

低水素系溶接棒による塗装鋼板溶接部の気孔防止

松田 一夫*, 長谷川正義*, 中尾俊二郎*, 今井 学*

Prevention of Porosity in Weld Metal of Painted Steel Plate by Low-Hydrogen Type Electrode

Kazuo MATSUDA*, Masayoshi HASEGAWA*, Shunjiro NAKAO* and Manabu IMAI*

(Received March 31, 1982)

A square, single Vee butt weld and a fillet weld were performed on a mild steel plate purposely rusted, and were also performed on a mild steel plate covered with either lacquer, anti-corrosive paint, machine oil or grease, using low-hydrogen lime type electrode. Furthermore, the effect of prevention of porosity in the weld metal by the supplying of complementary shielding gas, the addition of the deoxidizer element in the weld metal and welding procedure were investigated experimentally.

The experimental results were as follows :

- 1) The rust, lacquer and anti-corrosive paint were sensitive to porosity. The machine oil and grease, however, were insensitive to porosity.
- 2) The porosity caused by rust can be prevented by a deoxidizer element.
- 3) The porosity caused by rust, lacquer or anti-corrosive paint can be prevented by a root gap of the butt weld or a gap of fillet weld over about 1.5 mm.
- 4) The prevention of porosity by rust, lacquer or anti-corrosive paint was always possible when welding was performed without incomplete penetration in one pass.

1. 緒 言

溶接開先及びルート面に付着した水分、さび、ペイント、油脂類及びスケールなどは、いずれも気孔や割れの原因となるので、溶接前に機械的及び化学的表面処理あるいはガス炎で焼き、これらの溶接に有害な付着物を除去しておく必要がある。しかし、このような清掃作業は

常に可能とは限らない。また、言うまでもなく、これらの作業には多くの手間と時間を要するので、このような溶接前の清掃作業を行わないで溶接ができれば、能率的かつ経済的である。

著者の一人は、ガス被包アーク溶接において、前述の溶接に有害な物質が付着したまま溶接を行っても気孔のない健全な溶接継手を得る目的で、種々の脱酸剤含有溶接ワイヤを試作して実験を行い、脱酸剤、特にアルミニ

*機械・生産機械工学科 (Department of Mechanical Engineering)

ウムを含有している溶接ワイヤを用いれば、気孔のない健全な溶接継手が得られることを明らかにした¹⁾。

一方、被覆アーク溶接においては、前述の有害物が付着したまま溶接を行っても、低水素系以外の溶接棒では気孔のない健全な溶接継手が得られるが、低水素系溶接棒による場合には溶接金属に気孔が生成しやすく、しばしば問題となっている。しかしながら周知のように、低水素系溶接棒の場合には得られた溶接金属の拡散性水素量が他の溶接棒による溶接金属のそれに比べて著しく低く、耐き裂性が特に優れているので、重要溶接構造物には欠くことのできない重要な溶接棒であるから、前述の溶接に有害な物質が付着している場合の気孔防止対策が

望まれる。

そこで本研究では、市販の石灰石型低水素系溶接棒を用いて過度のさびが発生した軟鋼板及びラッカー、さび止め塗料、マシン油並びにグリースを塗布した軟鋼板のビード溶接、I型突合せ、V型突合せ及びすみ肉溶接を行い、これらの有害物と気孔生成との関係を明らかにするとともに気孔防止に及ぼす補助被包及び脱酸剤の効果を調べ、さらに気孔防止に対し、溶接施工の面から検討を加えた。

2. 供試材料及び溶接電源

本実験に使用した母材は板厚6及び3.2mmの軟鋼板(SS 41鋼)で、それらの化学組成を第1表に示す。

第1表 母材及び脱酸剤の化学組成

供 試 材 料			板 厚 (mm)	化 学 組 成 (wt.%)							
				C	Si	Mn	P	S	Cu	Fe	Al
母 材	軟 鋼 板 (SS 41)	A	6	0.17	0.04	0.86	0.012	0.029	—	bal.	—
		B	3.2	0.14	0.28	0.56	0.019	0.018	—	bal.	—
脱酸剤	フ ェ ロ シ リ コ ン	—	—	0.09	91.34	—	0.013	0.003	—	—	—
	溶 接 用 アルミニウム ワイヤ	—	—	—	0.10	—	—	—	0.044	0.33	99.48

被覆アーク溶接棒は、棒径4mmの軟鋼用低水素系溶接棒(D 4316)で、350℃に1時間乾燥した後、実験に用いた。

補助被包ガスとしては炭酸ガス及びアルゴンガスの2種類を、脱酸剤にはいずれも粒の大きさ0.5~0.69mmのフェロシリコン及びアルミニウム(直径1.6mmの溶接用アルミニウムワイヤを粒状にしたもの)の2種類を用いた。これらの脱酸剤の化学組成も第1表に併記してある。

