
抵抗溶接加工用塗装ステンレス鋼板「ウェルカラー」

A Weldable Precoated Stainless Steel "WELCOLOR"

木下 昇(Noboru Kinoshita) 長谷川 隆一(Ryuichi Hasegawa) 古賀 武(Takeshi Koga) 高崎 勇(Isamu Takasaki) 大寺 保光(Yasumitsu Oodera) 山田 元茂(Motoshige Yamada)

要旨：

当社では、建築物屋根および外装用途を対象に塗装ステンレス鋼板、リバーライトカラーの営業生産を続けているが、その耐久性を一層生かすために半永久的な実用に耐えるよう溶接施工による防水工法が採用できるように、抵抗溶接が可能な塗装ステンレス鋼板、ウェルカラーを開発した。リバーライトカラーの知見を活用し、溶接電極と鋼板との間の導電性を得るための塗料および部分上塗り方法などの検討を進め生産技術を確立した。他方、溶接工法として RSW 工法を開発し、鋼板と工法を併せて昭和 58 年から営業販売している。本報告では、ウェルカラーの塗膜特性と溶接部の性能および補修塗装について概説した。

Synopsis：

A weldable pre-coated stainless steel sheet, WELCOLOR, has been developed to make it possible to use water proof techniques in electric resistance welding. The paint to obtain electric conductivity between the electrode of the welding machine and the steel sheet and the method of top coating have been studied on the technological basis of RIVERLITE COLOR(r), a high grade pre-painted stainless steel sheet, which have been in production for roof and exterior usage. WELCOLOR was launched into the market together with RSW technique, a system also developed by Kawasaki Steel in 1983 to buildup water-proof roofs by welding. This report outlines the performance characteristics of WELCOLOR.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

木下 昇^{*2} 長谷川 隆一^{*3} 古賀 武^{*4} 高崎 勇^{*5} 大寺 保光^{*6} 山田 元茂^{*7}

A Weldable Precoated Stainless Steel "WELCOLOR"

Noboru Kinoshita, Ryuichi Hasegawa, Takeshi Koga, Isamu Takasaki, Yasumitsu Oodera, Motoshige Yamada

要旨

当社では、建築物屋根および外装用途を対象に塗装ステンレス鋼板、リバーライトカラーの営業生産を続けているが、その耐久性を一層生かすために半永久的な実用に耐えるよう溶接施工による防水工法が採用できるように、抵抗溶接が可能な塗装ステンレス鋼板、ウェルカラーを開発した。リバーライトカラーの知見を活用し、溶接電極と鋼板との間の導電性を得るための塗料および部分上塗り方法などの検討を進め生産技術を確認した。他方、溶接工法として RSW 工法を開発し、鋼板と工法を併せて昭和 58 年から営業販売している。本報告では、ウェルカラーの塗膜特性と溶接部の性能および補修塗装について概説した。

Synopsis:

A weldable pre-coated stainless steel sheet, **WELCOLOR**, has been developed to make it possible to use water proof techniques in electric resistance welding. The paint to obtain electric conductivity between the electrode of the welding machine and the steel sheet and the method of top coating have been studied on the technological basis of RIVERLITE COLOR[®], a high grade pre-painted stainless steel sheet, which have been in production for roof and exterior usage.

WELCOLOR was launched into the market together with RSW technique, a system also developed by Kawasaki Steel in 1983 to buildup water-proof roofs by welding.

This report outlines the performance characteristics of WELCOLOR.

1 緒 言

抵抗溶接性を与えた塗装ステンレス鋼板、ウェルカラー（商標名 **WELCOLOR**）を紹介する。元来耐食性であるステンレス鋼板の表面に有機塗料を焼付塗装したものが塗装鋼板である。これは昭和 56 年 4 月、日本工業規格 (JIS G3320) に制定され、主として建物の屋根および外装に使用されている。塗装ステンレス鋼板を屋根材料として用いる利点は、鉄粉などの付着による“もらい錆”が避けられ、塩分を含んだ潮風あるいは低濃度の腐食性ガスなどにさらされても容易に錆びないほか、好みの色を選択して屋根の意匠性を高めることができる点にある。

屋根の基本機能は防水性と耐風性にあり、屋根材料としては材料自体の前述のごとき耐久性能のほかに、屋根としての機能を満たすための施工が行えるものであることが必要である。

金属屋根の施工における接合法としては、はぜ接合、ボルト接合など機械的接合が従来から多く用いられている¹⁾。ステンレス鋼は加工硬化が大きいことにより、成形後のスプリングバックが着色亜鉛鉄板などより大きい。このため、はぜ折りの仕上形状がくずれたり、折目がゆるんだりすることが着色亜鉛鉄板よりも起こりやすい。はぜのゆるみが生じると、冬期には隙間に侵入した水分が凍結をきたしてゆるみを増し、漏水の原因になる。

