

津川 俊一^{*2} 毛利 泰三^{*3} 細田 博^{*4} 小林 繁^{*5} 市田 敏郎^{*6}

Development of Organic Composite-Coated Steel Sheet “Zincrometal-KII” with High Corrosion Resistance

Shun-ichi Tsugawa, Taizo Mohri, Hiroshi Hosoda, Shigeru Kobayashi, Toshio Ichida

要旨

自動車用防錆塗装鋼板のプレス加工時の被膜剥離性と溶接性を改善した高耐食性複合塗装鋼板「ジンクロメタル-KII」を開発した。これは薄目付量 Zn-Ni 合金電気めっき鋼板上に薄い特殊ジンクリッチ被膜を有するもので、

- (1) Zn-Ni 合金めっき層とクロム系防錆顔料を含有するジンクリッチ被膜層との複合効果によって耐食性を改良し、
- (2) ジンクリッチ被膜層に潤滑剤を添加して耐被膜剥離性の向上をはかり、
- (3) ジンクリッチ被膜厚の低減により溶接性を改良した、

ものである。絞り加工時の耐被膜剥離性と耐食性は従来の防錆塗装鋼板に比べ大幅に向上し、スポット溶接の連続打点数も 5000 点以上であった。

Synopsis :

“Zincrometal-KII,” a new organic composite-coated steel sheet with high corrosion resistance has been developed, in which improvements are made in coating adhesion during forming and weldability of conventional zinc rich paint coated steels for automobiles.

It consists of a specially improved thinner zinc rich paint layer on a thin Zn-Ni alloy electroplated layer, and has been improved according to the following ideas:

- (1) Corrosion resistance is improved by the complex effects of a Zn-Ni alloy electroplated layer and zinc rich paint layer which contains zinc potassium chromate as an anti-corrosive pigment.
- (2) Better coating adhesion during forming is obtained by the addition of MoS₂ as a lubricant agent.
- (3) Weldability is improved by the thinner paint layer.

Therefore, coating adhesion during forming and corrosion resistance are superior than conventional paint coated steels, and the number of welds in continuous spot welding is more than 5 000.

1 緒 言

北米やカナダ等の降雪地帯では、冬期の道路の凍結防止のため多量の塩類が散布され、塩害と称される自動車の車体腐食が大きな問題となっている^{1,2)}。この車体防錆対策として、表面処理鋼板が使用されており、その需要も年々増大している。

従来、自動車用表面処理鋼板としては、亜鉛および亜鉛系合金めっき鋼板とともに、ジンクロメタルに代表される防錆塗装鋼板がある³⁻⁶⁾。防錆塗装鋼板は、めっき鋼板に比べ無塗装での耐食性が優れている^{5,7)}。特に、車体組立て後の化成処理や電着塗装工程で十分な被覆処理が行われず、走行中には塩水や泥水が溜り易いヘム部や袋構造部などの部位⁸⁻¹⁰⁾では、無塗装での耐食性に優れた鋼板が必要とされ、防錆塗装鋼板が Fig. 1 に示すように広く使用されている¹¹⁾。しかし、従来の防錆塗装鋼板は、プレス加工時に塗膜剥離を起し曇りを発生し易く、連続スポット溶接においても電極チップの損傷が激しい等の車体組立て時の作業性に問題があり、また被膜損傷部の耐食性も不十分で、このような欠点を解消した高耐食表面処理鋼板が強く要望されていた。

これらの要求に応えるため、新たな高耐食性複合塗装鋼板として「ジンクロメタル-KII」(以下 KII と略称)を開発したので報告する。

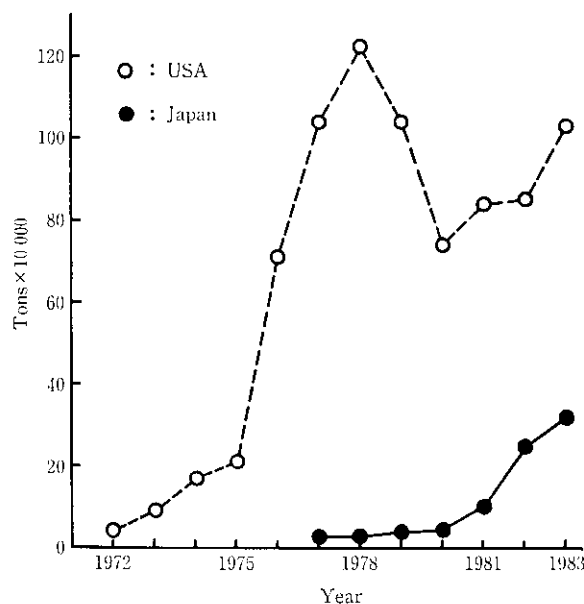


Fig. 1 Production tonnage of Zincrometal¹¹⁾

*1 昭和59年9月7日原稿受付

*2 技術研究所第3研究部表面処理研究室主任研究員(掛長)

*3 技術研究所第3研究部表面処理研究室

*4 技術研究所第3研究部表面処理研究室

*5 技術研究所第3研究部表面処理研究室主任研究員(課長)

