

電着析出防止用塗料

「CGコート」

“CG COAT,”

A Newly Developed Coating for Protecting Electrodeposition of Thread



技術開発本部
第1部
柏田清治
Seiji
KASHIWADA

要 旨

自動車の車体に溶接で取り付けられるネジ部品のネジ部を、予め絶縁性の高い有機樹脂膜で被覆することにより、溶接時に飛散するスパッタの固着および塗装工程での電着塗料の析出を防ぎ、ネジ部品の良好な締結性を得ることを目的として開発された「CGコート」の概要を紹介する。本品はエポキシ樹脂系の貯蔵性に優れた1液型熱架橋性塗料であり、スプレー塗装、浸漬塗装が可能である。その皮膜は、鉄生地への密着性が良好で強靱であり、電気絶縁性にも優れ、2ミクロンの皮膜厚があれば完全にカチオン電着塗料の析出を防ぐことができる。また、トルク安定性や耐ゆるみ性などの締結特性にも優れ、自動車ラインにおける塗装工程後のねじ込み性は良好で、6ヶ月以上の実車走行テストでのゆるみは全く生じていない。自動車ラインでの溶接で取り付けられるネジ部品は、電着塗料の析出を防ぐために従来からマスキング治具でネジ部をカバーすることが行われているが、治具の脱着に多大な工数がかかるのが現状である。本品の開発により、工数削減、コストダウンの面で大いに寄与できるものと期待される。

1. はじめに

自動車の組立等において、ナットと溶接ボルト、ボルトと溶接ナットの組み合わせによる締結方法が行われている。通常の工程ではボデー、シャーシ、サスペンションなどにボルトまたはナットを溶接で取り付け塗装を施した後に各部位をナットまたはボルトで締結する方法であるが、一方を溶接することにより、回り止めをする必要がないことから作業性の高い方法として一般的に行われている。しかし、ボルトやナットを溶接で取り付けた後にその周辺で行われるアーク溶接などでスパッタ（溶融した金属飛沫）が飛散してネジ部品のネジ部に付着したり、また車体の下塗りとして施されるカチオン電着塗膜がネジ部に厚く析出することによって、締結時にスパッタまたは電着塗膜が抵抗となり、ねじ込みトルクの異常増大や異常な噛み込みの発生など種々の不具合を引き起こしている。このような不具合を防止するために、実際の生産ラインでは図1に示すように、ネジ部にマスキングする方法がとられている。

新製品

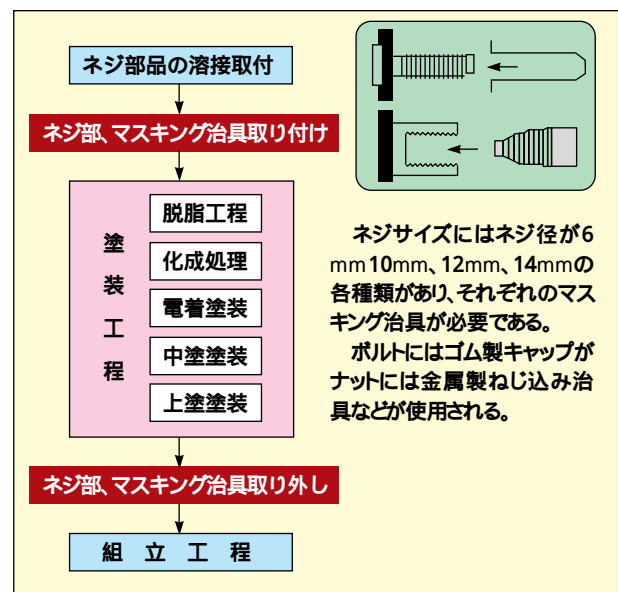


図1 マスキング治具の脱着

このようなマスキングによって、ネジ部品のネジ部にスパッタの付着および電着塗料の浸入を防ぐことができるが、治具の脱着に多大な工数を要し、組立効率の低下を引き起こす事になるため、効率的な方策が求められている。このような市場ニーズに応じて、予めポリまたはナットのネジ部を高絶縁性の有機皮膜で被覆しておくことによって車体に溶接取り付けされた後、ネジ部へのスパッタの付着および電着塗膜の析出を防止することが可能であり、従来のマスキング工程を省き、効率化に寄与できるとの考え方で開発されたネジ部品の被覆材が「CGコート」である。絶縁性の高い変性エポキシ樹脂をベースに、優れた電着析出防止能、良好なねじ込み作業性を有し、トルク安定性、耐ゆるみ性などの締結特性についても、実車テストなどの種々の試験結果により、その実用性の高さが裏付けられたので、製品の概要を紹介する。

