【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第７部門第２区分
【発行日】令和6年11月6日(2024.11.6)

【公開番号】特開2023-160276(P2023-160276A)
【公開日】令和5年11月2日(2023.11.2)
【年通号数】公開公報(特許)2023-207
【出願番号】特願2022-70517(P2022-70517)
【国際特許分類】
Ｈ０１Ｆ　1/22(2006.01)
Ｈ０１Ｆ　1/28(2006.01)
Ｈ０１Ｆ　1/147(2006.01)
Ｈ０５Ｋ　9/00(2006.01)
【ＦＩ】
Ｈ０１Ｆ　1/22
Ｈ０１Ｆ　1/28
Ｈ０１Ｆ　1/147１４１
Ｈ０５Ｋ　9/00　　Ｈ
Ｈ０５Ｋ　9/00　　Ｗ

【手続補正書】
【提出日】令和6年10月27日(2024.10.27)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物のいずれかの材質からなる扁平粉の扁平面同士が、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して接合した該扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、
熱分解で金属ないしは金属酸化物が析出する有機金属化合物を分子状態でメタノールに分散し、該有機金属化合物のメタノール分散液を容器に充填する、この後、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物のいずれか１種類の材質からなる扁平粉の集まりを、前記メタノールの重量に対し、用いる扁平粉の密度に対するメタノールの密度の比率を掛け合わせた重量より少ない重量として秤量し、該秤量した扁平粉の集まりを前記容器に投入し、該扁平粉の集まりを、前記有機金属化合物のメタノール分散液中で撹拌する、さらに、ホモジナイザー装置を前記容器内に配置し、該ホモジナイザー装置を前記容器内で稼働させ、前記有機金属化合物のメタノール分散液を介して、前記扁平粉の集まりに衝撃波を繰り返し加え、該扁平粉の集まりを、前記有機金属化合物のメタノール分散液を介して、１枚１枚の扁平粉に分離させ、該分離させた扁平粉を、前記有機金属化合物のメタノール分散液で覆う、この後、前記ホモジナイザー装置を前記容器から取り出す、さらに、前記容器に前後、左右、上下の３方向の衝撃加速度を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃加速度を加え、前記扁平粉の扁平面同士の間隙に前記有機金属化合物のメタノール分散液を入り込ませ、該有機金属化合物のメタノール分散液を介して、前記扁平粉の扁平面同士が重なり合った該扁平粉の集まりを、前記容器の底面に該底面の形状として形成する、
この後、前記容器をメタノールの沸点に昇温し、前記有機金属化合物のメタノール分散液からメタノールを気化させ、前記有機金属化合物の１００ｎｍより小さい大きさからなる

微細結晶の集まりを、前記扁平粉の扁平面同士の間隙と、前記扁平粉の集まりの表面に析出させる、さらに、前記扁平粉の集まりの表面全体を覆う板材を、前記扁平粉の集まりの表面全体に被せ、該板材の表面全体を均等に圧縮し、前記有機金属化合物の微細結晶を、１／５の大きさに近い２０ｎｍ前後の大きさからなる微細な結晶に破砕する、
さらに、前記板材の表面全体に圧縮荷重を均等に加え、前記容器を前記有機金属化合物の熱分解温度に昇温し、前記有機金属化合物の微細結晶を熱分解させる、これによって、前記扁平粉の扁平面同士の間隙と、前記扁平粉の集まりの表面に、金属ないしは金属酸化物の１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の集まりが重なり合って一斉に析出し、さらに、該ナノ粒子の集まりが圧縮され、該ナノ粒子の集まりが前記扁平粉の扁平面に摩擦熱で接合するとともに、該ナノ粒子同士が摩擦熱で接合する、これによって、摩擦熱で接合した前記ナノ粒子の集まりを介して、前記扁平粉の扁平面同士が接合した該扁平粉の集まりからなるシートが前記容器内に該容器の底面の形状として製造される、この後、前記容器に前後、左右、上下の３方向の衝撃加速度を加え、前記扁平粉の集まりからなるシートを、前記容器の底面から引き剥がし、該シートを前記容器から取り出す、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物、ないしは、無機化合物のいずれか１種類の材質からなる扁平粉の扁平面同士が、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して接合した該扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法。

【請求項２】
請求項１に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法であり、該軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、
請求項１に記載した扁平粉が、鉄、パーマロイ、ケイ素鋼、センダスト、ないしは、電磁ステンレス鋼のいずれか１種類の材質からなる軟磁性の扁平粉であり、請求項１に記載した有機金属化合物が、熱分解でニッケルを析出するオクチル酸ニッケルであり、前記いずれか１種類の材質からなる軟磁性の扁平粉を、請求項１に記載した扁平粉として用い、前記オクチル酸ニッケルを、請求項１に記載した有機金属化合物として用い、請求項１に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記１種類の材質からなる軟磁性の扁平粉の扁平面同士が、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合した該扁平粉の集まりからなるシートを製造する、軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法。

【請求項３】
請求項２に記載した軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、複数種類の合金の軟磁性扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法であり、該複数種類の合金の軟磁性扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、
請求項２に記載した軟磁性扁平粉が、請求項２に記載した鉄を除く複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉であり、該複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉の複素透磁率の虚部の周波数特性が、各々の前記合金からなる軟磁性扁平粉において互いに異なり、かつ、各々の前記合金からなる軟磁性扁平粉の前記複素透磁率の虚部の周波数特性が、異なる周波数範囲を前記複素透磁率の虚部が互い補完し合う前記複素透磁率の虚部の周波数特性を有し、該複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉を、請求項１に記載した扁平粉として用い、請求項２に記載したオクチル酸ニッケルを、請求項１に記載した有機金属化合物として用い、請求項１に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記複数種類の合金の軟磁性の扁平粉の扁平面同士が、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合した該複数種類の合金の扁平粉の集まりからなるシートを製造する、複数種類の合金の軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法。

【請求項４】
請求項１に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、金属ないしは合金のフレーク粉の集まりからなるシートを製造する方法であり、該金属ないしは該合金のフレーク粉の集まりからなるシートを製造する方法は、
請求項１に記載した扁平粉が、銀、銅、真鍮、ニッケル、ないしは、アルミニウムのいず

れか１種類の材質からなる金属ないしは合金のフレーク粉であり、請求項１に記載した有機金属化合物が、オクチル酸銅、オクチル酸アルミニウム、ないしは、オクチル酸ニッケルのいずれか１種類のオクチル酸金属化合物であり、前記いずれか１種類の材質からなる金属ないしは合金のフレーク粉を、請求項１に記載した扁平粉として用い、前記いずれか１種類のオクチル酸金属化合物を、請求項１に記載した有機金属化合物として用い、請求項１に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記いずれか１種類の材質からなる金属ないしは合金のフレーク粉の扁平面同士が、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルからなるナノ粒子の集まりを介して接合した該いずれか１種類の金属ないしは合金のフレーク粉の集まりからなるシートを製造する、金属ないしは合金のフレーク粉の集まりからなるシートを製造する方法。

【請求項５】

請求項１に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法であり、該金属酸化物ないしは該無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、