溶接電源としては、容量500Aの垂下特性の交流アーク溶接機を用いた。

3. 実験方法、結果及び考察

3.1 ビード溶接実験

第1表に記号Aで示す板厚6mmの軟鋼板(幅50×長さ150mm)のミルスケールをバンドグラインダで完全に除去し、清浄にした鋼板の表面に30%硝酸液によるさびを厚さ約0.05、0.1及び0.3mmにそれぞれ発生させあるいはラッカー、さび止め塗料、マシン油及びグリースをそれぞれ厚さ約0.05、0.1及び0.3mm(以下さびも含めてこの厚さを塗膜厚という)に一樣に塗布し、試験片として用いた。試験片表面の処理方法を第2表に示す。

第2表 鋼板表面の処理方法

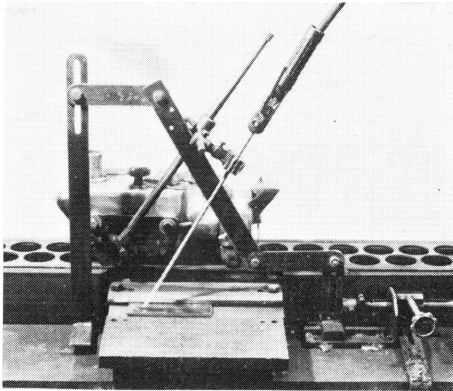
鋼 板 の 表 面 状 態	表 面 処 理 方 法
さ び	試験片表面に30%硝酸液を24時間間隔で塗布して、厚さ0.05±0.01、0.1±0.01及び0.3±0.01mmのさびを発生させた。
ラ ッ カ ー	試験片表面にラッカーを1時間間隔で塗布して、厚さ0.05±0.01、0.1±0.01及び0.3±0.01mmの塗膜をつくった。
さ び 止 め 塗 料	試験片表面にウォッシュプライマーを1時間間隔で塗布して、厚さ0.05±0.01、0.1±0.01及び0.3±0.01mmの塗膜をつくった。
マ シ ン 油	試験片表面にマシン油をいちように塗布して、厚さ0.05±0.01、0.1±0.01、及び0.3±0.01mmの油膜をつくった。
グ リ ー ス	試験片表面にグリースを塗布して、厚さ0.05±0.01、0.1±0.01及び0.3±0.01mmの塗膜をつくった。

このような種々の塗膜厚の各種表面状態の平板試験片に低水素系溶接棒を用いて溶接電流140~190A、溶接速度15~25cm/min及び運棒角度60°の種々の溶接条件でシングルビードを溶接した。

溶接にあたっては、溶接棒先端と試験片表面との間隔

及び運棒角度を一定に保持することができ、かつ、溶接棒を軸方向にスライドさせることができる重力式の溶接棒保持器を作製し、これを電動台車に取り付け、自動的に走行させて溶接を行った。第1図はその外観を示す。

溶接完了後、得られたビード試験片について、外観及

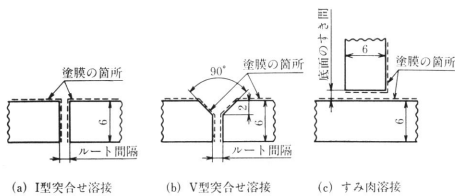


第1図 重力式自動溶接装置

びX線検査を行った。その結果、本実験範囲ではいずれの塗膜厚のさび、ラッカー、さび止め塗料、マシン油及びグリースが付着したまま溶接を行っても、ビード外観は良好で気孔の発生も全く認められなかった。

3.2 突合せ溶接及びすみ肉溶接実験

ビード試験片と同一組成の板厚6mmの軟鋼板（幅50×長さ150mm）を用い、第2図に示すように、(a)I型突合



第2図 開先形状及び寸法

せ溶接、(b)V型突合せ溶接及び(c)すみ肉溶接の3種類の開先形状について、鋼板表面、開先及びルート面を前述のビード試験片の場合と同様に処理した後、突合せ溶接のルート間隔及びすみ肉溶接の底面のすき間を0mmとし、低水素系溶接棒を用いて溶接電流140~190A、溶接速度20cm/min及び運棒角度60°の種々の溶接条件で、突合せ溶接の場合は下向姿勢、すみ肉溶接の場合は水平姿勢で、いずれの場合も1パスで溶接を行った。この場合の溶込み深さはI型突合せ溶接の場合約1.8mm、V型突合せ溶接の場合約0.5mm及びすみ肉溶接の場合約0.9mmで、いずれの場合も不溶着部を生じている。

溶接にあたっては、この場合も前述のビード溶接実験の場合と同様に重力式の自動溶接装置を用いて溶接を行った。

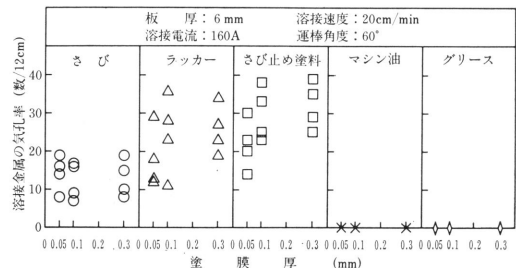
溶接完了後、溶接部の外観及びX線検査を行った後、プレスにより破断し、のど厚方向に破断された溶接金属

