

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6412740号  
(P6412740)

(45) 発行日 平成30年10月24日 (2018.10.24)

(24) 登録日 平成30年10月5日 (2018.10.5)

(51) Int. Cl.

F I

C 2 5 D 13/06 (2006.01)  
 C 2 5 D 13/10 (2006.01)  
 C 2 5 D 13/16 (2006.01)  
 C 0 9 D 5/44 (2006.01)  
 C 0 9 D 179/08 (2006.01)

C 2 5 D 13/06 B  
 C 2 5 D 13/10 B  
 C 2 5 D 13/16 A  
 C 0 9 D 5/44  
 C 0 9 D 179/08 B

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2014-171210 (P2014-171210)  
 (22) 出願日 平成26年8月26日 (2014.8.26)  
 (65) 公開番号 特開2016-44348 (P2016-44348A)  
 (43) 公開日 平成28年4月4日 (2016.4.4)  
 審査請求日 平成29年4月7日 (2017.4.7)

(73) 特許権者 000006264  
 三菱マテリアル株式会社  
 東京都千代田区大手町一丁目3番2号  
 (73) 特許権者 000003263  
 三菱電線工業株式会社  
 東京都千代田区丸の内三丁目4番1号  
 (74) 代理人 100085372  
 弁理士 須田 正義  
 (72) 発明者 飯田 慎太郎  
 茨城県那珂市向山1002番地14 三菱  
 マテリアル株式会社 中央研究所内  
 (72) 発明者 桜井 英章  
 茨城県那珂市向山1002番地14 三菱  
 マテリアル株式会社 中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電着塗装体の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電着塗料を用いて電着方法により被塗装体の表面に絶縁層を形成した後、焼き付け処理することにより絶縁被膜が形成された電着塗装体を製造する方法において、

前記電着塗料は水分散系ポリアミドイミドが水に分散したワニス又は水溶系ポリアミドイミドが水に溶解したワニスに有機溶媒を添加して構成され、

前記有機溶媒の沸点は100を越えかつ次式で表される  $D_{(S-P)} < 6$  であることを特徴とする電着塗装体の製造方法。

$$D_{(S-P)} = [(dD^S - dD^P)^2 + (dP^S - dP^P)^2 + (dH^S - dH^P)^2]^{1/2} \quad (1)$$

但し、 $dD^S$ ：有機溶媒のHSP値の分散成分、 $dD^P$ ：ポリアミドイミドのHSP値の分散成分、 $dP^S$ ：有機溶媒のHSP値の分極成分、 $dP^P$ ：ポリアミドイミドのHSP値の分極成分、 $dH^S$ ：有機溶媒のHSP値の水素結合成分及び $dH^P$ ：ポリアミドイミドのHSP値の水素結合成分である。

【請求項 2】

前記ポリアミドイミドと前記有機溶媒の混合液が透明化した場合を前記ポリアミドイミドの溶解性がある有機溶媒とし、前記ポリアミドイミドと前記有機溶媒の混合液が白濁した場合をポリアミドイミドの溶解性がない有機溶媒とし、前記有機溶媒の  $dD^S$ 、 $dP^S$ 、 $dH^S$  を3次元グラフ化し、前記ポリアミドイミドの溶解性がある有機溶媒の表す点が全て内側に入る最小球の中心を前記ポリアミドイミドの  $dD^P$ 、 $dP^P$ 、 $dH^P$  と推定して前記  $D_{(S-P)} < 6$  の関係を満たす有機溶媒を選定することを特徴とする請求項1記載の電

10

20

着塗装体の製造方法。

【請求項 3】

前記有機溶媒は親水系溶媒である請求項 1 又は 2 記載の電着塗装体の製造方法。

【請求項 4】

前記有機溶媒は N, N - ジメチルアセトアミド、N, N - ジメチルホルムアミド、プロピレンカーボネイト、ジメチルスルホキシド、4 ブチロラクトン、又は N メチル 2 ピロリドンである請求項 1 ないし 3 いずれか 1 項記載の電着塗装体の製造方法。