「CGコート」と同様に、ネジ部品の電着析出防止を目的に開発されたものとして、「ナイコート」(米国ナイロック社)がある。これはテフロン粉末(デュボン社)を塗布して熱溶融させるものであるが、以下の点が指摘され、国内では未だ実用化には至っていない。

1. 鉄生地への密着性が不十分、耐磨耗性が不良
2. ネジ面トルク係数が小さすぎる。(0.1以下)
3. 高価である。

2. 塗料設計のポイント

2.1 塗布材料(樹脂)の選定

表1に示すように、電気特性として誘電率、tan δ が小さく、体積固有抵抗値が大きい程、優れた絶縁材料であり、ポリ4フッ化エチレン、ポリエチレンなどは特に優れた材料といえるが、被覆材として下記の開発目標を掲げて、樹脂の選定を行った。

1. 電気絶縁性に優れていること。
2. 液状の1液型塗布材であること。
3. 鉄生地への密着性が良好なこと。

4. 薄膜(1~3μm)で耐アルカリ性が良好なこと。
5. 比較的安価であること。

以上の選定条件を基に種々調査した結果、エポキシ樹脂を選定し、両末端に1級水酸基を持ち、架橋反応が可能な変性エポキシ樹脂を被覆材の基体樹脂とした。

この変性エポキシ樹脂は、図2に示すような構造であり、ビスフェノールA型のエポキシ樹脂とアルカノールアミンとの反応で両末端エポキシ基を1級水酸基で置換したものである。エポキシ樹脂の優れた電気絶縁性の他に下記の特長を持っている。

1. 金属への密着性に富む。(豊富な2級水酸基)
2. 耐薬品性に優れる。(高分子量化)
3. 架橋性を有する。(両末端1級水酸基)
4. 可とう性に富む。

上記変性エポキシ樹脂は分子量が大きいため、その塗膜は特に架橋させなくても密着性に優れ、耐薬品性が良好で、強靱なものであるが、両末端の1級水酸基を用いてメラミン樹脂またはブロック型のポリイソシアネート化合物で架橋させると、塗膜の硬度や強靱さを更に向上させることができ、1液型の貯蔵性に優れた熱架橋型液状塗布材を得ることができる。

