

塗装鋼板溶接部の気孔生成に及ぼす被覆アーク溶接棒吸湿の影響

松田一夫*, 長谷川正義*

Influence of Absorbed Water of Covered Electrode on Porosity in Weld Metal of Painted Steel Plate

Kazuo MATSUDA* and Masayoshi HASEGAWA*

(Received March 30, 1984)

Bead welding was performed on a mild steel plate purposely rusted, or covered with either lacquer, anti-corrosive paint or grease (called painted steel plate hereafter). The influence of absorbed water in covered electrodes on the porosity in weld metals was experimentally investigated, using various type of covered flux with various water contents.

The experimental results were as follows:

1) Ilmenite, lime-titania, high cellulose, high titanium oxide and iron-powder iron oxide type electrodes were not influenced very much by absorbed water of covered electrodes on the porosity in weld metals of painted steel plates and sound weld metals were obtained over the whole experimental range of absorbed water contents.

2) In the case of low-hydrogen type electrode the porosity in weld metal of painted steel plates began to occur when absorbed water content of covered electrode was about 1.4% and increased remarkably in proportion to the amount of absorbed water.

3) Diffusible hydrogen content in deposited metal with low-hydrogen type electrodes, in which porosity began to occur, was about 8cc/100g. This diffusible hydrogen content was smaller than that of sound weld metals by other dried covered electrodes, which was about 32.7~48.9cc/100g.

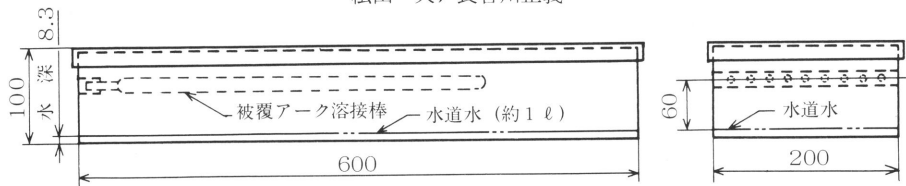
1. 緒言

溶接開先面及びルート面に付着した水分、過度のさび、ペイント、油脂、ミルスケールなどの異物はいずれも気孔や割れの原因となる^{1~5)}ので、溶接前に機械的及び化学的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ず、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。特に補修溶接においては清掃作業を完全に行うことが困難な場合も多く、前述の異物が付着したまま溶接を行わねばならない場合も生じる。

また近年、溶接構造物の大形化に伴って構造物の建造及び補修のための溶接は、現場での屋外溶接が盛んに行われている。しかし、屋外溶接は常に理想的な条件のもとで施工できるとは限らず、降雨時あるいは降雨直後の多湿な環境でも溶接を行う必要が生ずる場合もあり、こ

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



第1図 被覆アーク溶接棒の吸湿に用いた箱の形状及び寸法 単位: mm

のような場合には溶接棒の吸湿は避けられない。

そこで本研究では、市販の各種被覆アーク溶接棒を故意に吸湿させ、過度のさびが発生した軟鋼板及びラッカー、さび止め塗料あるいはグリースを塗布した軟鋼板のビード溶接を行い、これらの異物が付着したままの鋼溶接部の気孔生成に及ぼす被覆アーク溶接棒吸湿量の影響を調べるとともに、気孔が生じにくい棒種を明らかにするため行ったものである。

2. 実験方法

2.1 被覆アーク溶接棒の吸湿

本実験に用いた溶接棒は、棒径いずれも 4 mm のイルミナイト系 (D 4301)、ライムチタニヤ系 (D 4303)、高セルローズ系 (D 4311)、高酸化チタン系 (D 4313)、低水素系 (D 4316) 及び鉄粉酸化鉄系 (D 4327) の 6 種類の軟鋼用被覆アーク溶接棒で、低水素系溶接棒は 320°C、その他の溶接棒はすべて 100°C で 1 時間乾燥後、直ちに吸湿させ、各種被覆溶接棒の吸湿量に及ぼす吸湿時間の影響を調べた。被覆溶接棒の吸湿にあたっては、前述の乾燥温度で 1 時間乾燥した被覆溶接棒の重量を測定した後、第 1 図に示す水道水を入れた密封容器 (縦 200 × 横 600 × 深さ 100 mm) の水面から上方 60 mm の位置に被覆溶接棒を置き、吸湿させた後の重量を測定して、その差から被覆剤重量に対する吸湿増加率を求め、これを吸湿量とした。

2.2 ビード溶接実験

第1表 供試母材の化学組成

供試母材	板 厚 (mm)	化 学 組 成 (wt.%)					
		C	Si	Mn	P	S	
軟鋼板 (SS41)	A	6	0.17	0.04	0.86	0.012	0.029
	B	12	0.14	0.24	0.61	0.019	0.020

