

=ティグ溶接に関する「アークの物理」(4) =

前話では、ティグアークの陰極と陽極間に発生するプラズマ（アークプラズマ）についてその構成と与える影響についてみてきました。

アークは陰極先端形状が尖り、陽極は平坦なため、陰極で電流密度が大となって電磁力によるポンプ作用を生じ、周囲のガスや電極蒸気を陽極方向に向かわせるプラズマ気流を発生させる。

それらのプラズマ気流は電磁ピンチ力を発生させ、溶融池面上にアーク力を作用させるなど「流れ場」として影響を及ぼす一方、プラズマの中心部では 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持される「温度場」を形成していることをみてきました。

そこで、本話ではさらにアークプラズマについて周辺、とくに電極との関係においてどのような相互作用と影響を及ぼし合うか、また適用する電流およびシールドガスの種類によってアークプラズマがどのような影響を受け、ティグアークへの効果はどのような諸点にあるかを見ることにします。

アークプラズマへの電極、電流およびシールドガスの夫々の影響について教本*1) を参考にしてまとめたものを表 213-01 に示します。以下同表にしたがって説明をします。

6) アークプラズマ（流速とアーク圧力）に影響

をおよぼす電極

電極のどのような性状がアークプラズマに影響を与えるのでしょうか。性状としては、電極材質・電極形状・電極径の3点が考えられますが、ここでは電極材質については触れません。後話にて説明致します。よって、電極形状と電極径のアークプラズマにおよぼす影響について見ることにします。

ア) 電極形状の影響

先にも述べたように一般的に電極先端は尖り、陽極部は平坦なため、電流密度は陰極付近では高く、陽極では低いため陰極から陽極に向かってプラズマ気流が発生する。電極先端角のプラズマ気流の中心軸上の流速分布が測定*2) され、2.4Φ-先端径 0.3Φ条件で流速はほぼ 300m/s と高速であるが、3.0Φ-先端径 0.9Φ条件ではほぼ 210m/s、さらには 3.0Φ-先端フラット条件では 200m/s と低速になっている。

また、プラズマ気流はアーク中心軸の陽極面上で淀み圧力として計測される。

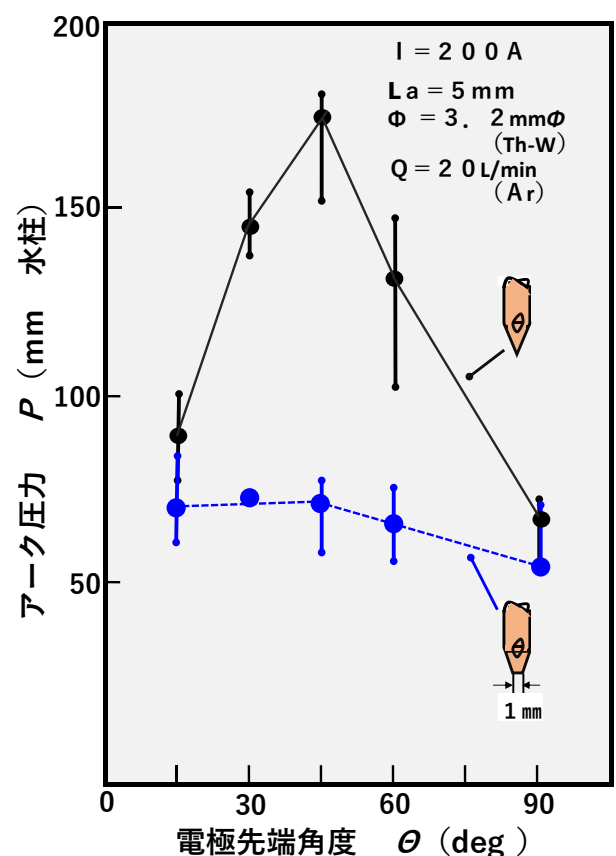


図 213-01 アーク圧力に及ぼす

電極先端角の影響*3)

