

狭開先溶接法の中小企業への適用に関する研究

斎藤 修・中原 政彦・古谷 国夫

Application of Narrow Gap Welding to Small Companies

Osamu SAITOH, Masahiko HIHARA and Kunio FURUYA

要 約

アーク電圧の上昇に伴い、アークの広がりが増大する現象¹⁾は、一般に知られている。開先面への溶け込みの改善に、この現象を利用して、狭開先溶接を試みた。その結果、狭開先内においても、アーク電圧の上昇に伴って、開先面への溶け込みは改善されるが、この改善効果はビード上方にかたより、ルート部ではあまり有効でないことが判明した。そこで、裏当て金に開先幅と同一の幅で、深さ2mmの溝を設けた試験片を製作し、同一の溶接条件で実験を行なったところ、ルート部の溶け込みは大幅に改善され、曲げ試験においても、良好な結果が得られ、改善効果が認められた。

1. はじめに

狭開先溶接法は、開先加工工程の軽減、溶接時間の短縮、溶接歪量の低減が図られるなど、多くの優れた特長を有している反面、開先角度が小さいため開先面への溶け込み量が少なく、融合不良などの溶接欠陥を発生し易い。このため、現在実用されている狭開先溶接法は、ワイヤの旋回、揺動等の方法で開先面への溶け込みを改善しているものが多く、溶接装置は複雑な構成となっている^{2),3)}。

アーク溶接現象の1つに、アーク電圧の上昇に伴ってアーク長が長くなり、その結果アークの横方向の広がりが増加する現象が知られている。この現象を、狭開先内で開先面への溶け込みの改善に利用できれば、簡単な溶接装置で狭開先溶接が可能になるものと考えられる。

そこで本研究では、中小企業で用途が多い板厚20mm以下の鋼板を対象として、前記アーク現象を利用した簡易狭開先溶接法につき検討を行なった。

2. 実験方法

三軸直交型の溶接ロボット「勘助」⁴⁾のトーチ方向を、鉛直下向きにして使用した。シールドガスはMAGガス(80%Ar-20%CO₂)を用い、シールド方式はサイドノズル方式とした。溶接ワイヤは、MAG用ソリッドワイヤ1・2φを使用した。

2-1 平板上ビードの溶け込み形状

アーク電圧がビード形状に及ぼす影響を把握するため、板厚9mmの鋼板上に表1に示す8組の溶接条件で長さ120mmのビードをおいた。その後図1に示すように、溶接スタート部、終端部からそれぞれ40mmの位置でマクロ試験⁵⁾を行ない、ビード幅W、溶け込み深さPを測定した。

2-2 狭開先内初層ビードの溶け込み形状

多層溶接においては、初層の溶け込みが最も問題となる。そこで図2に示す1開先の試験用材料に、表1の溶接条件で長さ160mmの1層溶接を行なった。トーチねらい位置は開先中央部とし、ウィーピングは行なわずストリングビードとした。こ

の試験材に対し、溶接スタート部、終端部からそれぞれ40mmの位置でマクロ試験を行ない、図3に示すビード溶け込み幅 W_0 、開先幅 W_1 、ルート部溶け込み幅 W_2 、裏当て金への溶け込み深さ P を測定した。

次に、板厚の違いが溶け込み形状に及ぼす影響を調べるため、図2に示した試験材の板厚を12、16、19mmと変え、4組の溶接条件で1層溶接を行なった。その後、同様の方法で溶け込み形状を測定した。

表1 溶接条件

溶接条件番号	溶接電圧 (V)	溶接電流 (A)	その他の溶接条件
1	32	300	溶接スピード: 40cm/min チップ、母材間隙: 20mm シールドガス: (80%Ar-20%CO ₂) シールドガス流量: 25l/min
2	34		
3	36		
4	38		
5	32	330	
6	34		
7	36		
8	38		

