

特集：低スパッタマグ溶接～溶滴移行形態の新しい制御方法～

新溶接電流波形制御を用いた
炭酸ガスアーク溶接の低スパッタ化

パナソニック コネクト株式会社
野口 昂裕

1. はじめに

炭酸ガスアーク溶接は低コストで高品質な溶接法として一般的に広く用いられている。炭酸ガスアーク溶接の課題としてスパッタの飛散やワークへの付着（図1、図2）が知られており、スパッタ低減はワーク品質の向上や後工程による除去作業などの作業時間を短縮する上で重要となる。炭酸ガスアーク溶接で発生する主なスパッタの形態は、a) 短絡期間からアーク期間に切り替わる短絡開放時のスパッタ、b) アーク期間における微小短絡時のスパッタが知られている。これらのスパッタ低減策として、溶接電流波形制御が開発されている。この溶接電流波形制御により、小電流域で使用される短絡移行による溶接では、スパッタ発生の大部分を占める a) を防ぐ事で大幅な低減を達成している。

一方、中、大電流域で一般的によく用いられるグロービュール移行による炭酸ガスアーク溶接では、この溶接電流波形制御を適用してもなお b) が発生しやすく問題視されている。本稿では、スパッタ飛散量を少なく溶接できる短絡移行の溶接電流波形制御をグロービュール移行の電流域へと展開したのでそれについて報告する。



図1 スパッタ飛散状況

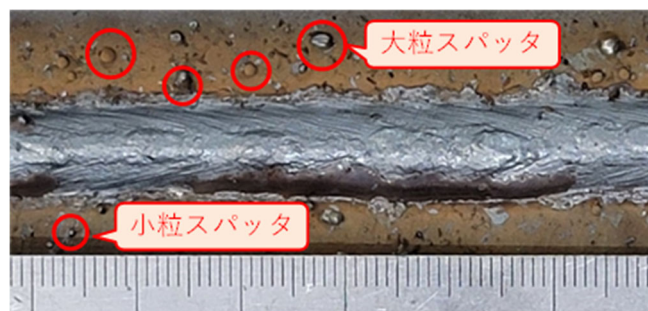


図2 ワークのスパッタ付着状態

2. 炭酸ガスアーク溶接のスパッタ低減に関する従来知見と課題分析

2.1 従来の溶接電流波形制御

図3に短絡移行の電流域で用いてきた従来の溶接電流波形制御¹⁾の模式図を示す。溶接が短絡期間からアーク期間に切り替わるタイミングでワイヤ先端のくびれを検出し、電流を急峻に低下させる事で、アーク期間に切り替わる時に発生するスパッタを低減する。その後、重畳電流を出力し、アーク長を確保する事で、溶接を安定させる制御である。本稿では電流を急峻に低下させた後、逆に急峻に上昇させる電流をそれまでの電流に重畳させる形である事から重畳電流と呼ぶ。

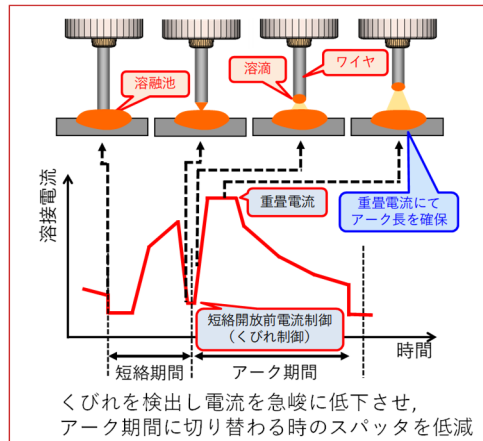


図3 従来溶接電流波形 模式図

この従来の溶接電流波形制御をグロービュール移行で用いると、アーク期間中に2つの課題が生じる(図4)。1つ目は微小短絡による小粒スパッタである。溶融池が不規則に振動する為、ワイヤ先端で成長させた溶滴と母材に形成した溶融池の距離が近づいた時に、これらが接触し、小粒のスパッタとなって飛散する。2つ目はアーク反力による大粒スパッタである。炭酸ガスを用いるとガスの組成による吸熱反応によって生じるアーク反力によってワイヤ先端で成長させた溶滴が吹き飛ばされ、大粒のスパッタとなって飛散する。つまり、従来の短絡移行の溶接電流波形制御ではアーク期間中の低スパッタ化には不十分である。

