

3. 半自動溶接に関する試験研究

—— J I S 検定実技試験の一考察 ——

黒木季彦・森田春美

1. はじめに

半自動溶接が飛躍的に導入がはかられる中小企業において、溶接工の技量が製品精度、品質の確保に及ぼす影響は大きい。従って企業側も半自動溶接の専門工、つまり半自動溶接技術（J I S 検定）の有資格者を求める傾向が強く、これに対応する為、県立の A 職業訓練校の溶接科では手溶接の基本級（A-2 F）取得の生徒に CO₂ 半自動の技能訓練を実施、卒業前に一年間の成果を示そうと S A-2 F 受験を試みたが表 1 に示すような結果になった（一般の S A-2 F の外観検査評価 A は

10 % 程度、曲げ判定による合格率は 65 ~ 70 % 程度である）。

このように職業訓練校の生徒 30 名のテストピースは一般のものに比べて外観はすこぶる良好なものであったにもかかわらず曲げ判定で、特に表曲げ試験片での不合格が多く、極端に合格率が悪かった半自動溶接技術検定実技種目 S A-2 F について、その原因究明と対策について検討したものである。

外観評価		曲 げ 試 験 結 果				摘 要
		合格数	合格率(%)	不合格数	表曲げで不合格になったもの	
A	8人(27%)	2人	25	6人	4枚 (H-3)	外観評価の
B	19人(63%)	5人	26	14	12枚 (H-5)	A-外観上欠陥の認められないもの
C	3人(10%)	0	0	3	3枚 (H-2)	B-外観上著しい欠陥のないもの
D	0	—	—	—	—	C-欠陥の多いもの
計	30人	7人	23	23人	19枚 (H-10)	D-致命的な欠陥のあるもの

表 1

※ () 内の H は曲げ試験で破断したものの。

2. 実 験 方 法

2-1 実験装置

実験に用いた溶接機は J I S 検定試験に使用したもので M 社製 300 A、定電圧直流、炭酸ガス半自動溶接機、なお 2 回目の実験の際は装置のトーチを溶接速度、トーチ角度、押し角度、ねらい位置等の設定条件を守るため T 社製自動走行台車に取付けた自作の治具を採用自動化した。

2-2 実験材料

実験に用いた材料は一般構造用圧延鋼材 2 種（S S 41 相当材）溶接ワイヤーは、これも検定試験に用いた 3 銘柄のもの、シールドガスは CO₂ 100 % と職業訓練校の生徒が受験の際使用した

A r + CO₂ 混合ガス（アタルガス）の 2 種類を使用した。

なお供試母材は検定試験に用いられたテストピースの化学成分並びに機械的強度と同程度である

No.	試料記号	化学成分 (%)			摘 要
		C	Mn	Si	
1	実験母材	0.16	0.80	0.16	SS 41 相当材
2	A-1	0.09	1.15	0.66	アタルガス + MG-50T
3	A-2	0.08	1.42	0.64	" + YM-26
4	A-3	0.07	1.27	0.79	" + YM-28
5	B-1	0.14	1.06	0.40	CO ₂ + MG-50T
6	B-2	0.10	1.28	0.55	" + YM-26
7	B-3	0.08	1.19	0.63	" + YM-28