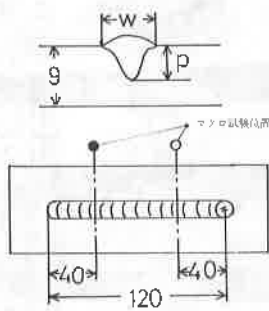


図1 平板上ビードのマクロ試験

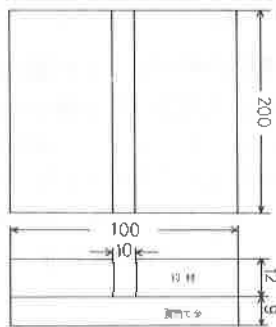


図2 試験材形状

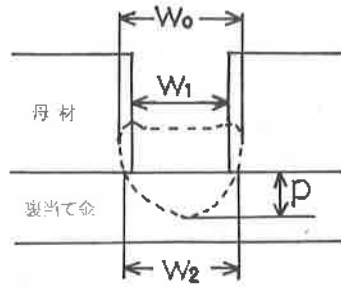


図3 溶け込み形状の測定

2-3 多層溶接試験材の製作と継手部の評価

2-2 までの実験から、初層の溶け込みが良好と思われる表1の3、4、7、8の4組の溶接条件で多層溶接を行なった。図2の試験材の板厚を19mm、幅を130mmに変えて用いた。トーチぬらい位置を開先中央部とし、ストリンガビードで溶接長180mmの4層溶接を行なった。図4に多層溶接のフローチャートを示す。溶接長、溶接方向、溶接層数、1層ごとのトーチ上昇量は、パソコンからロボットに入力した。溶接端部においては、溶

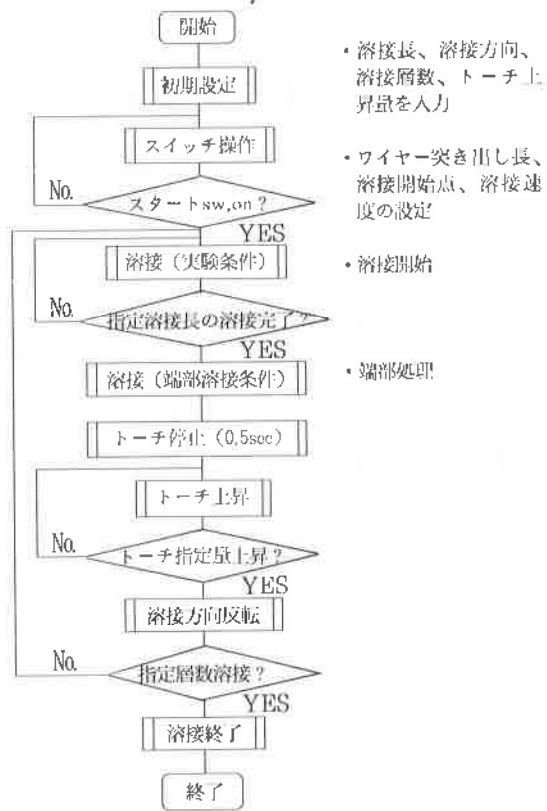


図4 多層溶接方法

接条件を270A-34Vに切り換え、トーチの動きを0.5秒間停止させた後、約12cm/minのスピードでゆっくりとトーチを上昇させ端部のだれを防いだ。トーチが指定量上昇すると、再び表1の溶接条件に切り換え、溶接方向を反転させて2層目の溶接を行なった。以上の操作を繰り返すことにより、4層の溶接が終了するまでアークを切らずに連続溶接を行なった。4種の各溶接条件で、2組の溶接試験材を製作した。これらの試験材の一方から、図5に示すような、マクロ試験片、表曲げ試験片、裏曲げ試験片を、もう一方から図6のような、引張試験片、裏曲げ試験片を採取し、溶接部の継手性能を検討した。図7に板厚方向の採取位置を示す。

