

P社に関する前話の第 262 話では、MTS-CO2 溶接法の開発によって、スパッタを大幅に低減と同時に小粒化を達成できるというものでした。その仕組みは、アーク期間中に発生するスパッタの低減を目的として、アーク期間中の出力波形に脈動波形を重畳させることでワイヤ先端の溶滴に加わるアーク反力を制御することによって達成できました。

また、新入熱制御法として I^2R 法を駆使しコレットチップ方式とした HEAT 工法により、同じワイヤ送給速度で溶接電流を下げるができることによってスパッタ低減効果を得ることができると、関連文献より紹介させて頂きました。

P社は「TAWERS」を 2004 年 11 月発売以来、「進化する TAWERS」を実現してきたが、この段階で、お客様が真に求めているものは何かを調査したところ図 267-1 に見るように溶接の本質を示すものが圧倒的に多く、そのトップの要求は“CO2 溶接によるスパッタ低減”であったとしている。

そこで、本話では CO2 溶接におけるスパッタ発生概要に触れるとともに、スパッタ発生量をマグ溶接同等の 10 分の 1 に低減することを目標とし、今回新たな革新として Active TAWERS で実現した新しい溶接法である アクティブワイヤ溶接法による“CO2 溶接のスパッタ低減”について、その取組みと成果に関し紹介します。

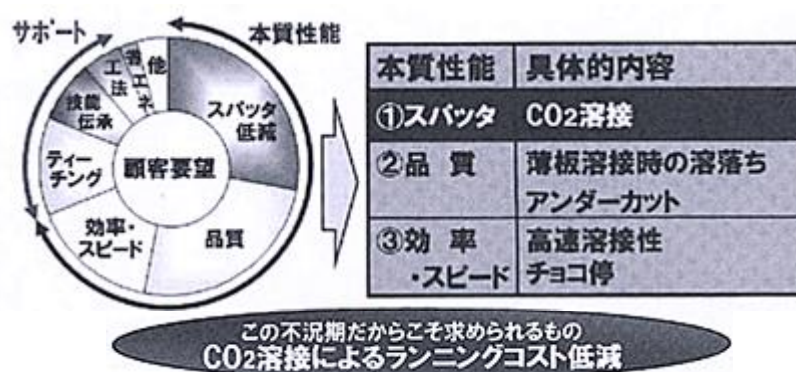


図 267-1 ユーザ希望の調査結果

1) CO2 溶接の概要；とくにスパッタ発生要因について

P社の文献（P-7 参照）によれば、スパッタ発生要因は、図 267-2 にみるように溶接電流域で異なるとして以下の二つに分類している。

① 低～高電流域すべてにおいて発生する“微小短絡”である。

アーク力により溶滴の下端部や溶接物の溶融池表面が強く振動することにより、小粒スパッタを発生させる。

② 中～高電流域で発生しやすい“アーク反力”である。

アーク反力が溶滴を押し上げる作用により大粒スパッタを発生させる。

図 267-2 にみるように、微小短絡を少なくするためには、アーク長を長くすることが必要であり、短絡開放直後の溶接電流を高くしなければならない。

逆にアーク反力の影響を少なくするためには、短絡開放直後の溶接電流を低くしなければならない。

以上のことから、CO2 溶接のスパッタ発生を低減するためには、この相反する 2 つの要因を同時に解決することがポイントである。

これらの同時解決を可能にしたのが、これまでの溶接波形制御に加えて、新たに「ワイヤ送給制御」の因子を組み合わせることを考案し、ワイヤを正送・逆送させるワイヤ送給制御法を採用することにした。

	要因： 微小短絡	要因： アーク反力
模式図	電流：低い ワイヤ正送 ↓ 小粒スパッタ発生 微小短絡：多い アーク長：短い アーク反力：弱い	電流：高い ワイヤ正送 ↓ 大粒スパッタ発生 溶滴が吹き飛ぶ 微小短絡：少ない アーク長：長い アーク反力：強い
電流を低く	×	○
電流を高く	○	×
	アーク長が短い(微小短絡)	反力弱い
	アーク長が長い	反力強い(溶滴吹き飛ぶ)

図 267-2 CO2 溶接のスパッタ発生要因

2) アクティブワイヤ溶接法の概要・・・新ワイヤ送給制御の採用

前述の相反する 2 つの要因を同時に解決するために、従来技術の延長線上では困難と判断し、[図 267-3](#)にみるようにワイヤを正送・逆送させる新ワイヤ送給制御を採用した「アクティブワイヤ溶接法」を開発した。

