

＝ティグ溶接に関する「アークの物理」（3）＝

前話では、ティグアークの電圧分布およびアークプラズマについてみてきました。

アークプラズマは、陰極と陽極の間にある気体の一部が電離して、陽イオンと電子を含んだ高温気体になったものでした。

それらの電子が電子流となって、陰極からアークプラズマ領域を通過して母材（陽極）に衝突し熱を発生し溶融溶接に役立ちます。電流としてはその逆の流れになります。

一方、高温気体の中で種々の衝突、電離を繰り返し生まれたイオンは、イオン流となって陰極に向かいます。質量も大きいイオンはタングステン電極に衝突することにより熱電子を放出する。しかし、イオン流の溶接電流への寄与は少ない状況です。

図 212-01 に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概略の関係を図示しました。図にみるように、プラズマ中には電子とイオンという荷電粒子が存在しており、プラズマの熱および物質輸送に大きく関与しています。また、荷電粒子が運動をすれば電磁場が発生し、その電磁場のもとで荷電粒子は決められた軌道をたどるとされています。

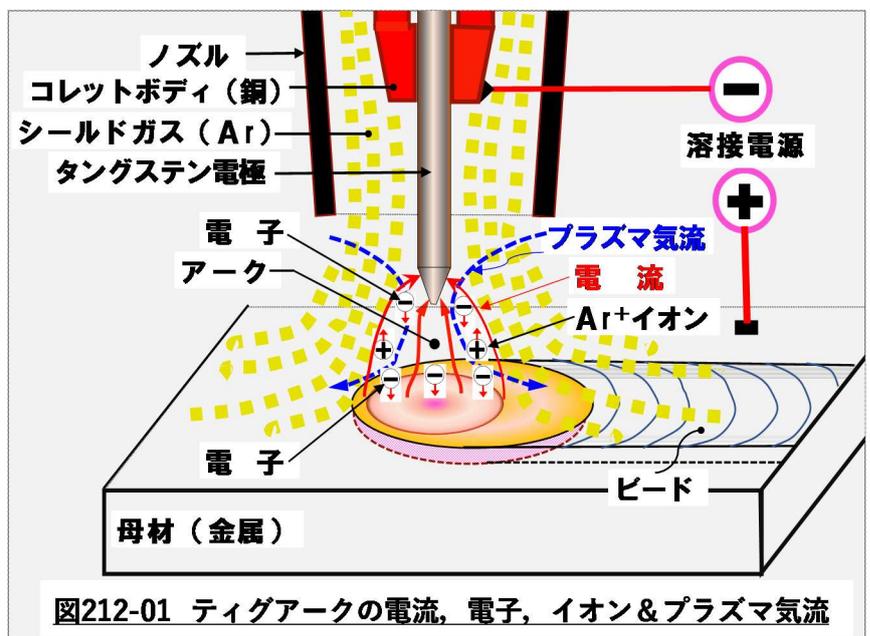


図212-01 ティグアークの電流、電子、イオン&プラズマ気流

5) アークの構成とプラズマ気流  
＝ 温度場と流れ場 ＝

図 212-01 にみるように、アークは陰極領域において電流密度がアーク柱および陽極領域に比べて高く、電流路が収縮している。電流路が収縮しているほど電磁気学の教える処\*1) では、締め付け力（電磁ピンチ力）が強くなります。\*1)；図 212-02 参照。

図 212-03 にティグアークにおけるモデルを示します。アーク柱には、前図に示したと同様の内向きの電磁力が働き、その電磁力はアークが細いところ程強く作用するため、電極から母材へと向かう気流が発生する。この気流を一般にプラズマ気流と呼びます。