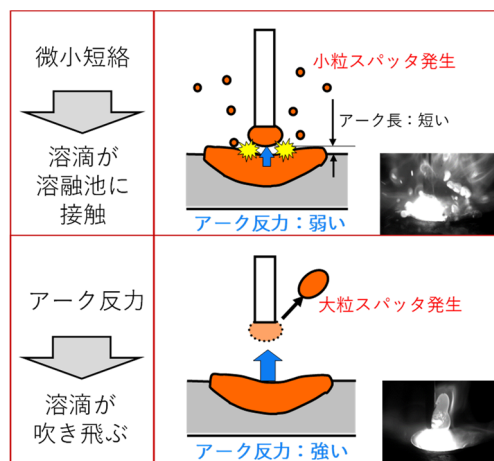
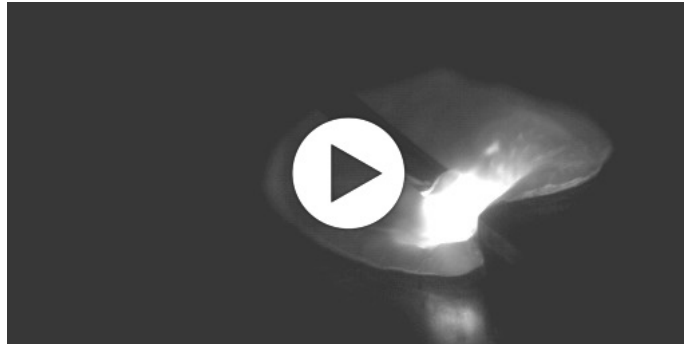


図4 アーク期間中の課題

2.2 課題分析

グロービュール移行のスパッタ発生を分析(もしくは解決)するために、従来の溶接電流波形制御を用いた時のアーク期間中の溶接現象を高速度カメラで撮影した。結果を動画1に示す。振動によって

溶融池とワイヤ先端の溶滴が不安定な状態で接触する。つまり微小短絡してスパッタになる事がこの動画から確認できる。



動画 1 従来溶接電流波形制御

図 5 に動画 1 から抜粋した画像を、図 6 に発生している現象の模式図を示す。これによりアーク発生後の溶融池の振動がスパッタ発生につながる事を解明した。現象を分析すると、アーク期間にて①に示すように重畳電流を出力後、アーク圧力が溶融池を強く押し、大きく溶融池を振動させる。その後②に示すように、溶融池は広がった反動から戻ろうとして盛り上がるように動作する。そして③に示すように、ワイヤ先端で成長した大粒の溶滴と溶融池が接触（微小短絡）し、スパッタとなって飛散する。よって、本稿ではアーク期間中の溶融池の振動に着目し、スパッタ飛散の低減方法を提案する。

