

## 極低スパッタアーク溶接法の開発

羽 場 敬 一

### 1 はじめに

自動車用ショックアブソーバ（以下SA）（図1）は、作動油を内包する外筒と、作動油中にて減衰力を発生させるピストンを締結したピストンロッドを主要部品として構成されている。SAは車種ごとの多様な形状に対応するため、車体取付のためのナックルブラケットやコイルばねを支えるためのスプリングガイドなどのプレス部品をパイプ状の外筒に接合している。この接合には多くの溶接技術が使われており、KYBの中でもコア技術の一つに位置付けられている。

しかし、主な溶接加工法の一つである、アーク溶接では加工中に発生するスパッタと呼ばれる金属粒が飛散し、製品に付着して不具合を引き起こしたり、火災リスクの元となる。そこで溶接中のスパッタ発生量の極少化を目指して、新溶接法をSA加工工程に適用すべく開発を行った。本報では、この開発について紹介する。

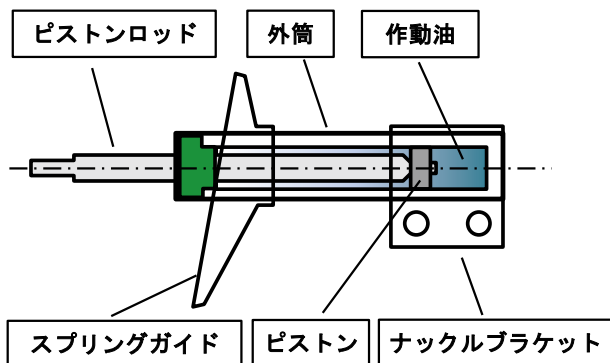


図1 ストラット型SA概略図

### 2 対象部品と工程

- ①対象部品：ストラット型SA用外筒，ナックルブラケット，スプリングガイド
- ②対象工程：溶接工程

### 3 スパッタに関するこれまでの取組と問題点

従来、SA部品の溶接には、シールドガスに炭酸ガスを用いるCO<sub>2</sub>溶接を行っていた。この工法では、溶けたワイヤを被溶接物に移行させる溶滴移行の形態が短絡移行であり、電磁ピンチ力<sup>注1)</sup>によってワイヤの短絡を解放する際にスパッタが多く発生する（図2）。一方、シールドガスにある割合でアルゴン（以下Ar）を混合したMAG溶接では、溶接電流300A以上で溶接するとスプレー移行となり、スパッタが激減する（図3）。

注1) 電流と磁力によりワイヤの短絡部分の中心方向に働く力

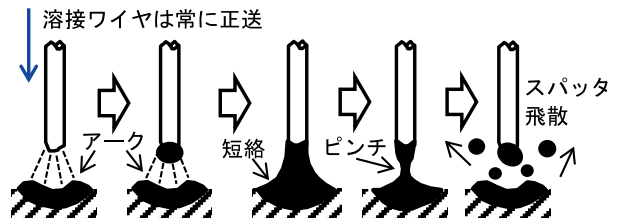


図2 短絡移行模式図（CO<sub>2</sub>溶接）

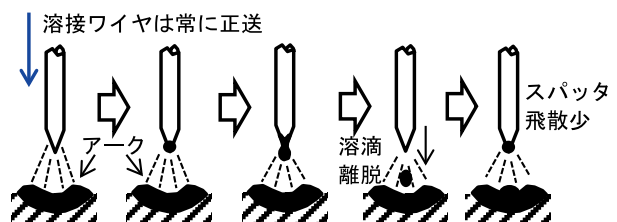


図3 スプレー移行模式図（MAG溶接）

また、電流出力波形をパルス状にすることで、実効電流が低い領域でもスプレー移行を実現するパルスMAG溶接法がある。そこで、当社でもスパッタ低減が図れる工法として、パルスMAG溶接をストラット型SAの溶接に展開してきた。ただし、このパルスMAG溶接でも溶接開始時と終了時は短絡移行になり、スパッタの発生が避けられない。また、SAの外筒は直径50mm程度であり、これに接合する