*6 技術研究所第3研究部表面処理研究室室長(課長)・理博

2 高耐食性複合塗装鋼板 (KII) の開発

高耐食性複合塗装鋼板の開発に当たって、ジंकリッチ被膜の改良および下地めっきの適用について検討した。

2.1 実験方法

2.1.1 試験片の作製方法

試験片の作業工程を Fig. 2 に示す。

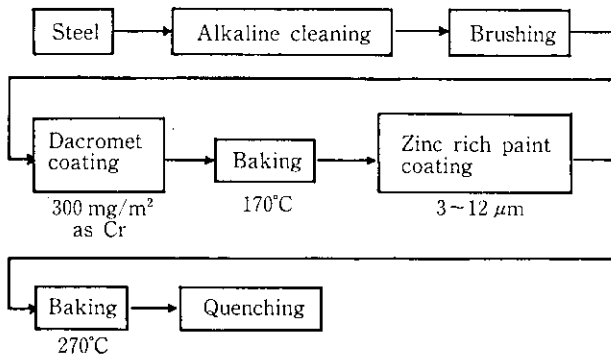


Fig. 2 Producing process of organic composite-coated steels

2.1.2 性能評価試験方法

耐食性、耐被膜剥離性および溶接性の性能評価試験方法を Table 1 に示す。耐食性は、複合腐食試験法として塩水や泥水が付着しても乾燥してしまう自動車の部位を想定した CCT-A 法と常に塩水や泥水が溜って湿潤状態にある部位を想定した CCT-B 法により評価した。耐被膜剥離性は、プレス加工時の被膜剥離を相対的かつ簡便に調べるため、円筒カップ絞り加工を行ってから加工部をセロテープ剥離し、その剥離重量で評価した。溶接性は、連続スポット溶接時の電極消耗の大きい R 型の電極を用い、一種の促進溶接試験法で評価した。

2.2 実験結果および考察

2.2.1 ジंकリッチ被膜の厚みの影響

一般に有機被膜を利用した防錆鋼板では、被膜中に亜鉛等の金属粉を多量に含有しているため被膜の伸びが少ないうえに、被膜厚が厚いので塗膜形成後の収縮歪が大きくなり、プレス加工時に被膜剥離を起し易く、また被膜抵抗が大きいため溶接性も劣る⁵⁾⁷⁾。そこで、加工性、溶接性の改良のためにジंकリッチ被膜の厚みの影響を膜厚 3~12 μm の範囲で検討した。

ジंकリッチ被膜の厚みの各性能におよぼす影響を Fig. 3 に示す。膜厚を薄くしてゆくと加工性、溶接性は次第に向上するが、4.5 μm まで薄くするとそれ以上の向上は認められない。一方、耐

Table 1 Testing method

Properties	Testing methods
Corrosion resistance	Specimens → Cross Cutting (in lower half side) → Cyclic corrosion tests (CCT-A* and CCT-B**) → Evaluation by red rust initiation cycle at which the red rust is spread over 10% of the total area * CCT-A Salt spray → Drying → Humidity 5% NaCl, 40°C → 60°C → 50°C, 95%RH 4 h → 2 h → 2 h ** CCT-B Immersion → Humidity → Drying 5% NaCl, 40°C → 40°C, 95%RH → 60°C 7.5 min → 15 min → 7.5 min
Coating adhesion in drawing	Cylindrical cup draw Bead draw Evaluation Evaluation: Exfoliated film weight peeled off with adhesive tape
Weldability	Welding condition: - Shape of electrode: R type (40 R) - Electrode force : 200 kg - Welding time : 10 cycle - Holding time : 15 cycle - Welding current : 8.5 kA - Sheet thickness : 0.8 mm Evaluation: Number of welds by continuous welding where the joint strength is more than 400 kg

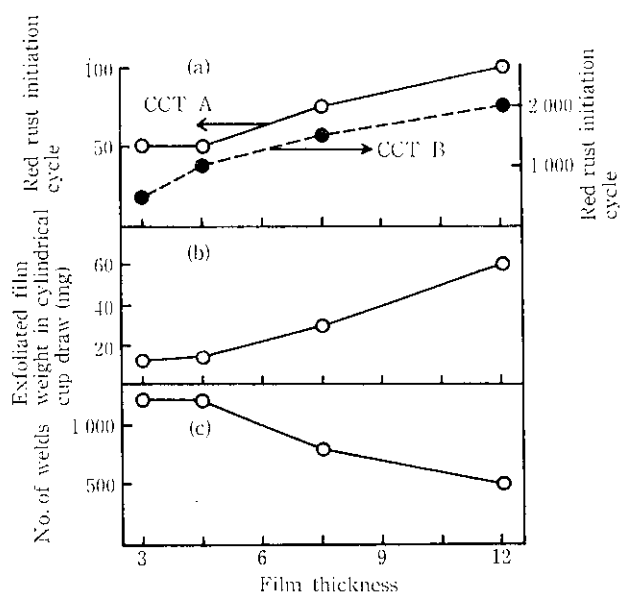


Fig. 3 Effects of thickness of zinc rich film on (a) weldability, (b) coating adhesion and (c) corrosion resistance

食性は、膜厚を薄くすると次第に低下するが、CCT-A に比べ CCT-B の耐食性試験の場合の方が膜厚依存性が若干大きい。したがって、耐被膜剥離性、溶接性を最大限に向上させ、かつできる限り耐食性の低下を少なくするためには、ジンクリッチ被膜の厚みは $4.5 \mu\text{m}$ が適当である。すなわち、在来の防錆塗装鋼板の膜厚 ($12 \mu\text{m}$) の約 $1/3$ にすることにより、加工後の被膜剥離量が約 $1/4$ 、連続スポット打点数が約 2 倍となる。一方、耐食性試験における赤錆発生までの耐久時間は約 $1/2$ と低下した。これは膜厚低減により被膜のバリアー効果が減少したためと考えられ、その防止のためジンクリッチ被膜の改良が必要であることが示された。

2.2.2 ジンクリッチ被膜への潤滑性付与剤添加の影響

ジンクリッチ被膜の潤滑性を向上させることにより加工時の被膜剥離が更に減少すると考え、ジンクロメタル中への潤滑性付与剤の添加について調べた。潤滑性付与剤としては潤滑性が優れ、かつ、