表 2 母材及び溶着金属の化学成分

ことを成分分析並びに引張試験を実施し確認の上選定した。

表2、表3に供試母材並びに溶着金属の諸性質を示す。写真1は溶着金属の衝撃試験片を示す。試験材の形状は図1、図2参照。

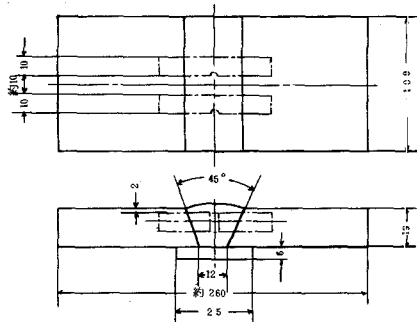


図1. 試験材の形状

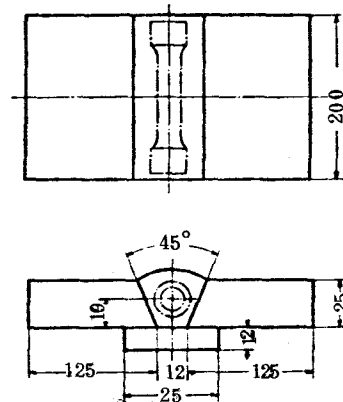


図2. 試験材の形状

No.	試料番号	降伏点強さ (kgf/mm^2)	引張り強さ (kgf/mm^2)	伸び率(%)	衝撃値(0°C) Uノッチ2 $\frac{1}{2}$ mm($\text{kg}\cdot\text{m}$)
1	実験母材	24.2	44.6	29.3	—
2	A-1	40.8	51.7	36.0	17.06
3	A-2	44.8	58.4	31.0	16.11
4	A-3	41.1	53.3	36.6	16.78
5	B-1	39.5	51.8	34.0	17.01
6	B-2	45.3	55.9	33.0	18.48
7	B-3	40.0	52.7	34.0	16.53

表3 母材及び溶着金属の機械的強度

★ 吸収エネルギーは試験片2ケの平均

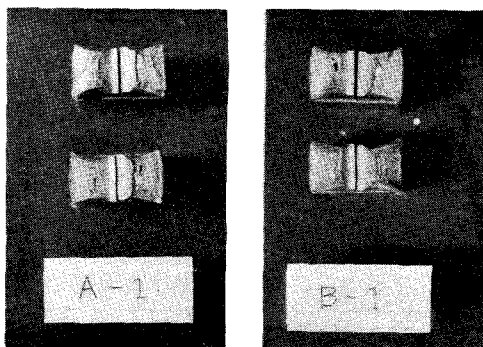


写真 1

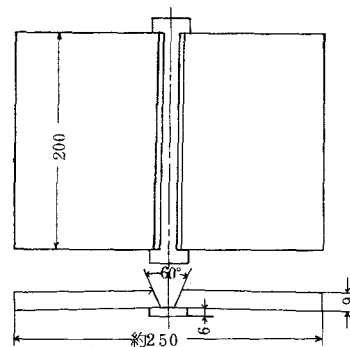


図 3.

2-3 実験の種別と溶接条件

図3に示すJIS検定(SA-2F)試験の突合せ溶接試験片を用い表4に示すとおり、先づ初回実験として1項で紹介したA職業訓練校の溶接科30人が受験の際の実技試験の溶接条件で再現すべく、職業訓練校の溶接の実技指導訓練にあたった同訓練校の溶接科の指導技師に試験片作成を依頼した。

2回目の実験は溶接速度、トーチ角度、押し角

度、ワイヤー突出長さを設定するために2-1項に述べたとおり自動化した装置を採用した。

尚検定試験の際の溶接方向は後退法を採用、シールドガスは市販されている $\text{Ar} + \text{CO}_2$ 混合ガス(アタールガス)を使用した。この外諸条件は表4、図4を参照。

	溶接電流及び (電圧)			溶接速度 (mm/min)			トーチ 角度	押し角度 (α°)	ワイヤー 銘柄	ワイヤー突出し 長さ (mm)	シールドガス	シールド ガス流量 (l/min)
	一層	二層	三層	一層	二層	三層						
初回実験 (検定試験 時の条件)	180A (25V)	170A (23V)	160A (22V)	100~200			1) 90°	任意	MG-50T YM-26 YM-28 (ワイヤー) (径1.2 ϕ)	10~20	A _r +CO ₂ 混合ガス (アタール)	20
2回目 実験	180A (23V)	170A (23V)	160A (22V)	150	150	130		20°		15	2) CO ₂ 100%	