塗装ステンレス鋼板は耐久性に富むため塗り替えあるいは再塗装の必要性は小さいが、これで施工した屋根が半永久的使用に耐えるためには接合部での漏水防止が図られねばならない。

機械的接合以外では、溶接により接合するのが信頼性の高いものになるが、屋根上での薄板の溶接作業を必要とするのでシーム溶接が作業性および確実性の点ですぐれていると考えられる。この方法を採れるようにするためには、導電粒子を配合した塗料をステンレス鋼板表面に焼付塗装し、その粒子を介して溶接性を付与する方法と、あらかじめ溶接部のみを無塗装のままにした部材を使用し、溶接後に無塗装部分を即乾性の塗料で塗装する方法とがある²⁾。

ここでは、前者の方法に属する当社の抵抗溶接可能な塗装ステンレス鋼板、ウェルカラーの溶接性および耐久性を紹介する。

2 塗膜構成

塗膜の上から抵抗溶接ができるように塗膜内に分散させる導電粒の使用の仕方には種々みられ、たとえば、

- (1) 単一種類の金属あるいは合金の粉末を使う³⁻⁵⁾。
- (2) 単一種類の合金鉄粉と炭素粉末を併用する⁶⁾。
- (3) 軟・硬 2 種類の金属あるいは合金粉末を併用する⁷⁾。
- (4) 金属あるいは合金の炭化物と 2 種以上の金属粉末を併用する⁸⁾。

などが知られている。いずれの場合にも導電位の大きさ、塗膜内での分散量と膜厚との間で適当な条件を満たすときに抵抗溶接が可能な塗膜になる。

ウェルカラーには、ウェルカラー P とウェルカラー Z の 2 種類がある。これらの板幅方向断面を模式図的に Fig. 1 に示す。

ウェルカラー P は導電粒（リン化鉄）⁹⁾ を混合した特殊エポキシ

*1 昭和60年6月18日原稿受付

*2 阪神製造所ステンレス部生産技術室主査（部長補）

*3 阪神製造所ステンレス部生産技術室主査（課長補）

*4 阪神製造所表面処理条鋼部生産技術室主査（掛長）

*5 阪神製造所表面処理条鋼部生産技術室

*6 エンジニアリング事業部鉄構技術部鉄構技術室主査（課長）

*7 川鉄テクノリサーチ(株)研究開発センター主任研究員（部長補）

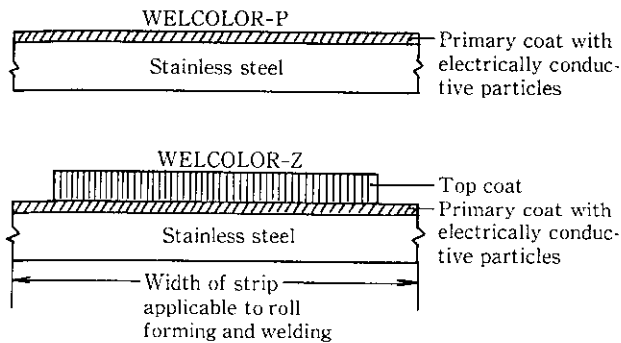


Fig. 1 Schematic illustration of WELCOLOR strip in the transverse section

樹脂系下塗り塗料を焼付けたステンレス鋼板であり、導電粒の用い方は前述の(1)のタイプに属している。この鋼板は溶接後に部材全面に常乾塗料を上塗りして仕上げられるが、上塗り面積が広いという不利があるものの、溶接部が鋼板内のいずれの位置にあっても溶接上の制約を受けず、しかも上塗りの色調を自由に選択できる利点がある。

ウェルカラー-Zは、ウェルカラー-Pの鋼板両エッジ部約25mm幅を除いて上塗り塗料を焼付塗装した鋼板であり、溶接後に上塗りされる面積を少なくすると同時に仕上り色調の向上を図っている。この鋼板を幅方向にシーム溶接する場合には、下塗り部分から開始するときはウェルカラー-Pと同様の溶接施工性が得られる。しかし、溶接を上塗り部分から開始するには、加圧力をより大きくする必要がある。

Table 1は、下塗り塗料および上塗り塗料の両方に導電粒を混合して塗装・焼付けた2回塗装・2回焼付ステンレス鋼板のスポット溶接性を試験した結果の一例を示している。塗膜厚に対する導電粒の平均粒径の比が小さいと、良好なナゲットを得られることもあるが、スパークして孔あきを発生しやすく、安定した接合が得られない。すなわち、下塗りおよび上塗りの両塗膜に導電粒を分散させる方法では、導電粒の径が小さい場合に、溶接性の上からは全膜厚を小さくする必要がある。しかし、この処置は耐候性の点で好ましくない。他方耐候性を維持するために上塗り膜厚を大きくすれば、これに応じて大きい径の導電粒を混合することになるが、塗膜内に