ナックルブラケットやスプリングガイドなどの必要溶接長は1カ所あたり30mmから150mm程度、時間にして数秒から十数秒程度である。1つの製品を加工するために頻繁に溶接開始、終了を繰り返しており、スパッタが生じる機会も多い。このため、溶接工程は完全隔離の専用工程とする必要があり、加工ラインのレイアウト上での制約事項となっている。

また、溶接機の設備内も加工する製品や設備可動部へのスパッタ付着防止のため、多くの遮蔽板などを設置する必要がある。

## 4 極低スパッタ溶接法の選定

### 4.1 対象工法について

上記の課題を解決するために、スパッタ発生量が極小化できる新しい溶接法の評価を行った。適用を検討した工法は「ホットワイヤTIG溶接」と「ワイヤ正逆送アーク溶接」である。

「ホットワイヤTIG溶接」法は、スパッタレスでの溶接が可能だが、加工速度が遅いTIG溶接<sup>注2)</sup>に通電加熱したワイヤの溶融池への供給を組合わせた工法である。これにより通常のアーク溶接同等の溶接速度及びワイヤ溶着量を確保しつつ、スパッタレスを狙った工法である(図4)。

「ワイヤ正逆送アーク溶接」法は、ワイヤ正送で短絡移行したのちの短絡開放をワイヤの逆送により機械的に行う工法である。これにより、電磁ピンチ力での短絡開放時のスパッタ発生を回避しつつ安定した溶滴移行を狙った工法である(図5)。

注2) 電極にタングステンをを用いたアーク溶接の一種



図4 ホットワイヤTIG溶接概略図

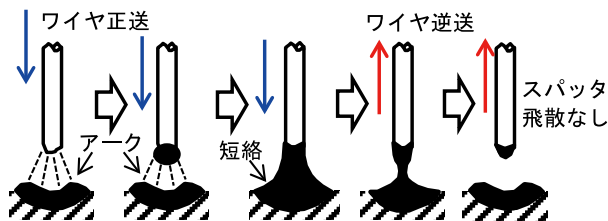


図5 ワイヤ正逆送アーク溶接概略図

前者は広島大学材料接合工学研究室の研究設備を、後者は市販の溶接メーカーの溶接機3種類を用いて比

較検証トライを実施した。

### 4.2 シールドガスについて

アーク溶接では、溶融金属を大気から遮蔽することと、アークを安定させる目的でシールドガスが用いられる。現状、SA部品の溶接に適用しているパルスMAG溶接では、スプレー移行を実現し、スパッタ量を抑制するために、Ar80%と炭酸ガス20%の混合ガスを用いている。

また、シールドガスは主にその比熱の差の影響で溶接時の溶け込み形状に差が生じる特性がある。一般的にArの比率が高ければ溶け込みは浅く、炭酸ガスの比率が高いほど溶け込みは深い(図6)。

	シールドガス成分	
	CO <sub>2</sub> 100%	Ar80%-CO <sub>2</sub> 20%
すみ肉溶接断面		
電流250A		
溶接速度100cm/min		

図6 シールドガスによる溶け込み形状の差

「ワイヤ正逆送アーク溶接」法は、ワイヤへの通電による電磁ピンチ力での短絡開放ではなく、機械的なワイヤ逆送による短絡開放形態をとる。このため、総じて入熱量が低く、溶け込み深さが浅くなりがちである。このため、「ワイヤ正逆送アーク溶接」法と混合ガスの組合せでは溶け込み深さの確保が難しい。

一方、「ワイヤ正逆送アーク溶接」法は、溶滴移行を機械的に行うため、シールドガスにArを混合しなくてもスパッタ発生量に影響がない。むしろ、炭酸ガス100%で施工したほうが溶け込み深さも深くなり、スプレー移行しない特性から高電流域まで使用でき、SAなどの自動車足回り強度部品の溶接に好適と考えられる。そこで、今回の工法選定では炭酸ガス100%のシールドガスを用いて溶接を行うこととした。

### 4.3 比較選定の結果

比較選定を行った工法の中では、「ホットワイヤTIG溶接」法がスパッタの発生が皆無であり、スパッタレスという点では最も優れていた(図7)。しかし、条件設定項目が多く、また互いに影響するため最適条件の導出が難しいこと、溶け込み深さが浅く、シールドガス変更や熱源追加などの対策が必要なこと、トーチ周りが複雑で大きく実製品の狭い部分の溶接には専用トーチの開発が必要、といった課題があっ

