

Q1 プラズマ溶接とはどのようなものですか？

A1

プラズマ溶接は、ティグ溶接と同様にタングステン電極棒を用いたアーク溶接です。他の溶接法と比較すると、表 1 に示すようにアークのパワー密度はティグ溶接とレーザあるいは電子ビームの中間にあり、初期設備費はレーザや電子ビームと比較して安価という特徴があります。

次にプラズマ溶接の原理を図 1 に示します。まず、タングステン電極と拘束ノズル間にパイロットアークを発生させます。次にタングステン電極と母材間に電圧を印加することによりプラズマアーク（メインアーク）が発生します。プラズマアークは水冷されている拘束ノズル孔で収束され、さらにはシールドガスで冷却され絞られます。高密度のアークを母材に供給できる溶接法であり、プラズマの特性を積極的に活用していることからプラズマ溶接と言います。

表 1 各溶接法のエネルギー密度、設備費の比較

	TIG	プラズマ	電子ビーム	レーザ
パワー密度 (W/m ²)	~ 3 × 10 ⁸	~ 3 × 10 ⁸ ~ 3 × 10 ¹⁰	~ 10 ¹³	~ 10 ¹¹
設備費	小	中	大	大

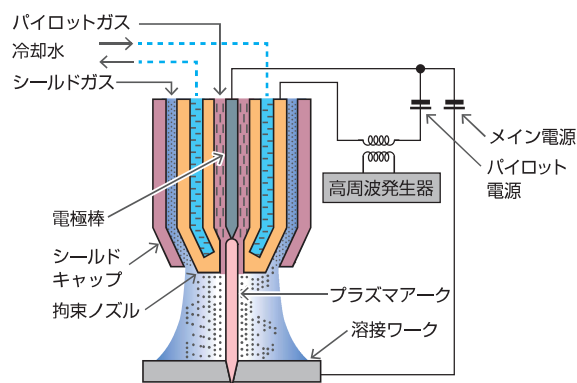


図 1 プラズマ溶接の原理

Q2 他の溶接法との違いを教えてください。

A2

まずプラズマ溶接、ティグ溶接、半自動溶接の違いについて説明します。次に特徴を表 2 に示します。ティグ溶接との違いは、以下の通りです。

- ① 電極が不活性ガスで保護されているため、電極の消耗が少なく長時間安定した品質の溶接が可能です。（自動化に適しています）
- ② 熱集中性が良く溶込みが深いためキーホール溶接（アークが裏まで貫通する溶接）が可能となり、相対的に速い速度で溶接ができます。そのため歪の少ない溶接となります。
- ③ 厚板のI型開先でのワンパス溶接ができるため、開先加工時間および溶接時間が短縮でき、能率的です。

表 2 プラズマ溶接・ティグ溶接・半自動溶接の特徴

	プラズマ溶接	ティグ溶接	半自動溶接
電極の種類	非消耗電極式（タングステン電極）	非消耗電極式（タングステン電極）	消耗電極式（溶接ワイヤ）
アーク長の設定方法	トーチと母材間の物理的な距離で決める	電極と母材間の物理的な距離で決める	アーク電圧を設定するとアーク長が決まる
アーク長の自己制御作用（トーチと母材間距離変化の影響）	なし：変化分がそのままアーク長変動となるが、アークが細く絞られているので、ティグよりは影響が少ない	なし：変化分がそのままアーク長変動となり、溶接に大きな影響を与える	あり：アーク電圧（アーク長）が一定になるように自動制御される
主な溶接条件因子	● 溶接電流 ● スタンドオフ ● 溶接速度 ● パイロットガス流量 ● インサートチップ孔径	● 溶接電流 ● アーク長 ● 溶接速度 ● 電極研磨角度	● 溶接電流 ● アーク電圧 ● 溶接速度
電源特性	定電流特性	定電流特性	定電圧特性
ビード形状			
スパッタとヒューム	スパッタはほとんどなし、ヒュームも非常に少ない	スパッタはほとんどなし、ヒュームも非常に少ない	スパッタ、ヒュームともに多量に発生

- ④ プラズマアークには硬直性があり、外乱に強く、安定した溶接が可能です。
- ⑤ プラズマアークには指向性があり、すみ肉溶接に適し、またアーク長変化での溶込み変化量が少なくなります。
- ⑥ トーチが大きく重いため、手動溶接には不向きとなります。
- ⑦ 溶接機の価格が割高になります。