第 1 表に記号 A で示す化学組成を持つ板厚 6 mm の軟鋼板 (幅 50 × 長さ 150 mm) 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 % 硝酸溶液を塗布し、表面に化合物 (以下この化合物をさびという) を厚さ約 0.05 mm に発生させあるいはラッカー、さび止め塗料及びグリースをそれぞれ厚さ約 0.05 mm に一様に塗布し (以下さび及びグリース付着

鋼板も含めて塗装鋼板という)、試験片として用いた。試験片の表面処理方法を第 2 表に示す。

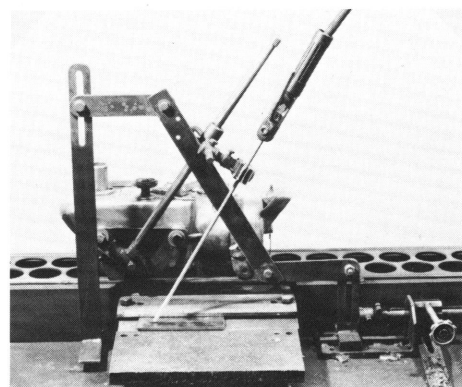
第2表 ビード溶接試験片の表面処理方法

鋼板の表面状態	表面処理方法
さび	試験片表面に30%硝酸溶液を24時間間隔で塗布して、厚さ約0.05mm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、厚さ約0.05mm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、厚さ約0.05mmの塗膜をつくった。
グリース	試験片表面にグリースを塗布して、厚さ約0.05mmの塗膜をつくった。

このような種々の塗装鋼板に各種乾燥及び吸湿溶接棒を用いて溶接電流 140～210 A、溶接速度 20 cm/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。

溶接電源としては、容量 500 A の垂下特性の交流アーク溶接機を用いた。

溶接にあたっては、被覆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、被覆溶接棒を軸方向にスライドさせることができる重力式被覆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 2 図はその外観を示す。



第2図 自動被覆アーク溶接装置

溶接完了後、得られたビード溶接試験片について、外観検査及び X 線検査を行った後、ビード始端 20 mm の

位置から幅 10 mm の試験片を切り出し、ビード横断面形状及びビッカース硬さの測定を行った。

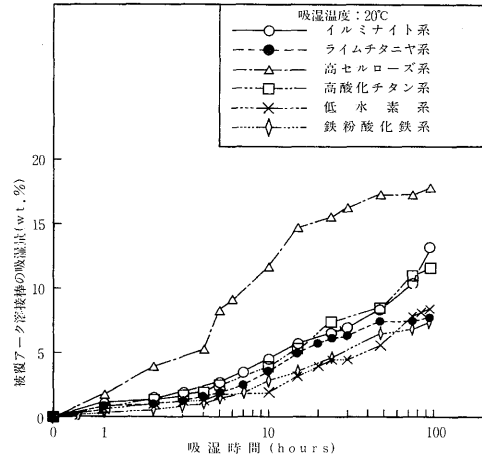
2.3 溶着金属の拡散性水素量の測定

第 1 表に記号 B で示す化学組成を持つ板厚 12 mm の種々の塗装鋼板 (幅 25×長さ 130 mm) に各種乾燥及び吸湿溶接棒を用いてビード溶接し、得られた溶着金属の拡散性水素量の測定を行った。測定はグリセリン法 (JISZ 3113) に準拠して行い、拡散性水素量は溶着金属 100 g 当りの値として示した。

3. 実験結果及び考察

3.1 被覆アーク溶接棒の吸湿

第 3 図は各種被覆溶接棒の吸湿量に及ぼす吸湿時間の影響を示す。イルミナイト系、ライムチタニヤ系、高酸化チタン系、低水素系及び鉄粉酸化鉄系溶接棒の場合は、吸湿量に著しい差はなく、吸湿時間の増加とともに吸湿量はほぼ一様に増大している。高セルローズ系溶接棒の場合には他系の被覆溶接棒よりも吸湿量が高く、吸湿時間が 15 時間までは吸湿時間の増加とともに吸湿量も著しく増大し、それ以後はほぼ一定量となる傾向が認められる。溶接棒被覆剤の相違による吸湿量を吸湿時間 24 時間について比較すれば、高セルローズ系溶接棒の場合は 15.6% で最も高く、ライムチタニヤ系、イルミナイト系及び高酸化チタン系溶接棒の場合が 6.3~7.6% でこれに次ぎ、低水素系及び鉄粉酸化鉄系溶接棒の場合が最も低く 4.6% の値である。なお、高セルローズ