請求項１に記載した扁平粉が、ガラス、アルミナまたはヘマタイトのいずれか１種類の材質からなる金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉であり、請求項１に記載した有機金属化合物が、前記金属酸化物ないしは前記無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の硬度より低い硬度を持つ絶縁性の金属酸化物を熱分解で析出するカルボン酸金属化合物からなる錯体であり、前記いずれか１種類の材質からなる金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉を、請求項１に記載した扁平粉として用い、前記カルボン酸金属化合物からなる錯体を、請求項１に記載した有機金属化合物として用い、請求項１に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記金属酸化物ないしは前記無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の扁平面同士が、該絶縁性の扁平粉の硬度より低い硬度を持つ絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりを介して接合した該金属酸化物ないしは該無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する、金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法。

【請求項６】

請求項１に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を、金属ないしは金属酸化物からなる被膜で被覆した無機光輝性顔料の集まりからなるシートを製造する方法であり、該無機光輝性顔料の集まりからなるシートを製造する方法は、

請求項１に記載した扁平粉が、ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を、金属ないしは金属酸化物からなる被膜で被覆した無機光輝性顔料であり、請求項１に記載した有機金属化合物が、アルミニウムを熱分解で析出するオクチル酸アルミニウムであり、前記無機光輝性顔料を、請求項１に記載した扁平粉として用い、前記オクチル酸アルミニウムを、請求項１に記載した有機金属化合物として用い、請求項１に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記無機光輝性顔料の扁平面同士が、アルミニウムからなるナノ粒子の集まりを介して接合した該無機光輝性顔料の集まりからなるシートを製造する、無機光輝性顔料の集まりからなるシートを製造する方法。

【手続補正２】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物、ないしは、無機化合物のいずれか

の材質からなる扁平粉の扁平面同士の間隙を、摩擦熱で接合した金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して接合した該扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に係る。なお、厚みに対する長径と短径との平均値の比率であるアスペクト比が大きい粉体を、扁平粉、フレーク粉、鱗片粉、薄片粉、円板粉、薄板粉と様々に記述されるが、本発明では扁平粉として記述する。いっぽう、軟質金属ないしはガラスからなる扁平粉は、フレーク粉として記述するのが一般的であり、フレーク粉として記述する。

本発明は、最初に、熱分解で金属ないしは金属酸化物が析出する有機金属化合物を、低粘度で低密度のメタノールに分散した分散液を介して、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物、ないしは、無機化合物のいずれかの材質からなる扁平粉の扁平面同士を重ね合わせた懸濁液を容器内に製造する。次に、容器内の懸濁液からメタノールを気化させ、有機金属化合物の微細結晶の集まりを、扁平粉の扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に析出させる。さらに、扁平粉の集まりの表面全体に板材を被せ、該板材の表面全体を均等に圧縮し、有機金属化合物の微細結晶の集まりを、さらに微細な結晶の集まりに破砕する。この後、板材の全体に圧縮荷重を均等に加えながら、容器を昇温し、有機金属化合物を熱分解させ、扁平粉の扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを一斉に析出させ、さらに、ナノ粒子を扁平面に摩擦熱で接合させるとともに、ナノ粒子同士を摩擦熱で接合させる。これによって、摩擦熱で接合したナノ粒子の集まりを介して、扁平粉の扁平面同士が接合したシートが容器内に製造される。

なお、扁平粉が金属ないしは合金の軟磁性扁平粉であり、ナノ粒子の材質が、比透磁率が一定の大きさを持ち、また、複素透磁率における透磁率損失と、複素誘電率における誘電損失の少なくとも一方が、一定の大きさを持てば、ナノ粒子の集まりを介して、扁平粉の扁平面同士を接合したシートは、電磁波の受信感度が高く、電磁ノイズを吸収するシートとして、また、磁気シールド効果が高いシートとして用いることができる。また、扁平粉が金属ないしは合金のフレーク紛であれば、導電率と熱伝導率が高い金属のナノ粒子の集まりを介して、金属ないしは合金のフレーク紛の扁平面同士を接合したシートは、帯電防止シート、電磁波シールドシート、熱伝導性シート、表面が潤滑性に優れた金属ないしは合金からなるシートや電気機器の配線、電極などに用いることができる。また、金属ないしは合金のフレーク紛の扁平面同士を、透明性に優れたニッケルないしはアルミニウムのナノ粒子で接合すれば、金属ないしは合金の色彩を失うことなく、金属ないしは合金の光沢性を持ったシートが得られる。さらに、扁平粉がガラス、アルミナ、ないしは、ヘマタイトのいずれかからなる絶縁性の扁平粉であれば、絶縁性の金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して、扁平紛の扁平面同士を接合したシートは、高い絶縁性を持った絶縁性シートとして用いることができる。また、ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を、金属ないしは金属酸化物からなる被膜で被覆した無機光輝性顔料の扁平面同士を、透明性に優れたニッケルないしはアルミニウムのナノ粒子で接合すれば、無機光輝性顔料の色彩を失うことなく、無機光輝性顔料の光沢性を持ったシートが得られる。

なお、本発明者は、特願２０２０－１３９００２として、一定の粘度を持つ有機化合物の溶解液を介して、扁平粉の扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりからなるペーストを製造する方法を出願している。つまり、有機化合物の溶解液を介して、扁平粉の扁平面同士を重ね合わせ、この後、有機化合物の溶解液を気化させ、扁平粉の扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりを作成する。さらに、扁平粉の集まりの一方の表面を均等に圧縮し、扁平粉の扁平面同士を摩擦熱で接合し、扁平粉の集まりからなるシートを製造する。

これに対し、本発明は、摩擦熱で接合した金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して、扁平粉の扁平面同士が接合したシートを製造する。このため、熱分解で金属ないしは金属酸化物が析出する有機金属化合物を、粘度と密度の双方が低いメタノールに分散し、該メタノール分散液を介して、扁平粉の扁平面同士を重ね合わせる。この後、扁平粉の集まりを圧縮し、さらに、有機金属化合物を熱分解し、摩擦熱で接合した金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して、扁平粉の扁平面同士を接合する。つまり、扁平粉の扁平面が完全に平坦な平面でないため、扁平面同士を重ね合わせた扁平粉の集まりを