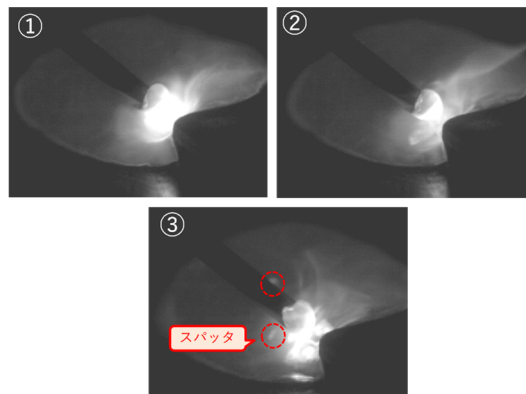


図 5 従来溶接電流波形制御 撮影画像

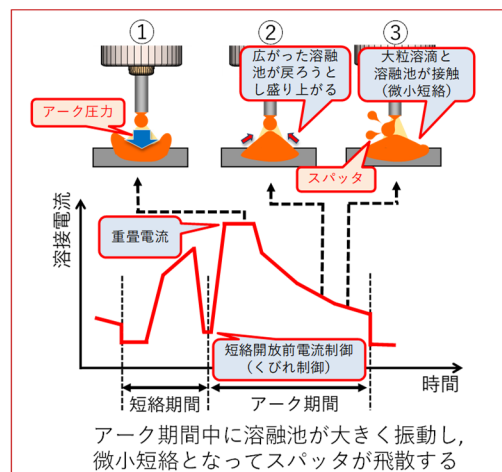


図 6 従来溶接電流波形制御 模式図

3. 新溶接電流波形制御

重畳電流を2回出力する事により、アーク期間中の溶融池の振動を抑制する新溶接電流波形制御を考案したのでこれについて説明する。

3.1 スパッタ低減原理

図7に新溶接電流波形制御のスパッタ低減の原理を模式図で示す。アーク圧力やアーク反力を現象に合わせて最適化するのがポイントである。

アーク期間にて1回目の重畳電流を出力しアーク長を確保する。これにより一気にアーク圧力を増加させる事で溶融池を押し下げる事により、ワイヤ先端の溶滴と溶融池間での微小短絡を抑制する。次に、ワイヤ先端の溶滴と溶融池が接触しない程度に一旦急峻に電流を低下させる事でアーク反力を低減させる。ワイヤ先端の溶滴に作用するアーク反力を減少させる事で溶滴が大粒スパッタとなって飛散するのを抑制する。そしてアーク長を確保する為、2回目の重畳電流を所定時間改めて出力する。これにより、アーク圧力を増加させ、溶融池の振動を抑制する事により、ワイヤ先端の溶滴と溶融池の不規則な接触が原因の微小短絡を抑制する。

このように溶接電流波形を制御する事で、微小短絡による小粒スパッタとアーク反力による大粒スパッタの低減を両立させた溶接を実現する事ができる。

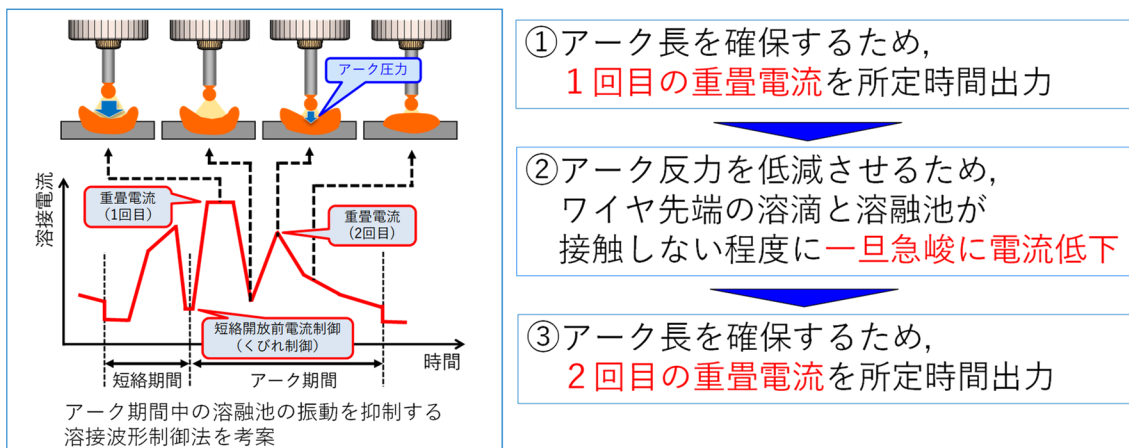


図7 新溶接電流波形制御 模式図

3.2 溶接現象観察方法

考案した新溶接電流波形制御の効果を確認する為、図8に示す高速度カメラを用いた測定系と表1の測定環境、表2の実験条件にて溶接現象を観察する。溶接評価は溶接時のスパッタ発生量と溶接後の溶込み形状にて従来溶接電流波形と新溶接電流波形それぞれで溶接を実施し、比較する事で評価する。