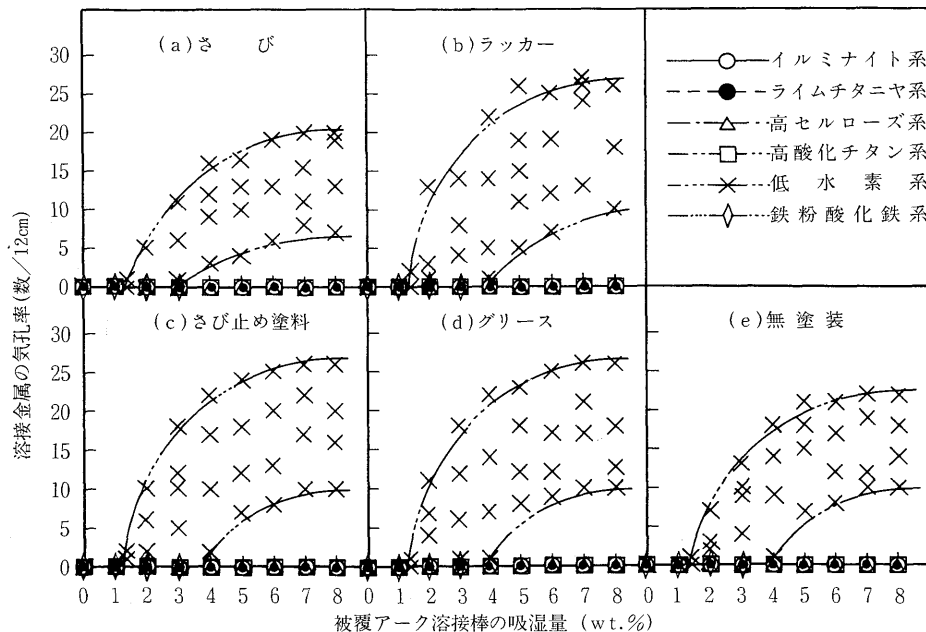


第 3 図 各種被覆アーク溶接棒の吸湿量に及ぼす吸湿時間の影響

系の場合は吸湿量 15.0% (吸湿時間 15 時間), ライムチタニヤ系の場合は 6.3% (24 時間), 鉄粉酸化鉄系の場合は 6.6% (48 時間) 及び低水素系溶接棒の場合は 8.1% (86 時間) でいずれも溶接棒被覆の表面に水滴が認められた。しかし、イルミナイト系及び高酸化チタン系溶接棒の場合には吸湿時間が 96 時間 (吸湿量 13.3 及び 11.6%) でも水滴は認められなかった。

3.2 ビード溶接実験

第 4 図は各種吸湿溶接棒を用いて、種々の塗装鋼板の



第 4 図 各種被覆アーク溶接棒による溶着金属の気孔率に及ぼす吸湿量の影響

ビード溶接を行い、得られた溶接金属の気孔率に及ぼす被覆溶接棒の吸湿量の影響を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数を次式により求め、ビード長さ12cmについてあらわしたものである。

気孔数 = (各大きさの気孔 × 各係数) の合計

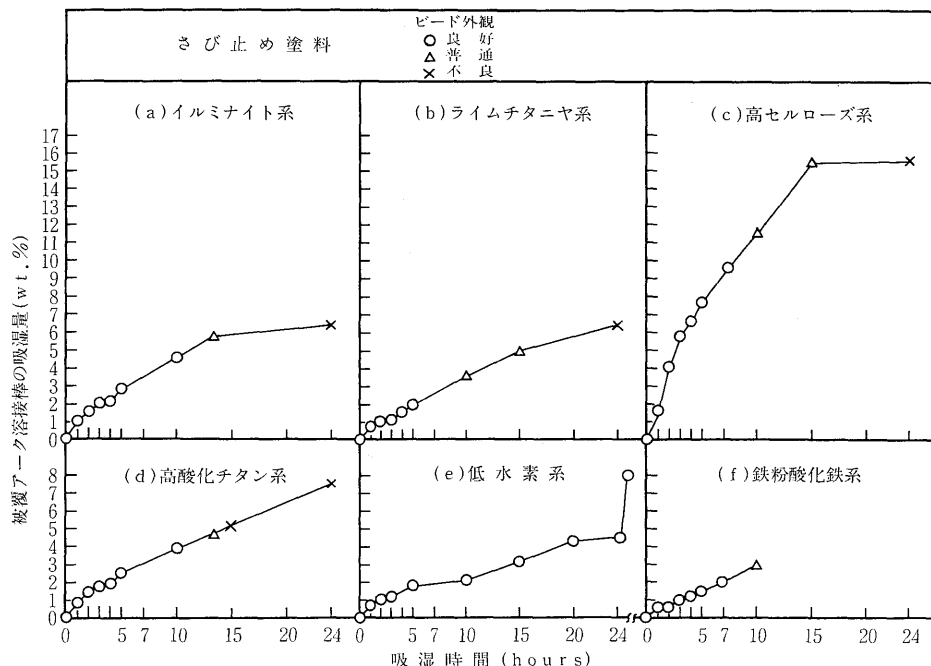
気孔の 大きさ (mm)	1.0 以下	1.0を こえ 2.0以下	2.0を こえ 3.0以下	3.0を こえ 4.0以下	4.0を こえ 6.0以下	6.0を こえ 8.0以下	8.0を こえ るもの
係 数	1	2	3	6	10	15	25