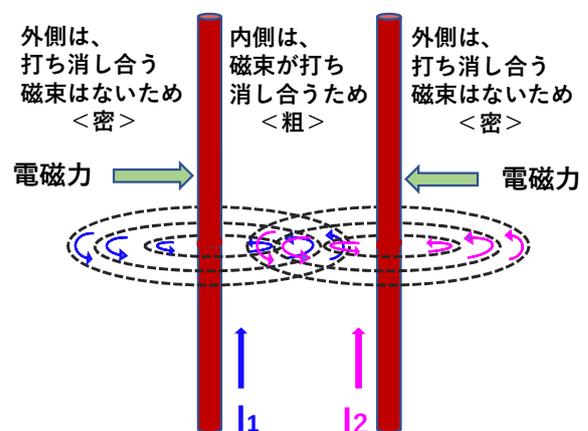


図212-02 2本の導体に同一方向の電流が流れたとき発生する磁束による「電磁ピンチ力」を説明する図

プラズマ気流の流速は 10~100m/秒と速く、アーク現象に種々な影響を及ぼします。アーク柱を構成するガスは、この高速気流によって母材方向に加速され、溶融池はその動圧により凹む。この凹む力をアーク力と呼んでいる。図は電極マイナス (DCEN) の場合についてであるが、電極プラス (DCEP) の場合も同様です。

なお、溶融池が受ける動圧は、極性やシールドガス組成などによって変化します\*2)。

また、図 212-04 にはアルゴンアークにおける温度場と流れ場を示します。

アーク柱の中心部では、温度が 10,000k を越える温度域に達しており、高温のプラズマ状態が保たれていることがわかる。さらに、中心部から温度の低い境界部へ向かって温度勾配が存在する。電流のジュール熱の発生と外縁方向への熱損失および輻射損失が釣り合っている。

さらに流れ場としては、陰極から陽極に流れる気流が破線で示され、流れに対する抵抗が少ない陰極で流速を速め、アーク柱を経て陽極へ、そこから方向を変えてプラズマ気流が「引きずり力」を生じながら母材方向へ進んでいます。

なお、アークの締め付け力 (電磁ピンチ力) と同時に作用する力として熱的ピンチ力 (サーマルピンチ力) があり、かつては同時にアークに作用する力として説明されてきたように感じていました。

論理的にもアーク中心軸の高温粒子が外縁に拡散し熱損失 ! となるのを防ぐために、自然の摂理に従ってプラズマの表面積を小さくするように緊縮する、というのが熱的ピンチ力の発生要因と理解してきました。また、実務面でも熱的ピンチ力の作用する Ar-H2 混合ガスなどは機会ある毎に緊縮ガスとして関係者に説明をしてきました。

ところが、教本\*4)の示すところでは、雰囲気ガスがアークプラズマに及ぼす影響についての定量的かつ体系的な理解は、十分になされていないとして見解が明言されず、今後の解明の課題とされています。

次話では引き続きティグ溶接に関する「アークの物理」(4)として、プラズマ気流とアーク力などについて説明を続けます。

以上。

\*\*\*\*\*  
 \*2) ; 「アーク溶接の世界」パートII (II-8より引用) (一社) 日本溶接協会 電気溶接部会編  
 \*3) ; 「溶接プロセスの物理」P45 (一社) 溶接学会 溶接アーク物理研究委員会  
 \*4) ; 「溶接プロセスの物理」P62~66 同上

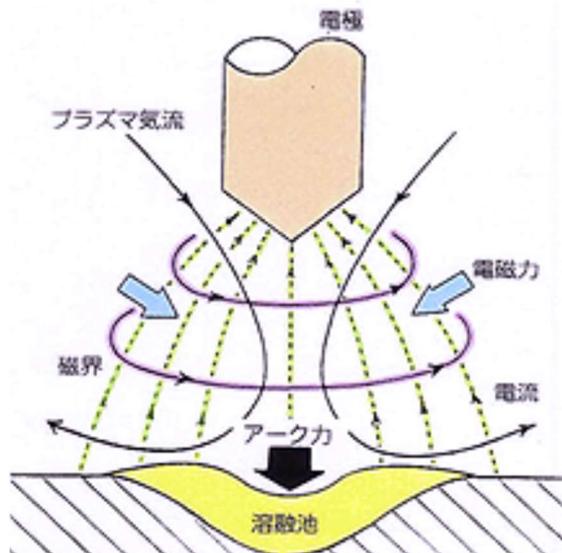


図 212-03 プラズマ気流の発生と効果\*2)