均等に圧縮しても、扁平面の全面で扁平粉同士が摩擦熱で接合せず、扁平面の一部において扁平粉同士が摩擦熱で接合する。従って、扁平粉の扁平面が、平坦度が劣るほど、扁平面同士の接合力は弱い。これに対し、本発明では、扁平粉の扁平面同士の全面を、扁平面の面積より２桁以上小さいナノ粒子の集まりで接合する。従って、扁平粉の扁平面の平坦度が低くても、また、扁平面に凹凸があっても、ナノ粒子が扁平面の凹凸より２桁近く小さいため、扁平面の平坦度と表面の凹凸にかかわらず、扁平面同士の全面が、ナノ粒子の集まりを介して接合され、扁平粉同士の接合力が増大する。
さらに、本発明における扁平面同士の接合では、扁平面同士の間隙に析出するナノ粒子の大きさが１０ｎｍ前後と小さく、かつ、ナノ粒子の析出密度が高いため、圧縮応力をナノ粒子の集まりに加えた際に、ナノ粒子の移動が困難になり、ナノ粒子が扁平面に接合する強度と、ナノ粒子同士の接合強度とが増大する。このため、本発明では、扁平面同士の間隙に析出させた有機金属化合物の微細結晶の集まりを一度限界の大きさまで破砕し、より微細になった結晶の集まりを、扁平面同士の間隙に、高い密度で重ね合わせる。この後、扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まり全体に圧縮荷重を加え、より微細になった有機金属化合物の結晶を熱分解すると、金属ないしは金属酸化物の１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子が、扁平面同士の間隙に、高い密度で重なり合って一斉に析出し、さらに、ナノ粒子の集まりに応力が加わると、ナノ粒子が扁平面に摩擦熱で接合するとともに、ナノ粒子同士が摩擦熱で接合する。これによって、扁平粉同士の接合力が増大した扁平粉の集まりからなる様々な性質を持つシートが得られる。

【背景技術】

【０００２】
金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物のいずれかの材質からなるフレーク状ないしは扁平状の扁平面を持つ粉体として、金属ないしは合金からなる軟磁性の扁平粉と、金属ないしは合金からなるフレーク紛と、金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉と、ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を、金属ないしは金属酸化物からなる被膜で被覆した無機光輝性顔料の４種類がある。
最初に、金属ないしは合金からなる軟磁性の扁平粉に係る背景技術を説明する。軟磁性の扁平粉の扁平面同士を接合できれば、扁平粉の集まりからなるシートが形成でき、扁平粉の複素透磁率を活かして、電磁ノイズを吸収するシートになる。また、扁平粉の比透磁率を活かして、磁気をシールドするシートになる。
いっぽう、近年、高周波数信号を使用する携帯電話やパーソナルコンピュータなどの電子機器の普及が著しい。例えば、携帯電話や無線ＬＡＮなどでは、数ＧＨｚから１０ＧＨｚに及ぶ高周波数信号を用いるものがある。さらに、電子機器が使用する信号の高周波数化に加え、電子機器の小型化や薄型化、高性能化に伴って、電子機器内での電磁干渉による誤動作や機器外部への放射ノイズに依る障害が問題となっている。このため、２００５年に発行された国際無線障害特別委員会（ＣＩＳＰＲ）の規格ＣＩＳＰＲ２２では、最高６ＧＨｚの電磁ノイズを規制している。

【０００３】
ところで、電磁ノイズの吸収エネルギーＰは数式１で与えられる。第一項は軟磁性の性質に基づく電磁ノイズの吸収で、複素透磁率の虚部μ”の大きさと周波数とに応じて磁気損失が発生し、この磁気損失は熱に替わる。第二項は誘電体の性質に基づく電磁ノイズの吸収で、複素誘電率の虚部ε”の大きさと周波数とに応じて誘電損失が発生し、この誘電損失も熱に替わる。第三項は導電性に基づく電磁ノイズの吸収で、高周波数の電界の表皮効果で表面に導電電流が流れて抵抗被膜を形成し、この抵抗被膜が導電率σの大きさに応じて抵抗損失を発生させ、この抵抗損失も熱に替わる。従って、電磁ノイズの周波数帯域において、電磁ノイズを吸収するシートが、一定の大きさの複素透磁率の虚部μ”を持てば、ないしは、一定の大きさの複素誘電率の虚部ε”を持てば、一定の周波数帯域における電磁ノイズが吸収される。数式１において、Ｅは電磁ノイズにおける電界の大きさ、Ｈは電磁ノイズにおける磁界の大きさ、ｆは電磁ノイズの周波数、σは導電率である。なお、磁性体が電磁ノイズにおける交番磁界を受信した時に、磁束密度の変化に位相の遅れが生

じ、透磁率は、実部μ’と虚部μ”との差であるμ’－ｊμ”で与えられる。ないしは、誘電体が電磁ノイズにおける交番電界を受信した時に、電束密度の変化に位相の遅れが生じ、誘電率は、実部ε’と虚部ε”との差ε’－ｊε”で与えられる。

（数１）

$$P = \pi f \mu'' H^2 + \pi f \varepsilon'' E^2 + 1/2 \cdot \sigma E^2$$

【０００４】

従来、電磁ノイズを吸収するシートの性能は、シートを形成する軟磁性材料の透磁率に基づいて行われてきた。つまり、１００ＭＨｚ付近までの電磁ノイズに対しては、軟磁性材料の複素透磁率の実部μ’による磁束収束効果が、磁界を遮蔽して磁気シールド効果をもたらす。また、複素透磁率の虚部μ”による磁気損失効果が、電磁ノイズを吸収して熱に替え、電磁ノイズを抑制する効果をもたらす。しかし、多くの軟磁性材料は、１００ＭＨｚの手前の周波数から複素透磁率の実部が低下し、実部の値が大きいほど急激に低下する。この現象は、フェライトの複素透磁率の実部が大きいほど、１０ＭＨｚを超えると実部が低下するスネークの限界として知られている。いっぽう、複素透磁率の虚部は、実部がピーク値を示す周波数の手前の周波数から急増し、一定の周波数でピーク値を示し、ピーク値を示す周波数から離れるほど低下し、５００ＭＨｚを超える周波数帯域では必要な大きさを持たない。

【０００５】

いっぽう、誘電体の性質における複素誘電率の虚部が、５００ＭＨｚを超える周波数帯域で一定の大きさを持てば、数式１に基づく誘電体材料の誘電損失によって、５００ＭＨｚを超える周波数帯域の電磁ノイズが吸収される。つまり、誘電体の双極子（これを配向分極という）が５００ＭＨｚ以上の電界の変化に追随できず、誘電体の誘電率が低下する誘電分散が起こればよい。この現象は、３段落で説明した電磁ノイズの交番電界に、電束密度の変化に位相の遅れが生じる現象である。しかし、５００ＭＨｚ以上の周波数帯域において、殆どの固体からなる誘電体の複素誘電率の虚部の値は小さい。このことを、電子レンジで用いている２．４５ＧＨｚのマイクロ波における誘電体の複素誘電率の虚部の値で以下に説明する。

高分子材料の２．４５ＧＨｚにおける複素誘電率の虚部は、フェノール樹脂が０．２－０．５で、尿素樹脂が０．１６－０．２３で、塩化ビニル樹脂が０．０８－０．２５で、ポリアミド樹脂が０．１２－０．２８で、セルロース樹脂が０．０３－０．４２で、合成ゴムが０．０２７－０．０３で、ポリエチレン樹脂が1.2×10^{-3}で、ポリプロピレン樹脂が4×10^{-4}である。いずれの高分子材料の複素誘電率の虚部は小さい。いっぽう、代表的な極性分子である水の複素誘電率の虚部は２２．０と大きい。このため、２．４５ＧＨｚにおける水の複素誘電率の虚部の大きさが、電レンジにおける食品の加熱の原理に利用されている。つまり、食品に２．４５ＧＨｚのマイクロ波を照射すると、食品に含まれる水分子は電界の変化に追随できず、誘電損失によってマイクロ波を吸収して熱に替える。いっぽう、氷の２．４５ＧＨｚにおける複素誘電率の虚部は、2.8×10^{-4}と小さい。このため、マイクロ波の照射によって氷は溶けない。このように、水やアルコールやアセトンといった極性分子からなる液体を除くと、多くの物質の５００ＭＨｚ以上の周波数帯域における複素誘電率の虚部の値は小さく、５００ＭＨｚ以上の周波数帯域における電磁ノイズを吸収できない。