イルミナイト系、ライムチタニヤ系、高セルローズ系、高酸化チタン系及び鉄粉酸化鉄系溶接棒による場合は、さび(a)、ラッカー(b)、さび止め塗料(c)及びグリース(d)のいずれの塗装鋼板の場合も溶接金属の気孔生成に及ぼす吸湿量の影響は比較的小さく、いずれの吸湿量においても気孔はほとんど認められない。しかし、低水素系溶接棒による場合はその影響が顕著で、いずれの塗装鋼板の場合も約1.4%の吸湿量ですでに気孔が発生し始め、約5%までは吸湿量の増加とともに気孔も著しく発生し、それ以上ではほぼ一定値となる傾向が認められる。また、この傾向は同図(e)に示す表面状態が清浄な鋼板(以下無塗装鋼板という)の場合と全く同様な傾向を示すことから、気孔生成に及ぼす付着物の

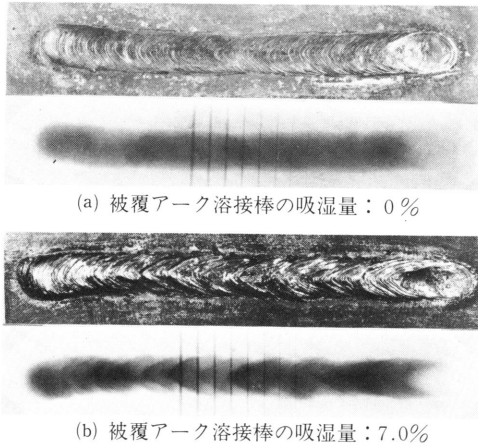
影響は吸湿量の影響に比べ小さいように思われる。これらの気孔発生箇所は吸湿量の相違により異なり、吸湿量が約1.4~2%までの範囲ではビードスタート部に、約3~4%の範囲ではビード前半に、それ以上の吸湿量ではビード全体に発生している。これは吸湿量の比較的低い範囲では被覆溶接棒が抵抗熱で加熱され、吸湿水分が蒸発するため、ビードの後半には気孔が発生しにくいものと考えられる。

なお、鉄粉酸化鉄系溶接棒による場合は吸湿量が約3%以上になるとアーク電圧が著しく上昇し、アークが消滅するため、それ以上の吸湿量での実験は不可能であった。

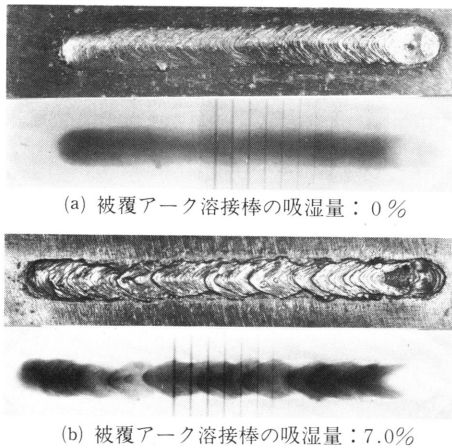
第5図は各種吸湿溶接棒を用いて種々の塗装鋼板のビード溶接を行った場合のビード外観に及ぼす吸湿量の影響を調べた結果の一例を、さび止め塗料の場合について示したものである。ビード外観に及ぼす吸湿量の影響は、いずれの塗装鋼板の場合も同図のさび止め塗料の場合と同様な傾向で、低水素系以外の溶接棒の場合には、吸湿量が一定値を越すとビード外観が不良となる傾向が認められた。すなわち、吸湿量がイルミナイト系で約5%、ライムチタニヤ系で約2%、高セルローズ系で約10%、高酸化チタン系で約4%及び鉄粉酸化鉄系溶接棒で約2%まではいずれも良好なビード外観が得られたが、それら以上では吸湿量の増加とともにビード表面のリップルも粗くなり、アンダカットが観察され、さらに吸湿量の増加とともにビード外観は著しく不良となった。