【請求項 5】

前記被塗装体は銅線である請求項 1 ないし 4 いずれか 1 項記載の電着塗装体の製造方法。

10

【請求項 6】

被塗装体の表面に絶縁被膜が形成された電着塗装体を製造する請求項 1 ないし 5 いずれか 1 項に記載された方法であって、SEM により観察し計量した被膜断面のピンホール数は 50 個 / 10  $\mu\text{m}$  以下であり、かつ JISC 0601 に従って計量した表面粗さ Ra は 40 nm 以下である電着塗装体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電着塗装により被塗装体をポリアミドイミドで被膜した電着塗装体の製造方法に関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

従来、断面平角状（以下、単に「平角状」という。）の導線に絶縁被膜を形成する方法として、被塗装体を塗料に浸漬してから引き上げた後に塗料を乾燥させ、所定の絶縁被膜厚が得られるまで塗装が繰り返される浸漬塗装や、電着塗料に電極を挿入して電流を通じ、塗料粒子を陽極とした平角状の導線上に沈着させ、形成した絶縁被膜を半硬化し圧延してから硬化して絶縁導線を形成する電着塗装が行われていた（例えば、特許文献 1 参照。）。一方、電着塗装として平角状の導線を電着塗料を満たした電着層中を通過させ、次に有機溶媒を満たした溶媒層を通過させたり有機溶媒のミストや蒸気に通過させた後、焼き付けて絶縁被膜を形成する方法が開示されている（例えば、特許文献 2 参照。）。更に、平角状の導線に電着塗料を電着塗装した後に有機溶媒を噴霧する方法として、超音波による有機溶媒のミスト発生方法や、有機溶媒の蒸気を噴射ノズルから噴霧する方法が開示されている（例えば、特許文献 3、4 参照。）。30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 03 - 159014 号公報（第 1 頁右欄～第 2 頁右上欄）

【特許文献 2】特開平 03 - 241609 号公報（第 4 頁左下欄～第 5 頁左上欄）

【特許文献 3】特公平 04 - 065159 号公報（第 2 頁左欄）

【特許文献 4】特開 2012 - 160304 号公報（段落 [0006]）40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、上記従来の特許文献 1 に記載される浸漬塗装では、平角状の導線の角部に塗料が付着し難く塗装斑が生じたり所定の絶縁被膜厚を得るのに何度も塗装を繰り返す必要があり、また、電着塗装では、平角状の導線の角部に電界集中が起こるため、角部の絶縁被膜が厚くなり、半硬化させた状態で圧延する必要があった。一方、上記従来の特許文献 2 に記載される有機溶媒を通過させる方法では均一な絶縁被膜厚でピンホールのない絶縁被膜を得られるけれども、有機溶媒の液体に浸しても表面張力等により樹脂微粒子同士の隙間に液体が浸透せず十分に溶解できなかつたり、蒸気やミストでは有機溶媒の温度や量の50

制御が難しかった。更に、上記従来の特許文献 3、4 に記載される超音波による有機溶媒のミスト発生方法や有機溶媒の蒸気を噴射ノズルから噴霧する方法は、有機溶媒の温度や量の調整は可能であるものの超音波発生装置やノズルによる蒸気噴霧装置、その他の制御装置など複雑な装置構成と制御が必要であるとともに、有機溶媒を空中に放出するおそれがあり人体への影響が懸念され、防火の配慮が必要であった。

【0005】

本発明の目的は、絶縁被膜にピンホールがなく絶縁特性に優れた電着塗装体の製造方法を提供することにある。本発明の別の目的はピンホールがなく平坦な表面の絶縁被膜を簡便でかつ安全な環境で形成できる電着塗装体の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討した結果、電着塗装により基材に絶縁被膜をコーティングする場合に、ポリアミドイミドを含む電着塗料にポリアミドイミド溶解度の高い有機溶媒を添加し電着塗装することで、ピンホールがなく平坦な表面の絶縁被膜を形成することができることを見出し本発明を完成させた。

【0007】

本発明の第 1 の観点は、電着塗料を用いて電着方法により被塗装体の表面に絶縁層を形成した後、焼き付け処理することにより絶縁被膜が形成された電着塗装体を製造する方法において、前記電着塗料は水分散系ポリアミドイミドが水に分散したワニス又は水溶系ポリアミドイミドが水に溶解したワニスに有機溶媒を添加して構成され、前記有機溶媒の沸

点は 100 を越えかつ次式で表される  $D_{(S-P)} < 6$  であることにある。

$$D_{(S-P)} = [(dD^S - dD^P)^2 + (dP^S - dP^P)^2 + (dH^S - dH^P)^2]^{1/2} \quad (1)$$

