

短 報

炭酸ガスアーク溶接ヒュームの上昇速度の測定

Measurements of the Ascending Velocity of CO₂ Arc Welding Fume Plumes

小嶋 純

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

Jun OJIMA

National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

キーワード: Ascending velocity, CO₂ arc welding, Push-pull ventilation system, Welding fume

はじめに

炭酸ガスアーク溶接では、高温のアークが熱源となって生じる上昇気流に乗じて大量の金属粉じん（溶接ヒューム）が発生・拡散し、溶接作業者に高濃度の粉じんばく露をもたらす。しかし、溶接では作業の進行に伴いアーク点（ヒューム等の発生源）が常に移動するため、多くの現場では有効な工学的対策の導入が技術的に難しく、ばく露対策は防じんマスク等の呼吸用保護具に頼らざるを得ないのが実状と思われる。近年、新規じん肺有所見者数に占める溶接作業従事者の比率が漸増し、厚生労働省が策定する第7次粉じん障害防止総合対策（平成20-24年）における重点事項に、引き続き「アーク溶接作業に係る粉じん障害防止対策」が加えられているのも、我が国の溶接作業場における粉じん対策がなお一層の進展を要している現実を反映したものであろう。

このような状況に対して、平成19年に独立行政法人労働安全衛生総合研究所がまとめた報告書「粉じん障害防止対策の課題と方向性について」¹⁾では、アーク溶接時の有効な粉じん対策法として、比較的広い換気区域を有し、移動作業にも適用可能なプッシュプル型換気装置（以下、PP装置）の利用を提言している。しかし現行の法規が定めたPP装置の性能要件は、気流の一様性を確保した上で「捕捉面上平均風速を0.2 m/sec以上に保つ」という、多分に大括りかつ最低限の内容であるため、こ

の要件だけで常に十分な排気効果を得ることは難しい。一時に大量発生して立ち昇る溶接ヒュームを確実に捕捉するためには、ヒュームの搬送を担う上昇気流の大きさを勘案して、各場面に最適な風速を検討する必要があると思われる。炭酸ガスアーク溶接ヒュームの上昇速度について詳しく計測した報告は未だ見当たらないため、本報では一般的な2種のガスアーク溶接用電極材（溶接ワイヤ）を用いて種々の異なる条件の溶接を行い、その際に発生するヒュームの上昇速度を調べて、各溶接条件に対し最適と推奨されるPP装置の吹き出し速度を求めた。

装置および実験方法

実験は気積335 m³ (6.0 m × 15.5 m × 3.6 m) の屋内実験施設内に設置した自動溶接ロボットを用いて行った。使用したロボットは(株)神戸製鋼所製炭酸ガス自動溶接ロボット ARCMAN-RONである。実験時の溶接電流は200A-400A、シールド用炭酸ガスの流量は20 l/min、電極材はソリッドワイヤ JIS Z 3312 およびフラックス入りワイヤ JIS Z 3313 (共にφ1.2 mm) とし、溶接速度30 cm/minで200 mm × 75 mm × 12 mmの鉄板上に連続30秒間のビード・オン・プレート溶接を行ってヒュームを発生させた。ヒュームの上昇速度の測定には、(株)テスター製ベーン式風速計 testo 416 を使用し、測定位置はアーク点の上方20 cmでかつヒューム煙の中心部とした。なお上昇気流の測定はアークが発生している30秒間連続して行い、その間に記録された風速の最大値をもってヒュームの上昇速度とした。

実験結果

溶接電流を200 Aから400 Aの範囲で、50 A間隔で段階的に変化させた際の、溶接ヒュームの上昇速度の測定結果をFig. 1に示す。ただし、図中のプロットは全て10回の測定の算術平均値とした。これより、溶接ヒュームの上昇速度は、ソリッドワイヤ、フラックス入りワイヤのいずれの電極材を用いた場合においても溶接電流値と正の相関関係があり、法規の定める「PP装置の捕捉面における平均風速」の0.2 m/secを大きく上回る約0.7 m/sec-1.0 m/secの速度で上昇することが確認された。またこの際の回帰分析における相関係数は、ソリッドワイヤの場合 $r = 0.968$ 、フラックスの場合は $r = 0.979$ (いずれも有意水準95%)であった。なお、いずれの電流値であっても、電極材を違えた場合の上昇速度に統計的な有意差は見られなかった。

炭酸ガスアーク溶接ヒュームの上昇速度については、かつて社団法人 日本溶接協会溶接棒部会が、溶接電流300 Aでソリッドワイヤ使用時における測定値として0.4 m/sec-0.6 m/secと報告しているが²⁾、この際の測定

2010年6月4日受付；2010年8月25日受理

J-STAGE 早期公開日：2010年9月28日

連絡先：小嶋 純 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾6-21-1 独立行政法人 労働安全衛生総合研究所。Correspondence to: J. Ojima, Nagao 6-21-1, Tama-Ku, Kawasaki, Kanagawa 214-8585, Japan

(e-mail : ojima@h.jniosh.go.jp)

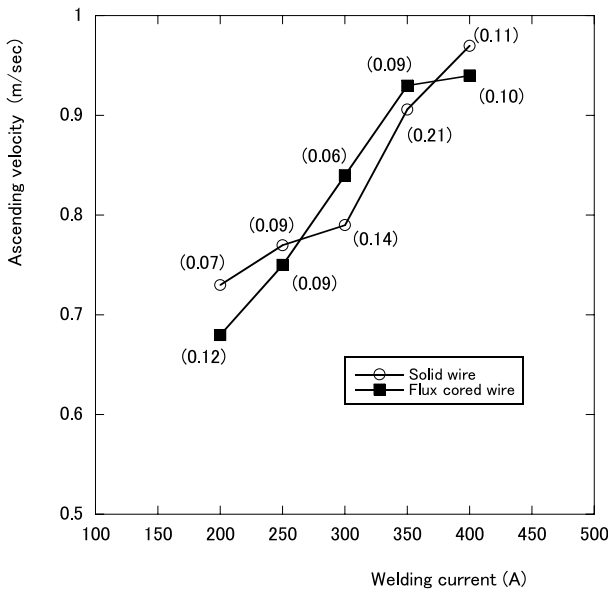


Fig. 1. The relationship between welding current and ascending velocity of the fumes. The plots are the arithmetic means of 10 measurements, and the RSD of each plot is shown in parentheses.