この新ワイヤ送給制御の採用により、ワイヤを逆送させることで短絡開放直後の溶接電流を低くしてもスパッタを発生させることなくアーク長さを長くでき、「微小短絡」と「アーク反力」の両者の課題を同時に解決することが可能となった ([図 267-4](#))。

これまでは、スパッタを低減するためにワイヤを限りなく一定速度で送給するという視点で開発を行うと同時に、溶接波形制御の改良を積み重ねてきた。

しかし、さらに高度化したお客様要求に対し、溶接波形制御だけでは限界が見えてきた。中～高電流域になるに伴い、ワイヤ溶融が促進し、溶接波形制御だけでは溶滴移行をうまくコントロールできなくなり、スパッタが発生しやすくなる。

そこで、P社がこれまで培ってきた「SP-MAG」溶接などの溶接波形制御と正送・逆送させる新ワイヤ送給制御を融合させることで、確実な短絡発生と短絡開放を行い、安定した短絡周期を実現し、CO2 やマグ溶接の最大の課題であるスパッタを大幅に低減することが可能となった。

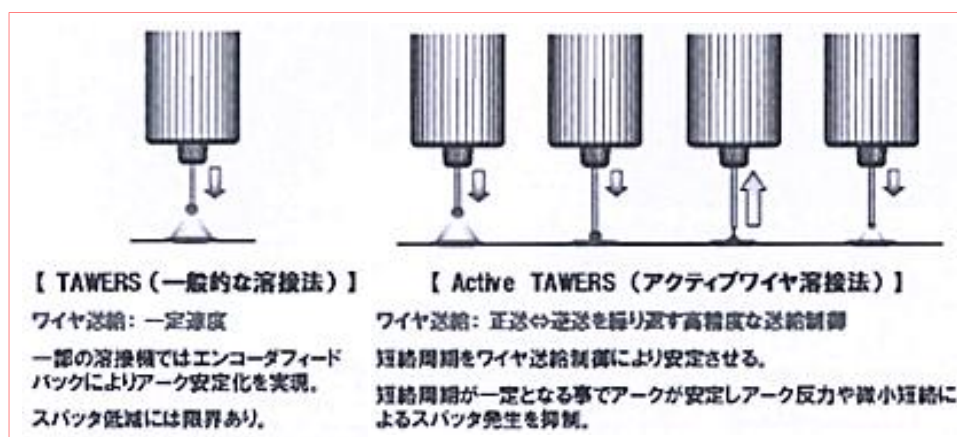
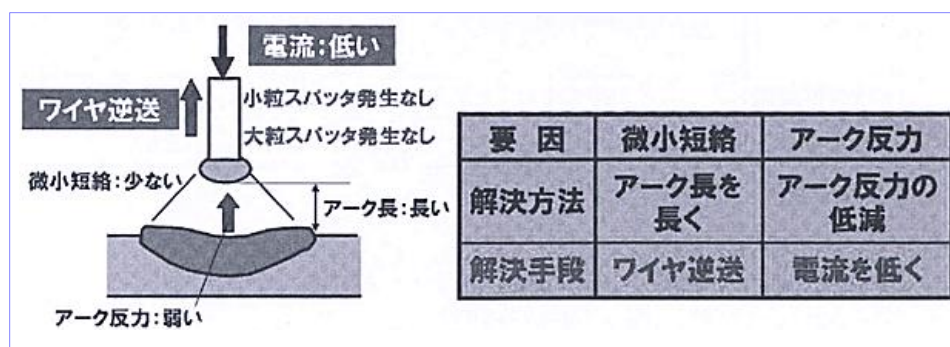


図 267-3 アクティブ溶接法の制御方法

図 267-4 新ワイヤ送給制御の効果



3) P社がアクティブ溶接法の効果として挙げている項目(除く;亜鉛めっき鋼板の溶接)(P-9 文献より)
アクティブ溶接法における効果として、以下の4項目を挙げて説明がなされている。但し、亜鉛めっき鋼板の溶接に対しては別項目で説明がなされているのでここでは割愛します。

- ① スパッタ低減効果
- ② アークスタート時のスパッタ低減効果
- ③ トーチ姿勢に対する裕度向上
- ④ 段差乗越え時などに起きる突き出し長変化に対する裕度向上