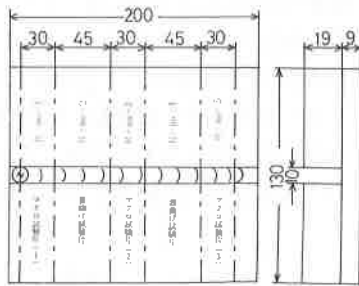


図5 マクロ、曲げ試験片採取位置

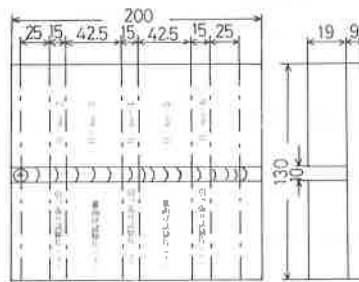


図6 引張り試験片、曲げ試験片採取位置

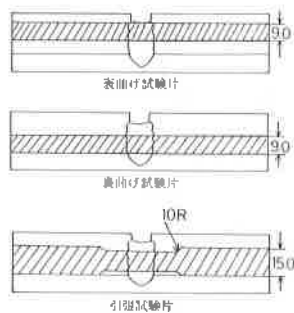


図7 試験片採取位置(板厚方向)

3. 結果と考察

3-1 平板上ビードの溶け込み形状

図8、9は溶接電流をそれぞれ300A、330Aと一定にし、平板上に1層ビードをおいた場合のビード形状とアーク電圧の関係を示したものである。アーク電圧の上昇に伴ってビード幅は広がり、溶け込み深さは減少している。写真1に、これらのマクロ試験片の状況を示す。

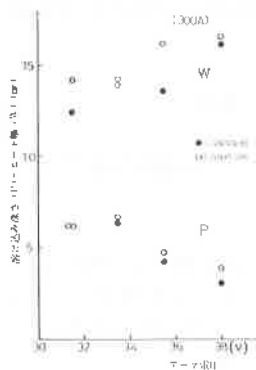


図8 平板上ビードの溶け込み形状(300A)

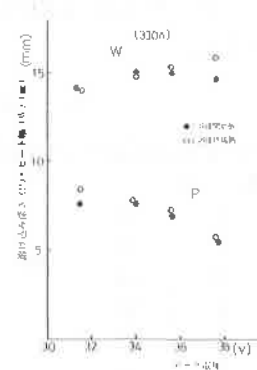


図9 平板上のビードの溶け込み形状(330A)

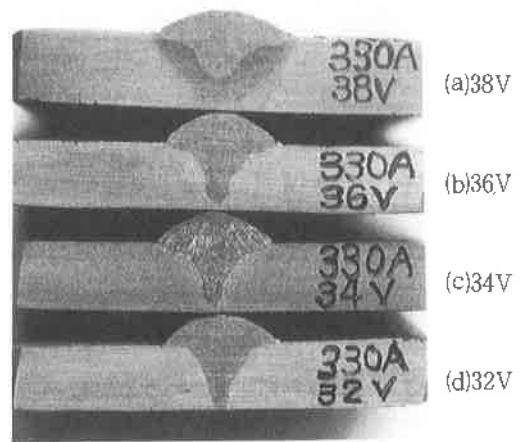


写真1 平板上ビードの溶け込み形状(330A)

3-2 狭開先内初層ビードの溶け込み形状

図10・11は、狭開先内で初層ビードの開先側面への最大溶け込み量が、アーク電圧によりどの様に変化したかを示したものである。アーク電圧の上昇に伴って、開先側面への最大溶け込み量(W_0-W_1)は、ほぼ直線的に増加しており、330A-38Vの条件では2.0mm以上の溶け込みが得られた。しかし、ルート部における溶け込み量(W_2-W_1)は、図12・13に示すように、アーク電圧を

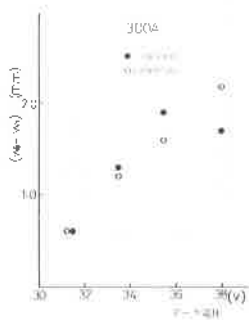


図10 開先側面への最大溶け込み量 (300A)

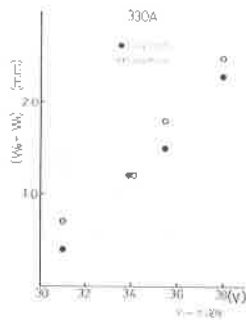


図11 開先側面への最大溶け込み量 (330A)

