

マグ溶接におけるソリッドワイヤとフラックス入りワイヤのスパッタ量の比較

居村 篤志* 増子 夢哉** 三輪 岳志*** 藤井 信之*

Comparison of the amount of spatter of the solid wire and the flux cored wire in MAG welding

Atsushi Imura* Yumeya Masuko** Takeshi Miwa*** Nobuyuki Fujii*

In MAG welding, the solid wire and the flux cored wire are used. About the amount of spatter which occurs in welding, if a solid wire is compared with a flux cored wire, it is known that there are large amounts of spatter of a solid wire. And, this matter is described in various textbooks and reference books.

However, when the detailed experiment was conducted, a completely different result was obtained. When CO₂ gas and the welding current 180A are used, the amount of spatter of the solid wire was about 35% of the flux cored wire. And, when mixed gas (Ar-80%, CO₂-20%) and the same welding current, the amount of spatter of the solid wire was about 25% of the flux cored wire.

Keywords: MAG welding, solid wire, flux cored wire, spatter

1. はじめに

わが国では年間約 30 万トンの溶接ワイヤが生産されている。その内の約 70%がマグ溶接 (MAG: Metal Active Gas Arc Welding) 用ワイヤである。この溶接では、ソリッドワイヤとフラックス入りワイヤが使われている。

ソリッドワイヤは、全体が金属だけでできているワイヤであり年間約 9 万トン、フラックス入りワイヤは、ワイヤの内部にアーク安定剤、合金添加剤、脱酸剤などが充填されたワイヤで年間約 12 万トンが使用されている⁽¹⁾。そして、両者を比較した場合、以下のことが特徴として

挙げられる⁽²⁾。(i)フラックス入りワイヤのスパッタ量が少ない⁽³⁾、(ii)フラックス入りワイヤの溶着速度が速い、(iii)フラックス入りワイヤのビード外観が優れている、(iv)フラックス入りワイヤのヒューム発生量が多い。

しかし、目的を異にした研究の中で、“ソリッドワイヤのスパッタ量が多い”ことに疑問を呈する結果が確認された。そこで、複数の両ワイヤを取り上げ、同一条件のもとで使用し、スパッタ及びスラグをできる限り精確に捕集し、その量、サイズについて検証を行った。その結果について報告する。

* 職業能力開発総合大学校
** 株式会社 レッドバロン
*** 職業能力開発総合大学校
機械制御システム工学科 4 年

Polytechnic University
RED BARON Co., Ltd.
Polytechnic University, Undergraduate
Course of Mechanical and Control System
Engineering

2. 実験概要

2.1 実験方法

捕集装置については WES 2807(2010 年)に基づき、市販の工具箱を改造し作製した⁽⁴⁾。スパッタ及びスラグの捕集容器を図 1 に示す。

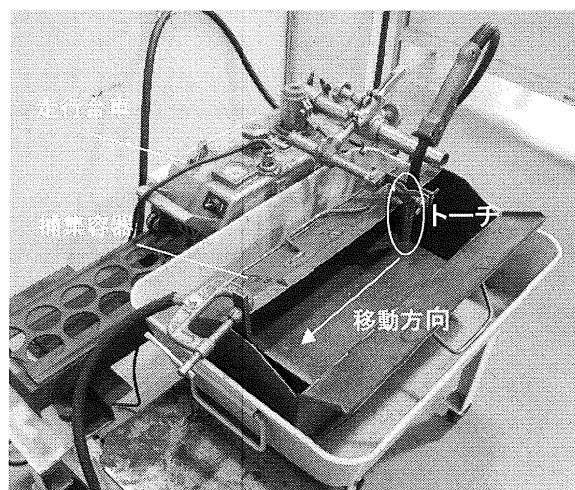


図 1 スパッタ及びスラグの捕集容器

捕集容器の内部に $t30 \times 380 \times 150$ mm (SS400) の鋼板を設置し、鋼板上に 3 本のビードを置いた。1 本のビード作製時間は 1 分である。溶接トーチは捕集容器上部に開けられた幅 30mm の隙間を介して捕集容器内に入れられた。溶接トーチ挿入後の 30 mm の隙間については牛革シートで覆い、捕集容器外へのスパッタ及びスラグの飛散を防いだ。また、溶接トーチは自動走行台車に固定され、移動させられた。