面の気孔生成状況を調べた。

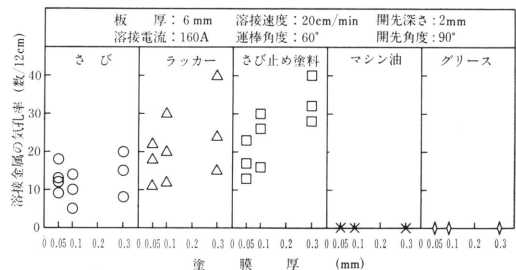
第3~5図は溶接金属の気孔率に及ぼす塗膜厚の影響を種々の表面状態について調べた結果を示したものである。気孔率はX線写真により、溶接金属に発生した気孔の数を次式により求め、ビード長さ12cmについて示したものである。

気孔数 = (各大きさの気孔 × 係数) の総和

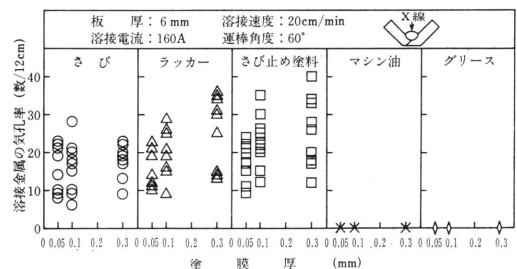
気孔の大きさ (mm)	1.0以下	1.0 をこえ 2.0以下	2.0 をこえ 3.0以下	3.0 をこえ 4.0以下	4.0 をこえ 6.0以下	6.0 をこえ 8.0以下	8.0 をこえ るもの
係 数	1	2	3	6	10	15	25



第3図 I型突合せ溶接金属の気孔率に及ぼす塗膜厚の影響



第4図 V型突合せ溶接金属の気孔率に及ぼす塗膜厚の影響



第5図 すみ肉溶接金属の気孔率に及ぼす塗膜厚の影響

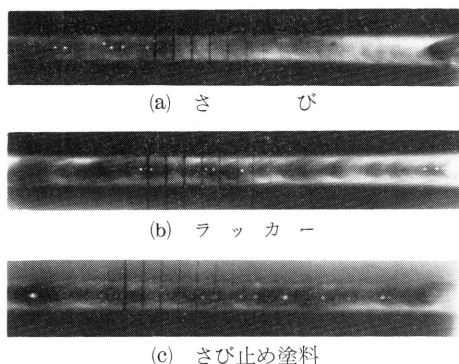
第3図はI型突合せ溶接、第4図はV型突合せ溶接及び第5図はすみ肉溶接の場合である。なお、第5図のす

すみ肉溶接の結果は同図中に示すように, すみ肉溶接部の一部を削除し, 矢印の方向からX線写真を撮影して測定を行った結果である。気孔率に及ぼす表面状態の影響は顕著で, 開先形状及び塗膜厚に関係なく, ラッカー及びさび止め塗料が最も気孔を発生しやすく, さびの場合がこれに次ぎ, マシン油及びグリースの場合には気孔の発生は全くあるいはほとんど認められない。また, 気孔率に及ぼす塗膜厚の影響は, 開先形状がいずれの場合もさびに対してはその影響はほとんど認められないが, ラッカー及びさび止め塗料の場合には塗膜厚の増大とともに気孔はわずかに増加する傾向が認められる。さらに同じ表面状態に対し, 開先形状が変わってもそれによる気孔率

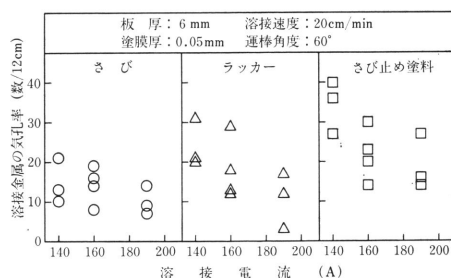
の差はほとんど認められなかった。なお, これらの気孔の発生状況には特徴があり, 開先形状がいずれの場合も気孔はルート部付近から発生し, ほとんどが破断面上に存在している。第6図は一例として表面状態がさび, ラッカー及びさび止め塗料の場合のすみ肉溶接部のX線写真を, 第7図にはさび止め塗料の場合のI型突合せ, V型突合せ及びすみ肉溶接金属の破断面を示す。比較的大きな気孔がルート部付近から発生していることが観察される。

なお, ビード外観は開先形状及び塗膜厚がいずれの場合も良好であった。

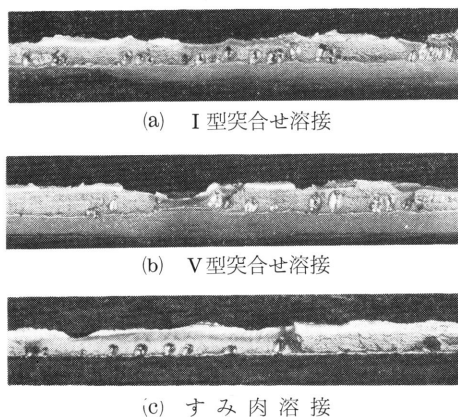
また, 本実験結果からさび, ラッカー及びさび止め塗料の場合には塗膜厚が約0.05mmでいずれもかなりの気孔が発生しており, しかもこの塗膜厚(0.05mm)はラッカー及びさび止め塗料を塗布する場合に最も一般的に用いられている値であるので, 以後の実験においては, 塗膜厚はすべて約0.05mmとする。