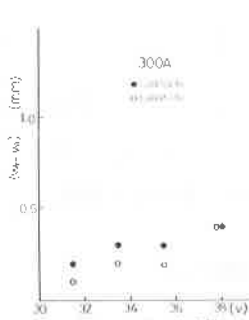


図12 ルート部での溶け込み量 (300A)

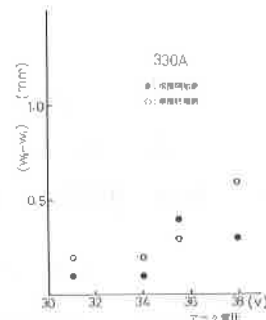


図13 ルート部での溶け込み量 (330A)

上昇させても顕著な改善は認められず、最大を示した330A-38Vの条件においても、0.5mm前後の溶け込みしか得られなかった。写真2に、これらのマクロ試験片を示す。写真からも、最大溶け込みを示す位置はビード上方であり、ルート部の溶け

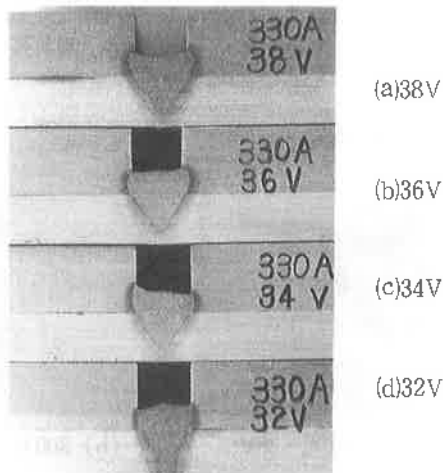


写真2 初層ビードの溶け込み形状 (330A)

込みが少ないことが認められる。図14~16は、初層溶け込み形状と板厚の関係を示したものである。 $(W_0 - W_1)$ 、 $(W_2 - W_1)$ 、 P とも板厚に対して明瞭な変化を示しておらず、板厚の違いは溶け込み形状にあまり影響しないと思われる。

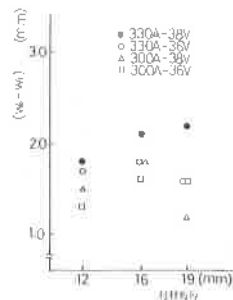


図14 初層溶け込み形状に及ぼす板厚の影響 (開先側面への最大溶け込み量)

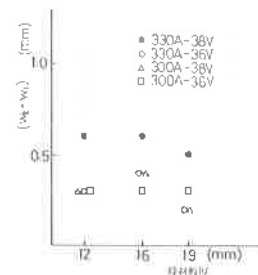


図15 初層溶け込み形状に及ぼす板厚の影響 (ルート部での溶け込み量)

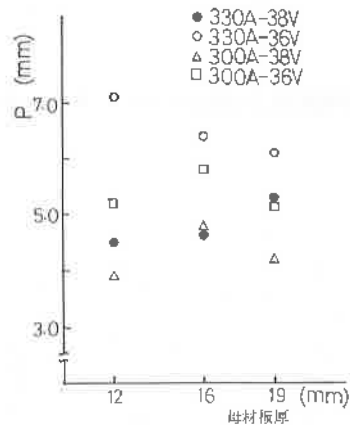


図16 初層溶け込み形状に及ぼす板厚の影響 (裏当て金への溶け込み量)

3-3 多層溶接試験材の継手部の評価

図17は、4層盛の多層溶接試験材に対してエックス線探傷試験を行ない、ブローホールの発生状況を調べた結果である。溶接開始側とは反対の端部付近で、ブローホールの発生が多いことが認められる。本実験で用いた溶接装置は、サイドノズルでガスシールドを行なっており、しかもガスの送給方向が図18に示す方向となっているため、試験材右端においてはガスの流速が早まり、空気が混入された可能性がある。そこで、右端部にガスの流れをさえぎる遮蔽板を置いて溶接を行ない、

ブローホールの発生状況を調べてみた。図19がその結果である。ブローホールの発生量が減少し改善が認められた。この結果から、今後ストレートノズルの採用を検討していく予定である。