表 4

- 1) 検定試験の際は確認されていない。
2) 検定試験の際は使用されなかった。

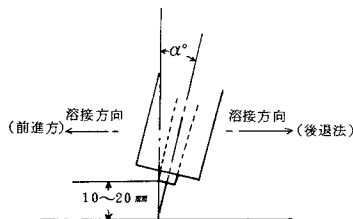


図 4

3 結果と考察

A職業訓練校の指導技師の指導要点は、

- 1) 後退法を採用したのは溶込みが前進法に比べて大きいことが曲げ試験に有利と推定した。
- 2) シールドガスにA_r+CO₂混合ガス(アタール)を採用したのはスパッタが少なく、ビード形状波形が整え易いこと。

にあったようで、この2点が一般の受験者と異なる溶接条件であった。従って本実験ではまず検定試験時の条件を再現させ、溶接方向の違い、シールドガスの違いが試験片の欠陥発生並びに曲げ試

験結果に及ぼす影響を調査検討したもので、1項の表1にみられるように外観の良好な試験片で(写真2参照)表曲げの欠陥が異常に多い現象解明に図5に示すマクロ試験片2枚、曲げ試験片は表曲げだけ2枚を採取し実験の結果表5、表6の結果を得た。

なおシールドガスの違いが溶着金属の機械的性質に与える影響については前項表3に示すとおりで顕著な差は認められない。

表5の曲げ試験結果は余りにも破断(H)や割れなどの欠陥が多く(写真3参照)、本実験の試みであったシールドガスの違い、溶接方向の違いによる顕著な差は殆んど現われていない。

マクロ試験の結果も表6、写真2にみるとおり内部欠陥が多く、特に2・3層目(H・M)の溶込み不良、溶合不良が顕著であり表曲げ試験結果との相関性が明らかである。又溶込み量をみると後退法が前進法に比べて大きいとの文献資料とは

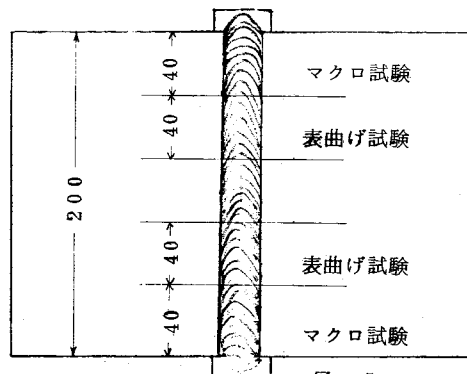


図 5

図 5

ア タ ー ル ガ ス 使 用				C O ₂ 使 用			
試験片記号		試験前の目視検査	曲 げ 結 果	試験片記号		試験前の目視検査	曲 げ 結 果
A - 1	1	—	H	B - 1(b)	1	U小	ワレ 13.0 5.0
	2	—	H		2	—	OK (P小)
	3	U小	H		3	U小	H
	4	—	H		4	U小	ワレ 4.0, 1.0, 1.0
	5	—	H		5	—	OK
	6	—	OK(P小)		6	—	OK (2.5)
A - 1(a)	1	U小	H				
	2	—	H				
	3	—	OK (P小)				
	4	—	H				
A - 2	1	—	H	B - 2(b)	1	U中	H
	2	—	OK		2	U小	ワレ 4.0, 3.0, 2.0, 2.0
	3	—	H		3	—	ワレ 13.0, 6.0
	4	—	H		4	U小	OK (2.0, 1.0, 1.0)
	5	—	H		5	—	OK
	6	U小	H		6	—	OK
A - 2(a)	1	—	H				
	2	—	H				
	3	U小	OK				
	4	—	OK (P小)				
A - 3	1	—	H	B - 3(b)	1	—	OK (P中)
	2	—	H		2	—	OK (2.0)
	3	—	H		3	U小	ワレ 5.0, 7.0, 5.0, 2.0
	4	—	H		4	—	OK
	5	—	ワレ 25.0		5	U小	H
	6	—	H		6	—	ワレ 3.0, 4.0, 2.0, 2.0
A - 3(a)	1	U小	OK	※ 試験片記号の(a) アタールガス使用で前進法 (b) CO ₂ 100%使用で前進法			
	2	U小	ワレ 3.5				
	3	—	H				
	4	—	OK				

