は付加ひずみであり θ は溶接線方向と凝固割れの方 向 に対する法線方向とのなす角度の最小値である。この TSSC 値は 1 回の実験によって簡単に求めることができる。

(3) TSSC 値は実験的にも、また、BTR あるいは C-ST 値との関係からも凝固割れ感受性を評価することのできる有用なパラメータであることを明らかにした。

(4) TSSC 値及び θ の相対誤差あるいは測定誤差を考慮して付加ひずみを設定する必要がある。

(5) 限界ひずみ法は溶接凝固割れ感受性に及ぼす溶接条件の影響についても評価することができる。

参 考 文 献

- 1) 仙田, 松田, 高野, 渡辺, 小林, 松坂; Trans-Varestraint 試験法による溶接金属の凝固割れ感受性の研究 (1), 溶接学会誌, Vol. 41 (1972), 709-723
- 2) 田村, 加藤, 落合; 引張歪型溶接割れ試験装置による高温割れの研究 (第 1 報), 溶接学会講演概要 (第 13 集), (1973), 32-33
- 3) “展開式すみ肉溶接割れ試験方法”; JIS Z-3156 (1963)

ワイヤブラシノズルによる耐風溶接の研究*

榑原 実雄** 浜崎 正信** 船守 悟*** 鳥越 清****

Study to Protect Shielding Gas from Influence of Side Wind Using Wire Brush Nozzle*

by Jitsuo Sakakibara**, Masanobu Hamasaki**, Satoru Funamori*** and Kiyoshi Torigoe****

In the field welding with the ordinary CO₂ arc welding torch, the limit of wind speed which can be obtained satisfactory welds is considered to about 2 m/sec. Several investigators have examined to increased effect of protective gas shield, but welds obtained with these torchs have such drawbacks as low reliability of mechanical properties and necessity of large flow-rate shielding gas. Authors therefore carried out to fundamental study of automatic CO₂ arc welding in field using three type wire brush nozzles which were obtained good results to applied under water wet MIG/CO₂ welding. Observation of condition make raid white smoke wind into the wire brush nozzles and the mechanical tests of welds which are obtained under a artificial condition were carried out and both results were evaluated to lead the conclusions.

- (1) The observation of white smoke wind was severe than the mechanical testings of welds to know the effect of the wind.
- (2) In CO₂ arc welding without the wire brush nozzles, satisfactory welds were not obtained over wind velocity of about 3 m/sec under a flow rate of 25 l/min shielding CO₂ gas.
- (3) With a medium mesh type wire brush nozzle, satisfactory results were obtained under the same flow rate of shielding gas, even at a wind velocity of about 10 m/sec.

1. は し が き

CO₂ あるいは CO₂+Ar をシールドガスとするアーク溶接の普及はめざましいものがあり、現在ではこれらのアーク溶接機の生産台数は、被覆棒によるアーク溶接

機を上廻る状態である。しかし、この溶接法の欠点は風の吹く現場ではシールドガスが吹飛ばされてしまうため、溶接部の品質が著しく低下することである。この問題を解決するため多くの研究者¹⁻⁴⁾が各種のトーチの開発を行い実験結果を発表しているが、溶接品質のパラツキやすいことや、100 l/min 近くの大量のシールドガスが必要とするのが欠点とされている。

著者ら⁵⁾は湿式の水中溶接法の 1 方法として、ワイヤブラシノズルを使用し、シールドガスとして CO₂ あるいは Ar に O₂ を混合したものをを用いる自動溶接法の開

*原稿受付 昭和57年1月8日 (昭和56年度秋季全国大会にて発表)

**正 員 通産省, 工技院, 四国工業技術試験所 Member, Govt. Indl. Research Inst., Shikoku

***正 員 岡山県工業技術センター Member, Okayama Industrial Technical Center

****正 員 宮崎県工業試験場 Member, Miyazaki Industrial Institute

発を行い、高水深中においても欠陥のない良好な溶接部を得ることに成功した。風の吹く現場では半自動溶接のみならず全自動溶接も採用される。水の浸入の防止が可能なワイヤブラシであれば、当然風の浸入を防止することも容易であろうと考え、時には風速 10 m/sec の風の吹く状況下の現場においても、自動溶接を可能にするためこのワイヤブラシの適用を試みた。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 ワイヤブラシノズル