第5図 各種被覆アーク溶接棒によるビード外観に及ぼす吸湿量の影響



第6図 吸湿イルミナイト系溶接棒によるビード外観及びX線写真



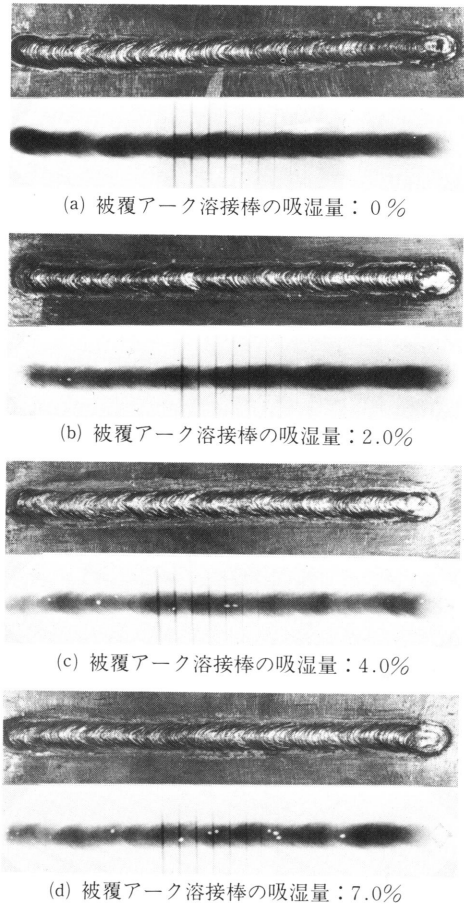
第7図 吸湿高酸化チタン系溶接棒によるビード外観及びX線写真

しかし、低水素系溶接棒による場合はビード外観に及ぼす吸湿量の影響はほとんどなく、吸湿量が約8%（飽和状態）でも比較的良好なビード外観が得られている。

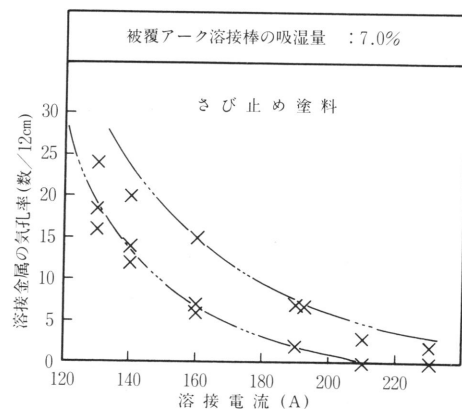
第6～8図はこれらのビード外観ならびにX線写真の一例を示す。

第9図は溶接速度が20 cm/min 及び運棒角度 60° に一定とし、吸湿量が7%の低水素系溶接棒による溶接金属の気孔率に及ぼす溶接電流の影響を調べた結果の一例を、さび止め塗料の場合について示したものである。いずれの塗装鋼板の場合も溶接電流が増加するとともに気孔も著しく減少する傾向が認められる。これは溶接電流の増加とともに被覆溶接棒の抵抗熱が増大し、吸湿水分が蒸発するためと考えられる。

第10図は溶接電流160 A、溶接速度20 cm/min 及び



第8図 吸湿低水素系溶接棒によるビード外観及びX線写真



第9図 吸湿低水素系溶接棒による溶接金属の気孔率に及ぼす溶接電流の影響

運棒角度 60° に一定として、各種吸湿溶接棒を用いて種々の塗装鋼板のビード溶接を行った場合の溶込み及び

ぼす吸湿量の影響を調べた結果の一例を, さび止め塗料の場合について示したものである。いずれの被覆溶接棒による場合も, 溶込みに及ぼす吸湿量の影響はほとんど認められなかった。

第11図は溶接電流 160 A, 溶接速度 20 cm/min 及び運棒角度 60° に一定として, 吸湿低水素系溶接棒を用いて種々の塗装鋼板のビード溶接を行った場合の溶込みに測定した結果を示したものである。溶込みに及ぼす付着物及び吸湿量の影響はほとんど認められない。

第12図は溶接電流 160 A, 溶接速度 20 cm/min 及び運棒角度 60° に一定として, 各種吸湿溶接棒を用いて種々の塗装鋼板のビード溶接を行った場合の溶接金属のビッカース硬さに及ぼす吸湿量の影響を調べた結果の一例を, さび止め塗料の場合について示したものである。低水素系溶接棒による場合が約 Hv 190, 高酸化チタン系で約 Hv 180, その他の被覆溶接棒の場合は Hv 160~170 で, 吸湿量の変化による硬さの変化はほとんど認められなかった。