一方、電極先端角度を鋭角化するほどアーク圧力は増大している。しかし、電極先端角 45° 近傍で最大となり、それ以上小さくしてもアーク圧力は増加することなく、逆に減少する。引用させて頂いた図 213-01^{*)}を参考にされたい。

なぜアーク圧力は減少するのか。教本では次のように解説されている。すなわち、アーク圧力は電極先端部での電流と電流密度に強く依存する（Maecker の電磁圧力の研究より）。

図 213-01 にみるように電流一定でアーク圧力 P が 45° 以下で減少するという事は電流密度が減少することを意味している。このことは先端角が 45° より先鋭化した場合に温度分布として高温領域が急増することを示している。高温域の温度分布が拡大しその結果、電流密度が低下したことになる。

ここで、筆者の数少ない経験のひとつを披露したい。

過日、自動車部品メーカーにてティグ溶接工程の相談に乗ったことがある。そこでは継続してアークを出していると不安定症状を呈するという。現場で溶接トーチおよび電極周りを、アーク発生中に保護面を通して観察すると、図 213-02 に示すようにアーク安定の場合は、(a)図のようにアーク発生点が電極先端部で一定で動かず安定を維持できている。しかし、溶接品を連続して多く生産する内にアークの乱れが発生し (b)図のようにアーク発生点が時々刻々電極上方に移動しつつ、不安定化していることが判った。

適用電流とその使用率の関係から、電極の冷却が保たれず、過熱気味になっていることが観察できた。

原因を探ってみると、溶接対象品の構造が複雑でかつ小部品のため溶接トーチに十分な空間を設けることができず、不十分な冷却構造のトーチ適用となり、このような不適合発生に至ったことが判明した。

この事例のように電極の過熱は、広い範囲に熱電子放射を促しティグアークを這いずり上がらせる現象を招くと推定でき、電極の十分な冷却による管理の必要性を感じた次第です。