ワイヤブラシノズルを使用するのは、自動溶接においても、トーチ母材間隔は多少変動するものであり、たとえ変動しても、ワイヤブラシノズルであればワイヤのスプリング作用のためワイヤブラシは常に母材に接触しており、風の侵入を防止しようと考えたためである。ワイヤブラシ (Fig. 3 参照) は外側よりステンレス鋼ワイヤ、100 メッシュステンレス鋼金網、炭素繊維より構成されており、Table 1 に示すように、その密度が 4 : 2 : 1 になるように、A, B, C の 3 種のノズルを製作した。外側のステンレス鋼ワイヤはスプリングが作用を持たせるためであり、中の金網は耐風用、内側の炭素繊維はスパッタ防止用である。Fig. 1 (a), (b) はそれぞれ A, C ノズル内でアークを発生させた状況の外観であり、ワイ

Table 1 Density of wire brush nozzles used in this experiment

Wire brush nozzle	Wire	Carbon fiber (0.5 mm)	Stainless net (100 mesh)
A	480	8	4
B	240	4	2
C	120	2	1

Fig. 1 Observation of arcing in wire brush nozzle

ヤブラシのおよその密度がわかるかと思う。

2.2 風の侵入状況の観察法

ワイヤブラシノズル内への風の侵入状況が肉眼で観察できれば最も理解しやすいと考え、Fig. 2 の方法を採用した。すなわち、加熱した円筒内に油を滴下して白煙を発生させ、高圧チャンバより空気を放出し、風速 3 ~ 10 m/sec の白煙を透明なエポキシ板の上にセットしたワイヤブラシに吹付け、ノズル内に流すシールドガス流量を変え、白煙がノズル内に侵入する状況をエポキシ板の裏より観察するとともにカメラで撮影する方法を採用した。

2.3 空気の侵入量の測定法

風によってワイヤブラシ内に侵入する空気を測定するため、Fig. 2 の装置を流用しバーナ及び油は使用しないようにするとともに、一部を取替へ Fig. 3 のようにエポキシ板の代りに軟鋼を使用し、中央部に穴をあけ内径 5 mmφ のパイプを挿入し、シールドガスとして Ar を流し、パイプよりガスを採取分析し、Ar ガス中の N₂ の

Fig. 2 Observation method of invading white smoke into nozzle

Fig. 3 Measuring method of air content in shield zone

比率を測定し空気の入混率を求めた。

2.4 溶接方法

Fig. 4 に示すように、トーチ及び母材の側面より吹付ける人工風用の円筒を固定しておき、板厚 9 mm の SM-41 A 材の開先をとって突合せ、この母材を移動させ、Ar 75%+CO₂ 25% の混合ガスをシールドガスとして溶接した。溶接条件は Table 2 に示すごとくであり、溶接後、外観、X線、マクロ、引張及び曲げ試験等を行い溶接部の品質の評価を行った。

Fig. 4 Schematic diagram of welding method under windy condition

Table 2 Welding condition

Welding current	300A	Arc voltage	27V
Welding speed	45cm/min	Welding wire	1.2mmφ
Groove angle	30°	Root face	3.5mm
Root opening	2.6mm		

3. 実験結果及びその考察

3.1 白煙の肉視による判定結果

Table 3 に白煙がノズル内に侵入した状況を観察し判定した結果を示す。Fig. 5 は B ノズルを用い、風速 10 m/sec の条件でシールドガス流量を 30 l/min, 50 l/min, 100 l/min と変えた場合のノズル内への白煙の侵入状況

Table 3 Judgement results by invading white smoke method and air content method

Nozzle	Shield gas flow rate (l/min)	Wind velocity (m/s)			
		10	7	5	3
A	10	(×)	(○)		
	15	(○)	(○)		
	30	○ (○)	(○)		
	50	○ (○)	(○)		
	100	○ (○)	(○)		
B	10	(×)	(×)	(×)	(○)
	15	(×)	(○)	(○)	(○)
	30	× (○)	△ (○)	△ (○)	○ (○)
	50	△ (○)	△ (○)	○ (○)	(○)
	100	○ (○)	○ (○)	(○)	(○)
C	10	(×)	(×)	(×)	(×)
	15	(×)	(×)	(×)	(○)
	30	× (×)	× (○)	△ (○)	△ (○)
	50	× (○)	△ (○)	△ (○)	○ (○)
	100	△ (○)	○ (○)	(○)	(○)