Table 1 Effect of top coat on the spot weldability of two coat-two bake precoated stainless steel* with film containing Iron phosphide particles

Top coat variables			Welding variables		Spot weldability**
Dry film thickness (μm)	Size of particle (μm)	Amount of particle (%)	Electrode force (kgf)	Welding current (kA) × (cycle)	
15	3	25	160	8 × 19	×
			350	8 × 24	△～○
15	5	25	160	8 × 19	×
			350	8 × 24	△～○
15	3	12.5	250	8 × 19	×
			350	8 × 24	×

* Primary coat: 5 μm thick dry film contains 20% iron phosphide particles of 3 μm mean dia.

** Spot weldability: Good ○ > △ > × poor

それらを取込むには特別な塗布方法⁴⁾を採る必要がある。

そこで、ウェルカラーでは上塗り塗料には導電粒を分散させず、下塗り塗膜にのみ安定した溶接性が得られるように導電粒を分散させ(ウェルカラー-P)、溶接箇所になる頻度の高い鋼板幅方向の端部には上塗り・焼付を施さない2回塗装・2回焼付型(ウェルカラー-Z)としている。このため、導電粒が上塗り塗膜面に浮き出ることがなく、色調の細かな制御を容易にしているほか、部材へのロール成形に際してのロール損傷を軽度⁵⁾に抑えられる副次的効果がある。

ウェルカラーのコーティング方式は下塗りおよび上塗りともリバーズ法によっており、SUS 304 および RIVERLITE 430 LT (当社開発になる Ti 添加極低 C, N 17Cr 鋼) のような溶接部の延性と耐食性が高い鋼板が素材に用いられている。

広幅素材へのウェルカラーの上塗りにはシリコンポリエステル樹脂系の上塗り塗料が溝付アブリケーターロールを使用して塗布されているが、弗素樹脂の上塗り焼付も可能である。

なお、ウェルカラーに用いる素材は特別な熱処理を施して軟質化している。SUS 304、0.5 mm 厚のウェルカラー-Zの機械的性質の一例を Table 2 に示す。

Table 2 Mechanical properties of WELCOLOR (thickness, 0.5 mm)

0.2% PS (kgf/mm ²)	TS (kgf/mm ²)	El (%)	HV (5kgf)
24~28	59~67	55~60	154~165

3 塗膜の物性

3.1 ウェルカラー-Pの塗膜物性

ウェルカラー-Pは溶接施工後には常乾塗料による上塗りを施されるが、それまでの期間は戸外にさらされることになるので加工性および溶接性のはか耐食・耐候性を備えていることが要求される。

Table 3はダル仕上面の SUS 304、0.3 mm 鋼板のウェルカラー-Pの塗膜性能の試験結果を示したものである。なお塗料はウレタン変性エポキシ樹脂に酸化チタン、防錆顔料、体質顔料および平均粒径 3 μm のリン化鉄粉末を不揮発分比で 30% 混合したものをを用い、

Table 3 Performance characteristics of dry film on WELCOLOR-P

Test item	Test results
Dry film thickness (μm)	5
60 gloss (%)	1
Pencil hardness	3 H
Xylene rubbing (turn)	16
Cross scoring test (JIS G 3320, 8.1.1)	100/100
Cross scored Erichsen test (6 mm height)	100/100
Impact test (JIS G 3320, 8.1.2)	No damage
Flexibility (min. bend radius)	2 t
Hot water resistance (90°C up × 4 h)	No damage
Salt spray resistance (5% NaCl, 35°C × 3 500 h)	No rust, no blister

Table 4 Performance characteristics of dry film on WEL-COLOR-P tested for 300 h with weather-meter

Condition		Prior to weathering	After 300 h weathering
Test item			
Cross scored Erichsen test (6 mm height)		100/100	100/100
Impact test (JIS G 3320, 8.1.2)		No damage	No damage
Flexibility	0 t	4	3.5
	1 t	5	4
	2 t	5	5
External appearance		—	No change

約 5 μm 厚さに塗布、焼付している。

塗膜の密着性がすぐれており、また長期間の塩水噴霧によっても発錆をきたさない結果となっている。Table 4 はウェザーメーターによる耐候性試験の結果である。一般にエポキシ樹脂系の塗膜は耐候性がかならずしも良くなり、チョーキングを起こしやすいが、ウェルカラー P では混合されている導電粒が紫外線の透過を抑制したため、塗膜劣化の進行が非常に緩慢なものになったと考えられる。