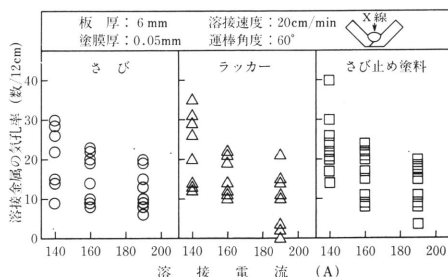
第6図 すみ肉溶接部のX線写真(板厚: 6mm, 塗膜厚: 0.05mm, 溶接電流: 160A, 溶接速度: 20cm/min, 運棒角度: 60°) $\left(\times 1 \times \frac{2}{5}\right)$



第8図 I型突合せ溶接金属の気孔率に及ぼす溶接電流の影響



第7図 表面状態がさび止め塗料の場合の溶接金属の破断面写真(板厚: 6mm, 塗膜厚: 0.05mm, 溶接電流: 160A, 溶接速度: 20cm/min, 運棒角度: 60°) $\left(\times 2 \times \frac{2}{5}\right)$



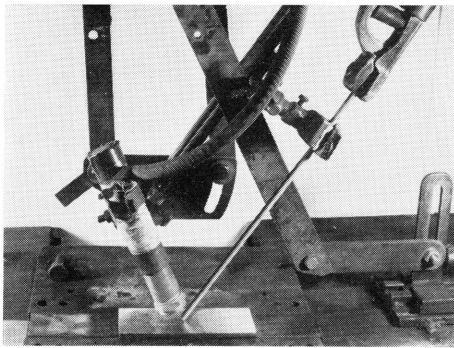
第9図 すみ肉溶接金属の気孔率に及ぼす溶接電流の影響

第8及び9図はI型突合せ及びすみ肉溶接における表面状態がさび, ラッカー及びさび止め塗料の場合の溶接金属の気孔率に及ぼす溶接電流の影響を示す。いずれの開先形状及び表面状態の場合も溶接電流の増大とともに気孔は減少する傾向が認められる。

3.3 気孔の防止

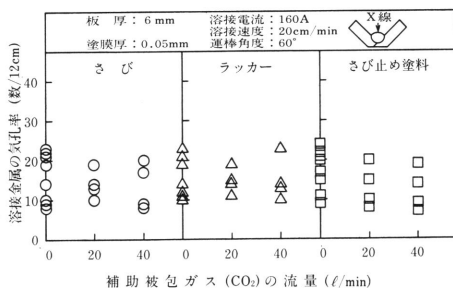
3.3.1 補助被包及び脱酸剤の影響

鋼板表面、開先及びルート面にさび、ラッカー及びさび止め塗料が付着したまま低水素系溶接棒を用いてルート間隔を0mmとし、不溶着部があるI型突合せ、V型突合せ及びすみ肉溶接を行うと溶接金属に気孔が発生するが、この発生原因として開先及びルート面に付着した有害物によるアークの乱れのため、溶接棒被覆剤から発生する炭酸ガスの被包効果と溶接棒被覆剤中の脱酸剤の効果とのうち、いずれかあるいは両方が不十分となったことが考えられる^{2,3)}。そこで、鋼板表面及びルート面にさび、ラッカー及びさび止め塗料が付着した場合のすみ肉溶接について、底面のすき間を0mmとし、前述の溶接条件で、(1)アーク及び溶融金属を保護被包するため、第

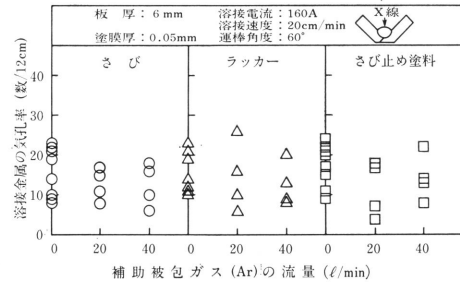


第10図 補助被包ガスの送給装置

10図に示すように直径26mmのノズルを用いてアークの側方から種々の流量の炭酸ガスあるいはアルゴンガスを送給して補助被包を行った場合、(2)立板と下板のぶつかる溶接線に第1表に示す化学組成を持つ脱酸剤、すなわち、いずれも粒の大きさ0.5~0.69mmのフェロシリコンあるいはアルミニウムを置いた場合、(3)ルート部にフェロシリコンを置き、さらに炭酸ガスを送給して補助被包