を示したもので、Table 3 の判定記号と対比すると、30 l/min の流量では白煙の侵入が認められるので×印、50 l/min の流量では写真ではわからないがほんの僅か見られるので△印、100 l/min の流量では全く入っていないので○印とした。風速が速くなるほどシールドガス中に白煙が入りやすくなるのは当然であり、シールドガス量が多くなるほどこのワイヤブラシノズルはノズル内の圧力が多少高くなることと白煙が薄められるため見にくくなる。

Table 3 の括弧内に示した記号は後述するように、ノズル内のシールドガス中に空気が 5 %未満のものを○、5 %以上のものを×としたもので、これからわかるように、白煙による判定は非常にきびしい方法である。白煙による方法は直接観察できるのが大きな特徴で、肉視できなければ絶対風の影響はないと判断できるのであるが、吹付ける白煙の濃度が、風速、油量、円筒の温度等に左右されるため定性的な判断にしか使用できないのが欠点である。

3.2 シールドガス流量と風速と空気混合比との関係

Fig. 6 はワイヤブラシ B 及び C を使用し、シールドガ

Fig. 5 Effect of shielding gas flow rate and wind velocity on invading white smoke into nozzle

ス流量及び風速を変え、シールドガス中に混入する空気の混合比を求めたものである。ふつうの CO_2 アーク溶接では、シールドガス中に混入する N_2 の比の許容限は溶接層数や短絡移行型かスプレ移行型かによって異なるが、一般的には 4~5%^{6,7)} とされている。これ以上の混合比になると N_2 によるブローホールや窒化物を作るとされている。いま 4% とすると空気では 5% ということになる。風によって空気が侵入した場合、 N_2 のみならず O_2 も問題となるわけであるが、 O_2 は量が少ないこと、たとえ入ったとしてもワイヤ中に脱酸剤を入れることにより容易に除去できるためあまり問題とされない。この Fig. 6 の結果を既述の如く $\bigcirc \times$ の判定記号で Table 3 の括弧内に示した。ワイヤブラシの密度の最も高い A ノズルの場合は、シールドガス 15 l/min という条件においても風速 10 m/sec の風に耐え、ブローホールを発生することはなかったので、図として示すこともないので省略し、その結果の判定記号のみを Table 3 に示しておいた。

Fig. 6 Effect of shielding gas flow rate and wind velocity on air content in shield zone

Fig. 7 はワイヤブラシノズルではないふつうの内径 17 mmφ のノズルを使用し、風速とシールドガス流量がシールドガス中に混入する空気の混入比に与える影響を示したもので、ノズルと母材との間隔 10 mm 及び 20 mm のものについて実験したものである。シールドガスは直接風に吹飛ばされ、その影響は風速やシールドガス量に左右されるのは勿論のこと、ノズル母材間隔が広がるほど激しくなる。ワイヤブラシノズル B によれば風速 8 m/sec に耐えるシールドガス流量は約 25 l/min と判断されるが、ふつうの CO_2 用ノズルによれば、ノズル母材間隔 10 mm でも同一風速に耐えるには、シールドガスを約 80 l/min も流さねばならず、ワイヤブラシノズルと同一間隔 15 mm にとれば、100 l/min 以上も流さね

Fig. 7 Effect of shielding gas flow rate and wind velocity on air content in shield zone using ordinary nozzle

ばならないものと思われる。

3.3 溶接結果と非破壊試験の対比

Fig. 8 は風速とシールドガス流量を変えて溶接した試験片を X 線検査して評価し、白抜きは合格、黒塗り是不合格として曲線を引いたものである。比較のためワイヤブラシを使用しないふつうのノズルにより、ノズル母材間隔を 10 mm にとり溶接した結果も示しておいた。X 線検査の可否の限界は 1 種 2 級とした。図中点線で示した曲線 B 及び C は、それぞれ B 及び C のワイヤブラシノズルを使用し、シールドガス中への空気の混合比が 5% 未満の場合を良好と判断した Fig. 6 の結果を書直したも