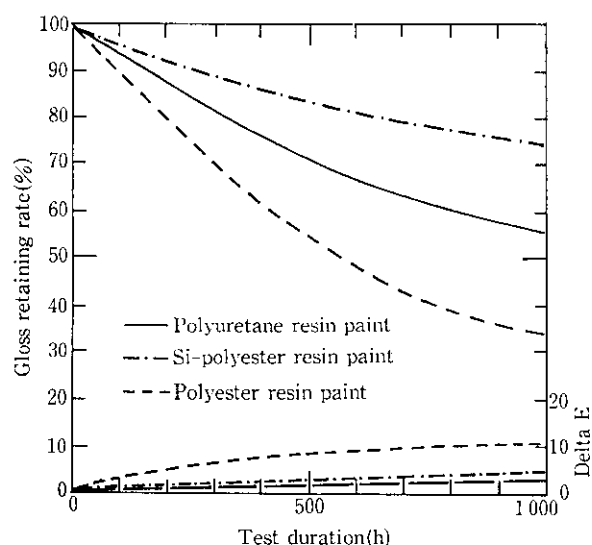
3.2 ウェルカラー P の常乾上塗り後の塗膜物性

常乾上塗り塗料として、特殊変性ポリウレタン樹脂（非黄変性）系、中油型フタル酸樹脂系および長油型フタル酸樹脂系のものをウェルカラー P に塗装した。塗装後 20 日間熟成させて塗膜の物性を試験した。いずれの塗料も上塗り厚みは 30 μm にしたが、ポリウレタン樹脂系の塗膜が最も良好な性能を示した。Table 5 にポリウレタン樹脂系塗料（色：ブラウン）を下塗り無塗装板とウェルカラー P とに塗装した場合の塗膜の性能を比較する。あらかじめ溶接部分のみを無塗装のままにした部材を、溶接したあとで同部分を常乾性の上塗り塗装するよりも、下塗りが施されているウェルカラー P の方が一段と耐久性にすぐれた塗膜が得られることがわかる。無塗装板を溶接後に塗装する場合は常乾性の下塗り塗料で塗装し、さらに上塗りを施すことが必要となる。

Table 5 Performance characteristics of post coat film* on WELCOLOR-P

Base material		SUS 304 without primary coat	WELCOLOR-P
Test item			
Dry film thickness (μm)	primer	—	5
	top	30	30
60 gloss (%)		54	50
Cross scoring test (JIS G 3320, 8.1.1)		70/100	100/100
Cross scored Erichsen test (6 mm height)		0/100	100/100
Impact test (JIS G 3320, 8.1.2)		Peeled	No damage
Flexibility (min. bend radius)		6 t ~ 10 t	2 t
Salt spray resistance (5% NaCl, 35°C × 3 500 h)		Large blister (Initiated at 1 500 h)	No blister

* Polyurethane resin paint

**Fig. 2** Results of Sunshine Weather Meter test on post coated film on WELCOLOR-P (Color; brown)

なお、ウェルカラー P の場合も、施工時に塗膜を損傷させてステンレス鋼が露出している個所が生じたら、下塗りを施すことが望ましい。この場合には、特殊エポキシ樹脂系下塗り塗料を乾燥後の膜厚が 40 μm 前後になるように、刷毛塗りあるいはスプレー塗装する。

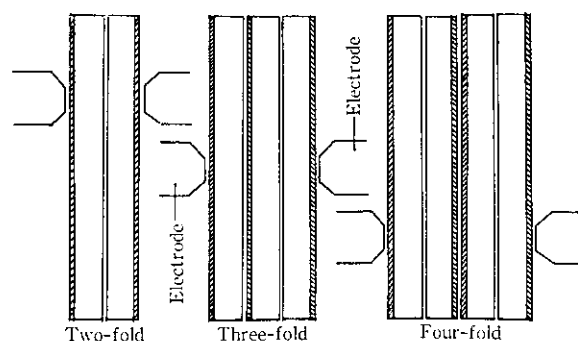
サンシャインウェザーメーターで試験した上塗り塗膜の色調変化および光沢保持率を、特殊変性ポリウレタン樹脂（非黄変性）系ブラウン色塗装の場合について Fig. 2 に示す。光沢保持率は焼付塗装したシリコンポリエステル樹脂塗膜よりは劣るもののポリエステル樹脂塗膜よりはすぐれており、他方チョーキングが主因となる色調変化に対してはシリコンポリエステル樹脂の焼付塗膜よりも良好な値を示している。