但し、 $dD^S$ ：有機溶媒の HSP 値の分散成分、 $dD^P$ ：ポリアミドイミドの HSP 値の分散成分、 $dP^S$ ：有機溶媒の HSP 値の分極成分、 $dP^P$ ：ポリアミドイミドの HSP 値の分極成分、 $dH^S$ ：有機溶媒の HSP 値の水素結合成分及び  $dH^P$ ：ポリアミドイミドの HSP 値の水素結合成分である。HSP ( $dD$ 、 $dP$ 、 $dH$ ) は物質に固有の値で、これらの値が近い物質程相溶性が高い。これらの値は、分子構造から計算が可能であり分子構造が分からない物質でも次の本発明の第 2 の観点の方法により推定可能である。

【0008】

本発明の第 2 の観点は、第 1 の観点に基づく発明であって、ポリアミドイミドと有機溶媒の混合液が透明化した場合をポリアミドイミドの溶解性がある有機溶媒とし、ポリアミドイミドと有機溶媒の混合液が白濁化した場合をポリアミドイミドの溶解性がない有機溶媒とし、有機溶媒の  $dD^S$ 、 $dP^S$ 、 $dH^S$  を 3 次元グラフ化し、ポリアミドイミドの溶解性がある有機溶媒の表す点が全て内側に入る最小球の中心をポリアミドイミドの  $dD^P$ 、 $dP^P$ 、 $dH^P$  と推定して前記  $D_{(S-P)} < 6$  の関係を満たす有機溶媒を選定することにある。

【0009】

本発明の第 3 の観点は、第 1 又は第 2 の観点に基づく発明であって、有機溶媒は親水系溶媒であることにある。

【0010】

本発明の第 4 の観点は、第 1 ないし第 3 の観点に基づく発明であって、有機溶媒は N，N - ジメチルアセトアミド、N，N - ジメチルホルムアミド、プロピレンカーボネイト、ジメチルスルホキシド、4 ブチロラクトン、又は N メチル 2 ピロリドンであることにある。

【0011】

本発明の第 5 の観点は、第 1 ないし第 4 の観点に基づく発明であって、被塗装体は銅線であることにある。

【0012】

本発明の第 6 の観点は、被塗装体の表面に絶縁被膜が形成された電着塗装体を製造する第 1 ないし第 5 いずれかの観点に基づく方法であって、SEM により観察し計量した被膜

10

20

30

40

50

断面のピンホール数は50個/10 $\mu$ m以下であり、かつJISC0601に従って計量した表面粗さRaは40nm以下である電着塗装体の製造方法である。

【発明の効果】

【0014】

本発明の第1の観点では、水分散系ポリアミドイミドが水に分散したワニス又は水溶系ポリアミドイミドが水に溶解したワニスに有機溶媒を添加したことで有機溶媒の槽やミスト・蒸気を発生・噴霧する装置及び制御装置を不要とし、また、有機溶媒を蒸気やミストにしないので空中に放出するおそれを低減して製造環境を安全にして簡便に製造することができる。次いで、有機溶媒の沸点が100以上であるので焼付工程にて100以上になって電着塗料の水分が蒸発しても有機溶媒は残るので樹脂に対しての上記有機溶媒によるポリアミドイミドへの膨潤、溶解の効果が長く期待できる。更に、有機溶媒のポリアミドイミドに対する溶解度をハンセン溶解度パラメーターを使用し $D_{(S-P)} < 6$ という式で規定する。ポリアミドイミドと相溶性の小さい上記有機溶媒を添加した場合には、ポリアミドイミド粒子を形成する高分子鎖中に有機溶媒分子が入り込むことが困難で高分子鎖が解かれた状態とならないため、造膜性が向上せずクラックやピンホールが発生することがあるけれども、上記規定条件によりポリアミドイミドと相溶性の高い有機溶媒を選定して添加することで、ポリアミドイミド粒子が膨潤状態、即ちポリアミドイミド粒子を形成する高分子鎖中に有機溶媒分子が入り込むことにより高分子鎖が解かれた状態となり、熱硬化時にポリアミドイミド粒子同士の融着が容易になり造膜性が向上するため、クラックやピンホールのなく絶縁特性に優れた平坦な絶縁被膜を有する電着塗装体を製造することができる。