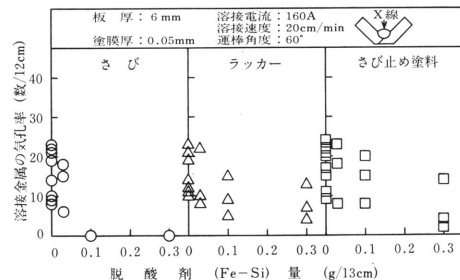
第11図 すみ肉溶接金属の気孔率に及ぼす補助被包ガス (CO₂) の流量の影響



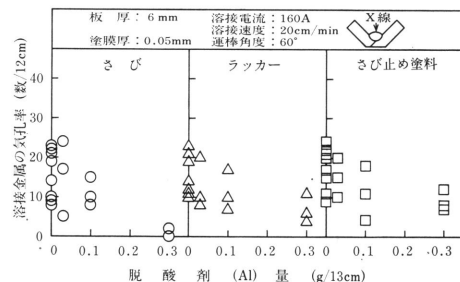
第12図 すみ肉溶接金属の気孔率に及ぼす補助被包ガス (Ar) の流量の影響

した場合について、それぞれすみ肉溶接を行った。溶接完了後、溶接部のX線検査を行った。

第11及び12図は溶接金属の気孔率に及ぼす補助被包ガスの流量の影響を調べた結果を示したものである。第11図は補助被包ガスとして炭酸ガスを20あるいは40ℓ/min、第12図はアルゴンガスを20あるいは40ℓ/min送給した場合である。いずれの場合も補助被包の効果はほとんど認められない。



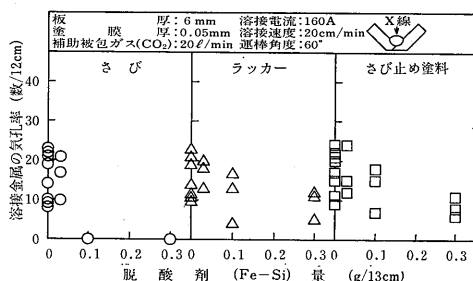
第13図 すみ肉溶接金属の気孔率に及ぼす脱酸剤 (Fe-Si) 量の影響



第14図 すみ肉溶接金属の気孔率に及ぼす脱酸剤 (Al) 量の影響

第13及び14図は溶接金属の気孔率に及ぼす脱酸剤量の影響を調べた結果で、第13図は脱酸剤としてフェロシリコンをビード長さ13cmあたり0.03、0.1あるいは0.3

g, 第14図はアルミニウムをビード長さ13cmあたり0.03, 0.1あるいは0.3g 置いた場合である。フェロシリコン及びアルミニウムの効果はさびに対しては顕著で、フェロシリコンの場合にはビード長さ13cmあたり0.1あるいは0.3g 置いて溶接を行えば、気孔の発生は認められず、またアルミニウムの場合にはその量が増加するとともに気孔は著しく減少する傾向が認められる。しかし、ラッカー及びさび止め塗料に対してはフェロシリコン及びアルミニウムの効果はわずかで、これらの量の増加とともに気孔はわずかに減少する傾向を示すに過ぎない。



第15図 すみ肉溶接金属の気孔率に及ぼす脱酸剤(Fe-Si)量及び補助被包ガス(CO₂)の影響

第15図はフェロシリコンを0.03, 0.1あるいは0.3g置き、さらに炭酸ガスを20ℓ/min 送給した場合である。同図によれば、炭酸ガスで補助被包を行った場合の気孔率に及ぼすフェロシリコンの影響は第13図の補助被包を行わない場合のそれと同様な傾向で、表面状態がさびの場合にはビード長さ13cmあたり0.1あるいは0.3gのフェロシリコンを置いて溶接を行えば気孔の発生は認められないが、ラッカー及びさび止め塗料の場合にはフェロシリコンの増加とともに気孔はわずかに減少するに過ぎない。また第11図に示したように、気孔防止に対して炭酸ガスによる補助被包の効果がほとんど認められなかったことから、脱酸剤を置きさらに補助被包を行った場合に、気孔防止に対して効果が認められるのは補助被包によるものではなく、脱酸剤によるものと思われる。

以上の実験結果に示したように、さびの場合の気孔は脱酸剤、特にフェロシリコンを置いて溶接を行うことによって完全に防止できることから、この気孔はさびのため溶接棒被覆剤中の脱酸剤が不足し、これに基づく一酸化炭素によるものと考えられる。しかし、ラッカー及びさび止め塗料の場合の気孔は脱酸剤を置いて溶接を行っても、その効果はほとんど認められなかった。したがって、これらの気孔は溶接棒被覆剤中の脱酸剤の不足に基

づく一酸化炭素による気孔とは考え難い。また、アーク及び熔融金属を保護被包するため、アークの側方から炭酸ガスあるいはアルゴンガスを送給しても、その効果がほとんど認められないことから、被覆剤から発生する炭酸ガスの効果がラッカー及びさび止め塗料によるアークの乱れのため不完全となり、空気が混入し、これに基づく窒素あるいは酸素によるものでもないものと思われる。