【０００６】

ところで、電磁波には電磁波の表皮の深さがある。表皮の深さとは、軟磁性体からなるシートに入射した電磁波の電磁界が、１／ｅ（０．３６８に相当する）に減衰する距離である。表皮の深さは、電磁波の周波数と扁平粉の複素透磁率と扁平粉の導電率との３者の積の平方根に反比例する。従って、電磁波の周波数が高いほど、扁平粉の複素透磁率が大きいほど、扁平粉の導電率が大きいほど、表皮の深さは浅い。このため、表皮効果を利用すれば、軟磁性体からなるシートの厚みは薄く、軽いシートになる。従って、吸収する電磁波の周波数帯域に応じて、軟磁性体からなるシートの厚みを変え、必要となる厚みでシートを構成すると、軟磁性体の使用量が少なく、軽量のシートになる。同様に、磁気をシー

ルドするシートについても、シールドする電磁波の周波数帯域に応じて、軟磁性体からなるシートの厚みを変え、必要となる厚みでシートを構成すると、軟磁性体の使用量が少なく、軽量のシートになる。

【０００７】

特許文献１に、電磁波を吸収するシートとして、新たな材料構成からなるシートが開示されている。すなわち、磁性体の微粒子によって電磁波を吸収するシートで、磁性体の微粒子が分散されている高分子材料からなる第１の磁性層と、第１の磁性層の上に形成される、高分子材料からなる非磁性層と、非磁性層の上に形成される、磁性体の微粒子が分散されている高分子材料からなる第２の磁性層とを備え、第１の磁性層における磁化容易軸方向が、第２の磁性層における磁化容易軸方向と異なる構成とした。

つまり、第１の磁性層によって効率的に吸収できない方向の電磁波が輻射されても、第１の磁性層とは異なる磁化容易軸方向を持つ第２の磁性層によって電磁波を効率的に吸収することを目的とした電磁波を吸収するシートである。

しかし、電磁波を吸収する磁性材料が微粒子でなく、一定の面積を持つ扁平粉であれば、磁化容易軸方向である扁平面をランダムに接合してシートを形成すれば、特許文献1に記載された３層を形成する必要はなく、安価なシートが形成できる。

【０００８】

特許文献２に、高い透磁率を有する合金粉である、Ｆｅ－９．６％Ｓｉ－５．４％Ａｌの合金の組成から、意図的に組成を外すことによって、さらに高い透磁率を持つ合金の扁平粉が開示されている。

特許文献２において、この合金の扁平粉を用いたシートとして、塩素化ポリエチレンをトルエンで溶解し、この溶解液に合金粉の扁平粉を混合し、さらに、ポリエステル樹脂に塗布して乾燥させ、その後、１３０℃で１５ＭＰａの圧力でプレスし、複合シートを製作した実施例が、透磁率の高いシートとして記載されている。

しかし、塩素化ポリエチレン樹脂は非磁性体で、電磁波の吸収および磁気シールドに貢献しない。このため、非磁性体の塩素化ポリエチレン樹脂の体積割合に応じて、複合シートにおける電磁波の吸収性能および磁気シールドの性能は低下する。また、合金の扁平粉は、扁平率が１５以上である場合に、高い透磁率を持つとの記載がある。しかしながら、扁平率が大きい扁平粉の透磁率特性を複合シートに反映するには、扁平面がシート面と同じ方向に揃って重なり合うことで、扁平粉の集まりが効率よく電磁波の吸収および磁気シールドに貢献する。しかし、大きさが数十ミクロン以下である扁平粉を、塩素化ポリエチレンの溶解溶液に単純に混合し、この混合液を塗布するだけでは、扁平粉の扁平面がシート面と同じ方向に揃わない。

このように、軟磁性材料の透磁率特性がたとえ優れていても、軟磁性材料の透磁率特性がシートの構造に反映されなければ、透磁率特性が反映されたシートにならない。

【０００９】

次に、金属ないしは合金からなるフレーク紛に係る背景技術を説明する。金属ないしは合金からなるフレーク紛の扁平面同士を接合し、フレーク紛の集まりからなるシートが形成できれば、帯電防止シート、電磁波シールドシートや、電気機器の配線、電極などに用いることができる。こうした導電性シートの形成には、導電性ペーストを用い、導電性膜を形成している。従来の導電性ペーストは、樹脂系バインダと溶媒からなるビヒクル中に、金属や合金からなる導電性フィラーを分散させた流動性組成物で構成される。なお、スクリーン印刷などの手段で導電性ペーストを印刷すると、導電性フィラーが液状物質を介して被印刷物に映され、樹脂系バインダと溶媒からなる液状物質が導電性フィラーを運ぶ役割を担うため、液状物質をビヒクルと呼んでいる。

この導電性ペーストは、樹脂の硬化を介して導電性フィラー同士が接合され、導電性フィラーによる通電路が形成される樹脂硬化型と、焼成によって有機成分が揮発して導電性フィラー同士が焼結し、焼結した導電性フィラーによって、通電路が形成される焼成型に二分される。

樹脂硬化型導電性ペーストは、金属粉または合金粉からなる導電性フィラーと、エポキシ

樹脂等の熱硬化性樹脂を溶解させた有機バインダとからなるペースト状の組成物である。熱を加えることで熱硬化型樹脂が導電フィラーとともに硬化収縮し、硬化した樹脂を介して導電性フィラー同士が圧着されて互いに接触状態となり、導通性がもたらされる。この樹脂硬化型導電性ペーストは、２００℃程度の低い温度で加熱処理されるため、熱ダメージが少なく、熱に弱い合成樹脂からなるプリント配線基板や回路基板などの配線の形成に使用されている。

いっぽう、焼成型導電性ペーストは、金属粉または合金粉からなる導電性フィラーとガラスフリットとを、有機ビヒクル中に分散させたペースト状の組成物であり、９００℃程度の高温で加熱焼成し、有機ビヒクルを揮発させ、次にガラスフリットを融解させ、さらに金属粉同士または合金粉同士が焼結することによって導通性がもたらされる。この際、ガラスフリットが、金属粉または合金粉からなる導電性膜を基板に接合させ、有機ビヒクルが、金属粉または合金粉とガラスフリットとを、印刷が可能になる液状媒体とする。焼成型導電性ペーストは焼成温度が高いため、合成樹脂からなるプリント配線基板や回路基板には使用できないが、金属粉または合金粉が焼結して一体化することから低抵抗化が実現でき、例えば、積層セラミックコンデンサの内部電極などに使用されている。