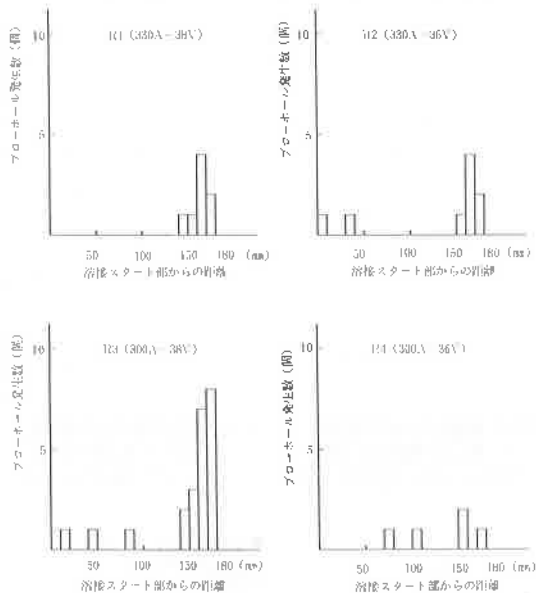


図17 多層溶接試験材のブローホール発生状況

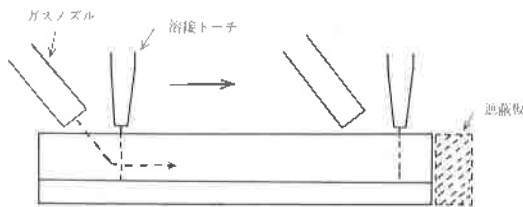


図18 ガスシールドの方法

表2は、図5に示す位置から採取した試験片に対し、表曲げ試験、裏曲げ試験を行なった結果である。表中の数字は、曲げ試験片に発生した割れ長さを、(mm)単位で示している。表曲げ試験では、どの溶接条件でも割れは発生せず、良好な結果が得られた。このことから、中間層においては、良好な溶接継手性能を有しているものと考えられる。

一方裏曲げ試験では、300A-38V、300A-36Vの条件で破断を起こしたほか、330A-38Vの条件でも若干の微細割れが認められた。写真3に、破断部の状況を示す。両試験片とも、破面に融合不良の発生が認められる。

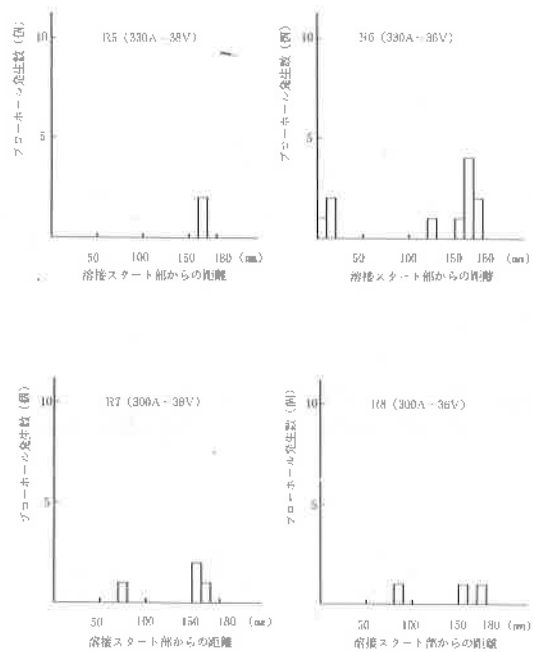
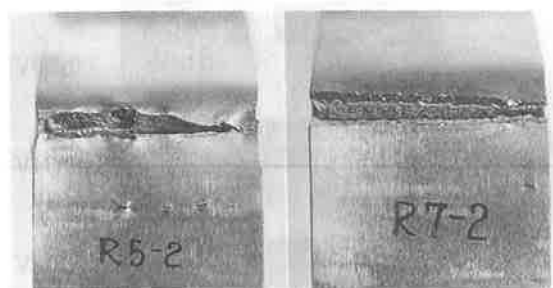