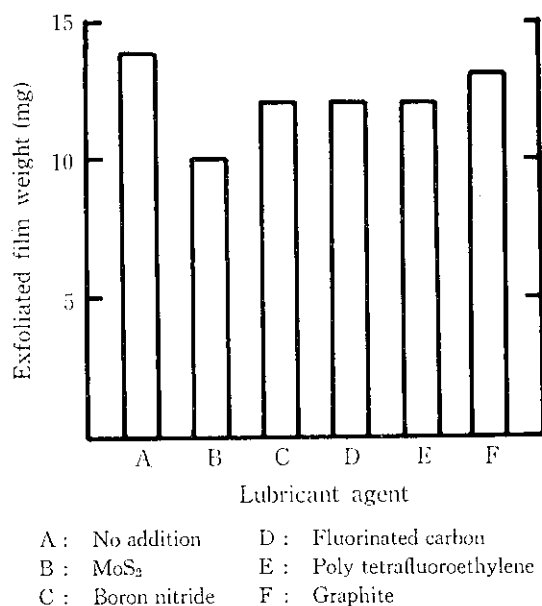


Fig. 4 Effect of lubricant agent addition (1 wt %) to zinc rich film on coating adhesion

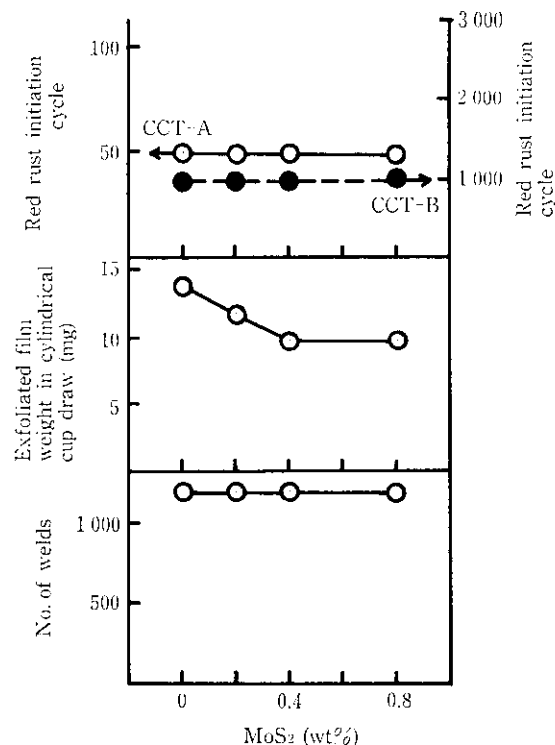


Fig. 5 Effect of MoS_2 addition to zinc rich film on (a) weldability, (b) coating adhesion and (c) corrosion resistance

熱的にも化学的にも安定なことが知られている¹²⁾二硫化モリブデン、窒化ホウ素、ポリ四フッ化エチレン、フッ化カーボン、グラファイト等の粉末状固形潤滑剤について検討した。これらの潤滑剤をジンクリッチ被膜中へ 1% 添加した場合の耐被膜剥離性を Fig. 4 に示す。いずれの潤滑剤についても耐被膜剥離性向上効果は認められたが、特に二硫化モリブデンが最もその効果が大きいことがわかった。そこで、二硫化モリブデンを用い、その添加量の各種性能におよぼす影響を調べた。この結果を Fig. 5 に示す。添加量 0.4 wt % で著しい耐被膜剥離性向上が認められ、それ以上では更なる向上は認められなかった。一方、耐食性、溶接性は、添加量 0.8 wt % までは変らなかった。

以上のことから、添加量は 0.4 wt % が最適であることが示された。

2.2.3 ジンクリッチ被膜への防錆顔料添加の影響

膜厚低減に伴う耐食性低下を防止するため、ジンクリッチ被膜への防錆顔料の添加について検討した。

防錆顔料としては、塗料用添加物として用いられているもののうちで防錆効果の優れていることが知られている¹³⁻¹⁵⁾ 4 種類の可溶性防錆顔料、すなわち ZPC ($\text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{CrO}_3 \cdot 4\text{ZnO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、ZTO ($\text{Zn} \cdot \text{CrO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)、ストロンチウムクロメート (SrCrO_4)、トリポリリン酸二水素アルミニウム ($\text{H}_2\text{AlP}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)¹⁶⁾ で検討した。ジンクリッチ被膜への各種防錆顔料添加 (5 wt %) の効果を Fig. 6 に示した。これら 4 種の防錆顔料のうちでクロム酸系防錆顔料である ZPC とストロンチウムクロメートが耐食性向上に有効で、特に ZPC 添加の効果が大きいことがわかる。ZTO、トリポリリン酸二水素アルミニウムについては、ほとんど効果は認められなかった。これらの防錆顔料の水可溶性成分は ZPC およびストロンチウムクロメートが 6~8%、ZTO およびトリポリリン酸二水素アルミニウムが 1% 以下である。水可溶性のクロム酸イオンが鋼板表面を不動態化し防錆効果を高めるためと考えられる。

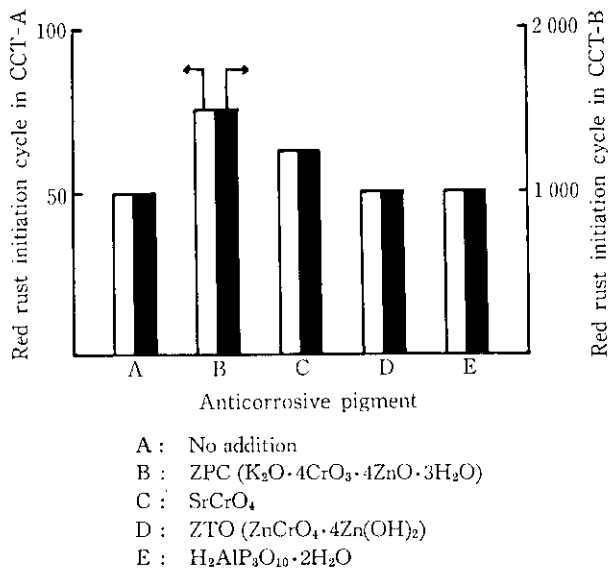


Fig. 6 Effect of anticorrosive pigment addition (5 wt%) to zinc rich film on corrosion resistance