【００１０】

導電性ペーストは、導電性フィラーとして金属粉または合金粉を用い、金属粉または合金粉を、または、金属粉または合金粉とガラスフリットとを、樹脂系バインダと有機溶媒からなるビヒクル中に分散させた分散液で構成される。この導電性ペーストによって形成した導電性膜は、導電性フィラーとして金属粉または合金粉を用いることと、この金属粉または合金粉を分散させることに起因する諸課題を持つ。

第一の課題は、導電性ペーストの熱処理によって形成した導電性膜の抵抗値が、金属粉または合金粉の抵抗値より増大する。つまり、樹脂硬化型導電性ペーストでは、絶縁性の熱硬化性樹脂が、金属粉同士または合金粉同士が直接接触することを妨げる。また、焼成型導電性ペーストでは、導電性が低いガラスフリットが、金属粉同士または合金粉同士の焼結を妨げる。これによって、導電性ペーストの熱処理によって形成した電気回路の配線、電極、電磁波シールド膜、帯電防止膜などの電気抵抗が増大し、電気エネルギーが損失すると共に、発熱現象をもたらし、不具合の要因となる。

第二の課題は、金属粉または合金粉の分散性にある。つまり、金属粉または合金粉の集まりをビヒクル中に分散させる分散性が悪いと、熱処理後に金属粉または合金粉が偏在し、金属粉同士または合金粉同士が直接接触できない。この結果、前記と同様に、導電性ペーストの熱処理によって形成した電気回路の配線、電極、電磁波シールド膜、帯電防止膜の電気抵抗が増大する。

第三の課題は、金属粉同士または合金粉同士が焼結する際に、金属粉または合金粉が収縮する。つまり、金属粉または合金粉が収縮すると、積層セラミックスコンデンサの内部電極においては、電極と誘電体とのデラミネーション（層間剥離）や、電極層にクラックが発生などの構造欠陥が起きる。

第四の課題は、金属粉同士または合金粉同士が凝集する。さらに、粉体が微細になるほど凝集しやすい。粉体の凝集が起こると、ビヒクル中への粉体の分散性が悪化し、結果として、導電性ペーストの熱処理で形成した導電性膜の電気抵抗が増大する。

上記した４つの課題はいずれも、導電性フィラーとして金属粉または合金粉を用いることと、この金属粉または合金粉の集まりを分散させる分散媒体に起因するため、根本的な解決は難しい。

【００１１】

導電性ペーストを用いた導電性膜の課題を解決する様々な試みがなされている。

例えば、特許文献３に、相対的に卑な金属の金属粉を、相対的に貴な金属によって被覆した金属粉フィラーと、被覆剤で被覆された金属ナノ粒子と、有機溶剤とによって導電性ペーストを構成し、バインダとしての樹脂成分を含まない導電性ペーストが記載されている。金属ナノ粒子を導電性ペーストに分散させるため、有機溶剤に対する親和性を持たせ、かつ、沸点が有機溶剤の沸点に近いアルキルアミンで、金属ナノ粒子を被覆する。塗布さ

れた導電性ペーストを熱処理すると、金属のナノ粒子が析出し、金属のナノ粒子によって金属フィラーが結合され、樹脂成分を含まない導電性膜が形成される。
しかし、金属ナノ粒子は極めて凝集しやすく、一度凝集するとナノサイズの粒子であるため、凝集の解除は難しく、取り扱いが厄介な微粒子である。さらに、金属ナノ粒子を生成する際に、生成された金属ナノ粒子同士が容易に凝集する。このため、生成された金属ナノ粒子にアルキルアンミンを吸着させることはできず、アルキルアンミンを含む液体中で金属ナノ粒子を析出させ、アルキルアミンで金属ナノ粒子を覆い、アルキルアンミンを除く液体成分を気化させることで、アルキルアンミンで被覆された金属ナノ粒子が製造される。このため、アルキルアミンで金属ナノ粒子を被覆する製造費用は、導電性ペーストを製造する費用を大きく上回る。従って、電気回路の配線、電極、電磁波シールド膜、帯電防止膜などの汎用性の導電性膜が高価な膜になる。なお、特許文献３に、導電性ペーストとして、アルキルアンミンで被覆された金属ナノ粒子を用いる記載はあるが、アルキルアミンで金属ナノ粒子を被覆する製造方法に関する記載はない。

【００１２】

特許文献４に、酸化銀と、アミノ基を1個以上有する脂肪酸銀からなる導電性ペーストが記載されている。つまり、導電性ペーストを塗布した塗膜を熱処理すると、脂肪酸銀塩が熱処理により銀に分解され、分解で生じた脂肪酸またはその分解物が揮発する一方で、分解により生じた一部の脂肪酸と酸化銀とが反応し、再び脂肪酸銀塩を生成し、この脂肪酸銀が銀と脂肪酸とに分解されるサイクルを繰り返し、銀からなる導電性膜が形成される。しかし、アミノ基を1個以上有する脂肪酸銀は、２－アミノイソ酪酸、ＤＬ－トレオニン、ＤＬ－セリン、ＤＬ－ノルバリンおよび６－アミノヘキサンからなる少なくとも1種類の水酸基を持つα－アミノ酸を、ブチルカルビトール、メチルエチルケトン、イソホロン、α－テルピネオールなどからなる溶媒に溶解し、この溶解液に酸化銀の粉末を加え、室温で長時間反応させることで生成される。このため、上記の特殊な薬品を用いて脂肪酸銀を製造する費用は、導電性ペーストを製造する費用を大きく上回る。従って、前記した特許文献３と同様に、電気回路の配線、電極、電磁波シールド膜、帯電防止膜などの汎用性の導電性膜が高価な膜になる。

【００１３】

次に、ガラス、アルミナ、ヘマタイトのいずれかからなる絶縁性の扁平粉に係る背景技術を説明する。なお、ガラスの扁平粉は、絶縁性の扁平粉の集まりの１種類として記載する際は、ガラスの扁平粉として記載し、ガラスの扁平粉を、個別の扁平粉として記載する際は、ガラスのフレーク粉と記載する。なぜならば、一般的にガラスの扁平粉を、ガラスのフレーク粉と呼んでいる。なお、シリカの扁平粉は、厚みが０．１μｍ以下と薄いため、扁平面同士を金属酸化物のナノ粒子の集まりで接合する際に、破砕する恐れがあるため、絶縁性の扁平粉から除外した。また、マイカと窒化ホウ素の扁平粉は、結晶の層間結合がせん断応力で容易に破壊され、扁平面同士を接合する際に、扁平粉から結晶片が剥がされるため、絶縁性の扁平粉から除外した。
ガラス、アルミナからなる扁平粉の電気抵抗率は、いずれも10^{14}Ωｃｍ以上の高い絶縁性を持つ。従って、扁平粉の扁平面同士を、絶縁性が高い金属酸化物のナノ粒子の集まりで接合できれば、極めて大きな絶縁抵抗を持つ絶縁性シートが形成される。なお、ガラスのフレーク粉は、ソーダ石灰ガラスのみが、10^{12}Ωｃｍの電気抵抗率を持つ。また、ヘマタイト（酸化第二鉄Fe_2O_3のアルファ相からなる物質）の扁平粉は、電気抵抗率は10^{8}Ωｃｍと低い。しかし、扁平粉の厚みがサブミクロンであり、ヘマタイトの扁平粉の断面積を０．３μｍ×１０μｍとすると、扁平粉の単位長さ当たりの電気抵抗は、３．３×10^{16}Ω／ｃｍになる。いっぽう、扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりの電気抵抗は、極めて多数の扁平粉の電気抵抗が直列接続と並列接続を形成し、ヘマタイトの扁平粉の集まりからなる絶縁性皮膜は、高い絶縁性を示す。なお、ヘマタイトの扁平粉は、ベンガラと呼ばれる赤色顔料で、汎用的な扁平粉である。
いっぽう、絶縁性の扁平粉の多くは、扁平面に過大な圧縮応力が加わると、扁平粉が塑性変形せず脆性破壊する。このため、扁平面同士を接合する際に、扁平面に過大な応力が加