以上の実験結果から、常乾上塗り部分の塗り替え年数は屋根の環境条件あるいは判断基準により異なり、一概には定められないが、10 年前後と推定される。

4 抵抗溶接性および溶接部の塗装

4.1 溶接部の強度

ウェルカラー P のスポット溶接部の剝離強度におよぼす溶接加圧力の影響を Fig. 3 のごとく試片を重ね合わせて溶接し、外側の 2 枚を引張り剝離させる方法で試験した。

**Fig. 3** Setting of specimens for resistant spot weld test of WELCOLOR-P (Thickness; 0.4 mm)

試験に供した塗装鋼板は3.1で述べたものであり、溶接条件は初期加圧時間、通電時間および保持時間がいずれも19 cycle、溶接電流8 kA、電極チップの先端径が5 mmφである。試験結果はFig. 4に示す。2枚および3枚重ね溶接をうけた試片では加圧力が大きくなるにつれ剝離強度が若干高くなる傾向がある。他方、4枚重ねの試片では加圧力の影響はほとんど認められなかった。2枚重ねでは75 kgf/cm²以上、3枚重ねおよび4枚重ねでは実験下限の150 kgf/cm²の加圧力で、いずれも素材での破断になり、十分な接合が得られていた。

Photo 1は実験に用いたウェルカラーPの塗膜の断面の顕微鏡写真と加圧力250 kgfでスポット溶接した試片のナゲットの直径断

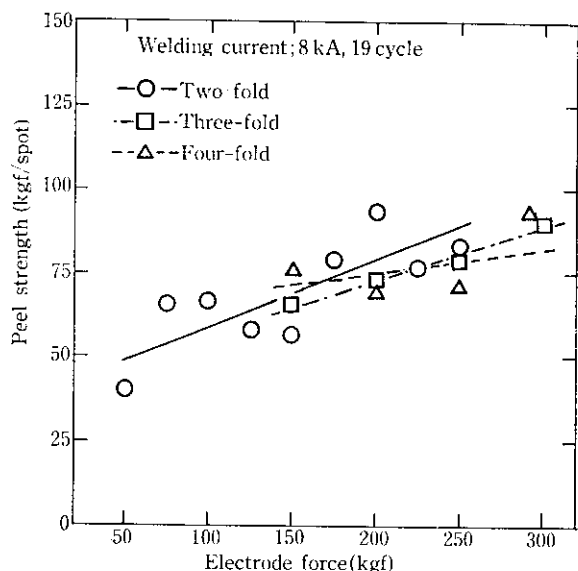


Fig. 4 Effect of electrode force on peel strength of spot welded joints of WELCOLOR-P (Electrode; CF, 5.0 mm dia)

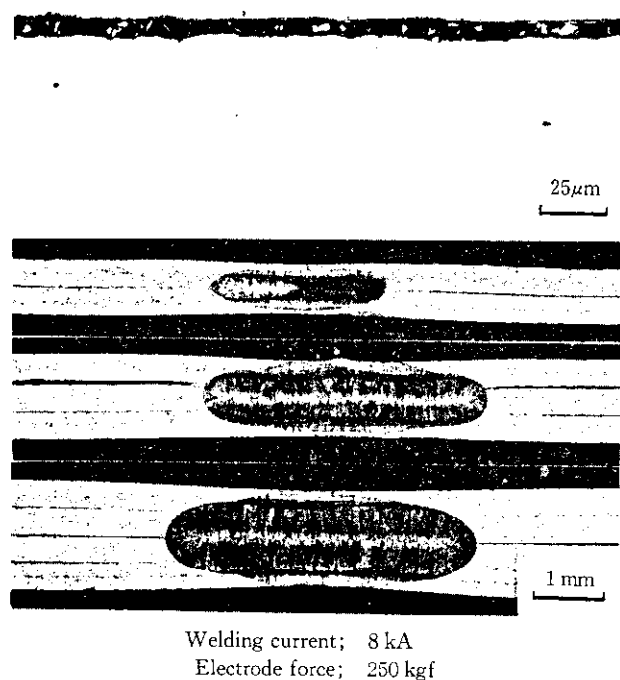


Photo 1 Dispersion of electrically conductive particles in primary coat film of WELCOLOR-P and structures of spot welded joints

面の顕微鏡写真である。いずれの溶接試片も、組織上でも十分な接合がなされていることがわかる。

塗膜による電極チップ先端の汚れと、これによる溶接異常の発生が起らないかを30点連続スポット溶接して調べたが、電極汚れは軽微であり、溶接不良も生じなかった。

2枚のウェルカラー試片の裏面（無塗装面）を重ね合せてスポット溶接し、せん断引張強度に対する導電粒混合比の影響を平均導電粒径3 μm、塗膜厚6 μmの場合について試験した。加圧力250 kgf/cm² 溶接電流8 kAの場合の溶接点外観と引張破断強度をPhoto 2に示す。15~35%の混合量であれば破断強度への影響はほとんどみられなかった。