著者らはすでに、軟鋼用各種被覆アーク溶接棒を故意に吸湿させ無塗装鋼板のビード溶接及び水平すみ肉溶接を行い、石灰石型低水素系溶接棒では溶接金属の拡散性水素量が約7cc/100gで気孔が発生し始め、これは他の乾燥溶接棒による健全な溶接金属の拡散性水素量に比べ著しく低い値であることを確かめた⁴⁾。そして、この気孔生成の原因を明らかにするための諸実験の一つとして補助被包及び脱酸剤の効果を調べたが、これらの効果はほとんどなく、また、気孔内ガスの分析実験から吸湿低水素系溶接棒による溶接金属の気孔は水素によるものであることを明らかにした⁵⁾。したがって、ラッカー及びさび止め塗料の場合の気孔の発生防止に対しても補助被包及び脱酸剤の効果がほとんど認められないことから、これらの気孔はラッカー及びさび止め塗料中の有機物に起因する水素による可能性も十分あるものと考えられる。

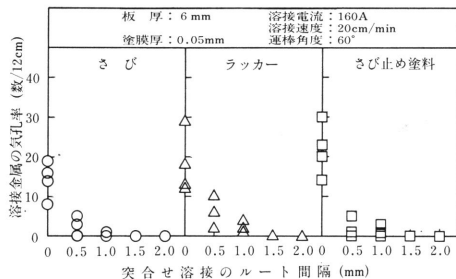
3.3.2 突合せ溶接のルート間隔及びすみ肉溶接の底面のすき間の影響

前述のように、低水素系溶接棒による種々の表面状態の鋼板のビード溶接、I型突合せ及びV型突合せ溶接並びにすみ肉溶接の実験結果から、鋼板表面にさび、ラッカー、さび止め塗料、マシン油及びグリースが付着した平板のビード溶接ではいずれも気孔のない健全な溶接金属が得られるが、鋼板表面、開先及びルート面にさび、ラッカー及びさび止め塗料が付着し、ルート間隔及び底面のすき間を0mmとし、1パスで不溶着部が生じる条件で溶接を行った場合には、気孔の発生が著しいことを明らかにした。このことは同一種類の有害物でも気孔を発生するか否かは有害物の付着箇所によって決まることを示し、また、このことにより、さび、ラッカー及びさび止め塗料の場合の気孔は付着物の燃焼状況及び燃焼により生じたガスの逸出の難易によっても影響されることが考えられる。すなわち、ルート間隔及び底面のすき間を0mmとし、1パスで不溶着部が生じるような条件で突合せ及びすみ肉溶接を行った場合の開先及びルート面の不溶着部に付着している有害物は、鋼板表面に付着した有害物のようにアークあるいは熔融金属に直接接触しない

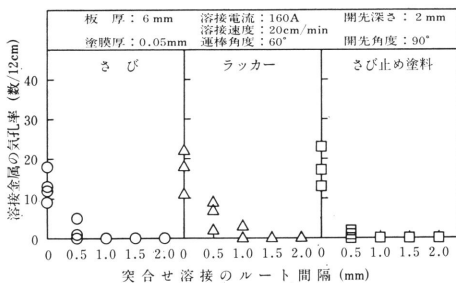
ので燃焼しにくく、また、燃焼ガスの一部は不溶着部に入り込むため、燃焼ガスの逸出は平板の場合に比べて困難であるものと考えられる。そこで、前述のさび止め塗料のⅠ型突合せ溶接について、鋼板表面はそのままにし、ルート面のさび止め塗料のみを完全に除去し、前述の溶接条件で溶接を行った。その結果、鋼板表面にさび止め塗料が付着していても、ルート面に付着していなければ気孔は全く発生せず、気孔生成に対してルート面の有害物が著しい悪影響を与えていることが明らかとなった。

そこで前述のさび、ラッカー及びさび止め塗料のⅠ型突合せ、Ⅴ型突合せ及びすみ肉溶接について、開先及びルート面の有害物の燃焼及び燃焼ガスの逸出を容易にす

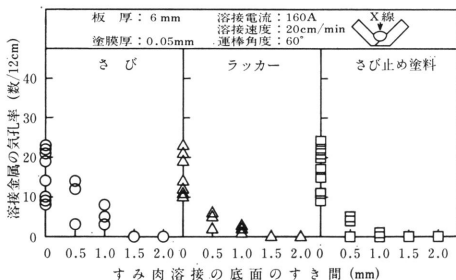
るため、ルート間隔及び底面のすき間を変化し、他の溶接条件はすべて同一として溶接を行い、溶接金属の気孔率に及ぼすルート間隔及び底面のすき間の影響を調べた。その結果を第16～18図に示す。なお、この場合に得られた溶込み深さは、ルート間隔及び底面のすき間を2mmとした場合でもⅠ型突合せの場合約4mm、Ⅴ型突合せの場合約3mm及びすみ肉溶接の場合約2.8mmで、いずれの場合も不溶着部を生じている。第16図はⅠ型突合せ、第17図はⅤ型突合せ及び第18図はすみ肉溶接の場合であるが、開先形状がいずれの場合も気孔率に及ぼすルート間隔及び底面のすき間の影響は顕著で、さび、ラッカー及びさび止め塗料のいずれの場合もルート間隔及び底面のすき間を約1.5mm以上とれば、気孔の発生を完全に防止し得ることが認められる。第19図は一例としてさび止め塗料の場合のⅠ型突合せ溶接部の横断面マクロ写真を示す。(a)のルート間隔を0mmとした場合には気孔の発生が認められるが、(b)のルート間隔を1.5mmとした場合には気孔は全く発生していないことが認められる。