わらない方法で、扁平面同士を接合する必要がある。また、扁平面同士を接合する物質が、扁平粉の絶縁性を低下させないことが必要になる。
以上に説明したように、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉は、絶縁性のシートを形成する際の優れた原料になる。しかし、絶縁性の扁平粉の扁平面同士を、扁平面に過大な応力が加わらない方法で、また、扁平粉の絶縁性を低下させない方法で、扁平面同士を接合する事例は今までに存在しない。
また、ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を、無電解メッキ法によって、金、銀、ニッケルなどの金属、ないしは、酸化チタン、酸化鉄などの金属酸化物で被覆した光輝性に優れた無機光輝性顔料がある。しかし、現在までのところ、無機光輝性顔料を顔料として用いているだけである。これに対し、無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を、透明な物質で接合できれば、光輝性顔料から反射される色彩が失われることなく、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりからなるシートが作成できる。さらに、光輝性顔料が反射する色彩が互いに異なる複数種類の光輝性顔料を用い、複数種類の光輝性顔料の扁平粉の集まりからなるシートを作成すると、該シートが反射する色調は、複数種類の光輝性顔料の組み合わせによって、様々な色調に変えることができる。しかしながら、酸化チタン、酸化鉄などの金属酸化物の被膜に損傷を与えない方法で、無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を、透明な物質で接合する事例は今までに存在しない。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１４】
【特許文献１】特開２００８－１９８８７３号公報
【特許文献２】特開２００７－１１８１１４号公報
【特許文献３】特開２０１４－０３５９７４号公報
【特許文献４】特開２０１０－１０２８８４号公報
【非特許文献】
【００１５】
【非特許文献１】山陽特殊鋼技報、ＶＯｌ．１３、Ｎｏ．１、５３－６１
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１６】
最初に、軟磁性の扁平粉の扁平面同士を接合した扁平粉の集まりからなるシートを形成する際に発生する課題について説明する。
軟磁性粉を磁化の容易軸方向である面方向に扁平化すると、反磁場係数が小さくなり、扁平率が大きいほど複素透磁率の虚部μ”が増大することが知られている。また、軟磁性粉の材質は、フェライトを除くと金属ないしは合金であるため、導電性である。このため、導電性の軟磁性の扁平粉は、３段落に記載した式１において、複素透磁率の虚部μ”の大きさと導電率の大きさが、電磁ノイズの吸収に貢献する。さらに、軟磁性粉の扁平処理は、ボールミルに依る長時間のバッチ処理に依らず、アトマイズ軟磁性粉ないしは還元軟磁性粉を、メディア撹拌型ミルに依ってアトライタ処理するため、短時間で連続して扁平粉が得られ、安価な加工処理で製造される。
いっぽう、軟磁性の扁平粉の扁平面同士を重ね合わせ、重なり合った扁平面同士を、複素透磁率の虚部ないしは複素誘電率の虚部の少なくとも一方が一定の値を持つ物質で接合した扁平粉の集まりからなるシートは、少ない扁平粉の使用量で、広い面積のシートが形成できる。また、扁平面がシート面を形成するため、扁平面の全てが電磁波の吸収に参加し、電磁波の受信感度が高く、電磁波を吸収する性能が高いシートになる。このシートは、軟磁性の扁平粉の扁平効果を最大限発揮する。さらに、吸収する電磁波の周波数帯域に応じて、シートの厚みが自在に変えられれば、表皮効果が利用でき、扁平粉の使用量が少なく、軽量のシートになる。
いっぽう、軟磁性の扁平粉の複素透磁率の虚部の大きさは、電磁波の周波数帯域に依存する。また、軟磁性粉の材質によって、扁平粉の複素透磁率の虚部の大きさと、複素透磁率

の虚部の周波数特性は変わる。従って、複数種類の軟磁性の扁平粉が、互いに異なる周波数帯域で、複素透磁率の虚部が一定の大きさを持ち、かつ、各々の扁平粉の複素透磁率の虚部の周波数特性が、異なる周波数範囲を互い補完し合う複素透磁率の虚部の周波数特性を持つ複数種類の扁平粉であれば、複数種類の扁平粉の扁平面同士を重ね合わせ、重なり合った扁平面同士を接合できれば、広い周波数帯域の電磁波ノイズを吸収する。
さらに、軟磁性の扁平粉の扁平面同士を重ね合わせ、重なり合った扁平面同士を一定の透磁率を持つ物質で接合した扁平粉の集まりからなるシートは、磁気をシールドするシートになる。つまり、直流磁場における扁平粉の透磁率が大きいほど、また、磁気抵抗が小さいほど、磁力線がシートに流れやすくなり、より大きな磁気シールド効果が得られる。いっぽう、磁気抵抗は透磁率に反比例するため、比透磁率が大きい軟磁性の扁平粉の扁平面同士を重ね合わせ、重なり合った扁平面同士を接合したシートは、磁気シールド効果が高いシートになる。さらに、少ない扁平粉の使用量で、広い面積のシートが形成でき、扁平面がシート面を形成するため、全ての扁平粉が磁気シールドに参加し、磁気シールドの効果が高まる。さらに、シールドする電磁波の周波数帯域に応じて、シートの厚みを変えると、表皮効果が利用でき、扁平粉の使用量が少なく、軽量のシートになる。
このように、軟磁性の扁平粉の扁平面同士を接合した扁平粉の集まりは、電磁波のノイズを吸収するシートとして、また、磁気をシールドするシールド膜として、優れた作用効果をもたらす。しかしながら、軟磁性の扁平粉の扁平面同士を、複素透磁率の虚部ないしは複素誘電率の虚部の少なくとも一方が一定の値を持つ物質で接合した事例は、また、一定の透磁率を持つ物質で接合した事例はこれまでにない。
従来のシートは、特許文献２に記載されているように、バインダ中の有機溶剤を気化させ、固体の高分子材料の結合を介して扁平粉同士を結合させる複合材料からなるシートである。しかし、高分子材料が軟磁性の扁平粉とは異なる性質を持つため、シートに高分子材料の性質が反映する。このように、一定の体積を占有する固体の異種材料の結合を介して軟磁性の扁平粉同士を結合すると、異種材料の性質が反映され、軟磁性の扁平粉が持つ固有の性質が犠牲になる。また、扁平面がシート面を形成しない。
これに対し、軟磁性の扁平粉の扁平面同士を接合した扁平粉の集まりで、シートが形成できれば、シートを形成する扁平粉の使用量が少なくなるとともに、シートに軟磁性の扁平粉と扁平面との特性が反映される。さらに、扁平面がシート面を形成すれば、全ての扁平粉が電磁波の吸収に参加でき、ないしは、全ての扁平粉が磁気シールドに参加し、軟磁性の扁平粉の磁気特性が最も反映されたシートになる。これによって、軟磁性の扁平粉の性能を最大限発現できる理想的なシートになる。