塗膜面同士が接するように重ねて溶接しても、無塗装面同士を重ねて溶接しても、溶接部の剝離強度およびせん断強度にはほとんど差異を生じず、たとえば粒径3 μm、混合比15%の場合、塗膜面同士の溶接では59 kgf、無塗装面同士では65 kgfの剝離強度を示した。

ステンレスルーフ現場用自走式シーム溶接機（大阪電気株式会社製SE-V_{SR}型）で加圧力140 kgf、溶接電流5 kAで0.4 mm厚のウェルカラーPを溶接したときの溶接部のシーム方向断面の顕微鏡組織をPhoto 3に示す。シーム溶接部の剝離強度はTable 6に示す値であった。シーム溶接部での剝離は生ぜず、十分な接合がなされていることがこれら組織および剝離強度から明らかである。

ウェルカラーは基本的には有機塗膜を介して抵抗溶接を受けるため、無塗装鋼板にくらべると、溶接上不利であることはいえない。SUS304、0.4 mm鋼板を原板に用いたウェルカラーPと同原板の2B仕上板を、ウェルカラーについては塗膜面を電極側にし、加圧力180 kgf、通電と休止のサイクル比1.5:1、溶接電流をウェルカラーに対しては2.5~2.7 kA、無塗装(2B)鋼板に対しては2.7~3.0 kAとしてシーム溶接した。完全な防水性を溶接部に期待しうるシーム溶接速度をカラー浸透液による判定で求めた結果は

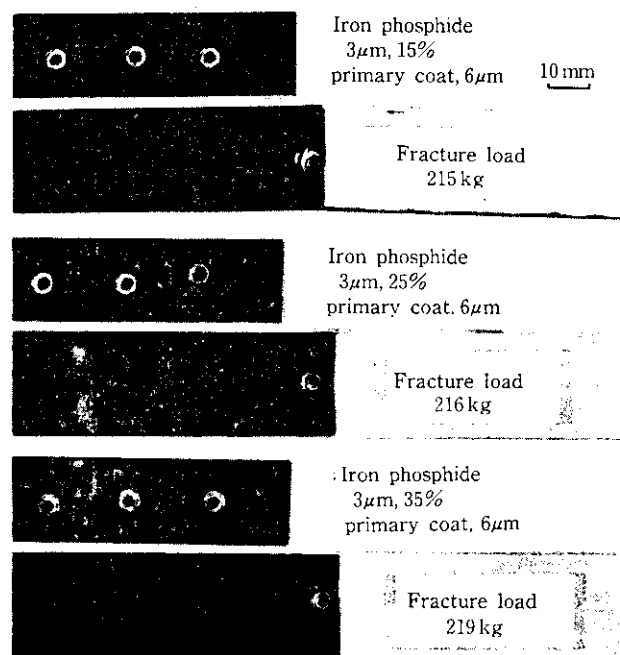


Photo 2 External appearance of nuggets and tensile shear strength of spot welded specimens with different amounts of electrically conductive particle



Welding current; 5 kA
Electrode force; 140 kgf

Photo 3 Microstructure in the longitudinal section of seam welded joint of WELCOLOR-Z

Table 6 Peel strength of seam welded joint of WELCOLOR

Specimen 0.4 mm	Peel strength (kgf/cm ²)	Type of fracture
Two-fold	175~200	Base metal, ductile
Three-fold	165~200	Base metal, ductile