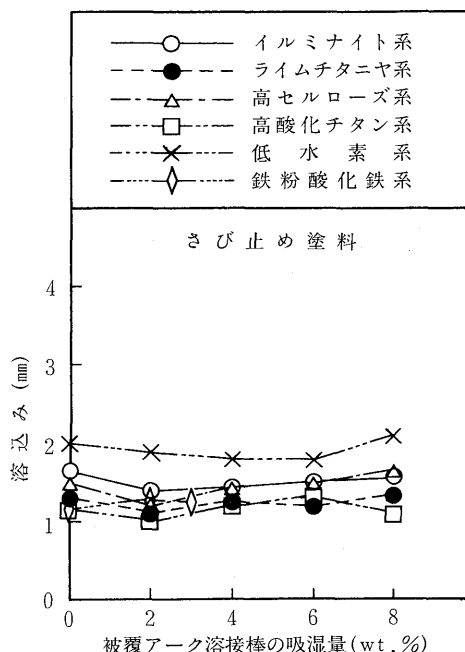
また, 第13図は吸湿イルミナイト系溶接棒を用いて種々の塗装鋼板を溶接した場合の溶接金属のビッカース硬さを測定した結果を示したものであるが, 付着物及び吸湿量の相違による硬さの差はほとんど認められない。

3.3 溶着金属の拡散性水素量の測定

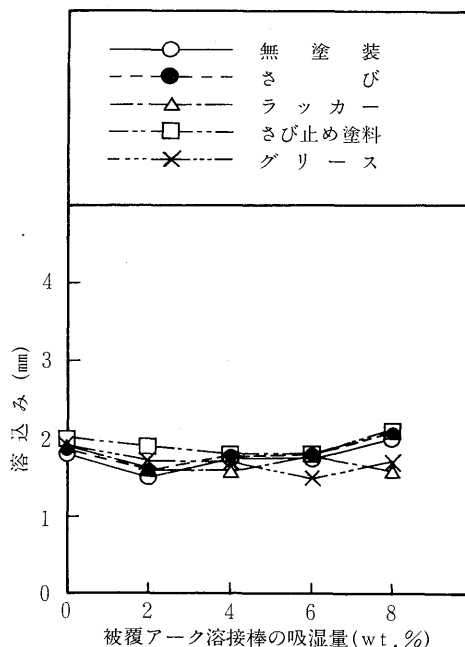
第14図は各種吸湿溶接棒を用いて種々の塗装鋼板のビード溶接を行った場合の溶着金属の拡散性水素量に及ぼす吸湿量の影響を調べた結果の一例を, さび止め塗料の場合について示したものである。イルミナイト系, ライムチタニヤ系, 高酸化チタン系及び鉄粉酸化鉄系溶接棒による場合の溶着金属の拡散性水素量は, いずれも吸湿量が約2%までは吸湿量の増加とともに著しく増大し, それ以後はわずかに増大あるいは一定値となる傾向が認められる。しかし, 高セルローズ系溶接棒の場合は吸湿量の増加とともにわずかに, また, 低水素系溶接棒による場合は直線的に著しく増大する傾向が認められた。

吸湿量が7%の吸湿溶接棒を用いた場合の拡散性水素量を乾燥溶接棒を用いた場合のそれと比較すれば, 低水素系溶接棒による場合は約4倍に達しているが, 低水素系以外の溶接棒による場合は約1.2~1.6倍である。しかし, 吸湿量が飽和状態に近い約7%の低水素系溶接棒を用いた場合の拡散性水素量は約22.0 cc/100 g, また, 気孔が発生し始める吸湿量約1.4%で約8.0 cc/100 gである。これは他の被覆溶接棒を乾燥して用いた場合の32.7~48.9 cc/100 gに比べ著しく低い値である。