2.2 実験条件

溶接機にはダイヘン製 DP350 を使用し、パルス無し直流で溶接ビードを置いた。使用した条件を表 1 に示す。

表 1 溶接条件

溶接電流		180A
シールドガス流量	(CO ₂ 100%)	150/min
	(Ar80%, CO ₂ 20%)	200/min
ワイヤ突出し長さ, アーク長		12mm, 3mm
溶接速度		250mm/min
溶接姿勢, トーチ角度		下向き, 垂直

今回使用した $\phi 1.2$ mm のワイヤの短絡移行での適正溶接電流の範囲が、約 120A から約 240A とされており、確実な短絡移行の状態を得るため、溶接電流を適正範囲の中間の 180A とした。

2.3 溶接ワイヤ

ソリッドワイヤ 4 種類 ($\phi 1.2$)、フラックス入りワイヤ 3 種類 ($\phi 1.2$)、計 7 種類を使用した。ソリッドワイヤ 4 種類を S1, S2, S3, S4 とする。また、フラックス入りワイヤ 3 種類を F1, F2, F3 とする。使用したワイヤの規格を表 2 に示す^{(5), (6)}。使用したワイヤの成分を表 3 に示す。

表 2 ワイヤの規格

S1	JISZ3312 YGW12
S2	JISZ3312 YGW11
S3	JISZ3312 YGW12
S4	JISZ3312 G49A2M16
F1	JISZ3313 T49J0T15-1CA-U
F2	JISZ3313 T49J0T1-1CA-U
F3	JISZ3313 T430T1-1CA

表 3 ワイヤの成分

	C	Si	Mn	P	S
S1	0.06	0.84	1.41	0.011	0.010
S2	0.08	0.51	1.10	0.010	0.010
S3	0.07	0.49	1.02	0.008	0.016
S4	0.08	0.60	1.01	0.010	0.006
F1	0.08	0.49	1.53	0.013	0.013
F2	0.05	0.45	1.35	0.013	0.009
F3	0.05	0.46	1.33	0.015	0.010

2.4 スパッタおよびスラグの捕集方法

溶接終了後、(i) ビードを置いた鋼板上、トーチノズル内、捕集容器内に飛散したスパッタ、スラグを刷毛、ラジオペンチ、ピンセットを使

い、ごみなどの異物が混入しないように注意し収集した。(ii)次に、チップングハンマ、たがね、スクレーパなどを使い鋼板上に付着したスパッタ、スラグを収集した。スパッタの定義では、飛散したスラグはスパッタに含まれる⁽⁷⁾。よって、(i)で収集したものは、全てスパッタとして扱った。(ii)で収集したものについては、目視によって、スパッタとスラグに分別した。(iii)同時に、ビードを覆ったスラグはスパッタには含まれないので、F2及びF3では、自然剥離したスラグを、破壊することなく慎重に収集した。図2は自然剥離したスラグである。

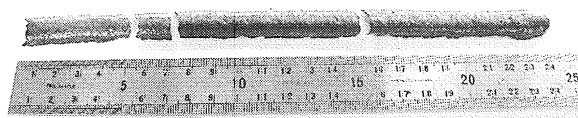


図2 自然剥離したスラグ

3. 実験結果及び考察

鋼板上に置かれた3本のビードを図3に示す。スパッタ、スラグ捕集済の試験片である。ビード長さは約250mmである。

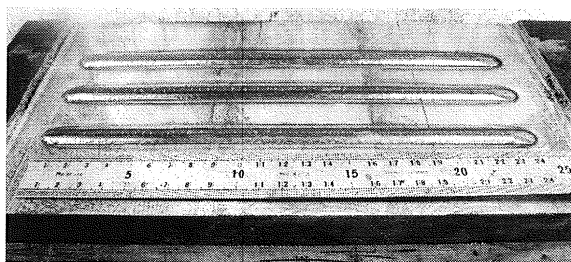


図3 鋼板上に置かれたビード

表4と図4に炭酸ガス使用時のスパッタ発生量(g/min)を示す。表及び図中の“なし”とは、全てのふるいを通した後に残った質量のことである。

表4 炭酸ガス(CO₂:100%)使用時のスパッタ発生量(g/min)

ふるいの目(mm)	S1	S2	S3	F1	F2	F3
0.84	0.05	0.16	0.17	0.68	0.21	0.27
0.36	0.12	0.17	0.16	0.31	0.30	0.29
0.12	0.27	0.54	0.50	2.00	0.64	0.59
なし	0.21	0.14	0.18	1.90	0.41	0.35
合計	0.65	1.01	1.01	4.89	1.56	1.50