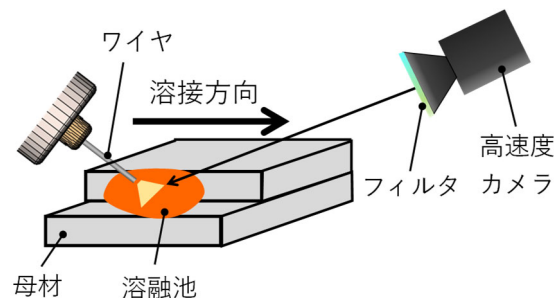


図8 溶接現象観察 測定系

表 1 測定環境

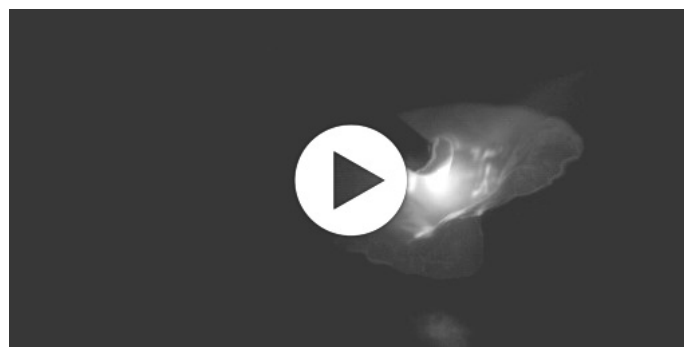
カメラ	フィルタ
FASTCAM NEO IMAGER (フォトロン)	950nm ハイパス
撮影速度 (フレームレート)	シャッター速度
4000fps	125usec

表 2 実験条件

母材	板厚	継手
SPHC(黒皮)	4.5mm	重ね
シールドガス	ワイヤ径	溶接ワイヤ
CO ₂	1.2mm	JIS Z 3312 YGW12
溶接電流		
200A/250A		

3.3 溶接現象観察結果

新溶接電流波形制御を用いた時のアーク期間中の溶接現象を高速度カメラで撮影した結果を動画 2 に示す。重畳電流を 2 回出力している事が確認できる。これにより、非常に短いアーク長でも熔融池の振動を抑えて微小短絡を抑制できるため、微小短絡とアーク反力、2つのスパッタ飛散要因を抑制できる事が確認できた。また、図 9 に動画から抜粋した画像を、図 10 に発生している現象の模式図を示す。現象に合わせてアーク圧力とアーク反力を最適化する事ができた。



動画 2 新溶接電流波形制御

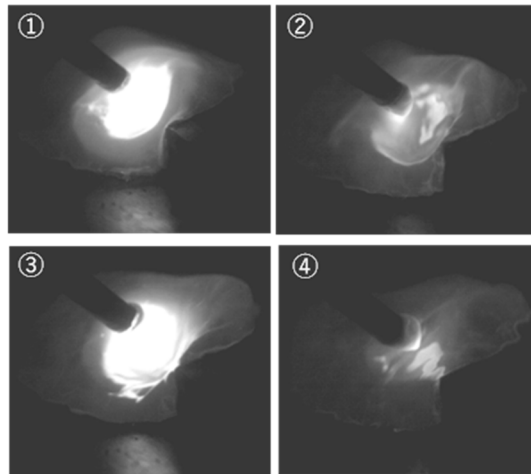


図 9 新溶接電流波形制御 撮影画像

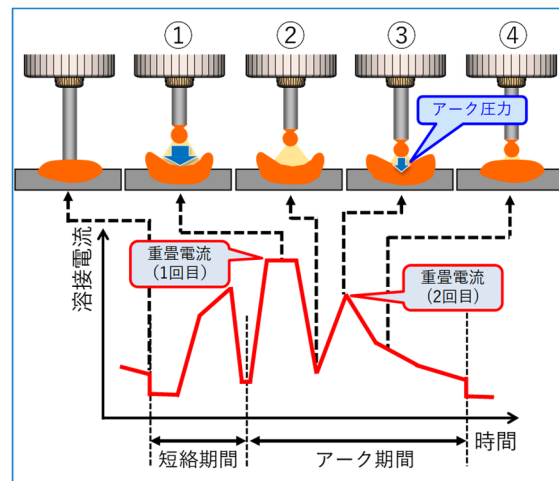


図 10 新溶接電流波形制御 模式図

3.4 実験結果

図 11 にスパッタ飛散量、図 12 にビード外観、図 13 に溶込み形状、それぞれ従来溶接電流波形制御と新溶接電流波形制御の比較結果を示す。スパッタ飛散量は 200A で 72%、250A で 68%低減できる事を確認（図 11）し、ビードの周りにもスパッタ付着量が減っている事が確認（図 12）できる。また、従来溶接電流波形制御と同等の鍋底型の溶込み形状が新溶接電流波形制御でも得られる事が確認できた。