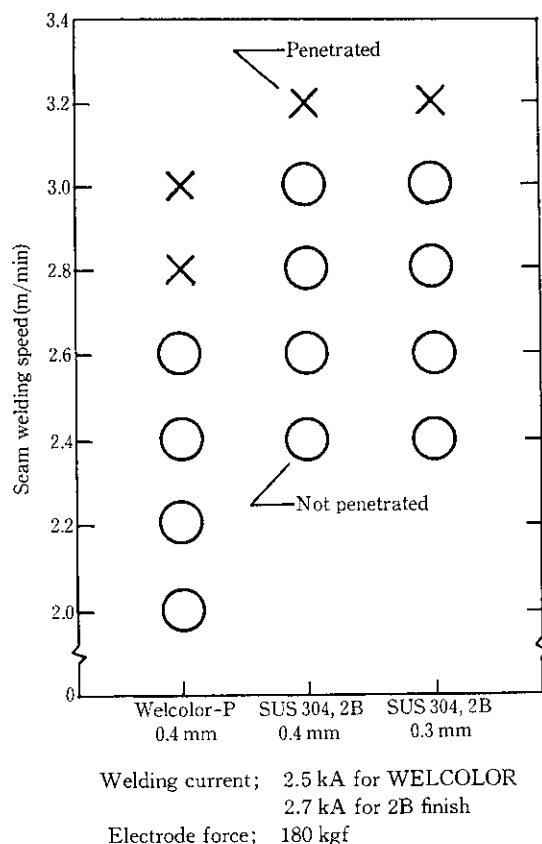
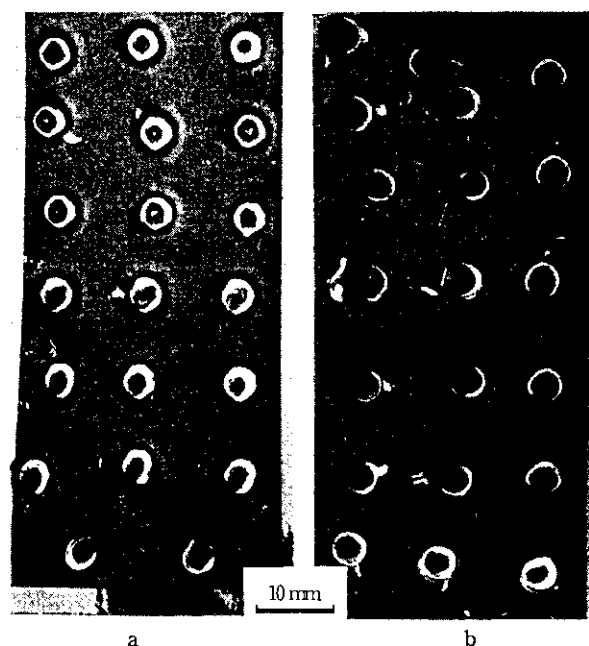


Fig. 5 Effect of seam welding speed on tightness of welded joint

Fig. 5 のごとくであった。これによると、ウェルカラーのシーム溶接に際して、接合部の防水性を維持するには無塗装鋼板の適切溶接速度の約 90% 前後で溶接することが適している。

4.2 溶接部の耐しゅう性

屋根施工にあっては、溶接後ただちに部材に上塗り塗装が施され



- (a) Acidified water spray: pH=6.0 (sulfuric acid), 25°C x 24 h
(b) Salt spray: 5% NaCl, 35°C x 24 h

Photo 4 Appearance of spot welded joints after spray tests

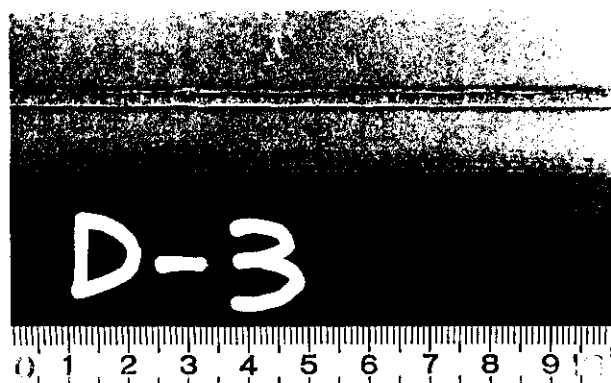


Photo 5 Appearance of seam welded joint of WELCOLOR after atmospheric corrosion test for 30 days on the roof

るとは限らず、むしろ天候、作業員の配置タイミングずれ、溶接部分の点検などの理由で溶接後数週間を経て塗装されることもめずらしくないと考えられる。その間に溶接部分が発しゅうをきたさないことが良好な上塗り塗装を得る上で必要であり、これはひいては溶接部の耐久性を確保するのにつながる。

スポット溶接試片を酸性水噴霧および塩水噴霧したときの発しゅう状況を **Photo 4** に示している。塩水噴霧によりスポット内の外周部にわずかに赤錆を生じているが、酸性雨を想定した硫酸酸性水の噴霧では全く錆を生じていない。

シーム溶接試片を当社阪神製造所（西宮地区）の工場隣接地で地上約 3m の平屋根上に秋季 1 箇月大気暴露したあとの外観を **Photo 5** に示す。暴露期間内に 7 回の降雨を受けたが極くわずかにくすんだ程度で、溶接部の発しゅうはまったくみられなかった。

これらの試験結果は強い潮風に直接さらされるようなことがない限り、ウェルカラーの抵抗溶接部は上塗り塗装されずに放置されても短期日に発しゅうすることはないであろうことを示唆している。