半自動との違いは、以下の通りです。

- ① スパッタの発生がほとんどなく、ヒュームの発生も非常に少なくなります。
- ② ワーク板厚等により、ワイヤを使用しない溶接が可能です。
- ③ 溶接電流とワイヤ速度の制御が別なので、ワイヤの使用量が最小限で済み、良好な入熱制御ができます。
- ④ 薄板や精密部品の溶接が可能です。
- ⑤ 相対的に低速溶接になります。
- ⑥ 溶接機の価格が割高になります。

Q3 どうしてティグに比べ、プラズマはアークが絞れるのですか？

A3

プラズマのアークは、放電によって発生したアークを拘束ノズルで強制的に絞るため、アークのエネルギー密度が上がり条件によっては 30,000℃にも達し、ティグの約2倍以上の超高温アークとなります。

このアークをプラズマアーク、拘束ノズルより吹き出したガス流をプラズマ流と言います。拘束ノズル孔の内壁でアークを強制的に拘束することをウォールピンチ効果、水冷ノズルとガスでアークを冷却することをサーマルピンチ効果と言います。また、アーク中に流れる電流により、自ら周囲に発生させた磁場とアーク電流との間で、アーク径の断面積が小さくなるように絞られる働きを磁気ピンチ効果と言います。

プラズマアークはウォールピンチ効果とサーマルピンチ効果および、磁気ピンチ効果を最大限に利用することにより、アークの電子速度は最高で数千 m/sec にまで加速されるとされており、高密度・高温・高運動エネルギーという三拍子揃ったアークとなります。

Q4 プラズマ溶接法で溶接可能な板厚はどの程度ですか？

A4

プラズマ溶接法は図2に示すように材質によってI型開先ワンパス溶接可能な板厚範囲が異なります。例えばステンレス板で0.5～10.0mmまでを片面1パスで溶接できます。施工法としては、約3mm以下でなめ付け溶接を、それ以上ではキーホール溶接を行うのが通常です。また、材質や表面状態、拘束ジグによっても最大溶接板厚が異なります。

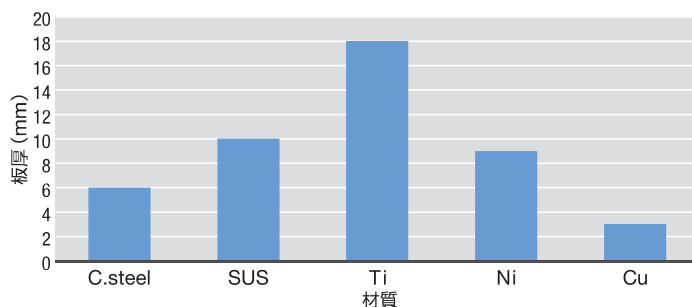


図2 溶接可能範囲

Q5 材質の違いによって溶接最大板厚が変わるのはなぜですか？

A5

材質によって溶接最大板厚が変わる主な要因は、材料などの熱伝導率の違いと、熔融金属の表面張力の違いとなります。

図3に示すように熔融プール(溶けた金属の状態)には、重力による下向きの力(F_g)がかかります(このほかの力も作用します)。これに対し熔融プールを支える力として表面張力(F_r)が働き、 $F_g < F_r$ でバランスをとりながら溶接が進行します。板厚が厚くなるに従い熔融プールの体積が増し下向きの力(F_g)が増大し、表面張力(F_r)よりも大きくなると($F_g > F_r$)熔融プールが溶け落ちて溶接が不可能となります。溶接部周囲の熱的均衡が変化しても熔融プールの体積が変化するため、材料の熱伝導率・拘束ジグの構造・母材材質の表面張力により溶接可能最大板厚がほぼ決まります。

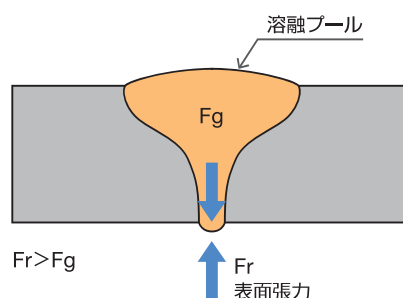


図3 熔融プールに働く力