Fig. 8 Effect of shielding gas flow rate and wind velocity on radiographic inspection test result

のを参考のために示したものである。Cノズルの場合は両者はほぼ一致しており、Bノズルの場合はX線検査による合否判断結果より上方、つまり、きびしい判定結果であることがわかる。風速 10 m/sec の状況下で Bノズルを使用して溶接する場合、判定に合格するにはシールドガス流量は、X線検査による場合は約 20 l/min、空気の混合比による場合は 25~30 l/min 流さねばならないことになる。

Fig. 9 は同じく風速とシールドガス流量を変えて溶接した試験片より曲げ試験を行い、裏曲げ及び表曲げの 4 T (T: 板厚) 試験を行い、表面に 3 mm 以上の割れの認められないものを合格とし、X線検査の合否判定と同じ方法で表示したものである。X線検査でブローホールが認められても、曲げ試験でこのブローホールのために必ずしも割れるとは限らないこともわかるように、X線検査と曲げ試験の判定結果を比較すると、X線検査の方がきびしいことがわかる。曲げ試験のみで合否を判定するならば、ふつうのノズルを使用すると風速 3 m/sec に耐えるにはトーチ母材間隔 10 mm でシールドガスは 25 l/min 流さねばならないが、ワイヤブラシノズル B を使用すれば、10 m/sec の風速中でもシールドガス流量は 15 l/min でもよいことがわかる。

Fig. 10 は引張試験結果を、Fig. 11 は曲げ試験結果 (a): 表曲げ, (b): 裏曲げ) を示したものである。引張試験よりも曲げ試験の方がきびしい試験法であり、この Fig. 11 の如き試験結果を示すものを合格と判定している。

4. 結 論

CO₂ とか CO₂+Ar の混合ガスをシールドガスとする消耗電極式アーク溶接法を風の吹く現場において、自

Fig. 9 Effect of shielding gas flow rate and wind velocity on bending test result

Fig. 10 Tensile test result

Fig. 11 Bending test result

動溶接として採用する場合、風によりシールドガスが飛ばされ、溶接部の品質の低下するのを防ぐためワイヤブラシを使用して溶接する基礎実験を行い、次の結論を得ることができた。

(1) 風の影響により溶接部の品質の低下するのを調べる方法のきびしさの順は、ノズル内への白煙の侵入状況の観察、シールドガス中への空気の混合比、X線検査、曲げ試験であった。

(2) A, B, C 3種のワイヤブラシノズルを使用した場合、ワイヤブラシノズルの耐風効果は大であり、Aノズルほどの密なるものを使用しなくとも、B及びCノズルの適用で十分効果が期待できる。

(3) 溶接部のX線検査による合格判定を例にとると、ふつうのノズルを使用する場合は、風速 3 m/sec の風に耐えるにはシールドガスは 30 l/min 流さねばならないが、Cノズルによる場合は 25 l/min で風速 5 m/sec の風に耐え、Bノズルによる場合は 20 l/min で風速 10 m/sec の風に耐えることがわかった。

参 考 文 献

- 1) 榊, 二俣 “ガスシールドアーク溶接における耐風効果に関する研究 (第1報)” 本誌 Vol. 43 (1974), No. 1
- 2) 榊, 二俣 “ガスシールドアーク溶接における耐風効果に関する研究 (第2報)” 本誌 Vol. 43 (1974), No. 2
- 3) 倉石他3名 “ビル鉄骨建方現場における炭酸ガス半自動溶接工法” 溶接技術, 1971年, 6月
- 4) 大前他5名 “CO₂ 溶接用耐風ノズルの開発” 昭和53年秋季全国大会講演概要
- 5) M. Hamasaki, J. Sakakibara, Y. Arata; “Underwater MIG welding using a wire brush nozzle” Metal Construction, June, 1979
- 6) 関口, 益本 “ガス被包金属アーク溶接による鋼材溶接部の気孔生成について (第1報)” 本誌 Vol. 28 (1957), No. 7
- 7) N. A. Mitter, G. R. Salter: “Effects of Nitrogen in CO₂ Welding” B. W. J., 1974, January