Table 7 Resistance to peeling of post coat film on seam welded joint

Oxidation of welded joint	Post coating		Salt spray		Dew cycle 520 h
	Primary coat (Epoxy)	Top coat (Polyurethane)	500 h	1 000 h	
Heavily oxidized	20 μ m	20 μ m	Resistant	Resistant	No peel*
	—	20 μ m	Small blister (partial)	Blister (50%)	No peel*
Slightly oxidized	20 μ m	20 μ m	Resistant	Resistant	No peel*
	—	20 μ m	Small blister (partial)	Blister (30%)	No peel*

* Cross scoring test: Salt spray of 5% NaCl at 35°C

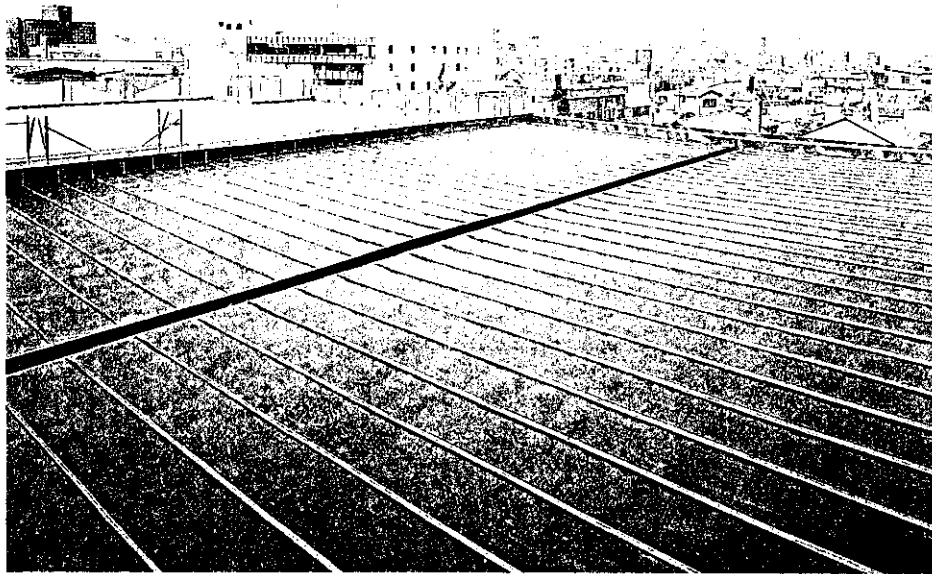


Photo 6 An example of the roof made of WELCOLOR-Z using RSW technique

4.3 溶接部の補修

溶接部分で長期の耐食・耐久性を確保するには、下塗り部分を含めて補修塗装を施す必要がある。この場合、溶接部は溶接時の熱により下塗り塗膜が損傷をうけているので、上塗り補修のみでは耐久性が不足しやすい。Table 7 はシーム溶接部分を補修塗装して耐久性を試験した結果をまとめたものであるが、エポキシ樹脂系下塗り塗料で塗装した上を、3.2 で述べたイソシアネート硬化型変性ポリウレタン樹脂系の上塗り塗料で仕上げておくことが勧められる。

4.4 溶接工法

ウェルカラーは当社で開発した防水工法、RSW 工法を用いて昭和58年から実用に供されている。RSW 工法については稿を改めるとして、Photo 6 に施工の一例を示す。

5 結 言

導電粒を分散させたエポキシ樹脂系下塗り塗膜を有する抵抗溶接用塗装ステンレス鋼板、ウェルカラーの塗膜物性および溶接部の性能を紹介した。ウェルカラーでは上塗り塗料の選択によって色調を自由に決めることができ、ユーザーの好みの色への対応がとりやすい。今後、メンテンスフリーへの意向が増すにつれ完全防水施工への要求度は一層高まり、建物の屋根あるいは外装のみならず、露出タイプの防水が地下街、地下鉄およびトンネル等の土木工事分野にも拡がると予想される。ウェルカラーはこのような分野にも適した材料であると期待している。

より厳しい使用環境にも適用できるように、現在も、加工性、耐久性および溶接性などに一層すぐれた塗装ステンレス鋼板の開発をめざしている。

参 考 文 献

- 1) ステンレス協会: 「ステンレス鋼板屋根設計施工技術マニュアル」, (昭和60年), 21, [ステンレス協会]
- 2) 本吉忠雄: ステンレスと建築, 19 (1983) 3, 33
- 3) Imperial Chemical Ind. Ltd.: U.S. Patent 2 718 506

-
- | | |
|---|------------------------|
| 4) 戸田七郎, 吉野睦栄, 宮本信夫, 松浦則之, 近藤 久: 日本金属学会
会報, 23 (1984) 5, 416 | 6) 日新製鋼: 特開昭 59-11247 |
| 5) 川崎製鉄: 特開昭 60-58845 | 7) 新日本製鉄: 特公昭 48-17535 |
| | 8) 新日本製鉄: 特公昭 58-19706 |