表 5. 曲 げ 試 験 結 果

逆に後退法が僅かではあるが小さくなっている。なり易い為に溶込み量も少なく、尚かつ2・3層
このことは後退法の場合トーチによって溶接線が目融合不良になり、内部欠陥が発生するものと
見づらく、いきおい押し角度、ワイヤー突出し長さ等が変動し（押し角度、ワイヤー突出し長さ共
大になり易い）ワイヤーのねらい位置も不定形に
但し前進法を採用し、シールドガスをCO₂100
%使用した試験片（B材）についても表5のとおり

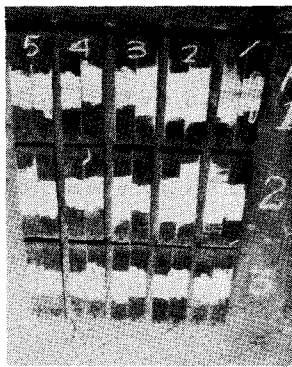


写真 2

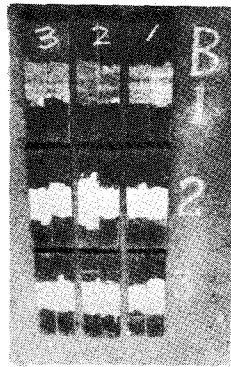
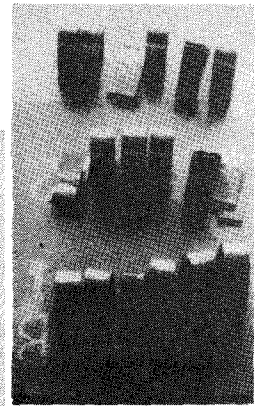
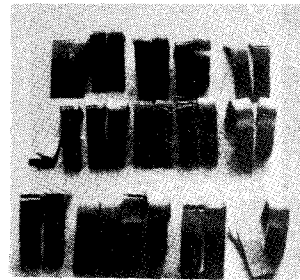


写真 3



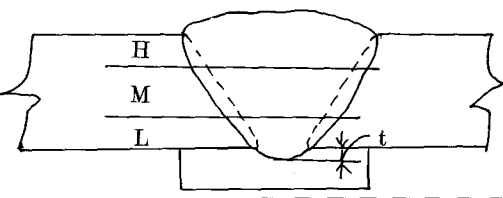
				1 層目 180 A-L 2 層目 170 A-M 3 層目 160 A-H t-溶込み深さ (mm)			
ア タ ー ル ガ ス 使 用				C O ₂ 使 用			
記 号	溶込み ^t _(mm)	欠陥の種類	欠陥の位置	記 号	溶込み ^t _(mm)	欠陥の種類	欠陥の位置
A-1-1	0	P 中	M	B-1-1	1.0	—	—
" 2	1.0	P中/P大	H/M	" 2	1.4	—	—
" 3	0	P 大	H	" 3	0.9	B1ケ	H
A-1(a)-1	0.9	P大/P中	H/M	B-2-1	1.0	P 小	M
" (a)-2	1.4	—	—	" 2	0.6	P 大	M
A-2-1	1.0	—	—	" 3	0.6	P大2ケ	H
" 2	0.5	P 中	M	B-3-1	1.2	—	—
" 3	1.0	B1ケ	M	" 2	0.8	—	—
A-2(a)-1	1.1	B1ケ	M	" 3	0.2	P大/B1ケ	M/H
" (a)-2	1.5	S 小	H	(a)前進法 欠陥の種類でP-溶込み不良又は融合不良 B-ブローホール S-スラグ巻込 欠陥の大きさ 大-3 mm以上 中-3 mm以下 小-1 mm以下			
A-3-1	0	P 大	H				
" 2	0	P小/P大	M/H				
" 3	1.0	P 大	M				
A-3(a)-1	0.2	P大/P大	M/H				
" (a)-2	1.0	P小/P小	M/H				

表 6 溶込み深さとマクロ検査

り合格率は50%に過ぎず、これも問題がないわけではないが、これは試験片を作成した前記指導技師が前進法に不馴れであったことによるものと推定した。又ワイヤーの種類による違いも、シール