このうち、防錆効果の最も優れていた ZPC について、各種性能におよぼす添加量の影響を調べた。この結果を Fig. 7 に示す。添加量が 4 wt% 以上では添加量の増加とともに耐食性が向上する傾向にあるが、6 wt% になると溶接性が著しく低下した。耐被膜剥離性については、添加量 8 wt% までの範囲では変化しなかった。したがって、溶接性、加工性を損なわずに耐食性を向上させるための ZPC の最適添加量は、4 wt% であることがわかった。しかし、それでも、在来の防錆塗装鋼板に比べると耐食性が劣り、膜厚低減による耐食性低下を補うためには、ジंकリッチプライマーへの防

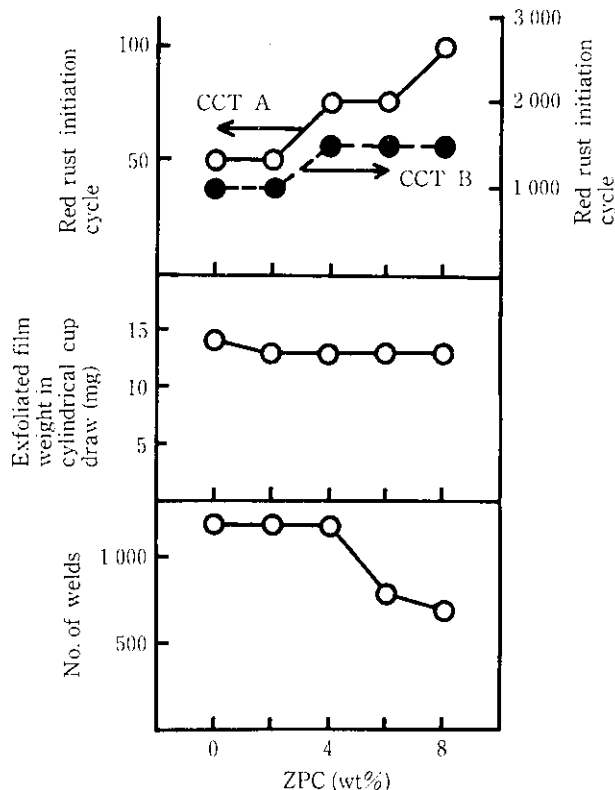


Fig. 7 Effects of ZPC addition to zinc rich film on weldability, coating adhesion and corrosion resistance

錆顔料添加のみでは不十分である。犠牲防食性のある亜鉛系の下地めっき処理との複合化の必要性が示唆された。

2.2.4 下地めっきの影響

下地鋼板として亜鉛系めっき鋼板を用い、ダクロメット処理後に上述の改良ジंकリッチ被膜を $4.5 \mu m$ 塗布して下地めっきの効果を調べた。下地めっき鋼板としては、電気亜鉛めっき鋼板 (EG 20, 目付量 $20 g/m^2$)、合金化溶融亜鉛めっき鋼板 (GA 45, 目付量 $45 g/m^2$)、亜鉛-鉄電気合金めっき鋼板 (EGA 20, 目付量 $20 g/m^2$)、亜鉛-ニッケル電気合金めっき鋼板 (EZN 20, 目付量 $20 g/m^2$) を用いた。

下地めっきの耐食性に対する効果を Fig. 8, 9 に示した。これらの結果より、CCT-A および CCT-B の両方の耐食性試験において、EZN 20 を用いた塗装鋼板の場合のみが、最も優れていた。他の亜鉛系めっき鋼板 (EG 20, EGA 20, GA 45) の場合、塗装膜厚低減による耐食性低下を補償するほどの下地めっきの効果は認められなかった。EG 20 の場合、犠牲防食性に優れるが、ブリストアが

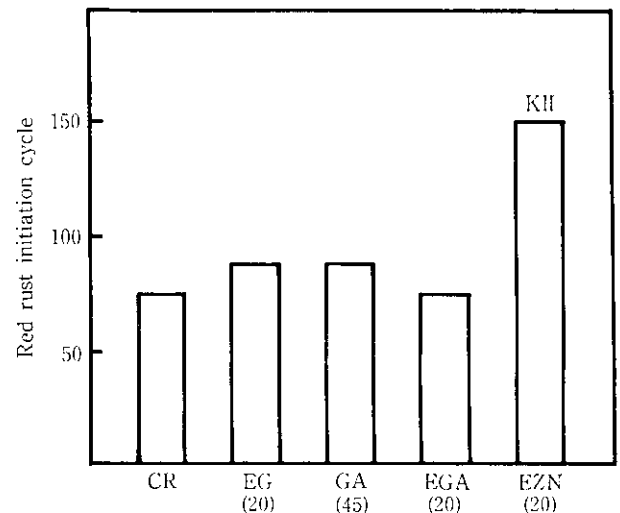


Fig. 8 Effect of base metals of zinc rich coating on corrosion resistance in cyclic corrosion test A

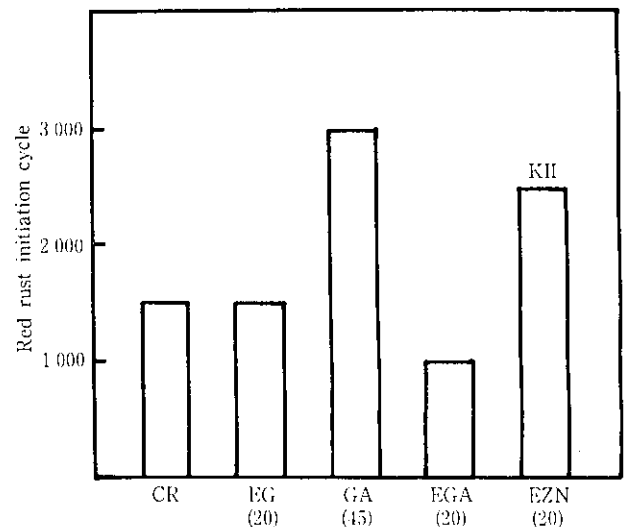


Fig. 9 Effect of base metals of zinc rich coating on corrosion resistance in cyclic corrosion test B