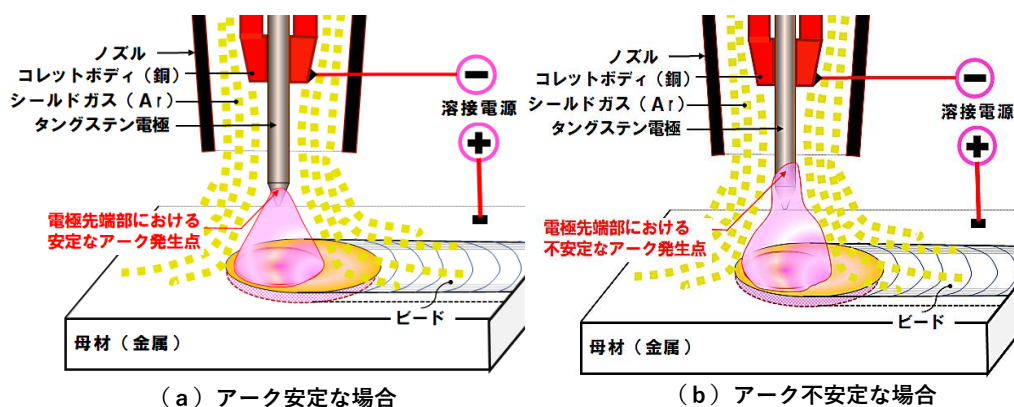


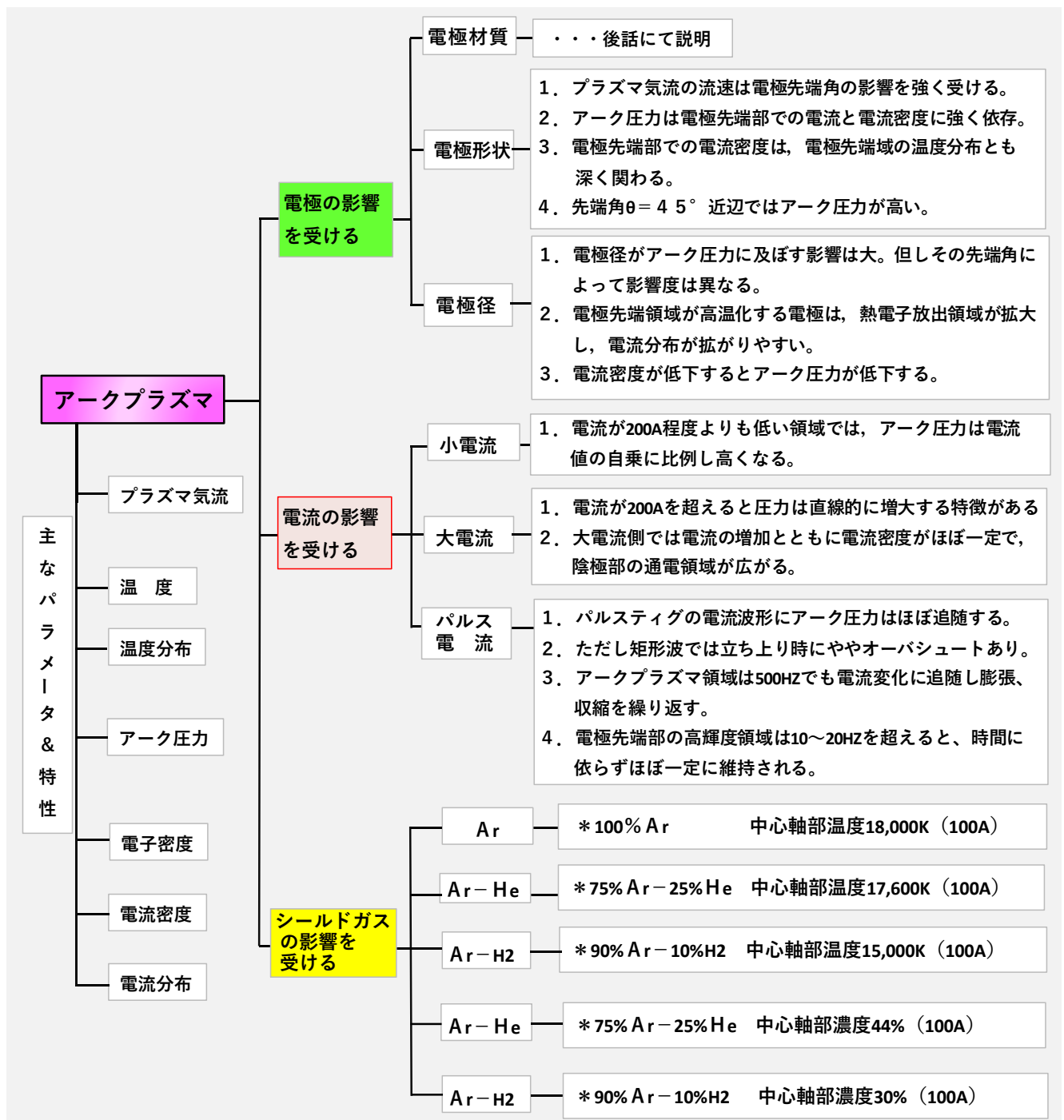
図213-02 電極先端部におけるアーク発生点の観察

イ) 電極径の影響^{*)4)}

電極径がアーク圧力に及ぼす影響は極めて大きい。とくに先端角 45° 近辺では太径化とともにアーク圧力は増大する結果となっている。しかし、他の先端角ではアーク圧力の変化も異なっている。僅かの電極の形状や寸法の変化によって、アーク圧力は複雑に変化する。

電極が細径化する場合にも、先端角が 45° 以下の現象と同じく、電極先端が著しく高温化するという結果が試算されている。このように高温化、電流密度の低下、アーク力の低下などの関係はよく把握しておきたい。

表 213-01 電極・電流およびシールドガスがアークプラズマ形成に及ぼす影響について*1)



*1) 教本；「溶接プロセスの物理」溶接学会 溶接アーク物理研究委員会

*2) 「溶接プロセスの物理」溶接学会 溶接アーク物理研究委員会 p 44-46

*3) 同上 p 47-49

*4) 同上 p 47-49

以上。