【００１７】

次に、金属からなるフレーク紛の扁平面同士を接合したフレーク紛の集まりからなるシートを形成する際に発生する課題について説明する。
１０段落に記載した導電性膜を形成する４つの課題は、シートを形成する際に、導電性フィラーを用いなければ、４つの課題を根本的に解決することができる。このため、金属からなるフレーク紛の扁平面同士を、金属の性質を持つ物質で接合できれば、４つの課題が根本的に解決される。
さらに、絶縁性の金属酸化物からなる扁平粉は、扁平面同士を接合する際に、扁平面に過大な応力が加わらない方法で、また、扁平粉の絶縁性を低下させない方法で、扁平面同士が絶縁性の物質で接合できれば良い。
また、酸化チタン、酸化鉄などの金属酸化物の被膜に損傷を与えず、無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を、透明な物質で接合できれば、光輝性顔料から反射される色彩が失われることなく、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりからなるシートが作成できる。
従って、軟磁性の扁平粉の扁平面同士を接合したシートを形成する課題は、扁平粉の扁平面同士を重ね合わせ、重なり合った扁平面同士を、複素透磁率の虚部ないしは複素誘電率の虚部の少なくとも一方が一定の値を持つ物質で、あるいは、一定の比透磁率を持つ物質で接合することである。また、金属からなるフレーク紛の扁平面同士を接合したシートを形成する課題は、扁平粉の扁平面同士を重ね合わせ、重なり合った扁平面同士を金属の性

質を持つ物質で接合することである。さらに、絶縁性の扁平粉は、扁平面に過大な応力が加わらない方法で、扁平面同士が絶縁性の物質で接合できれば良い。また、無機光輝性顔料の扁平粉は、金属酸化物の被膜に損傷を与えず、扁平粉の扁平面同士を、透明な物質で接合できれば良い。

いっぽう、扁平粉の扁平面の平坦度が劣っても、また、扁平面に凹凸があっても、扁平面同士を接合する物質が、ナノサイズの物質の集まりで構成すれば、扁平面の状態にかかわらず、重なり合った扁平面同士の全面で、ナノサイズの物質の集まりを介して扁平面同士が接合され、扁平粉同士の接合力が増大する。さらに、扁平粉の扁平面同士を接合するナノサイズの物質の集まりの厚みが、扁平粉の厚みより薄ければ、扁平粉の面積がナノサイズの物質の大きさに比べて２桁以上大きいため、扁平粉の集まりからなるシートの性質は、扁平粉の性質が優勢になる。さらに、ナノサイズの物質の集まりを介して、扁平面同士を接合する際に、ナノサイズの物質が扁平面と接触する接触面積は極めて小さい。このため、ナノサイズの物質が扁平面と接触する際に、扁平面に過大な負荷が加わらない。また、扁平面に設けられた被膜を損傷しない。これによって、脆性破壊しやすい扁平粉であっても、扁平面に損傷が与えられない。また、応力によって発生した歪を解消させる歪取り焼鈍のような処理が不要になる。さらに、無機光輝性顔料の光輝性が失われない。従って、扁平粉の扁平面同士を、ナノサイズの物質の原料を介して重ね合わせることが必要になる。いっぽう、扁平面同士が直接重なり合った扁平粉を、液体中で１枚１枚の扁平粉に分離することは可能である。さらに、液体を介して扁平粉の扁平面同士を重ね合わせることは容易である。なぜならば、液体は分子が自由自在に動くエネルギーを持ち、液体の形状は自由自在に変わる。このため、液体中で衝撃波を発生させ、液体を介して衝撃波を扁平面同士で直接重なり合った扁平粉に加え、液体中で１枚１枚の扁平粉に分離させることは可能である。また、移動する負荷を液体に加えれば、アスペクト比が大きい扁平粉が扁平面面を上にして液体中で移動し、１枚１枚の扁平粉に分離させた扁平粉の扁平面同士を、液体を介して重ね合わせることは可能である。さらに、液体を低粘度で低密度の液体とすれば、液体を介して衝撃波が伝わりやすくなり、また、液体中での扁平面の移動が容易になり、１枚１枚の扁平粉に分離させた扁平粉の扁平面同士を、低粘度で低密度の液体を介して重ね合わせることは容易である。このため、扁平面同士を接合するナノサイズの物質を、第一に、低粘度で低密度の液体として液相化し、第二に、低粘度で低密度の液体中で１枚１枚の扁平粉に分離させ、第三に、低粘度で低密度の液体中で扁平粉の扁平面同士を重ね合わせ、扁平粉の扁平面同士の間隙に、液相化させたナノサイズの物質を介在させる必要がある。第四に、液相化させたナノサイズの物質から、ナノサイズの物質を生成し、第五に、ナノサイズの物質の集まりを、扁平粉の扁平面同士の間隙に介在させ、第六に、ナノサイズの物質の集まりによって、扁平面同士が接合できれば、扁平粉の集まりからなるシートが製造される。

このためには、次の６つの処理が必要になる。本発明が解決しようとする課題は、次の６つの処理が容易に実施できる方法を見出すことである。

第一に、扁平粉の扁平面同士を接合するナノサイズの物質の原料を、低粘度で低密度の液体に液相化する。第二に、低粘度で低密度の液体によって、扁平粉を１枚１枚の扁平粉に分離させ、１枚１枚の扁平粉を、低粘度で低密度の液体で覆う。第三に、低粘度で低密度の液体介して扁平粉の扁平面同士を重ね合わせる。第四に、扁平粉の扁平面同士の間隙に存在する低粘度で低密度の液体を、扁平面同士を接合するナノサイズの物質に変える。第五に、ナノサイズの物質を、扁平面同士を接合する物質に変える。第六に、扁平面同士をナノサイズの物質で接合し、扁平粉の集まりからなるシートを製造する。

【課題を解決するための手段】

【００１８】

本発明における錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物のいずれかの材質からなる扁平粉の扁平面同士が、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して接合した該扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、