た。このため、SAの溶接工法としての採用は見送った。「ワイヤ正逆送アーク溶接」法については、トーチ周りはほぼ現状溶接工法と同等の構造・寸法であり、実製品溶接に際しても問題はない。また、溶け込み深さや条件余裕度についても、改善は必要であるが許容できるレベルにあることが確認できた。

要素テストおよび実製品でのテストを通して、各社の工法で正逆送の制御の違いを確認し、溶接品質の調査を行った。比較検証の結果、SAの溶接に必要な溶接速度、ワイヤ溶着量、溶け込み深さといった溶接品質とスパッタ量の低減が高いレベルで実現できた溶接機を選定した。

選定した溶接機の要素実験段階でのスパッタ発生量は、現状溶接法の1/20の少なさであった。

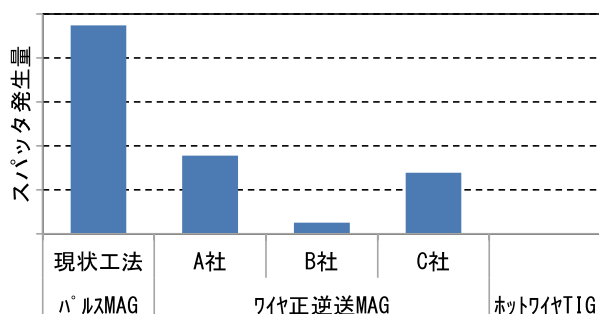


図7 要素テストでのスパッタ発生量比較結果

## 5 極低スパッタ溶接法の開発

選定した溶接法を用いて、溶接対象となる様々な形状の部品に適用でき、量産時のバラツキを許容できる工法とすべく、開発を行った。以下にその開発内容の一部と結果を紹介する。

### 5.1 溶接条件の適正化について

今回採用した「ワイヤ正逆送アーク溶接」法は、その原理上入熱量が少なくなるため、シールドガスを炭酸ガス100%とすることで溶け込み深さの向上を狙っている。しかし、従来溶接法と同じ溶接姿勢、トーチ角度では狙い位置ずれなどのバラツキに対する許容度、ロバスト性が十分確保できなかった。そこで、各部位の溶接について、被溶接物の姿勢から見直すこととした。溶接条件を検討する際には、溶接時の電流・電圧などの出力波形の計測と併せて、高速度カメラを用いて溶接プロセスを可視化し、解析を行った(写真1)。

これにより、溶接する部位の形状に適したトーチ姿勢や溶接のスタート、終了条件を確実に適正化することが可能となり、溶接品質を確保しつつスパッタ量の低減が達成できた。また、従来溶接法と同等のロバスト性の確保を達成し、SA加工工程に適用

できる溶接技術として確立できた。

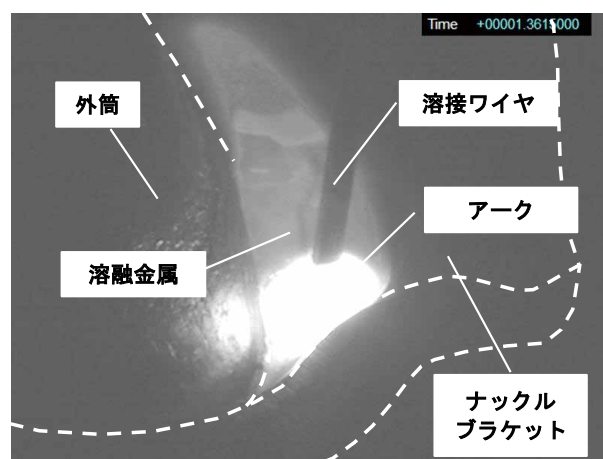


写真1 溶接プロセス可視化事例

### 5.2 溶接ワイヤの選定について

シールドガスを炭酸ガス100%とすることによる弊害の一つにスラグ<sup>注3)</sup>量の増加がある。溶接中はシールドガスの炭酸ガスがCOとO<sub>2</sub>に分解し、溶融金属中に酸素が取り込まれる。取り込まれた酸素分を除去するため、ワイヤに予め添加したSiやMnといった脱酸成分と結合させ、SiO<sub>2</sub>やMnOをスラグとして溶融金属の表面に浮かび上がらせることで、溶融金属中の余分な酸素を取り除く(写真2)。