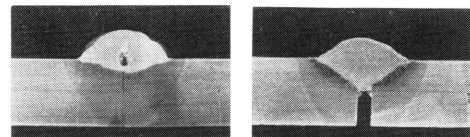
第16図 Ⅰ型突合せ溶接金属の気孔率に及ぼすルート間隔の影響



第17図 Ⅴ型突合せ溶接金属の気孔率に及ぼすルート間隔の影響



第18図 すみ肉溶接金属の気孔率に及ぼす底面のすき間の影響



(a)ルート間隔：0mm (b)ルート間隔：1.5mm

第19図 Ⅰ型突合せ溶接部の横断面マクロ写真
(板厚：6mm、表面状態：さび止め塗料、塗膜厚：0.05mm、溶接電流：160A、溶接速度20cm/min、運棒角度：60°) $\left(\times \frac{5}{2} \times \frac{1}{2}\right)$

3.3.3 溶込み深さの影響

前項の実験結果から、さび、ラッカー及びさび止め塗料の場合のⅠ型突合せ、Ⅴ型突合せ及びすみ肉溶接金属に発生する気孔は開先及びルート面の有害物が燃焼しにくく、また発生した燃焼ガスが不溶着部に残留するため生じるものと考えられる。したがって、前述の有害物が開先及びルート面に付着していても1パスで不溶着部が生じない溶接を行えば、有害物がアークあるいは溶融金属に直接接触するため燃焼しやすく、また、不溶着部がないので燃焼ガスの逸出も容易となり、気孔のない健全な溶接金属が得られるものと考えられる。そこで板厚6mmのⅤ型溝付試験片によるビード溶接及び板厚3.2mmのⅠ型突合せ溶接を行い、溶込み深さが気孔生成に及ぼす影響について検討を加えた。

Ⅴ型溝付ビード試験片には第1表に記号Aで示す板厚

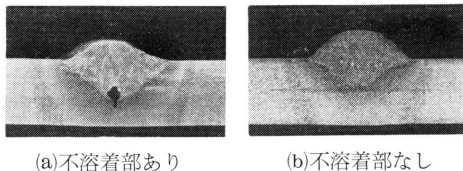
6 mm の軟鋼板 (幅 50 × 長さ 150 mm) を用い, 板幅中央に 45° で深さ 2.5 及び 4 mm の V 型溝をそれぞれ切削した後, V 溝部及び試験片表面にさびを発生あるいはラッカー及びさび止め塗料を塗布し, 低水素系溶接棒を用い, 溶接電流 160 A, 溶接速度 20 cm/min 及び運棒角度 60° の溶接条件でシングルビードを溶接した。溶接完了後, 得られたビード試験片について X 線検査を行った。

第 3 表 V 型溝付ビード試験片による溶接金属の気孔率

鋼板の表面状態	溶接金属の気孔率 (数/12cm)	
	不溶着部あり	不溶着部なし
さび		
	15	0
	6	0
	11	0
	12	0
	9	0
ラッカー	7	0
	9	0
	20	0
	5	0
	17	0
さび止め塗料	12	0
	7	0
	5	0
	11	0
	18	0

注) 板 厚: 6 mm
塗 膜 厚: 0.05 mm
溶接電流: 160 A
溶接速度: 20 cm/min
運棒角度: 60°

第 3 表は V 型溝付ビード溶接部の X 線検査の結果を示す。同表から明らかなように, V 型溝の深さが 4 mm で, 溶接後に不溶着部がある場合のさび, ラッカー及びさび止め塗料の溶接金属にはいずれも著しい気孔の発生が認められるが, V 型溝の深さが 2.5 mm で, 不溶着部のない場合には, いずれの表面状態の溶接金属にも気孔は全く認められない。第 20 図は一例としてさび止め塗料の場合



(a) 不溶着部あり

(b) 不溶着部なし

第 20 図 V 型溝付ビード試験片による溶接部の横断面マクロ写真

(板厚: 6 mm, 表面状態: さび止め塗料, 塗膜厚: 0.05 mm, 溶接電流: 160 A, 溶接速度: 20 cm/min, 運棒角度: 60°) $\left(\times \frac{5}{2} \times \frac{1}{2}\right)$