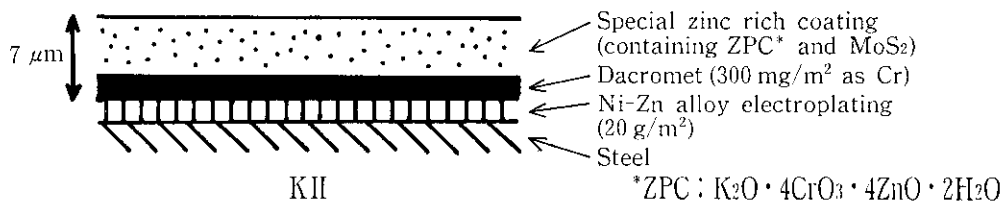


Fig. 10 Schematic of the cross-section of KII

発生しやすく、プリスター部からの赤錆発生が起り易い。EGA 20 の場合は、めっき層中に鉄を含有するために赤錆が発生し易いと考えられる。GA 45 の場合は、CCT-B の耐食性試験でジンクロメタルよりも赤錆発生が遅いが、CCT-A では EGA 20 と同様に赤錆発生が早い。

以上の結果より、下地鋼板として亜鉛-ニッケル合金電気めっき鋼板 (20 g/m²) を用い、ダクロメット処理 (300 mg/m² as Cr) を施したのち防錆顔料としての ZPC および潤滑性付与剤としての二硫化モリブデンを添加した改良ジンクリッチ被膜を 4.5 μm の膜厚で塗布することによって、耐食性、溶接性、耐被膜剥離性のいずれの性能においても従来の防錆塗装鋼板より優れた複合塗装鋼板 (K II) が得られた。

3 高耐食性複合塗装鋼板 (KII) の品質性能

リバーハイジンク (Zn-Ni 合金電気めっき鋼板、目付量 20 g/m², Ni 含有量 12%) を素材として、K II を阪神製造所および川鉄鋼板 (株) 千葉工場のカラーラインで製造した。K II の被膜構造は模式的に示すと Fig. 10 に示すとおりである。この品質性能を以下に示す。

3.1 耐食性

3.1.1 無塗装での耐食性

自動車用鋼板では、化成処理および電着塗装の困難な袋構造部、合せ目構造部において無塗装での耐食性が要求される。そこで、裸状態で複合腐食試験 (CCT-A, CCT-B) および塩水噴霧試験 (SST) における赤錆発生時間と耐穴あき性について調べた。

(1) 赤錆発生時間

複合腐食試験における赤錆発生時間 (サイクル) を Table 2 に示し、一定時間後の赤錆発生状態を Photo 1 に示す。K II の赤錆発生時間は CCT-A と CCT-B のいずれにおいても従来の防錆塗装鋼板を上まわり、良好な耐食性を示した。また、Photo 1 から明らかのように、塩水浸漬を有する CCT-B では腐食性が強いために全面から赤錆が発生する傾向にあるが、CCT-A および SST ではクロスカット部からの赤錆発生が進行する傾向がある。K II は CCT-A と SST のクロスカット部においても赤錆の発生は少なく、従来品より良い傾向を示している。

Table 2 Cyclic corrosion test results of KII

Cyclic corrosion test	Red rust initiation cycle
CCT-A	150
CCT-B	2 500

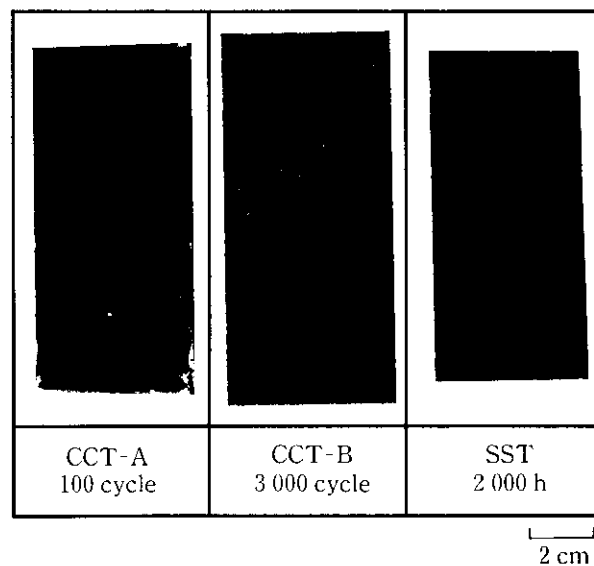


Photo 1 Appearances of KII (unpainted condition) after the corrosion tests

(2) 耐穴あき性

K II の耐穴あき性を、CCT-A および CCT-B における最大板厚減少値により、一般的な亜鉛めっき鋼板の場合と比較した。これらの結果を Fig. 11, 12 に示す。