注3) 溶接ビード表面に生じる非金属物質

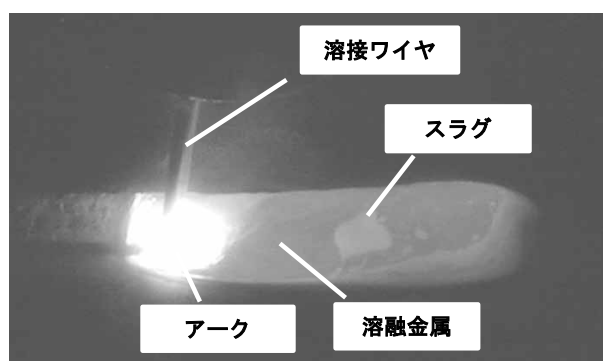


写真2 溶接中のスラグ発生状況

スラグは溶接金属の強度を保つために必要不可欠ではあるが、ビード上にガラス状の薄膜として残留するため、後工程の電着塗装において、塗料の密着不具合の原因となり得る(写真3)。

市販の溶接ワイヤは強度要件だけでなく、溶接工法別に多くの種類が用意されている。含まれる脱酸剤の種類や量も様々であり、スラグの出方も様々である。そこで、数種類のワイヤを用いて溶接を行い、スパッタ量だけでなくスラグ量、スラグの出方の調査を行い、絞り込みを行った。更に、実製品にて溶接を行い、実際の量産工程で塗装テストを行い、ス

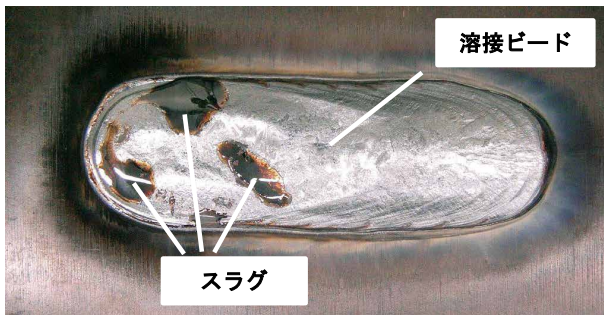


写真3 溶接ビード上に残留するスラグの状況

スラグの出方が問題とならないワイヤを選定した。

### 5.3 開発結果について

開発の結果、実製品を溶接した際のスパッタ発生量は従来工法であるパルスMAG溶接比で約1/10とケタ違いのレベルを達成することができた。要素テスト段階と比較してスパッタ低減量に差が生じたのは、後述の複数台での同時溶接の影響である。この極低スパッタ化により、当該工法を採用した新ラインでは、溶接エリアを隔離せず、他の工程と並べてのレイアウトが可能になり、設備のコンパクト化が達成できた。

## 6 残された課題について

実ラインではマシンサイクルタイム短縮のため、複数個所同時溶接が必要である。この同時溶接時にスパッタ量が増加してしまう問題点が発生した。理由は、複数台での同時溶接時にお互いの電源制御が干渉してしまい、正逆送制御に乱れが生じるためである。この問題点については電源ケーブルの接続方法の見直しなどで多少の改善はみられたが、抜本的な解決には電源制御の適正化が必要である。そこで、溶接機メーカーに不具合現象や波形データを提示し、過干渉を抑える制御方法の開発を依頼中である。

## 7 おわりに

本報で開発した溶接法で、大幅なスパッタ量の低減を達成し、新ラインへの量産展開ができた。従来技術で問題となっていた製品へのスパッタ付着不具合や、火災リスクの低減が図れたと感じている。今後はこの技術を多くの溶接工程に応用し、安全で高品質な生産ラインの実現に貢献したい。最後に、これまでの実験や量産導入で御指導、御協力頂いた関係者の方々に、厚くお礼申し上げます。

## 著者



羽場 敬一

1994年入社。技術本部生産技術研究所第一研究室主幹研究員。溶接加工の研究開発に従事。