【0015】

本発明の第2の観点では、ポリアミドイミドと有機溶媒の混合液が透明化した場合をポリアミドイミドの溶解性がある有機溶媒とし、ポリアミドイミドと有機溶媒の混合液が白濁化した場合をポリアミドイミドの溶解性がない有機溶媒とし、有機溶媒の $dD^S$ 、 $dP^S$ 、 $dH^S$ を3次元グラフ化し、ポリマーの溶解性がある有機溶媒の表す点が全て内側に入る最小球の中心をポリアミドイミドの $dD^P$ 、 $dP^P$ 、 $dH^P$ と推定して $D_{(S-P)} < 6$ の関係を満たす有機溶媒を選定することができるようになる。

【0016】

本発明の第3の観点では、有機溶媒は親水系溶媒とし、水に分散又は溶解する物質としたことで塗装面に確実に絶縁被膜を成形することができるようになる。

【0017】

本発明の第4の観点では、有機溶媒としてN,N-ジメチルアセトアミド、N,N-ジメチルホルムアミド、プロピレンカーボネイト、ジメチルスルホキシド、4ブチロラクトン、又はNメチル2ピロリドンを用いることにより特にエポキシ・アクリルのポリマーに対してピンホールの少ない若しくはなく、表面が均一な絶縁被膜を形成することができるようになる。

【0018】

本発明の第5の観点では、絶縁被膜にピンホールが少ない若しくはない絶縁銅線を形成することができるようになる。

【0019】

本発明の第6の観点の方法で製造された、ピンホールが少ない若しくはない絶縁被膜を有する電着塗装体は、絶縁特性に優れ、また電子線、宇宙線、紫外線等の照射が厳しい過酷な環境でも絶縁性能を維持できる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の実施形態の電着塗装装置を模式的に表した図である。

【図2】実施例1の絶縁銅線の絶縁部分の断面を拡大したSEMの写真図である。

【図3】比較例1の絶縁銅線の絶縁部分の断面を拡大したSEMの写真図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 2 】

次に本発明を実施するための形態を図面に基づいて説明する。

## 【 0 0 2 3 】

本発明は、図 1 に示すように、電着塗装装置 1 0 0 によりポリアミドイミドと有機溶媒を平角状の導線 1 0 1 b にコーティングし、コーティングした平角状の導線 1 0 1 b を熱処理して表面に硬化したポリアミドイミドの絶縁被膜が形成された電着塗装体である絶縁導線を製造する方法である。

## 【 0 0 2 4 】

本発明の特徴ある構成は、ポリアミドイミドを含む溶媒よりなる電着塗料に下記後述する公知のハンセン溶解度パラメーターを用いた選定方法で選定した所定の有機溶媒を添加して調製された電着塗料 1 0 2 を電着塗装装置 1 0 0 の塗料として使用するときにある。このように、有機溶媒を含む電着塗料 1 0 2 を電着塗装の塗料とすることで、所望の絶縁被膜を形成する電着塗料 1 0 2 を簡便に調製でき、また、有機溶媒をコーティングする工程を別個に設けることなく電着塗装することができるようになる。

## 【 0 0 2 5 】

本発明の電着塗装体の製造工程を図 1 を参照して詳しく説明する。図 1 は、縦方向に連続して電着、焼き付け工程等を行う方式を図示したが、本発明の電着塗装は横方向に連続して各工程を行う方法や、一つの工程をまとめて行ってから次の工程を行うバッチ方式など如何なる方式でも行うことができる。