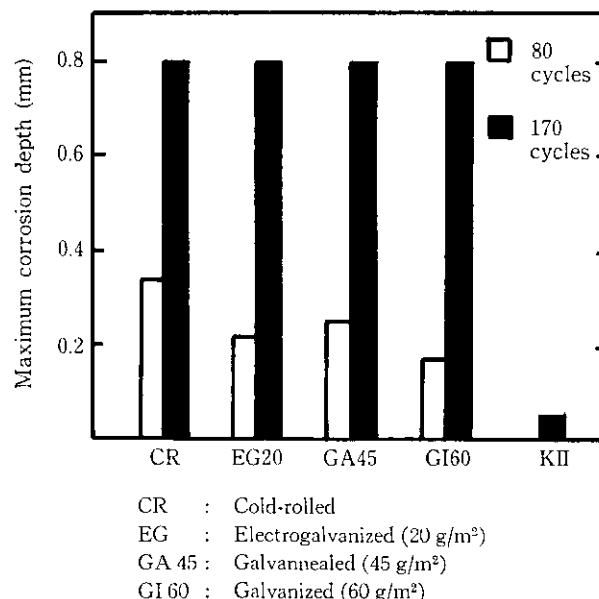


Fig. 11 Maximum corrosion depths of various pre-coated steel sheets in cyclic corrosion test A (80 and 170 cycles)

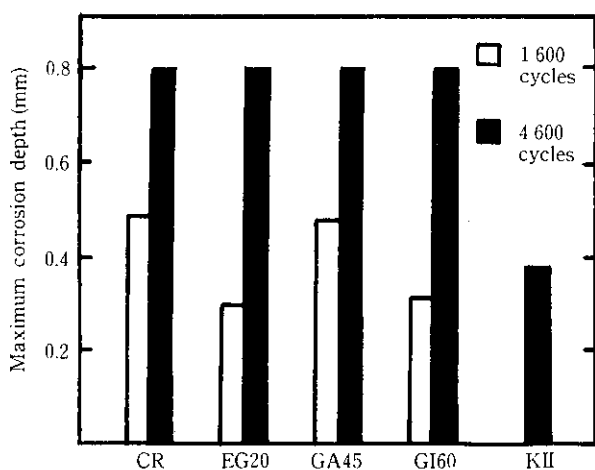


Fig. 12 Maximum corrosion depths of various pre-coated steel sheets (indicated in figure 12) in cyclic corrosion test B (1600 and 4600 cycles)

CCT-A および CCT-B のいずれの耐食性試験法においても、塗装鋼板であるKⅡは一般的な亜鉛系めっき鋼板である電気亜鉛めっき鋼板 (EG 20, 目付量 20 g/m²), 溶融亜鉛めっき鋼板 (GI 60, 目付量 60 g/m²), 合金化溶融亜鉛めっき鋼板 (GA 45, 目付量 45 g/m²) に比べ耐穴あき性がきわめて優れている。すなわち、化成処理、電着塗装等の被覆処理が困難で裸鋼板が露出し、かつ過酷な腐食環境にさらされる車体部位において長期の防食性を維持するためには、亜鉛系めっき鋼板の有する犠牲防食能のみでは不十分であり、有機被膜によるバリアー効果を有する防錆塗装鋼板が有効であることがわかる。

このKⅡは、下地めっきの犠牲防食効果と有機被膜のバリアー効果の複合効果により、耐穴あき性においても従来の防錆塗装鋼板より改善されている。

3.1.2 加工後の耐食性

在来の自動車用防錆塗装鋼板は、プレス加工時に被膜が剝離し易く、被膜厚が薄くなったり、下地金属が露出したりして耐食性が低下する弱点がある。そこで、KⅡの加工後の耐食性を円筒カップ絞り加工後の試料について CCT-A の耐食性試験を行って調べた (Photo 2)。

加工部では、平板部に比べ被膜の損傷があり、腐食の進行も速い傾向にある。KⅡは、被膜の潤滑性が高く被膜剝離が少ないことと下地めっきによる防食効果から、加工部における耐食性低下がきわめて少ない。従来の防錆塗装鋼板に比べても加工後の耐食性は大幅

に改善されている。

3.1.3 電着塗装後の耐食性

無塗装での耐食性につづき、電着塗装が施された部位を対象とした耐食性について調べた。電着塗装鋼板にクロスカットを入れ、CCT-A の耐食性試験を行った。カット部からの赤錆発生状態について冷延鋼板 (CR) と比較した例を Photo 3 に示した。

KⅡのクロスカット部からの赤錆の進行はジंकロリッチ被膜中の防錆顔料と下層の Zn-Ni めっきの犠牲防食作用により抑えられていることがわかる。

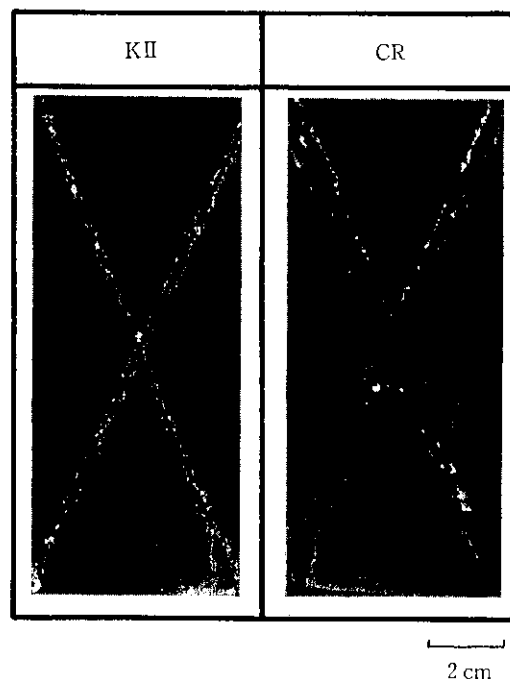


Photo 3 Corrosion behaviors of KII and CR in cyclic corrosion test A (150 cycles) after electrodeposition painting

3.2 加工時の耐被膜剝離性

KⅡのプレス成形加工時の耐被膜剝離性を評価するために、円筒カップ絞り加工とビードローによる絞り加工試験を行った。耐被膜剝離性の評価は加工後のセロテープ剝離による剝離被膜重量で行った。

これらの結果は、円筒カップ絞りで約 8 mg、ビードローでも約 18 mg と従来の防錆塗装鋼板の約 1/7 で耐被膜剝離性が飛躍的に改善された。すなわち、ジंकロリッチ被膜の薄膜化、被膜中の二