ドガス (CO₂100%とAr+CO₂混合ガス) による相違点は殆んど見出せず、トーチを操作する溶接工の練度が決め手になるものと判定し、溶接条件のうちトーチ操作で決定される(i)ワイヤー突出

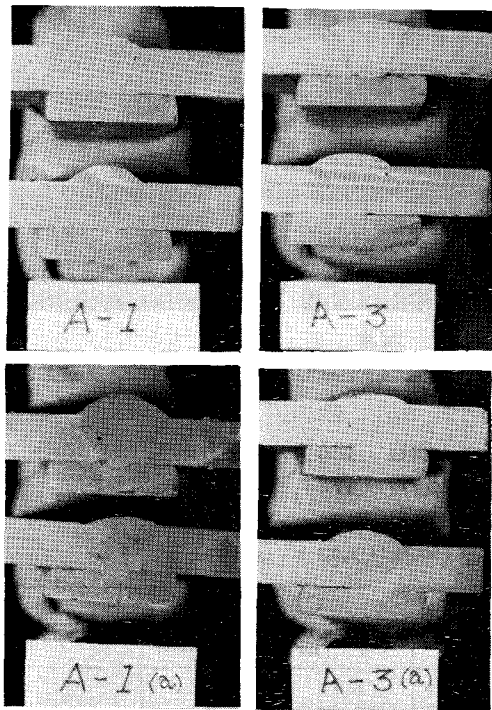


写真 4

し長さ、(d)トーチ角度、(e)押し角度、(f)溶接速度等が変動しないよう自動化した装置を用い表4の条件で実施した。表7、写真5・6に溶込み量並びにマクロ試験結果を示す。

溶込みについては前記指導技師の思惑通り成る程後退法が大きい事が判る、シールドガスによる差は僅かであるがCO₂ 100% (B')の方が大きい。又溶込み不良、スラグ巻込等の内部欠陥はA'、B'共に見あたらない。

曲げ試験結果は表8のとおりであり36本中不合格は1本と満足できる結果といえよう。溶接方向(無印が後退法、(b)が前進法)の差も、シールドガス(A'とB')の違いによる差もない。しかし曲げ試験片表面に現われたワレ、微小な欠陥等はCO₂ 100% (B')の方が少ない。