第15図は吸湿イルミナイト系, 高セルローズ系及び

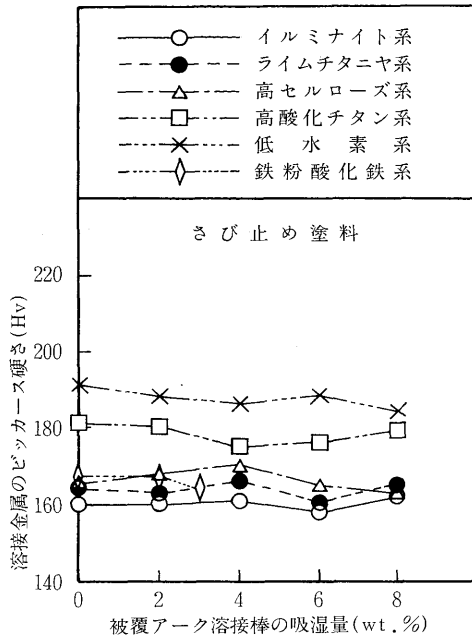


第10図 各種被覆アーク溶接棒による溶込みに及ぼす吸湿量の影響

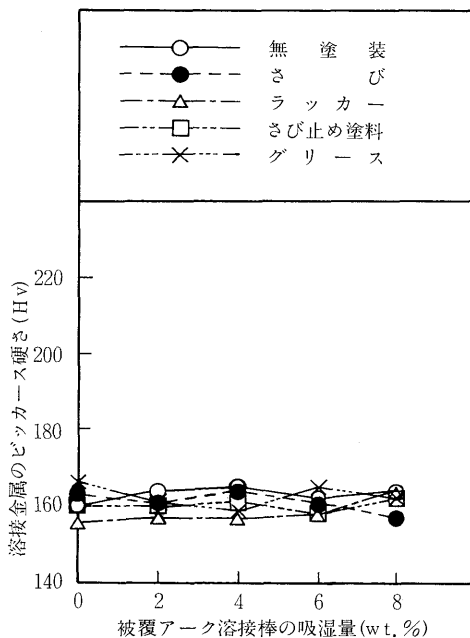


第11図 低水素系溶接棒による溶込みに及ぼす付着物及び吸湿量の影響

低水素系溶接棒を用いて種々の塗装鋼板のビード溶接を行った場合の溶着金属の拡散性水素量の測定結果を示したものである。同図によれば, 拡散性水素量が著しく低い場合には拡散性水素量に及ぼす付着物の影響が認めら

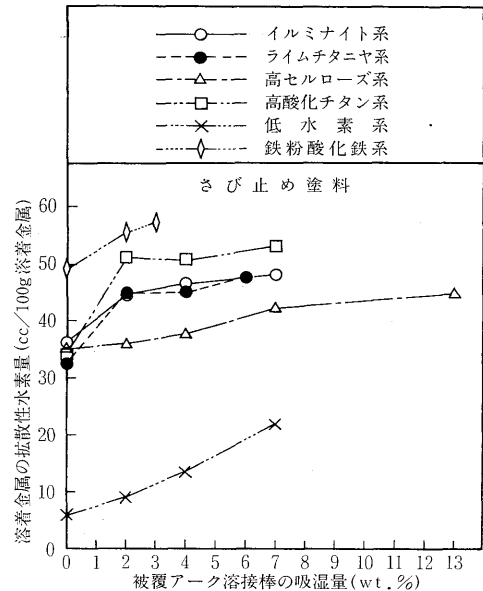


第12図 各種被覆アーク溶接棒による溶接金属のビッカース硬さに及ぼす吸湿量の影響



第13図 イルミナイト系溶接棒による溶接金属のビッカース硬さに及ぼす付着物及び吸湿量の影響

れるが、拡散性水素量が約 10 cc/100 g 以上の場合にはその影響がほとんど認められない。すなわち、低水素系



第14図 各種被覆アーク溶接棒による溶着金属の拡散性水素量に及ぼす吸湿量の影響

溶接棒による場合は吸湿量が約 2% 以下では拡散性水素量が約 10 cc/100 g 以下の値を示し、この値以下の拡散性水素量では付着物の影響が認められ、無塗装鋼板に比べ塗装鋼板の方が約 3 cc/100 g 高い値を示している。しかし、吸湿量が約 4% 以上となり、拡散性水素量が約 10 cc/100 g を越えた場合あるいはイルミナイト系及び高セルローズ系溶接棒による拡散性水素量のように、無塗装鋼板による溶着金属の拡散性水素量が乾燥溶接棒による場合でもすでに高い値 (35.0~36.2 cc/100 g) の場合には、拡散性水素量に及ぼす付着物の影響はほとんど認められない。