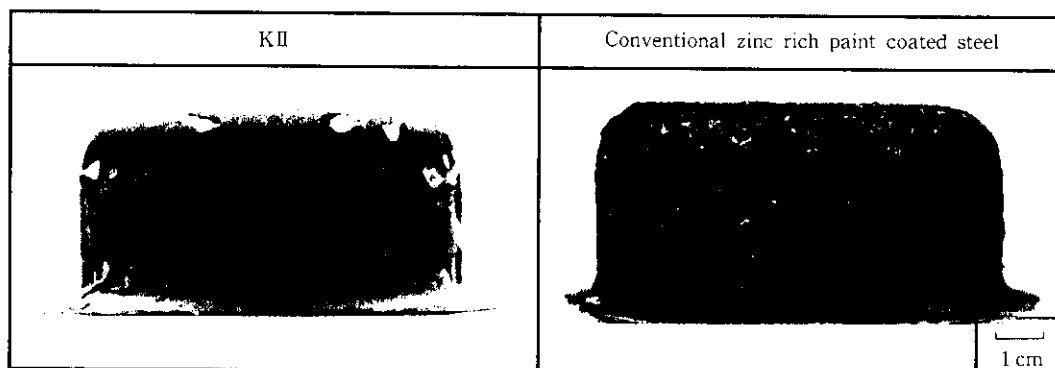


Photo 2 Appearances of KII and conventional zinc rich paint coated steel in cyclic corrosion test A (95 cycles) after cylindrical cup drawing

硫化モリブデンによる潤滑性向上によるものである。

3.3 溶接性

まず、十分なナゲット径が得られる最低電流値を下限とし、溶着現象の起らない最大電流値を上限として適正スポット溶接電流範囲を求め、ついでその中央の電流値で連続スポット溶接試験を行った。亜鉛系めっき鋼板である GA 45 と比較した K II の適正溶接電流範囲および連続スポット溶接性を Fig. 13, 14 に示した。

K II の適正溶接電流範囲は従来の防錆塗装鋼板と同じく、GA 45 に比べると低電流側でかつ適正電流範囲も若干狭い傾向にある。

K II の連続打点数は GA 45 並みに 5000 点以上であった。一般の亜鉛系めっき鋼板では、打点数が増加するにつれて電極と亜鉛の合金化が進み、電極先端が軟化・変形し、電極と鋼板の接触面積が

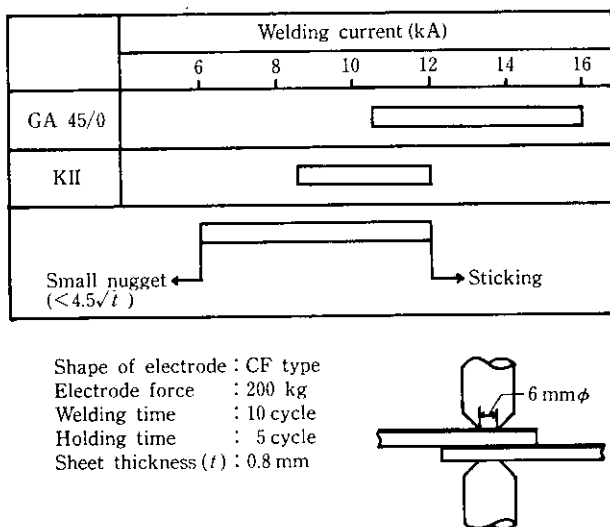


Fig. 13 Acceptable spot welding current ranges of GA 45 and K II

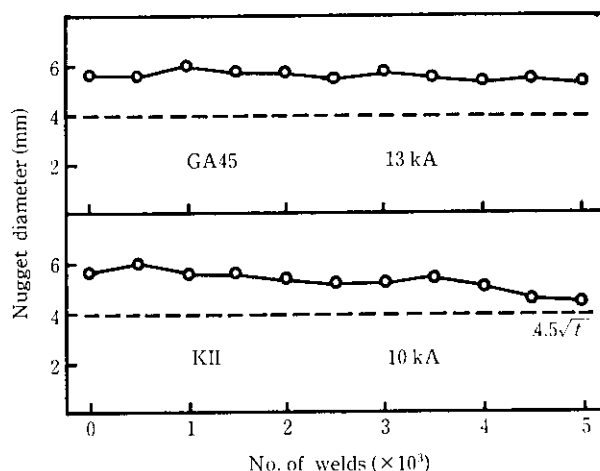


Fig. 14 Continuous spot weldabilities of GA 45 and K II

増大して電流密度が小さくなり、ナゲット径が徐々に減少する。一方、防錆塗装鋼板では、塗膜の絶縁破壊を起しながら通電するため打点数の増加に伴い塗膜の熱分解により生成したタール状有機物が電極表面に堆積して電極の汚損が進み、その結果、電極チップの抵抗が著しく増大して通電性が阻害され、ナゲット径が著しく減少することが知られている¹⁷⁾。K II は、有機被膜の厚みが薄いので被膜抵抗が小さく、かつ、タール状有機物の堆積による電極の汚損も少ないため通電性が向上し優れた連続溶接性が得られたものと考えられる。

3.4 冷延面の化成処理性

防錆塗装鋼板は片面処理鋼板で、自動車用外板として使う場合はコート面が苛酷な腐食環境にさらされる内側の面となるように用いられており、仕上げ処理塗装が容易でかつ外観が重視される外側の面が冷延面である。したがって、外面すなわち冷延面は、化成処理→電着塗装→中塗り→上塗りの仕上げ処理が施される。そのため、