4 あとがき

以上の実験でCO₂ 100%とA_r+CO₂混合ガス(アタール)のシールドガスの差違、又前進法、後退法の溶接方向の差違が欠陥発生並びに曲げ試

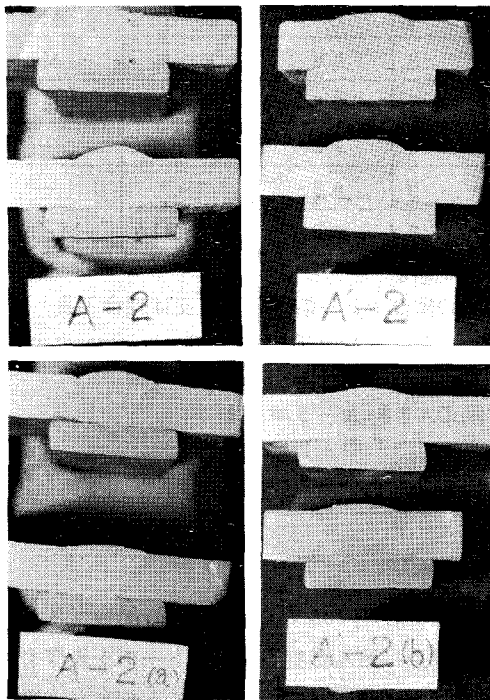


写真 5

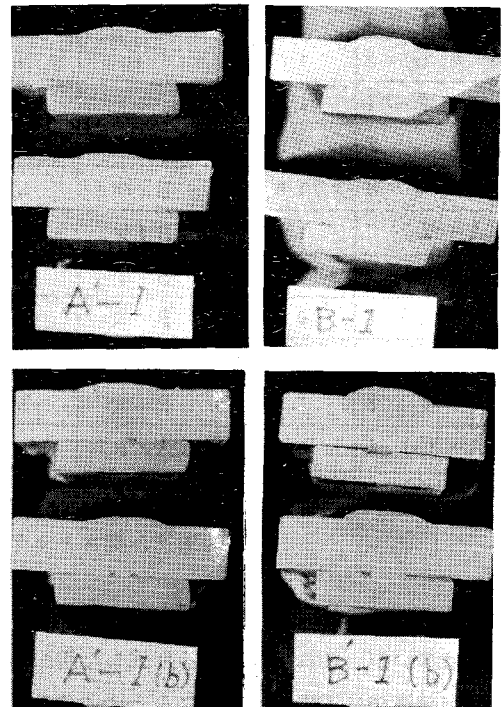


写真 6

ア タ ー ル ガ ス 使 用		C O ₂ 使 用	
試験片記号	溶 込 み 深 さ (mm)	試験片記号	溶 込 み 深 さ (mm)
A' - 1 (b)	0.8	B' - 1 (b)	1.0
A' - 2 (b)	0.6	B' - 2 (b)	0.9
A' - 3 (b)	0.6	B' - 3 (b)	0.8
A' - 1	1.6	※ 溶込み深さは試験片4ケの平均値 (b)は前進法。	
A' - 2	1.1		
A' - 3	1.1		

表 7. 溶込み深さ (2回目)

ア タ ー ル ガ ス 使 用			C O ₂ 使 用		
試験片記号		曲 げ 結 果	試験片記号		曲 げ 結 果
A' - 1	1	OK	B' - 1 (b)	1	OK
	2	OK (U小)		2	OK
	3	OK		3	OK (P小)
	4	OK		4	OK (P小)
A' - 2	1	OK (P小)	B' - 2 (b)	1	OK
	2	OK (P小)		2	OK
	3	OK		3	OK
	4	OK		4	OK (B小)
A' - 3	1	U大 (20ミリ)	B' - 3 (b)	1	OK
	2	OK (P小)		2	OK
	3	OK (B小)		3	OK
	4	OK		4	OK
A' - 1 (b)	1	OK (U小)	※ P - 溶込み不良又は融合不良 B - プロホール U - アンダーカット 小 - 3 mm 以下の欠陥 5 ケ以下で 合計長さ 5 mm 以下 中 - 3 mm 以下の欠陥の合計長さ 7 mm 以下 大 - 3 mm 以上の欠陥若しくは合計長さ 7 mm 以上		
	2	OK (U中)			
	3	OK			
	4	OK			
A' - 2 (b)	1	OK (P小)			
	2	OK			
	3	OK (P小)			
	4	OK			
A' - 3 (b)	1	OK (B小)			
	2	OK (B小)			
	3	OK			
	4	OK			

表 8. 曲げ試験結果 (2回目)

験に与える影響を調査検討したのであるが殆んどその差違は認められない。

- 1) CO₂ 半自動溶接は溶込みが深く、溶込み不良、融合不良、スラグ巻込み等の欠陥は起き難いという誤った観念を持つ溶接技術者が多い。従って母材板厚、材種に見合った適正な溶接電流、電圧、包被ガス流量、ワイヤー径の選択は勿論、ワイヤー突出し長さ、トーチ角度、押し角度、溶接方向、溶接速度等基本技術を溶接工に確実に指導出来る溶接技術者の育成が望まれる。
- 2) 今後CO₂半自動溶接の普及はますます増大す

るであろうことが予想されるなかで、省力化、低コスト、高品質を要求される溶接工場において、より以上半自動溶接のメリットを追求する姿勢は必要で、新型の溶接機の導入もよし、ワイヤーの専用化、又シールドガスを混合ガスに切替えるのも選択の途は自由であるが、しかし本質的には現場でアークを出して実際作業にあたる溶接工の半自動溶接法に対する理解、熟練度を優先すべきであり、そのためにはJIS検定資格者の養成についても十分な教育訓練を実施すべきであろう。