## 【 0 0 2 6 】

図 1 は電着塗装装置 1 0 0 によって導線 1 0 1 に絶縁被膜を形成する製造工程の一例を示す図である。円筒状に巻き込んである断面が円形状の導線 1 0 1 a には直流電源 1 0 3 の正極に接続された陽極 1 0 4 が設置されている。円形状の導線 1 0 1 a は矢印 1 0 5 の方向に引き上げられて各工程を経る。まず、第 1 の工程として、円形状の導線 1 0 1 a は一对の圧延ローラ 1 0 6 を通して平角状に圧延され断面を長方形とした平角状の導線 1 0 1 b となる。次いで、第 2 の工程として平角状の導線 1 0 1 b はポリアミドイミドを含んだ溶媒に有機溶媒が添加された電着塗料 1 0 2 が充填された電着槽 1 0 7 を通過する。電着槽 1 0 7 の電着塗料 1 0 2 中には、通過する平角状の導線 1 0 1 b の周囲に直流電源 1 0 3 の負極に接続された陰極 1 0 8 が設置されている。電着槽 1 0 7 を平角状の導線 1 0 1 b が通過する際に直流電源 1 0 3 により直流電圧が印加され平角状の導線 1 0 1 b の表面には溶解したポリアミドイミドが電着される。次に、第 3 の工程として電着槽 1 0 7 から引き上げられた平角状の導線 1 0 1 b は焼付炉 1 0 9 を通過し、電着したポリアミドイミドは平角状の導線 1 0 1 b に焼き付けられ絶縁導線が形成される。なお、本明細書で「絶縁導線」とは表面に絶縁被膜が形成された導線をいう。導線としては、銅線、アルミ線、鋼線、銅合金線等が挙げられる。

## 【 0 0 2 7 】

電着塗料 1 0 2 の温度は 5 ～ 6 0 、ポリアミドイミドの濃度は 1 ～ 4 0 質量%、直流電圧は 1 ～ 3 0 0 V、通電時間は 0 . 0 1 ～ 3 0 秒、焼き付け温度は 2 0 0 ～ 6 0 0 が好ましい。なお、有機溶媒の濃度は、下限を絶縁被膜にクラックが発生しない程度とし、上限を電着塗料の導電性が低下し電着による成膜が困難にならない程度の値であればよく、およそ 1 ～ 7 0 質量%の範囲が好適である。

## 【 0 0 2 8 】

ここで、本発明の有機溶媒の選定方法について詳しく説明する。

## 【 0 0 2 9 】

まず、有機溶媒として沸点が 1 0 0 以上のものを選定する。水とポリアミドイミドを含む電着塗料を使用するため焼き付け時に最初に水を蒸発させるため、即ち、有機溶媒が水より先に蒸発してしまうと焼き付けの際にポリアミドイミドが有機溶媒による膨潤・溶解の効果が期待できなくなるからである。膨潤はポリアミドイミドを構成する高分子鎖の間に有機溶媒が入り込みポリアミドイミドが膨らみゲル化して粘度が向上する効果を期待している。また、有機溶媒が高分子鎖の間に入り込んで高分子鎖の結合を離しポリアミド

10

20

30

40

50

イミドが溶解する効果も期待する。これは、ポリアミドイミドが有機溶媒により溶解することでポリアミドイミド元来の硬化温度 80 から硬化し始めないようにして水分が蒸発した後も導線の表面に硬化せずに溶解したポリアミドイミドが流動体として一様に付着した状態で焼き付けができるようにするためである。

#### 【0030】

次に、ハンセン溶解度パラメーターによりポリアミドイミドに対して溶解性の良い有機溶媒を選定する。

#### 【0031】

まず、ポリアミドイミド粉末と各種有機溶媒を混合しポリアミドイミド、有機溶媒ともに 1 質量% の溶液を作製する。各溶液は、粉末がゲル化した透明液のグループと粉末が沈殿した白濁液のグループに 2 分する。次に、各有機溶媒のハンセン溶解度パラメーターの分散項  $dD^S$ 、分極項  $dP^S$ 、水素結合項  $dH^S$  を 3 次元グラフ化し、透明液となったグループが内側で、白濁液となったグループが外側になるような半径が最小の球を作成し、その球の中心をポリアミドイミドのハンセン溶解度パラメーターと推定する。推定したポリアミドイミドのハンセン溶解度パラメーターと有機溶媒のハンセン溶解度パラメーターを下記の式 (1) に入力して得た値が  $D_{(S-P)} < 6$  の有機溶媒をポリアミドイミドの溶解性の良い有機溶媒として選定した。

#### 【0032】

$$D_{(S-P)} = [(dD^S - dD^P)^2 + (dP^S - dP^P)^2 + (dH^S - dH^P)^2]^{1/2} \quad (1)$$

但し、 $dD^S$ ：有機溶媒の H S P 値の分散成分、 $dD^P$ ：ポリアミドイミドの H S P 値の分散成分、 $dP^S$ ：有機溶媒の H S P 値の分極成分、 $dP^P$ ：ポリアミドイミドの H S P 値の分極成分、 $dH^S$ ：有機溶媒の H S P 値の水素結合成分及び  $dH^P$ ：ポリアミドイミドの H S P 値の水素結合成分である。