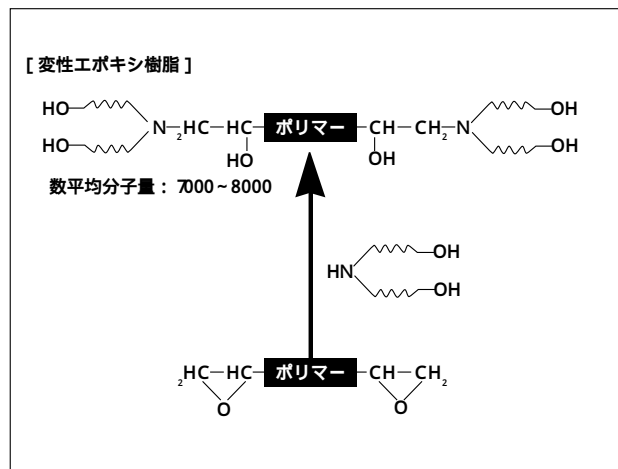


図2 変性エポキシ樹脂

表1 有機樹脂の電気特性

| | 誘電率 | tanδ | 体積固有抵抗値(Ω・cm) |
|-------------|---------|----------------|-------------------------------------|
| ポリ4フッ化エチレン | 2.1 | < 0.0002 | > 10 ¹⁷ |
| ポリエチレン | 2.1~2.3 | 0.0005 ~ 0.003 | > 10 ¹⁶ |
| シリコン樹脂 | 2.5~3.0 | 0.001 ~ 0.02 | 10 ¹⁵ ~ 10 ¹⁷ |
| エポキシ樹脂 | 3.0~5.0 | 0.002 ~ 0.02 | 10 ¹⁴ ~ 10 ¹⁷ |
| フェノール樹脂 | 4.5~9.0 | 0.08 ~ 0.2 | 10 ¹² ~ 10 ¹⁴ |
| (参考) アルミナ陶器 | 8.0~9.0 | 0.002 ~ 0.01 | 10 ¹² ~ 10 ¹⁴ |

2.2 塗装方法…塗料性状の調整

ネジ部品の溶接には、一般に電気抵抗溶接やアーク溶接が用いられる。電気抵抗溶接の場合、電極の接触部分および溶接部位に絶縁性塗膜があってはならない。絶縁性の高い塗膜によって鉄が溶融する程の高熱が発生しネジ部品を破損させるからである。従って、一般的なネジ部品の塗装方法であるディップ・スピン方式(全面塗装)はとることができず、ネジ部だけの塗装方法が求められる。このような制限条件からミストの発生しやすいスプレー塗装も避けて、図3に示すようなネジ部だけの浸漬塗装が好適であり、塗料性状もこの方法に適するように調整されている。

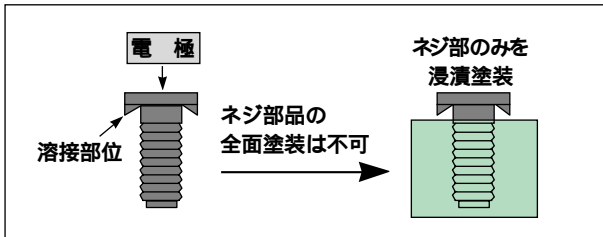


図3 ネジ部品の塗装

ネジ部に皮膜を形成させた後およびカチオン電着塗装後に、ボルトに対するナット、ナットに対するボルト、即ち相手側のネジ部を手で容易にねじ込むことができることが、「CGコート」にとって機能上重要であり、このために塗装の際に下記の点に留意する必要がある。

1. ネジ部の液溜まり(皮膜の詰まり)をなくす。
2. ネジ谷、ネジ斜面、ネジ山の各部の膜厚を30 μ m以下とする。(均一な膜厚分布を図る。)
3. ネジ山の被覆性を上げる。(エッジカバリング) 2 μ m以上の膜厚を確保する。
4. ネジ部への泡の付着をなくす。

図4のような不具合を避けるために、浸漬塗布液の濃度、粘度、チクトロピックインデックス(Ti値)の調整および消泡が塗装上のキーポイントである。

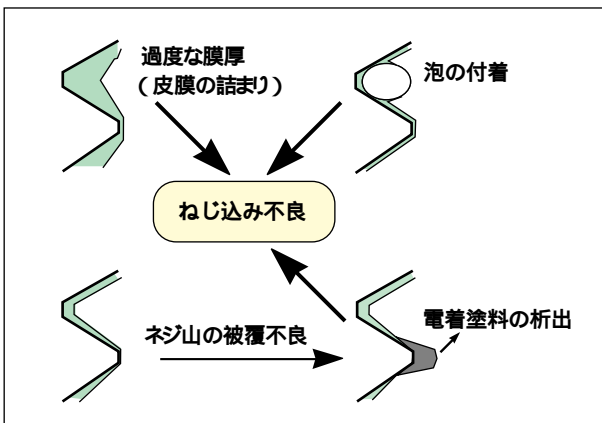
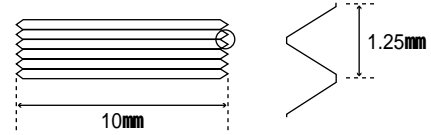


図4 塗装上の不具合

2.3 「CGコート」の塗布

塗料性状を適切に調整した塗布液で、M-10(ネジ径が10mm、ネジピッチが1.25mm)のボルトを縦方向垂直に位置してネジ部のみを浸漬塗装し、140 $^{\circ}$ Cで10分乾燥する。