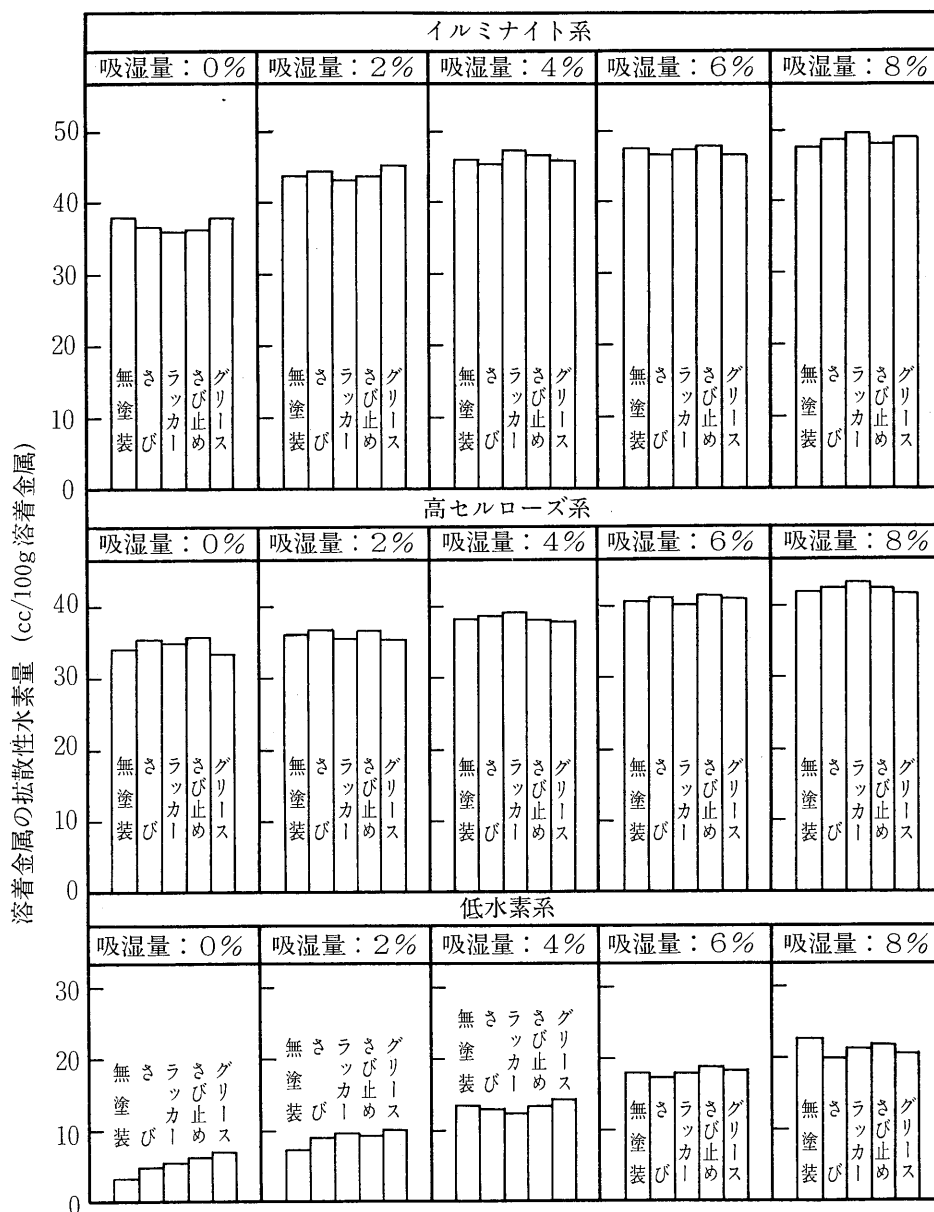
4. 結言

故意に吸湿させた各種被覆アーク溶接棒を用いて、過度のさびを発生させた軟鋼板及びラッカー、さび止め塗料あるいはグリースを塗布した軟鋼板のビード溶接を行い、次の結論を得た。

(1) イルミナイト系、ライムチタニヤ系、高セルローズ系、高酸化チタン系及び鉄粉酸化鉄系溶接棒による場合は、気孔生成に及ぼす吸湿量の影響はいずれの塗装鋼板の場合もほとんどなく、いずれの吸湿量においても気孔のない溶接金属が得られた。

(2) 低水素系溶接棒による場合はいずれの塗装鋼板の場合も吸湿量の影響は顕著で、吸湿量が約 1.4% で気孔が発生し始め、それ以上では吸湿量の増加とともに気孔も著しく発生する。

(3) 低水素系溶接棒を用いた場合に気孔が発生し始める吸湿量はいずれの塗装鋼板の場合も約1.4%で、この時の溶着金属の拡散性水素量は約8 cc/100 gであった。これは低水素系以外の乾燥溶接棒による健全な溶着金属の拡散性水素量 32.7~48.9 cc/100 g に比べ著しく低い値である。



第15図 各種被覆アーク溶接棒による溶着金属の拡散性水素量に及ぼす付着物及び吸湿量の影響

参 考 文 献

- 1) 益本，松田；水蒸気溶接における電極鋼線の脱酸剤の効果について，溶接学会誌，35-4 (1966) 353-362
- 2) 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
- 3) 益本，近藤，中島，松田；水中溶接に関する研究（第1報），溶接学会誌，40-7 (1971) 683-693
- 4) 益本，松田，長谷川；亜鉛メッキ鋼板のアーク溶接，溶接学会誌，42-12 (1973) 1223-1236
- 5) 松田，長谷川，中尾，今井；低水素系溶接棒による塗装鋼板溶接部の気孔防止，中部工業大学紀要，第18巻A (1982) 11-19