#### 【実施例】

#### 【0033】

次に本発明の実施例を比較例とともに詳しく説明する。

#### 【0034】

##### < 実施例 1 >

幅 2 mm、厚さ 0.1 mm の平角状の銅線を電着の陽極とした。次いで、固形分 5 質量% のポリアミドイミド (水分散型ポリアミドイミドワニス) に 6 質量% の DMF (N, N - ジメチルホルムアミド) を有機溶媒として加えた電着塗料を入れた電着槽を用意した。次に、平角状の銅線を、直流電圧 5 V を印加し、この状態で線速 = 15 m/min で 2 秒間電着槽中に通過し、次いで、電着された平角状の銅線を 300 の雰囲気中の焼付炉に通過させ焼付処理を行い絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

#### 【0035】

##### < 実施例 2 >

有機溶媒を 6 質量% の DMSO (ジメチルスルホキシド) とした以外は実施例 1 と同様にして絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

#### 【0036】

##### < 実施例 3 >

有機溶媒を 6 質量% の 4B (4 ブチロラクトン) とした以外は実施例 1 と同様にして絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

#### 【0037】

##### < 実施例 4 >

有機溶媒を 6 質量% の NMP (N メチル 2 ピロリドン) とした以外は実施例 1 と同様にして絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

#### 【0038】

##### < 実施例 5 >

有機溶媒を 0.5 質量%の DMF とした以外は実施例 1 と同様にして絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

【0039】

< 実施例 6 >

有機溶媒を 50 質量%の DMF とした以外は実施例 1 と同様にして絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

【0040】

< 比較例 1 >

有機溶媒を加えずに、電着槽通過後 DMF のミストを平角状の銅線に加えた以外は実施例 1 と同様にして絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

【0041】

< 比較例 2 >

有機溶媒を加えない以外は実施例 1 と同様にして絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

【0042】

< 比較例 3 >

有機溶媒を 6 質量%のホルムアミドとした以外は実施例 1 と同様にして絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

【0043】

< 比較例 4 >

有機溶媒を 6 質量%のアセトンとした以外は実施例 1 と同様にして絶縁被膜厚さ 0.01 mm の絶縁銅線を作製した。

【0044】

< 実施例と比較例との対比 >

それぞれの実施例と比較例で得られた絶縁銅線について SEM 写真によりピンホールの個数、表面段差計により表面粗さ Ra (株式会社アルバック社製触針式表面形状測定器使用。)、耐電圧 (菊水電子社製 AC 耐電圧試験機 TOS5000 使用。) を評価した。評価結果を表 1 に示す。

【0045】

【表 1】

	添加剤				評価項目			
	種類	量 (質量%)	沸点 (℃)	D (S-P)	クラック の有無	表面粗さ Ra (nm)	ピンホール (個/10 $\mu$ m $\square$ )	耐電圧 (kV)
実施例 1	DMF	6	153	3.8	無	50	0	1.5
実施例 2	DMSO	6	189	2.7	無	40	0	1.5
実施例 3	4B	6	204	4.5	無	40	0	1.5
実施例 4	NMP	6	202	2.6	無	50	0	1.5
実施例 5	DMF	0.5	153	3.8	無	50	0	1.5
実施例 6	DMF	50	153	3.8	無	50	0	1.5
比較例 1	DMF ミスト処理	—	153	3.8	無	250	16	1.5
比較例 2	無添加	—	—	—	有	—	—	—
比較例 3	ホルムアミド	6	211	18.6	無	200	50	0.3
比較例 4	アセトン	6	57	5.8	有	—	—	—

【0046】

実施例 1 ~ 6 ではクラック、ピンホールが無く、表面粗さは 40 ~ 50 nm、耐電圧は 1.5 kV となる絶縁特性に優れた絶縁銅線が得られた。

【0047】

比較例 1、3 ではクラックはなかったものの、表面粗さは 200 ~ 250 nm、ピンホ

ールは16～50個/10 $\mu$ m、耐電圧は0.3～1.5kVとなり実施例に対して各評価項目は劣る結果となった。

【0048】

比較例2、4ではいずれもクラックが発生し、その他の評価項目において比較評価するデータが得られなかった。

【0049】

次に、実施例1と比較例1をSEM写真にて絶縁銅線の断面の組織の状態を観察した。SEM写真は、日立製作所のS-4300SEを使用して撮影した。その結果を図2及び図3に示す。