乾燥後のネジ部の断面を写真1に示す。

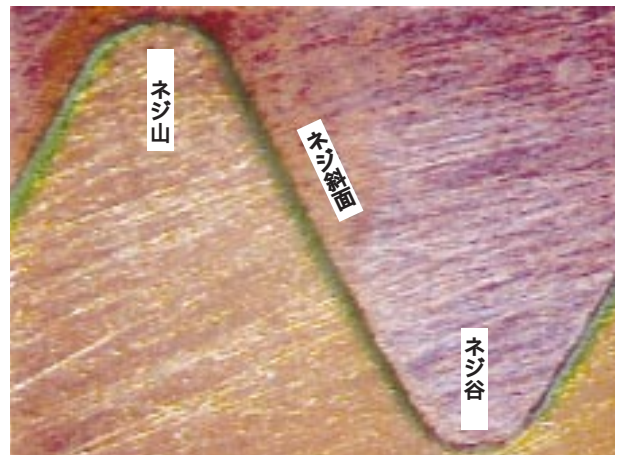


写真1 ボルトの塗装

写真1で緑色部分が「CGコート」の塗膜である。

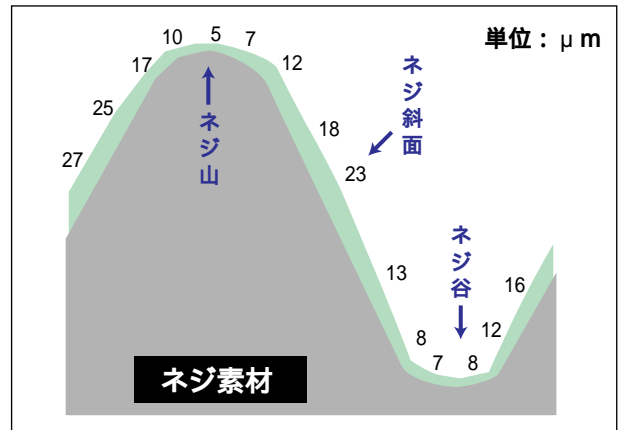


図5 ボルト塗装における膜厚分布

図5は、写真1のボルトを断面観察により「CGコート」の膜厚分布を測定したものである。これによるとエッジ部であるネジ山にも5 μ m以上の膜厚が確保されており、電着塗料の析出を完全に防ぐことができる。また、ネジ同士を締め付ける際に最も擦れ合う部分はネジ斜面であるため、この部分の膜厚が過度に厚膜にならないように望ましくは30 μ m以下に管理すべきであり、この点でも「CGコート」の締結性は手で容易にねじ込むことができ、全く問題はない。

次に、「CGコート」が塗布された後で車体に取り付けられる際に、溶接の熱伝導によりネジ部がかなりの高温となる。一例として、M-14サイズのボルトをアーク溶接で固着する場合、溶接部から5cm離れた「CGコート」を塗布したネジ部分の温度は、180℃まで上がり150℃以上の温度が約3分持続する。

また、電着塗装時の焼付乾燥においても170～180℃の雰囲気中に30分以上さらされることになり、サスペンションやシャーシの電着塗装の焼付の場合は200℃以上の雰囲気に数十分置かれることになる。

このように「CGコート」が塗布された後、溶接や電着焼付によって変性エポキシ樹脂のTg点以上の熱履歴を受けることになり、架橋剤を用いない場合は、塗膜の熱流動が生じて、塗膜にピンホールが発生したり、膜厚分布に大きな変化が生じてくる。