図19 遮蔽板によるブローホールの抑制

表2 曲げ試験結果

溶接条件	試験片番号	試験結果	曲げ方向
330A-38V	R-1-2	1.8, 1.5	裏曲げ
	R-1-4	欠陥無し	表曲げ
330A-36V	R-3-2	欠陥無し	裏曲げ
	R-3-4	欠陥無し	表曲げ
300A-38V	R-5-2	破断	裏曲げ
	R-5-4	欠陥無し	表曲げ
300A-36V	R-7-2	破断	裏曲げ
	R-7-4	欠陥無し	表曲げ

数字：割れ長さ (mm)



(a) 300A-38V

(b) 300A-36V

写真3 裏曲げ試験片の破断状況

写真4に、図5の試験片から採取したマクロ試験片の一部を示す。

さらに詳しく調査するため、図6に示す位置で引張試験、曲げ試験を行なった。表3はその結果である。ほとんどの試験片で、50kg/mm²前後の引張強さが得られ、これらの破断は母材部で起こった。しかしR-6-2の試験片だけは、他の試験片より低い引張強さを示し、破断はBOND部で起こった。この試験片の破断面には、融合不良が認められた。表4は曲げ試験結果である。300A-38V、300A-36Vの試験片に多数の割れが発生したほか、330A-38Vの試験片でも若干の微細割れが認められ、表2と同様の結果が得られた。これらの割れの発生を抑えるためには、ルート部の溶け込みを改善し、融合不良の発生を防止する必要がある。

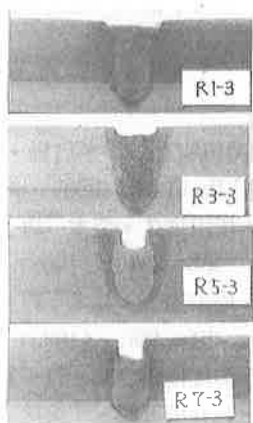


写真4 多層溶接部の溶け込み状況

表3 引張試験結果

溶接条件	試験片番号	破断応力 (kg/mm ²)	破断部
330A-38V	R 2 2	50.5	母材部
	R 2 4	49.8	''
	R 2 6	50.4	''
330A-36V	R 4 2	50.0	''
	R 4 4	50.4	''
	R 4 6	52.2	''
300A-38V	R 6 2	40.9	BOND部
	R 6 4	48.9	母材部
	R 6 6	50.2	''
300A-36V	R 8 2	48.5	''
	R 8 4	48.5	''
	R 8 6	49.8	''

表4 曲げ試験結果

溶接条件	試験片番号	試験結果	曲げ方向
330A-38V	R 2 3	欠陥無し	裏曲げ
	R-2-5	1.3, 1.5, 2.5	
330A-36V	R-4-3	欠陥無し	
	R-4-5	欠陥無し	
300A-38V	R-6-3	10.0, 6.5, 5.0, 2.5, 1.8, 1.7, 1.0×5割	
	R-6-5	6.5, 4.2, 1.8, 1.0×4割	
300A-36V	R-8-3	27.5, 2.5, 0.5×4割	
	R-8-5	13.0, 2.0×2個, 1.5, 1.0×2個	

数字：割れ長さ (mm)

3-4 ルート部の溶け込みの改善

ルート部の溶け込みを改善すため、裏当て金に幅10mm、深さ2mmの溝を加工し、図20に示す形状の試験材を製作した。この試験材を用いて、実験方法2-2により、ルート部の溶け込み量(W₁、W₂)を測定した。図21にその結果を示す。図12、13に示した結果に比べ、ルート部の溶け込み量は大幅に改善された。写真5はこれらのマクロ試験片である。開先面への最大溶け込み領域が、母材ルート部に移行しているのが認められる。そこで、溝付き裏当て金を用いた試験材に対し、実験方法2-4により4層の多層溶接を行ない、図6の位置で裏曲げ試験を行なって割れの発生状況を調査してみることにした。溶接条件として、割れが多発した300A-38V、300A-36Vの2条件を選んだ。表5がその結果である。