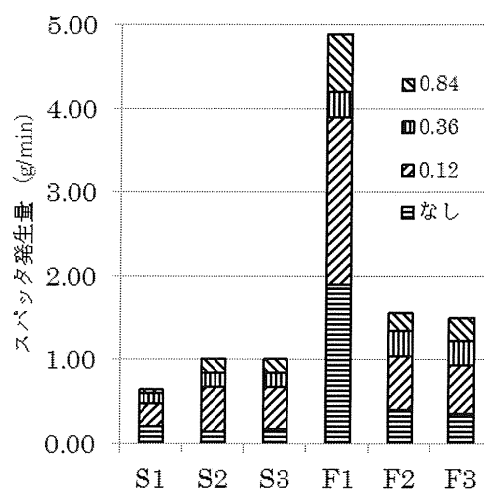


図4 炭酸ガス(CO₂:100%)使用時のスパッタ発生量(g/min)

全体にわたって、ふるいのサイズ0.12及び“なし”における計測量が全スパッタ量の60～70%程度を占め、特にF1にいたっては、約80%になることが分かる。スパッタは細かいものが多く、目視では定量的に判断することは難しい。

シールドガスに炭酸ガスを使用した場合、溶接電流180Aでは、ソリッドワイヤ(S1, 2, 3)のスパッタ量はフラックス入りワイヤ(F1, 2, 3)のそれよりはるかに少ないことがわかる。ソリッドワイヤについては、200Aから250A程度の電流域で、熔融金属の移行現象が変化することが知られている。炭酸ガスを用い

た 200A 以下の溶接では短絡移行, 250A 以上の電流値の使用では塊状 (グロービュール) 移行である。短絡移行では, 塊状移行のようにワイヤ径よりも大きくなった粒が母材へ移行することがないため, スパッタ径が小さく, 量も少なくなったと考えられる。

表 5 と図 5 に炭酸ガス使用時のスラグ発生量(g/min)を示す。

F1 は自然剥離型ワイヤではないため, 飛散したスラグが多くスパッタとして扱われたと思われる。F2, F3 については, 自然剥離したスラグがスラグ量の 95%以上を占めていることがわかった。

表5 炭酸ガス(CO₂:100%)使用時のスラグ発生量(g/min)

ふるいの目 (mm)	S1	S2	S3	F1	F2	F3
0.84	0.33	0.02	0.39	0.38	0.04	0.08
0.36	0.10	0.25	0.05	0.14	0.08	0.06
0.12	0.05	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02
なし	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
自然剥離	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	3.90
合計	0.48	0.30	0.47	0.56	4.03	4.06

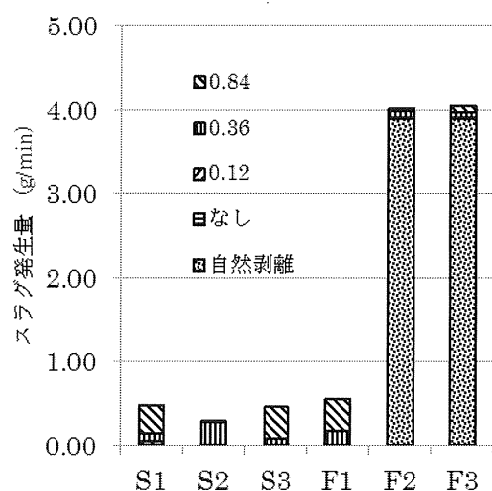


図5 炭酸ガス(CO₂:100%)使用時のスラグ発生量(g/min)

表 6 と図 6 に混合ガス (Ar-80%, CO₂-20%) 使用時のスパッタ発生量(g/min)を示す。F2, F3 については, 混合ガスでの使用には適していないため, 使用しなかった。

表6 混合ガス(Ar:80%,CO₂:20%)使用時のスパッタ発生量(g/min)

ふるいの目 (mm)	S1	S3	S4	F1
0.84	0.01	0.01	0.02	0.12
0.36	0.06	0.02	0.08	0.16
0.12	0.20	0.10	0.30	0.99
なし	0.31	0.21	0.38	1.04
合計	0.58	0.34	0.78	2.31