写真2は、架橋剤を用いない場合の200℃で30分加熱した後の「CGコート」の膜厚分布である。

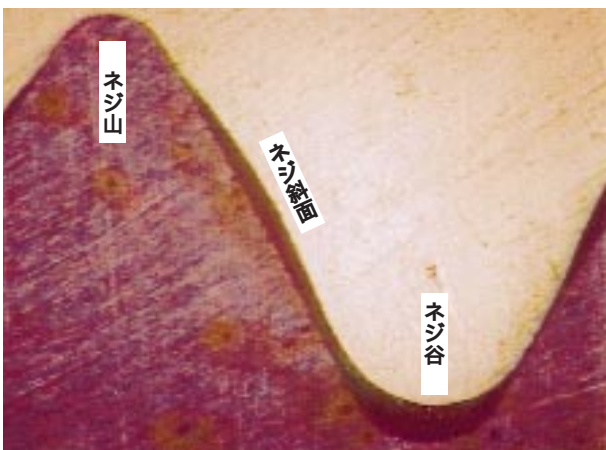


写真2 塗膜の熱流動

写真2によれば、塗膜の熱流動によりネジ山の塗膜がずれ落ちて2μm以下の薄膜になっており、ネジ谷の膜厚が厚くなっていることが分かる。

溶接時の熱でこのような熱流動による膜厚分布の変化が生じれば、電着塗料が析出する恐れがある。

塗膜の熱流動を抑えるためには架橋剤の使用が有効であり、ブロック型のポリイソシアネート化合物が密着性の面からも好適である。

3. 「CGコート」の概要

今まで述べてきたように、「CGコート」は、変性エポキシ樹脂をベースに、ネジ部品を浸漬塗装するための適正な塗料性状に調整されたものであるが、次にその性能について記す。

3.1 塗料成分

「CGコート」は以下の成分からなる。

【原液】

| | |
|-----|----------------|
| 樹脂 | 変性エポキシ樹脂 |
| 架橋剤 | ブロック型ポリイソシアネート |
| 着色剤 | グリーン系含金染料 |
| 添加剤 | 増粘剤 消泡剤 |
| 希釈剤 | 希釈用シンナー |

固形分濃度：15±1%
 粘度：800～1000mPa・s
 (回転粘度計 60rpm/20)
 Ti値：5.0～6.0

【塗布液】 原液 / 希釈シンナー=2/1

固形分濃度：10±1%
 粘度：250～400mPa・s
 (回転粘度計 60rpm/20)
 Ti値：5.0～6.0

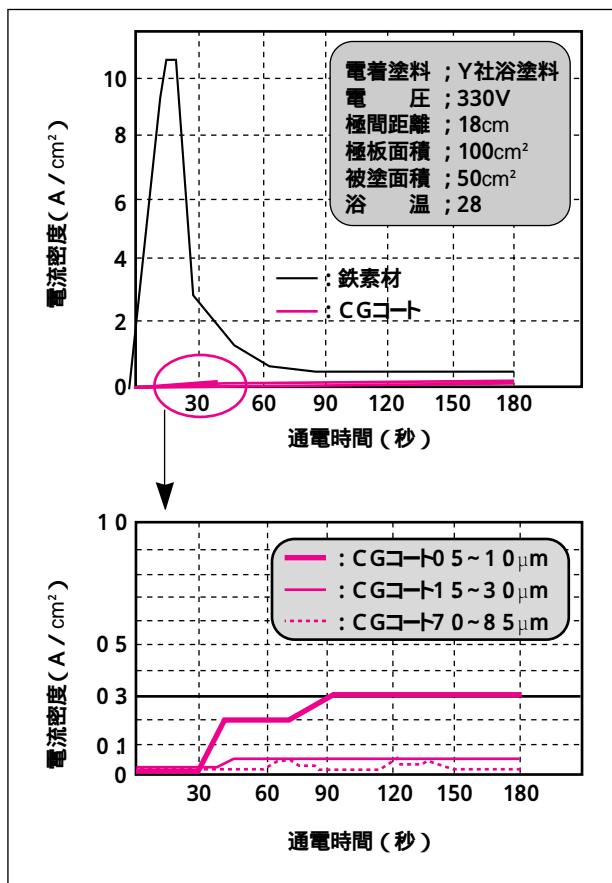


図6 CGコートの通電性

3.2 「CGコート」の通電性

検証方法:

鉄製平板に「CGコート」を均一に塗装し、その上にカチオン電着塗料を塗装する。その時に流れる電流を測定し、単位面積当たりの値を電流密度として、この値の大きさで通電性を評価する。