以下、各4項目の概要に触れます。

① スパッタ低減効果

*ここで比較しているのは、Normal-CO₂ 溶接法とワイヤを正送・逆送させる新ワイヤ送給制御を採用した Active-CO₂ 溶接法そしてさらにワイヤ送給を高精度に制御して高電流域のスパッタをさらに低減した Hot-Active-CO₂ 溶接法のスパッタ発生量を比較したグラフを図 267-5 に示す。

図中に示される各条件とスパッタ量およびそれらの Normal-CO₂ 溶接法からの低減効果については説明をここでは省略しますが、いずれも著しい効果を発揮している。スパッタ量の低減とともに、またスパッタサイズについても図 267-6 にみるように小さくできることに注目すべき点であると強調してあります。

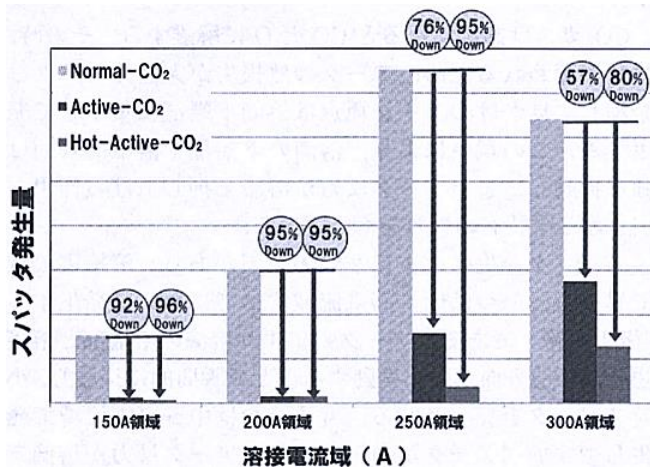


図 267-5 CO₂ 溶接のスパッタ発生量

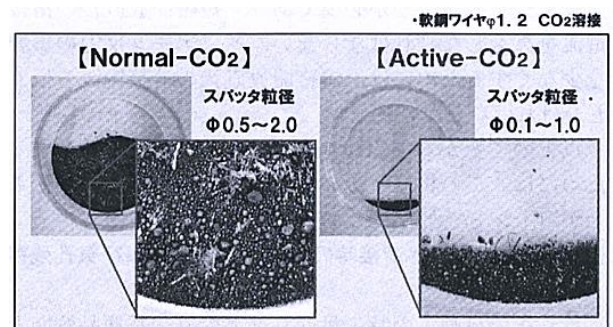


図 267-6 スパッタサイズ

② アークスタート時のスパッタ低減効果

*アークスタート時のスパッタ発生量の比較を図 267-7 に示す。150A 領域および200A 領域で約 1/10 まで低減することが可能となっている。

アークスタートの初期短絡時にワイヤを逆走し、ワイヤと母材間に隙間を作り出してアークを発生させるため、スタートミスも非常に少ない。

また、初期短絡直後で溶融池が形成できるまで十分入熱が加わっていない状態でも、短絡開放を確実にし、スパッタ発生量を最小限に抑制できる。

とくに、スタート箇所が多い連続タック溶接では、スパッタ低減効果を最大限発揮できる。

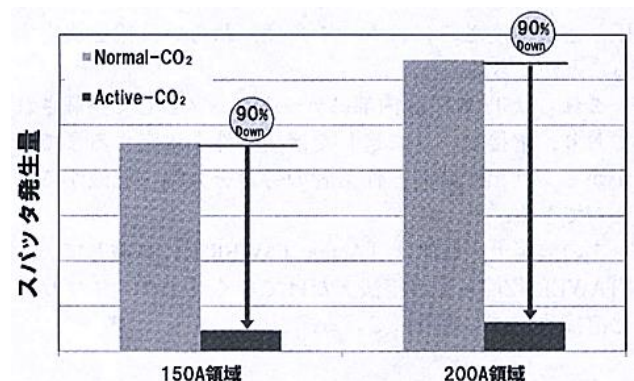


図 267-7 アークスタート時のスパッタ発生量

③ トーチ姿勢に対する裕度向上

*トーチ角度が大きく変化した時のスパッタ低減効果を図 267-8 に示す。

後退角45度から面直、そして前進角45度までトーチ角度を変化させていった時のスパッタ発生量である。

横軸にトーチ角度、縦軸に1分間あたりのスパッタ発生量を表わしている。

とくに、トーチ角度が大きく変化した時でも、従来に比べ、スパッタ発生量を大幅に少なくすることができる。よって、ワークや治具への干渉により思い通りのトーチ姿勢が取れない場合にもスパッタ発生量を最小限に抑制することができる。