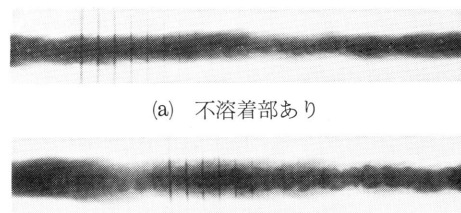
の横断面マクロ写真を示す。(a) の不溶着部のある場合にはルート部付近に気孔が観察されるが, (b) の不溶着部がない場合には気孔の発生は全く認められない。

また, 第 1 表に記号 B で示す板厚 3.2 mm の軟鋼板 (幅 200 × 長さ 300 mm) の表面及びルート面にさびを発生あるいはラッカー及びさび止め塗料を塗布した後, ルート間隔を 0 mm とし, 低水素系溶接棒を用い, 溶接電流 160 A 及び運棒角度 60° として溶接速度が 21 cm/min と 14 cm/min との場合について 1 パスで I 型突合せ溶接を下向姿勢で行った。この場合, 溶接速度が 21 cm/min の場合の溶込み深さは約 3 mm で不溶着部があるが, 溶接速度が 14 cm/min の場合は溶込み深さは十分で, 裏波がでている。溶接完了後, 溶接部の X 線検査を行った。

第 4 表 I 型突合せ溶接金属の気孔率

鋼板の表面状態	溶接金属の気孔率 (数/12cm)	
	不溶着部あり	不溶着部なし
さび		
	9	0
	8	0
	12	0
	6	0
	5	0
ラッカー	11	0
	9	0
	6	0
	9	0
	12	0
さび止め塗料	16	0
	21	0
	8	0
	11	0
	12	0

注) 板 厚: 3.2 mm
塗 膜 厚: 0.05 mm
溶接電流: 160 A
運棒角度: 60°



(a) 不溶着部あり

(b) 不溶着部なし

第 21 図 I 型突合せ溶接部の X 線写真

(板厚: 3.2 mm, 表面状態: さび止め塗料, 塗膜厚: 0.05 mm, 溶接電流: 160 A, 運棒角度: 60°)
 $\left(\times 1 \times \frac{2}{5}\right)$

第4表は板厚3.2mmの1パスで不溶着部のある場合とない場合のI型突合せ溶接部のX線検査の結果を示す。同表から明らかなように、溶接速度が21cm/minで、不溶着部がある場合のさび、ラッカー及びさび止め塗料の溶接金属には著しい気孔の発生が認められるが、溶接速度を14cm/minとし、裏波がでる溶接を行えば、いずれの表面状態の場合も気孔の発生は完全に防止できる。第21図は一例としてさび止め塗料の場合のX線写真を示す。(a)の不溶着部がある場合には気孔が認められるが、(b)の裏波がでる溶接を行った場合には気孔は全く認められない。

以上の実験結果から、さび、ラッカー及びさび止め塗料が付着した鋼板の溶接における気孔防止対策としては、開先及びルート面に付着したこれらの有害物の燃焼を容易にし、さらに生じた燃焼ガスが溶接部近傍から逸出しやすい溶接施工を行うことが最も重要と思われる。なお、ラッカー及びさび止め塗料の場合にはこれらの燃焼状況の良否、すなわち、付着した有害物が完全燃焼するか不完全燃焼するかによって燃焼ガス組成が著しく異なることも推察され、このガス組成の相違が気孔の生成に対して著しい影響を及ぼしていることも考えられる。

4. 結 言

鋼板表面、溶接開先及びルート面が清浄でない場合、すなわち、さび、塗料あるいは油脂類が付着した鋼板を低水素系溶接棒を用いて溶接しても、気孔のない健全な溶接金属を得る目的で、補助被包及び脱酸剤の効果を調

べるとともに溶接施工の面からも検討を加え、次の結論を得た。

- (1) さび、ラッカー及びさび止め塗料は溶接金属に気孔を生成しやすく、マシン油及びグリースは気孔を生成しにくい。
- (2) さびによる気孔は脱酸剤、特にフェロシリコンにより完全に防止することができる。
- (3) さび、ラッカー及びさび止め塗料による気孔は突合せ溶接のルート間隔及びすみ肉溶接の底面のすき間を約1.5mm以上とって溶接を行えば、完全に防止することができる。
- (4) さび、ラッカー及びさび止め塗料による気孔は1パスで不溶着部のない溶接を行えば、完全に防止できる。

参 考 文 献

- 1) 益本，松田；ガス被包アーク溶接部の気孔生成におよぼす電極鋼線組成の影響について，溶接学会誌，37-8（1968）826-838
- 2) 関口，益本，織田；低水素型被覆アーク溶接棒による鋼材溶接部の気孔発生について（第1報），溶接学会誌，27-8（1958）445-450
- 3) 関口，益本；低水素型被覆アーク溶接棒による鋼材溶接部の気孔発生について（第2報），溶接学会誌，27-9（1958）514-518
- 4) 松田，長谷川，益本；気孔生成に及ぼす被覆アーク溶接棒の吸湿量の影響，溶接学会誌，47-9（1978）662-667
- 5) 益本，松田，長谷川；吸湿低水素系溶接棒による溶接金属の気孔について，溶接学会誌，48-7（1979）498-504