尚、この時の「CGコート」の膜厚を 0.5~1.0 μm 、2.0~3.0 μm 、7.0~8.5 μm の3水準より膜厚効果を見る。鉄素材に直接電着塗装を行った場合を比較とする。

結果:

通電時間に対する電流密度の大きさを図6に示す。

一般に、カチオン電着塗料の場合、電流密度が0.5mA/cm²で電着析出に約1分を要し、0.3mA/cm²で5~8分要する。

図6によれば、「CGコート」の膜厚が0.5~1.0 μm の時の電流密度が0.3mA/cm²であり、膜厚が1.5 μm 以上であれば0.1mA/cm²以下となる。従って、「CGコート」の膜厚が1.5 μm 以上であれば電流は殆ど流れないため、電着塗料の析出は全く起こらない。

3.3 締結特性

以下に述べる締結性能は、ネジ部品メーカーにて行った試験結果である。試験はM-6、M-10、M-14の3種類のボルトについて行われている。

3.3.1 ネジ面トルク係数

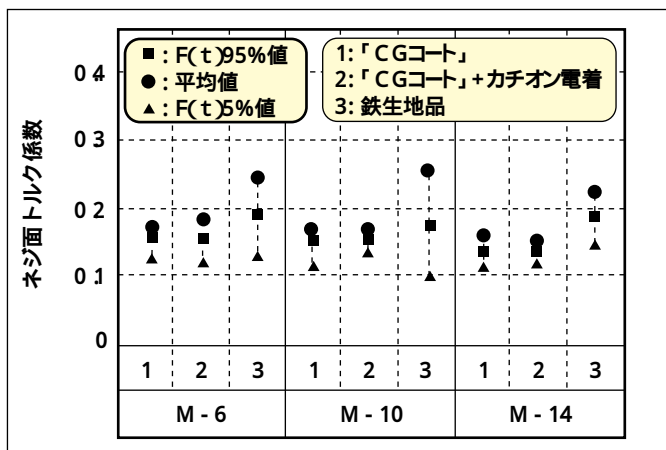


図7 ネジ面トルク係数

「CGコート」塗装後およびカチオン電着塗装後ともに生地品と比べて平均値が低く、バラツキが小さく安定している。

3.3.2 降伏軸力

「CGコート」塗装品は、カチオン電着塗装後もバラツキが小さく、平均値も高く望ましい。

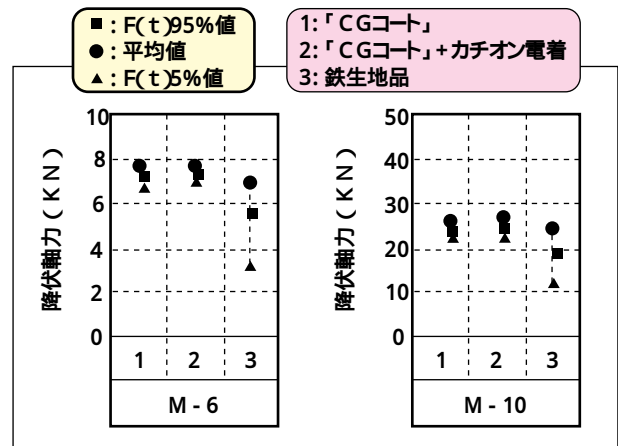
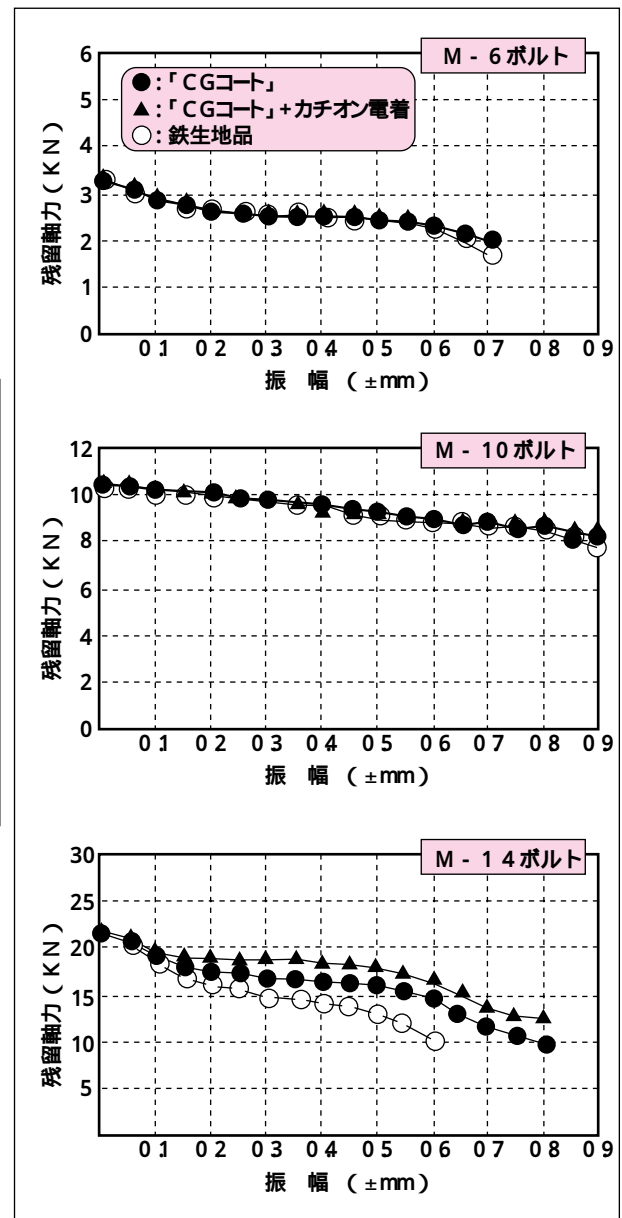


図8 降伏軸力