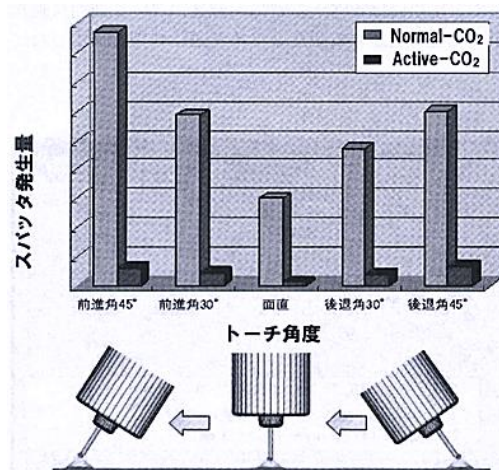


図 267-8 トーチ姿勢によるスパッタ発生量

④ 段差乗越え時などに起きる突き出し長変化に対する裕度向上

＊極端な段差を設けた場合にもスパッタ低減効果がある。

これまでの Normal-CO₂ 溶接法では、段差の乗り越えや段差を下りる場合には突き出し長が急激に変化するため、アークが乱れやすい。しかし、Active-CO₂ 溶接法では、アーク状態に応じてワイヤを正送・逆送させ、緻密に送給制御を行うことでアークを乱れにくく、スパッタも殆ど発生しない。

よって、仮付けやワーク形状により段差を乗り越えなければならない場合にも、スパッタ発生量を最小限に抑制することができる。

筆者コメント；

アクティブ溶接法の効果としてP社は4項目を挙げた。そのなかで、定常溶接時のスパッタ抑制はもちろんのこと、アークスタート時のスパッタ低減についてもその効果が大きいことを示している。たいへん結構なことであります。

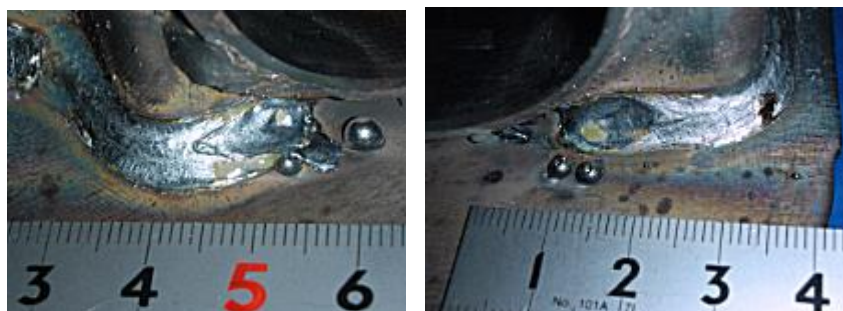


図 267-9 CO₂ 溶接におけるトーチ前進角の異常による大粒（含む小粒）スパッタの多発事例

ここで筆者が着目したいのはトーチ姿勢によるスパッタ低減効果です。

かって、小生のお客様で治具との関

係で任意にトーチ角を調整できず、やむなく大きな前進角を取らざるを得なくなり図 267-9 にみるような大粒および小粒の多量のスパッタ発生に悩まされている事例に出遭いました。当時としては対策を示すことができず悔しい思いをしました。このようなトーチ角度には、アクティブ溶接法は効果を発揮できるものと推定できます。

また、段差乗越え時などに起きる突き出し長変化に対する裕度向上についても、仮付け後の溶接、パイプの前層ビードへのラップ溶接、パイプ内へのスパッタ混入有無判定の異音検査など対応ケースは多々あります。いずれのケースにも、最高のスパッタ低減とアーク安定性保持を保証できる正送・逆送システムとそれらに適正な電流波形制御が一体となって効果を発揮することで、一層の普及を期待したい。

次話では、文献 P-7 に掲載されているアクティブ溶接法のシステム構成について触れるとともに、2018 年頃に P 社のスーパーアクティブ溶接法により溶接した場合の電流・電圧波形を測定したことがあり、参考までにそれらの概要を記し、測定波形結果についてコメントを付記します。

以上。