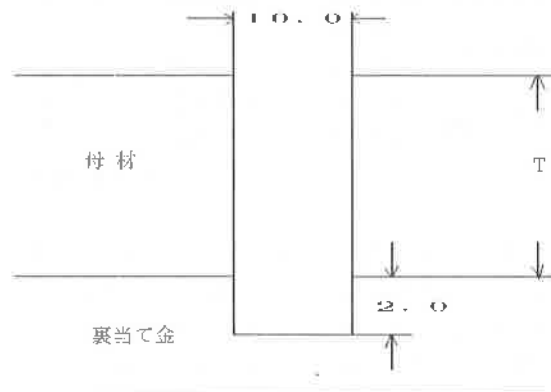


図20 溝付き裏当て金を用いた試験材の開先形状

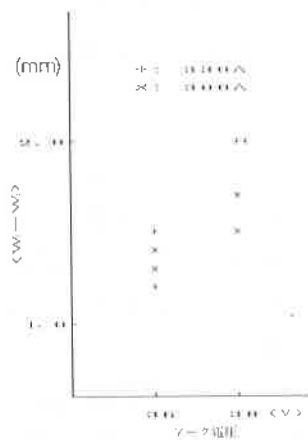


図21 ルート部溶け込み量

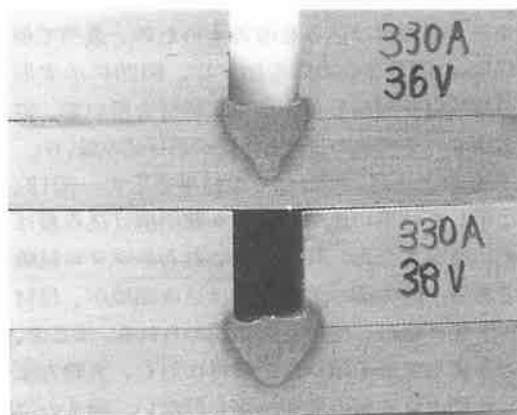


写真5 溝付き裏当て金によるルート部溶け込みの改善状況

表5 曲げ試験結果

溶接条件	試験片番号	試験結果	曲げ方向
300A-38V	R6-3U	1.4	裏曲げ
	R6-5U	1.8, 1.1, 0.5	
300A-36V	R8-3U	欠陥無し	
	R8-5U	欠陥無し	

数字：割れ長さ（mm）

300A-38Vの条件では若干の微細割れが認められたが、300A-36Vでは割れの発生はなくなり、大幅に改善された。これらの結果から、溝付き裏当て金は、初層ルート部の溶け込みの改善に有効であるといえる。

4 おわりに

以上、簡易狭開先溶接法につき検討した結果以下のことが明らかとなった。

- (1) 狭い開先内においても、アーク電圧の上昇に伴って開先側面への溶け込み量は増加するが、主にビード上部でその効果が大きく、ルート部では小さい。
- (2) 表曲げ試験では、どの溶接条件でも良好な結果が得られたが、裏曲げ試験では、300 A-38 V、300A-36Vの試験片で割れが多発した。これらの割れの原因は、初層ルート部に発生した融合不良である。
- (3) 溝付き裏当て金を使用すると、ルート部の溶け込みは改善され、融合不良の防止に有効である。裏曲げ試験で割れが多発した300A-38V、300A-36Vの条件でも、溝付き裏当て金を使用することにより、割れの発生を抑えることができた。

文 献

- 1) 益本 功・岡田明之：「半自動・自動アーク溶接」産報出版（1978）P98
- 2) 牛尾誠夫・松田福久・益本 功；溶接学会誌、54、（6）、358～366、（1985）
- 3) 牛尾誠夫・松田福久・益本 功；溶接学会誌、54、（8）、451～455、（1985）
- 4) 齊藤修他；溶接技術、35、71～75（1987）
- 5) 鈴木春義・石井勇五郎；「溶接部の試験と検査」日刊工業新聞社（1964）P78
- 6) 松本淳他；溶接学会誌、48、（11）、996～1000（1979）