3.3.3 耐ゆるみ性 (軸直角ゆるみ試験=コンカー式)

生地品に比べて耐ゆるみ性も同等以上であり、6ヶ月以上の実車走行テスト結果も全く異常はない。



新製品

3.4 「CGコート」の耐熱性

前述したように、塗装後の塗膜に熱が加えられるため、脱脂された無処理鉄板に10μmの厚さに塗装し、140℃で乾燥したものを試験板として、各種の熱履歴を加えた後の物理性能を調査する。結果は以下の通りである。

3.4.1 密着性(碁盤目試験、1mm方眼)

熱履歴なし：異常なし

| | | | | |
|------|-----|------|------|------|
| 加熱時間 | 30分 | 異常なし | 異常なし | 異常なし |
| | 20分 | 異常なし | 異常なし | 異常なし |
| | 10分 | 異常なし | 異常なし | 異常なし |
| | | 200 | 250 | 300 |
| | | 加熱温度 | | |

3.4.2 鉛筆硬度

熱履歴なし：HB

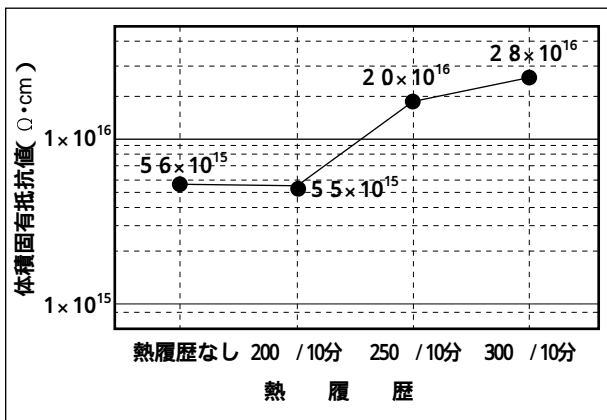
| | | | | |
|------|-----|------|-----|-----|
| 加熱時間 | 30分 | H | 2 H | 4 H |
| | 20分 | H | 2 H | 3 H |
| | 10分 | F | H | H |
| | | 200 | 250 | 300 |
| | | 加熱温度 | | |

3.4.3 耐衝撃性(デュボン式、500g/50cm)