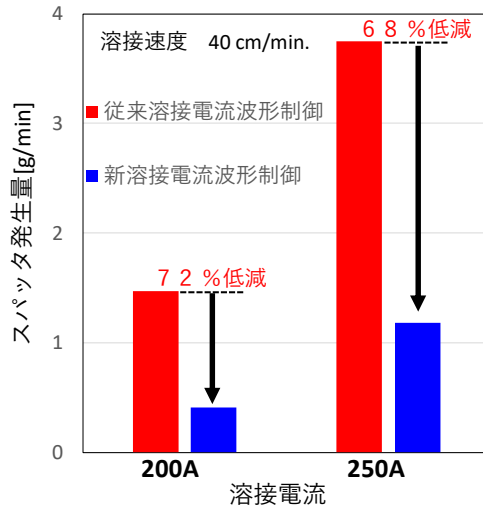


図 11 スパッタ飛散量比較

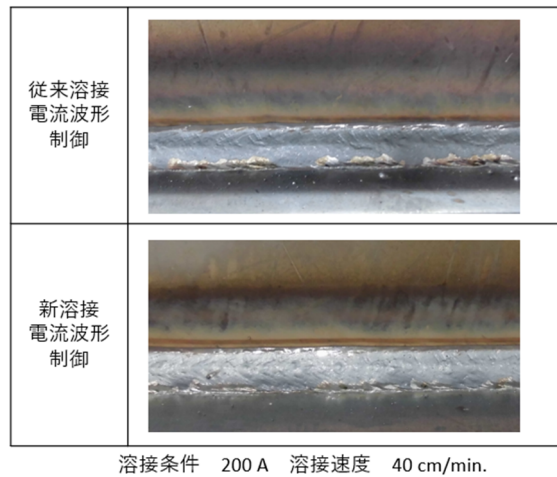


図 12 ビード外観比較

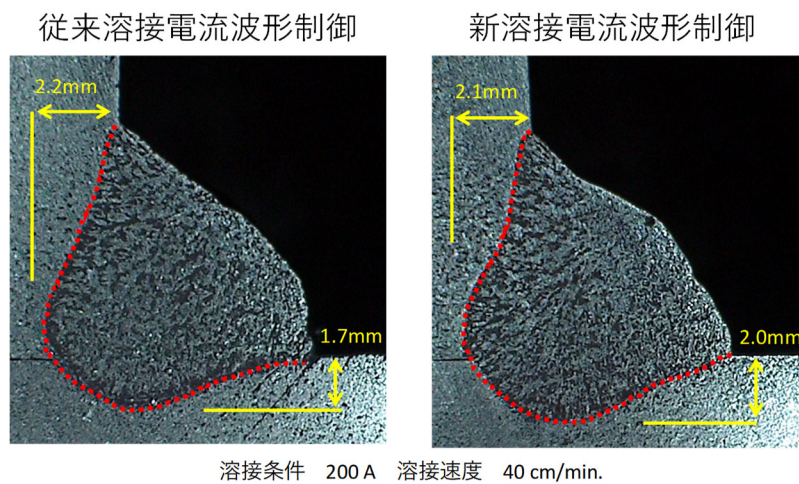


図 13 溶込み形状比較

4. おわりに

本稿では、中・大電流域での炭酸ガスアーク溶接のスパッタ低減を目的に、グロービュール移行においてアーク期間中の 2 回目の重畳電流により溶融池の振動を低減し、溶滴と溶融池の微小短絡を抑制させる事に着目した新たな溶接電流波形制御について紹介した。新溶接電流波形制御では、従来溶接電流波形制御より溶融池の振動を抑制できることを確認し、これにより低スパッタ化を図りつつ、従来溶接電流波形制御と同等の溶込み形状が得られる事を確認した。新溶接電流波形制御を用いる事で、短絡移行溶接電流領域からグロービュール移行溶接電流領域まで、幅広い電流域での炭酸ガスアーク溶接低スパッタ化が実現できる事を確認した。今後は更なる大電流領域における炭酸ガスアーク溶接の低スパッタ化の実現に向け、開発に取り組んで参りたい。

参考文献

藤原：最近のスパッタ低減溶接プロセス，溶接技術 Vol.57（2009.01）

<略歴>

野 口 昂 裕 （のぐち たかひろ）

2012 年 広島大学大学院 先端物質科学研究科 修士課程前期修了
2012 年 パナソニック溶接システム株式会社入社 技術グループ配属
2017 年 同社 主任技師
2020 年 パナソニック コネクト株式会社 に社名変更
現在に至る