【0050】

図2及び図3に示すように、実施例1ではピンホールはないのに対し、比較例1では無数のピンホールがみられた。

【0051】

上記結果より、沸点が100以上かつハンセン溶解度パラメーターによって選定した有機溶媒を用いて簡便に調製した電着塗料を使用して電着焼付を行うことで緻密で平滑な表面とピンホールの無い耐電圧の高い絶縁被膜を持った絶縁銅線を安全な製造環境において得られることが確認できた。

【産業上の利用可能性】

【0052】

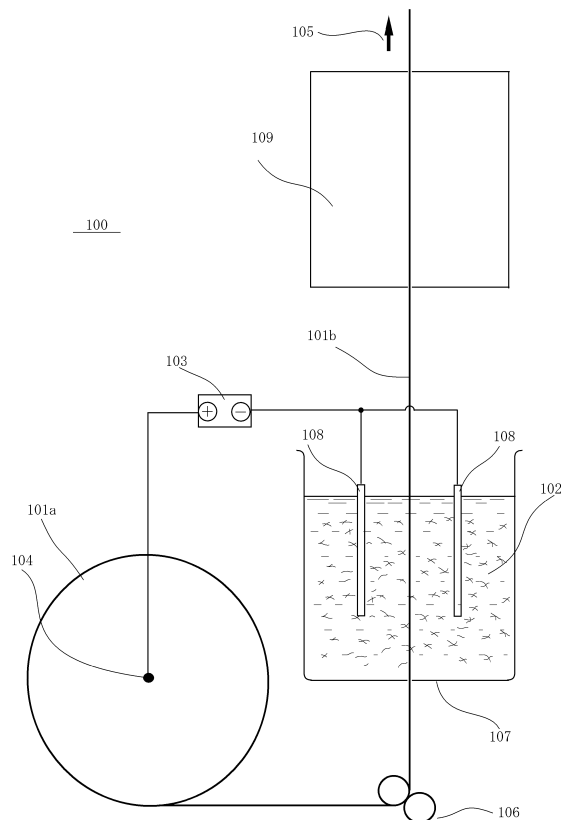
本発明の電着塗料は、パーソナルコンピュータ、スマートフォンの電源用パワーインダクタ、車載用インバータのトランス等に使用することができる。

【符号の説明】

【0053】

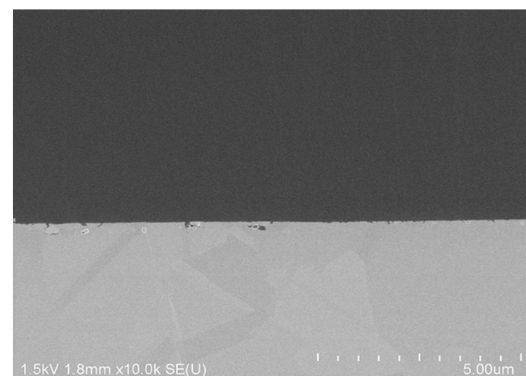
102 電着塗料

【図1】



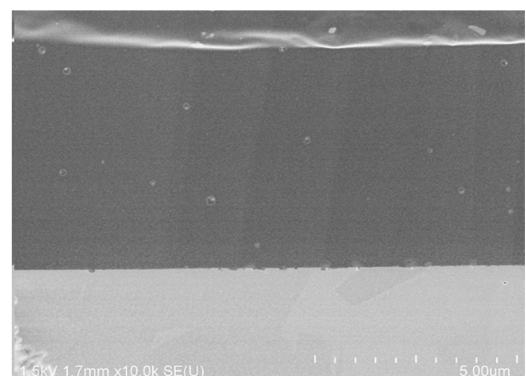
【図2】

実施例1



【図3】

比較例1





---

フロントページの続き

(72)発明者 上林 裕之

和歌山県有田市箕島663番地 三菱電線工業株式会社 箕島製作所内

(72)発明者 長門 豊和

和歌山県有田市箕島663番地 三菱電線工業株式会社 箕島製作所内

審査官 祢屋 健太郎

(56)参考文献 特開昭52-030846(JP,A)

特開2011-006655(JP,A)

特許第6069035(JP,B2)

特開2012-160304(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

C25D 13/06