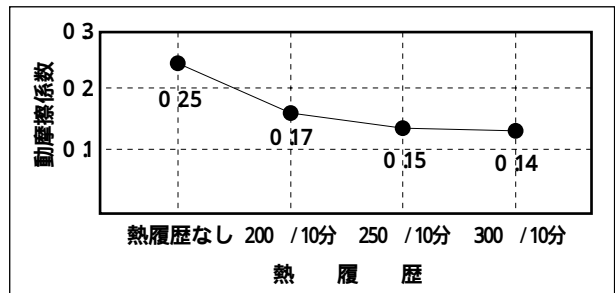
熱履歴なし：異常なし

| | | | | |
|------|-----|------|------|------|
| 加熱時間 | 30分 | 異常なし | 異常なし | 割れ発生 |
| | 20分 | 異常なし | 異常なし | 割れ発生 |
| | 10分 | 異常なし | 異常なし | 異常なし |
| | | 200 | 250 | 300 |
| | | 加熱温度 | | |

3.4.4 体積固有抵抗値



3.4.5 動摩擦係数(3点鋼球式)



300 / 20分以上の熱履歴がかかると塗膜は硬くなり脆くなる傾向であるが、その他物理性能は機能上支障となる変化は認められない。

3.5 溶接時のスパッタ付着防止について

一般に有機樹脂は鉄に比べて比熱が大きく、熱伝導率は非常に小さい。鉄とエポキシ樹脂の熱特性を表2に示す。

表2 エポキシ樹脂の熱特性

| | 比熱 (cal / g · °C) |
|--------|-------------------|
| 鉄 | 0.1 |
| エポキシ樹脂 | 0.3~0.5 |

| | 熱伝導率 (cal / cm · °C · 秒) |
|--------|---------------------------|
| 鉄 | 0.18 |
| エポキシ樹脂 | $4 \sim 5 \times 10^{-4}$ |

従って、1000℃以上のスパッタが有機樹脂膜に接触した場合でも、有機樹脂の温度は上がりにくく、スパッタの温度は下がりがやすくなり、熱融着しにくくなる。また、有機樹脂の熱分解が生じて、スパッタの鉄生地への付着力は低下する。即ち、有機樹脂膜が熱緩衝材として働くことによりスパッタの融着を防ぎ、たとえスパッタが付着しても容易に脱落させることができるものと推測される。

3.6 電着塗装後の「CGコート」の塗膜状態

「CGコート」をM-10ボルトに塗装後、実ラインでカチオン電着塗装した後の状態を写真3に示す

写真3によれば、電着塗料の析出は認められず、電着焼付時の塗膜の熱流動による膜厚分布の変化も生じていない。

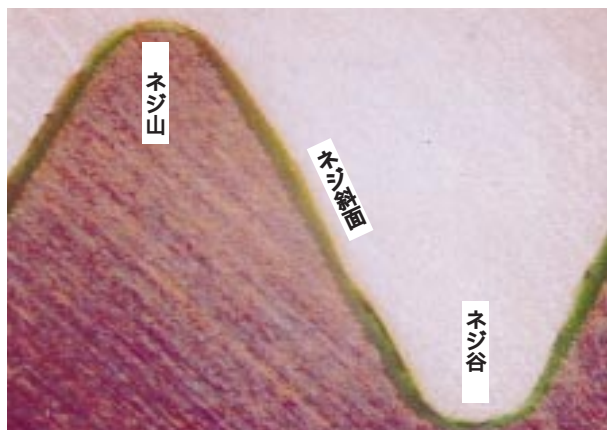


写真3 電着塗装後の「CGコート」

4. あとがき

ここで紹介した「CGコート」は、塗装工程での電着塗料の析出を防ぎ、自動車ラインの工数削減を目的に開発された、貯蔵性に優れた1液型の熱架橋性塗料である。スプレー塗装、浸漬塗装が可能で、ネジ部品以外にも電着塗料の析出防止が求められている各種自動車部品があるが、これらの部品に対しても作業効率の向上および工数削減に大いに役立つものと思われる。また、耐食性も極めて良好なことから、今後エッジカバリー性に優れた防錆塗料としての用途も広がるものと信じている。