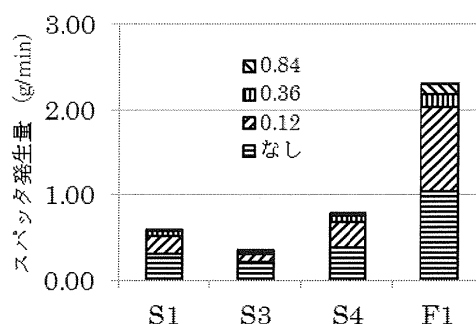


図6 混合ガス(Ar:80%,CO₂:20%)使用時のスパッタ発生量(g/min)

シールドガスに混合ガスを使用した場合, スパッタ量は, 炭酸ガスを使用した時より減少している。しかし, ここでもスパッタの発生量についてはソリッドワイヤがフラックス入りワイヤより少ないことが分かる。さらに, ふるいのサイズ 0.12 及び “なし” における計測量が全体の約 90%と炭酸ガスを使用した時よりスパッタが細かくなっていることが分かる。

混合ガスを使用した場合では, ソリッドワイヤのスパッタ量はフラックス入りワイヤの約 25%である。混合ガス使用時には, 大電流域でスプレー移行となることが知られているが, 短絡移行領域でも溶滴が小さくなるため, スパッ

タ径が小さく、量も減少したと考えられる。

表 7 と図 7 に混合ガス使用時のスラグ発生量 (g/min) を示す。

ここでも F1 は自然剥離型ワイヤではないため、炭酸ガスを使用した時と同様に、飛散したスラグが多くスパッタとして扱われたと思われる。

表7 混合ガス(Ar:80%,CO₂:20%)使用時のスラグ発生量(g/min)

ふり目の目 (mm)	S1	S3	S4	F1
0.84	0.01	0.09	0.03	0.14
0.36	0.01	0.05	0.06	0.02
0.12	0.03	0.02	0.04	0.03
なし	0.00	0.00	0.00	0.00
合計	0.05	0.16	0.13	0.19

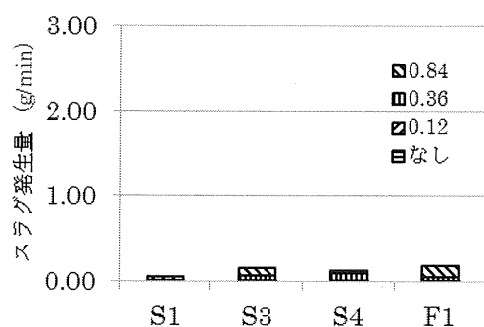


図7 混合ガス(Ar:80%,CO₂:20%)でのスラグ発生量(g/min)

“フラックス入りワイヤに比べソリッドワイヤのスパッタ量が多い”とする根拠に使われている実験例は、200A 以上のものであり、短絡移行の範囲のものは無い。したがって、“ソリッドワイヤのスパッタ量が多い”とする概念は、短絡移行の範囲では該当しないと考えられる。この事象についてはテキスト等で、明確に記述すべきことだと考えている。

4. まとめ

シールドガスに炭酸ガスを使用した場合、溶接電流 180A では、ソリッドワイヤのスパッタ量はフラックス入りワイヤの約 35%であり、混合ガスを使用した場合は約 25%であった。どちらの結果からも、ソリッドワイヤのスパッタ量が多いとする事象を認めることはできなかった。

“ソリッドワイヤのスパッタ量が多い”とする概念は、短絡移行の範囲では該当しないと思われる。

参考文献

- (1) 溶接材料年間出荷量の推移
<http://www-it.jwes.or.jp/statistics/statistics3.jsp> (社)日本溶接協会 溶接情報センター 2011 年 11 月 10 日。
- (2) 接合・溶接技術 Q&A1000 編集委員会: “接合・溶接技術 Q&A1000”, 株式会社産業技術サービスセンター, pp. 719, (1999).
- (3) 職業能力開発総合大学校 能力開発研究センター編: “溶接 [I]”, 職業訓練教材研究会, pp. 27, (2007).
- (4) 日本溶接協会規格: “WES 2807 マグ溶接の全スパッタ量測定方法”, (2010).
- (5) 日本規格協会: “JIS Z 3312 軟鋼, 高張力鋼及び低温用鋼用のマグ溶接及びミグ溶接ソリッドワイヤ”, (2009).
- (6) 日本規格協会: “JIS Z 3313 軟鋼, 高張力鋼及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ”, (2009).
- (7) 日本規格協会: “JIS Z 3001-2 溶接用語—第 2 部: 溶接方法”, (2008).