネシウム（MgO）の融点は2800℃と高いため、いずれも健全な溶接部を得るためには母材の酸化膜を除去しなければならない。これらの酸化膜除去に力を発揮できるのがクリーニング作用の働きです。

このような清浄作用はアルミニウム、マグネシウムおよびそれらの合金のティグ溶接には不可欠で、交流の溶接機が用いられる所以です。

図 225-03 に交流ティグ溶接時の電流波形の一例を示す。電極プラス（E P）と電極マイナス（E P）が交番する交流を形成し、しかもその比率を変えることができる。

電極消耗量は、電極プラス（E P）期間の比率とともに増大するので、E P比率に着目されることになる。

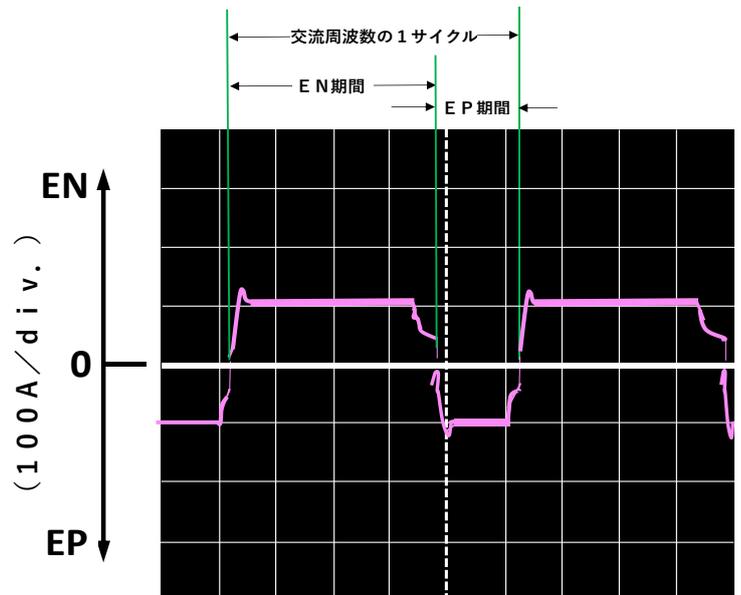


図225-03 交流ティグ溶接における電流波形例

$$\text{電極プラスの時間比率} = \text{E P 期間} / (\text{E P 期間} + \text{E N 期間})$$

交流ティグアークの特性をE N期間およびE P期間に分けて図 225-04*2) に図示した。もちろんアルミニウムおよびマグネシウムとそれら合金の溶接を想定して母材表面に融点の高い酸化被膜があり、清浄作用が効かないE N期間と、効くE P期間に分けて描画がされている。

E N期間では熱電子が母材に流入し温度上昇を促し、プラズマ気流も強く作用するためアークは集中し、溶け込みが深くなる。但しクリーニング作用はない。

半面、E P期間は電極に電子が流入し電極の過熱を促すが、次のE N期間で冷却作用が機能し過熱が抑制されるので、適切な電極径を選択すれば溶接が継続できる。一方、このE P期間は母材表面の陰極点である酸化物を求めてプラスイオンが飛び回るので清浄作用が促進される。ただし、プラズマ気流はE N期間

に比べ弱く、そのためアーク力が弱く、溶け込みは浅くなる。

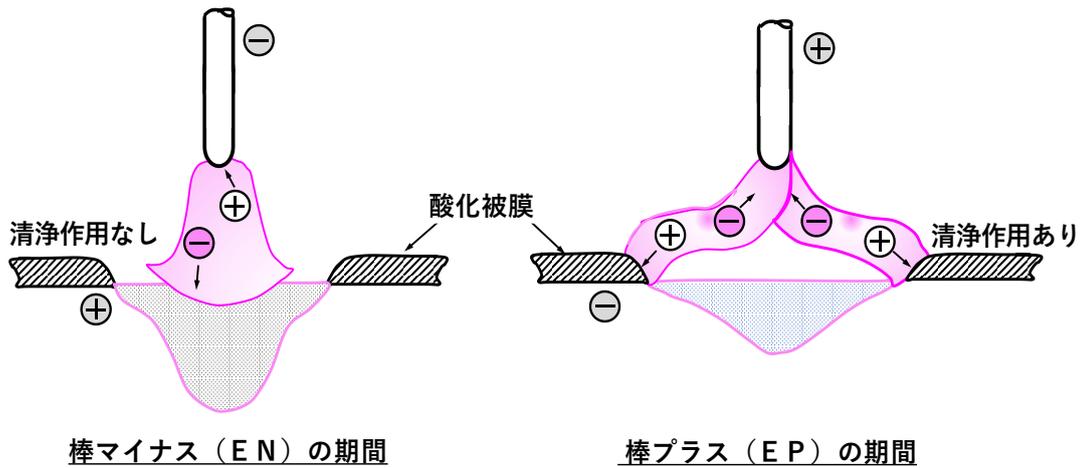


図225-04 交流ティグアークの特性

まとめとして、図 225-03 に極性による溶け込み深さの概要を示します。参考にして下さい。

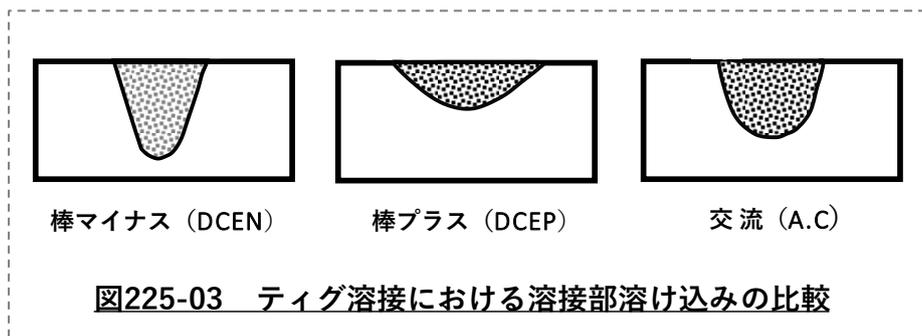


図225-03 ティグ溶接における溶接部溶け込みの比較

なお、ティグ溶接における品質課題のひとつは溶け込みが浅いという点であり、棒マイナス (DCEN) がここでは相対的に深溶け込みですが、さらに深くするための改善が種々図られています。それらのなかには、TIG パルス溶接法、シールドガスによるアーク集中性の改善による深溶け込み化、プラズマアーク溶接法、活性化フラックスを用いた溶接 (A-TIG) およびレーザー・アークハイブリッド法などがあります。

次話では、タングステン電極の規格 (JIS Z 3233 : 2001) について概要を説明し、代表的なタングステン電極についてその性能と用途、および特長についてコメントします。

以上。

***** 引用図書 *****

* 1) ; 産報出版 ティグ溶接入門 日本溶接協会 監修 p 18

* 2) ; 産報出版 ティグ溶接入門 日本溶接協会 監修 p 19