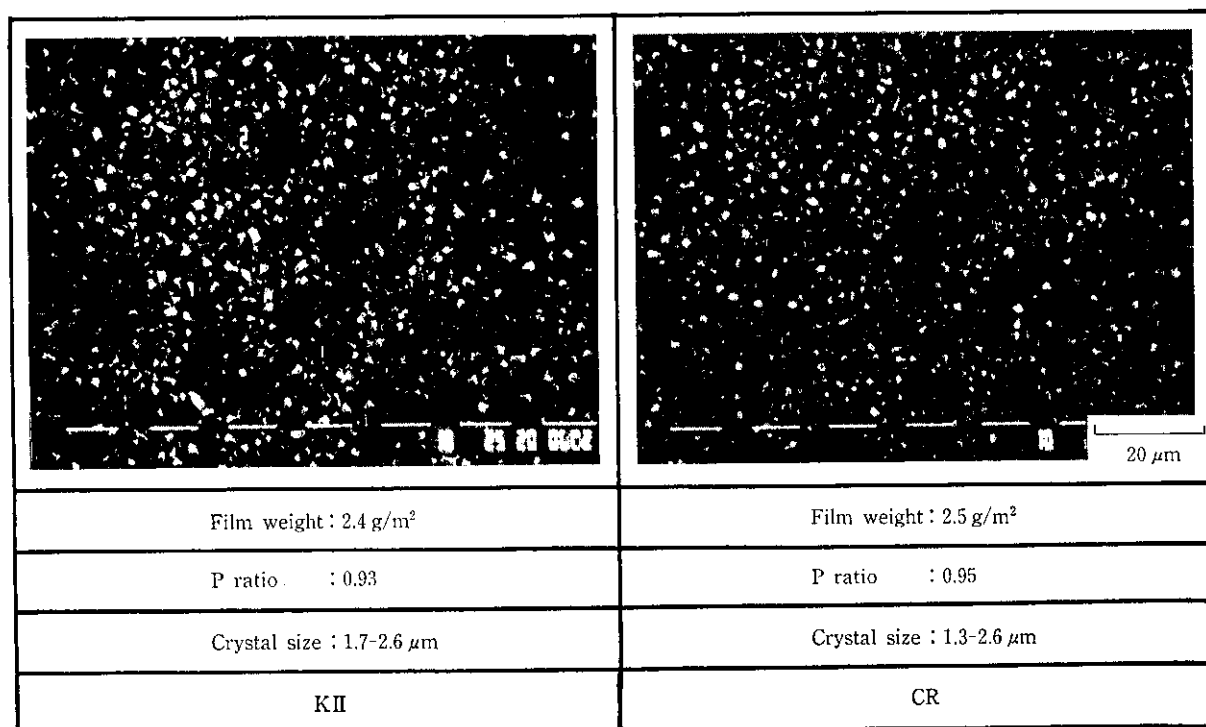


Photo 4 SEM photomicrographs of uncoated side of K II and CR after phosphate treatment (Nihon Parkerizing Co., Ltd. Bt-3004)

塗装後の耐食性、外観等の面から、通常の冷延鋼板並みの良好な化成処理性を有することが要求される。そこで、K IIの冷延面の化成処理性について調査し、リン酸塩被膜付着量、P比、SEMによるリン酸塩結晶の粒径、スケ(不被覆部)の有無をみて評価した。結果を Photo 4 に示したが、いずれの評価においても冷延鋼板の場合と同等であり、化成処理性が良好で問題ないことが確認された。

4 結 言

在来の防錆塗装鋼板の加工時の耐被膜剥離性、溶接性および耐食性を改良した高耐食性複合塗装鋼板「ジンクロメタル-K II」を開発した。

耐食性については Zn-Ni 合金電気めっき (20 g/m^2) 上に防錆顔料として ZPC を 4 wt % 含有するジンクリッチ被膜を形成させて改良した。また、耐被膜剥離性はジンクリッチ被膜に潤滑性付与剤として二硫化モリブデンを 0.4 wt % 添加し、被膜厚を $4.5 \mu\text{m}$ に低減して改良した。この有機被膜の薄膜化は溶接性の向上にも著しい効果を発揮した。

このような改良によって得られた K II は、自動車ボディの化成処理、電着塗装の困難な部位への適用性に優れている。現在、K II は在来の防錆塗装鋼板に代る高耐食性複合塗装鋼板として量産化が進められている。

最後に、本研究の遂行にあたり、日産自動車株式会社の御協力をいただきました。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) R. L. Chance: Material Performance, **13** (1974) 10, 16
- 2) 小山 浩: 防食技術, **30** (1982), 34-42
- 3) 山本辰次郎, 西川俊夫: 防錆管理, **18** (1974) 10, 31-37
- 4) 山本辰次郎, 西川俊夫: 防錆管理, **22** (1978) 2, 23-29
- 5) 岩崎利雄: 実務表面技術, **12** (1979), 20-26
- 6) A. W. Kennedy: Modern Paint and Coating, **66** (1976), 21-26
- 7) 岡 襄二: 自動車技術, **37** (1983) 8, 876-883
- 8) 奥谷徳康, 菊島仙夫: 自動車技術, **30** (1976) 10, 829-835
- 9) 沖田嘉人: 防錆管理, **22** (1978) 8, 9-15
- 10) 小方哲稍: 防錆管理, **26** (1982) 6, 31-33
- 11) NDS ニュース, 第 8 号
- 12) 東海林茂: 「特殊撥能塗料」, (1982), 289-294, [シーエムシー]
- 13) 衣笠雅典: 色材, **54** (1981) 7, 460-466
- 14) 福島 稔: 防錆管理, **27** (1983) 1, 23-29
- 15) 高橋藏之助: 「塗料添加剤の製法・処法・開発」, (1983), 75-89 [シーエムシー]
- 16) 西原正躬, 中野次郎, 小林正樹, 衣笠雅典, 名木田正男, 村上雅彦: 色材, **52** (1979) 3, 111-118
- 17) 齊藤 享, 高橋靖雄: 溶接技術, **4** (1983), 27-32