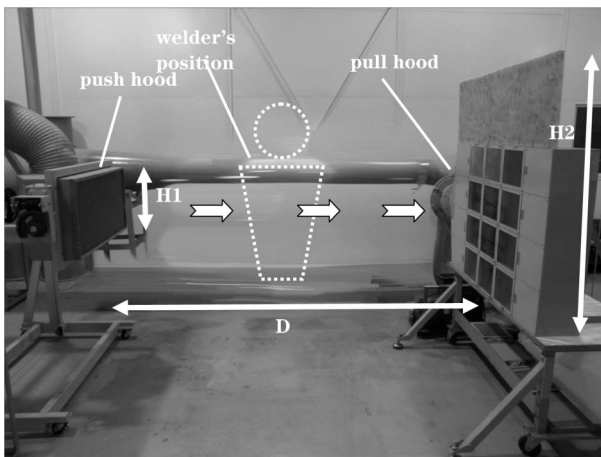


Fig. 2. Setup of an open-type push-pull ventilation system.

位置はアーク点の上方 30 cm-70 cm で本実験の測定位置と異なり、また、気流速度の測定を目視に頼るといった主観的な計測法であったため、本実験の結果とは一致しなかった。

考察とまとめ

汚染物質の発生速度（この場合は溶接ヒュームの上昇速度）が判明すれば、林³⁾が考案した計算線図を用いる簡易設計法により、PP装置を適用する際に必要な吹き出し気流速度を求めることができる。いま仮に、PP装置のプッシュ・フードの開口幅をH1、プル・フードのフランジ高さをH2、両フードの間隔をDとし(Fig. 2)、例えば以下に示すような形状条件(①-⑥)のPP装置を

Table 1. Recommended push velocity for CO₂ arc welding fumes

Case	Welding current (A)	Recommended velocity (m/sec)
①	200	0.34-0.37
	250	0.38-0.39
	300	0.40-0.42
	350	0.45-0.47
	400	0.47-0.49
②	200	1.02-1.10
	250	1.13-1.16
	300	1.19-1.26
	350	1.36-1.40
	400	1.41-1.46
③	200	1.02-1.10
	250	1.13-1.16
	300	1.19-1.26
	350	1.36-1.40
	400	1.41-1.46
④	200	1.02-1.10
	250	1.13-1.16
	300	1.19-1.26
	350	1.36-1.40
	400	1.41-1.46
⑤	200	1.70-1.83
	250	1.88-1.93
	300	1.98-2.10
	350	2.27-2.33
	400	2.35-2.43
⑥	200	2.04-2.19
	250	2.25-2.31
	300	2.37-2.52
	350	2.72-2.79
	400	2.82-2.91

想定してみると、それぞれの形状の装置を炭酸ガスアーク溶接へ適用する際に必要とされる吹き出し気流の風速は、各電流値に対してTable 1に示したような値になる。

- ① H2 / D = 2 , D / H1 = 1
- ② H2 / D = 0.1 , D / H1 = 1
- ③ H2 / D = 0.2 , D / H1 = 2
- ④ H2 / D = 0.5 , D / H1 = 5
- ⑤ H2 / D = 0.05 , D / H1 = 10
- ⑥ H2 / D = 0.1 , D / H1 = 30

これより、最大で約 1.0 m/sec もの上昇速度を持つ溶接ヒュームをPP装置によって捕集するには、プッシュ・フードに 0.4 m/sec-2.8 m/sec 程度の吹き出し気流を与える必要があるものと予測される。

なお、炭酸ガスアーク溶接ではアーク点近傍に 0.8 m/sec 以上の気流が存在すると、シールドが破壊され金属内部に溶接欠陥を発生させる可能性がある⁴⁾。実際にPP装置を適用する際はアーク点がかこれ以上の気流に直接曝されないよう、換気区域の設定・配置などに配

慮をする必要があろう。

文 献

- 1) 独立行政法人 労働安全衛生総合研究所. 粉じん障害防止対策の課題と方向性について 報告書. [Online]. 2008 [cited 2010 May 28]; Available from: URL: <http://www.jniosh.go.jp/results/2007/0806/index.html>
- 2) 社団法人日本溶接協会 平成6年度溶接棒部会 技術委員会 共研第4分科会. 第4編 局所排気装置の条件と気孔との関係に関する調査. 溶接の研究 平成6年度 研究経過報告 1994; 34: 105-42.
- 3) 沼野雄志. プッシュプル型局所換気装置としゃ断装置の簡易設計法. 沼野雄志. 改訂 やさしい局排設計教室. 東京: 中央労働災害防止協会, 1990: 163-7.
- 4) Iwasaki T, Fujishiro Y, Kubota Y, Ojima J, Shibata N. Some engineering countermeasures to reduce exposure to welding fumes and gases avoiding occurrence of blow holes in welded material. Ind Health 2005; 43: 351-7.