熱分解で金属ないしは金属酸化物が析出する有機金属化合物を分子状態でメタノールに分

散し、該有機金属化合物のメタノール分散液を容器に充填する、この後、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物のいずれか１種類の材質からなる扁平粉の集まりを、前記メタノールの重量に対し、用いる扁平粉の密度に対するメタノールの密度の比率を掛け合わせた重量より少ない重量として秤量し、該秤量した扁平粉の集まりを前記容器に投入し、該扁平粉の集まりを、前記有機金属化合物のメタノール分散液中で撹拌する、さらに、ホモジナイザー装置を前記容器内に配置し、該ホモジナイザー装置を前記容器内で稼働させ、前記有機金属化合物のメタノール分散液を介して、前記扁平粉の集まりに衝撃波を繰り返し加え、該扁平粉の集まりを、前記有機金属化合物のメタノール分散液を介して、１枚１枚の扁平粉に分離させ、該分離させた扁平粉を、前記有機金属化合物のメタノール分散液で覆う、この後、前記ホモジナイザー装置を前記容器から取り出す、さらに、前記容器に前後、左右、上下の３方向の衝撃加速度を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃加速度を加え、前記扁平粉の扁平面同士の間隙に前記有機金属化合物のメタノール分散液を入り込ませ、該有機金属化合物のメタノール分散液を介して、前記扁平粉の扁平面同士が重なり合った該扁平粉の集まりを、前記容器の底面に該底面の形状として形成する、

この後、前記容器をメタノールの沸点に昇温し、前記有機金属化合物のメタノール分散液からメタノールを気化させ、前記有機金属化合物の１００ｎｍより小さい大きさからなる微細結晶の集まりを、前記扁平粉の扁平面同士の間隙と、前記扁平粉の集まりの表面に析出させる、さらに、前記扁平粉の集まりの表面全体を覆う板材を、前記扁平粉の集まりの表面全体に被せ、該板材の表面全体を均等に圧縮し、前記有機金属化合物の微細結晶を、１／５の大きさに近い２０ｎｍ前後の大きさからなる微細な結晶に破砕する、

さらに、前記板材の表面全体に圧縮荷重を均等に加え、前記容器を前記有機金属化合物の熱分解温度に昇温し、前記有機金属化合物の微細結晶を熱分解させる、これによって、前記扁平粉の扁平面同士の間隙と、前記扁平粉の集まりの表面に、金属ないしは金属酸化物の１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の集まりが重なり合って一斉に析出し、さらに、該ナノ粒子の集まりが圧縮され、該ナノ粒子の集まりが前記扁平粉の扁平面に摩擦熱で接合するとともに、該ナノ粒子同士が摩擦熱で接合する、これによって、摩擦熱で接合した前記ナノ粒子の集まりを介して、前記扁平粉の扁平面同士が接合した該扁平粉の集まりからなるシートが前記容器内に該容器の底面の形状として製造される、この後、前記容器に前後、左右、上下の３方向の衝撃加速度を加え、前記扁平粉の集まりからなるシートを、前記容器の底面から引き剥がし、該シートを前記容器から取り出す、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物、ないしは、無機化合物のいずれか１種類の材質からなる扁平粉の扁平面同士が、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して接合した該扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法。

【００１９】

本発明の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、次の簡単な８つの処理を連続して実施する方法である。これによって、摩擦熱で接合したナノ粒子の集まりを介して、扁平粉の扁平面同士が接合した扁平粉の集まりからなるシートが製造される。

第一の処理は、熱分解で金属ないしは金属酸化物が析出する有機金属化合物をメタノールに分散し、有機金属化合物のメタノール分散液を作成し、有機金属化合物のメタノール分散液を容器に充填する処理である。第二の処理は、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物のいずれかの材質からなる扁平粉の集まりを、メタノールの重量に対し、用いる扁平粉の密度に対するメタノールの密度の比率を掛け合わせた重量より少ない重量として秤量し、該秤量した扁平粉の集まりを容器に投入し、扁平粉の集まりを有機金属化合物のメタノール分散液中で撹拌する処理である。第三の処理は、ホモジナイザー装置を容器内に配置し、ホモジナイザー装置を容器内で稼働させる処理である。第四の処理は、容器に３方向の衝撃加速度を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃加速度を加える処理である。これら４つの処理を連続して実施すると、有機金属化合物のメタノール分散液を介して、扁平粉の扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりが、容器の底面に底面の形状として形成される。

第五の処理は、容器をメタノールの沸点に昇温する処理である。第六の処理は、容器内の扁平粉の集まりの表面全体を覆う板材を、扁平粉の集まりの表面全体に被せ、該板材の表面全体を均等に圧縮し、有機金属化合物の微細結晶を、さらに微細な結晶に破砕する処理である。これによって、扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、扁平粉の集まりの表面全体に、さらに微細になった有機金属化合物の結晶の集まりが、重なり合って高い密度で集積する。

第七の処理は、板材の表面に圧縮荷重を均等に加え、容器を有機金属化合物の熱分解温度に昇温し、有機金属化合物の微細結晶を熱分解させる処理である。第八の処理は、容器に前後、左右、上下の３方向の衝撃加速度を加え、扁平粉の集まりからなるシートを、容器の底面から引き剥がす処理である。この結果、摩擦熱で接合した金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して、扁平粉の扁平面同士が接合した該扁平粉の集まりからなるシートが得られる。

８つの処理は、いずれも簡単な処理である。また、有機金属化合物は、汎用的な工業用の薬品である。このため、安価な費用で、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して、扁平粉の扁平面同士が接合した扁平粉の集まりからなるシートが製造できる。

最も熱分解温度が高い有機金属化合物の熱分解温度は、大気雰囲気の３３０℃である。いっぽう、軟質金属の中で、錫の融点は２３２℃と極めて低く、－４０℃付近で低温脆性を起こす。同様に、亜鉛も低温脆性を起こす。いっぽう、錫と亜鉛を除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物のいずれの扁平粉の融点は３３０℃より高く、また、低温脆性を持たず、極低温での使用が可能になる。従って、扁平粉の扁平面同士が接合した扁平粉の集まりからなるシートは、高温、極低温、真空、高圧下など、過酷な環境でも使用できる。このため、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物からなる扁平粉を、扁平粉の集まりからなるシートを製造する原料として用いることができる。

ここで、各々の処理において起こる現象と、各々の処理がもたらす処理の作用効果を説明する。

第一の処理において、金属ないしは金属酸化物を熱分解で析出する有機金属化合物をメタノールに分散すると、有機金属化合物が分子状態となってメタノールに分散する。これに対し、有機金属化合物がメタノールに溶解すると、有機金属化合物を構成する金属が金属イオンとなってメタノール中に溶出し、溶解した有機金属化合物を、溶解前の有機金属化合物に戻すことができない。このため、有機金属化合物のメタノール溶解液からメタノールを気化させると、溶解前の有機金属化合物が析出しない。従って、熱分解で金属ないしは金属酸化物を析出する有機金属化合物は、メタノールに溶解せず、メタノールに分散する有機金属化合物を用いる。

第二の処理において、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物のいずれかの材質からなる扁平粉の集まりを、メタノールの重量に対し、用いる扁平粉の密度に対するメタノールの密度の比率を掛け合わせた重量より少ない重量として秤量し、秤量した扁平粉の集まりを容器に投入する。錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物からなる扁平粉の中で最も密度が高い扁平粉が、パーマロイで、ニッケルの含有量が４５％であるパーマロイの密度は８．２５ｇ／ｃｍ^{3}である。いっぽう、メタノールの密度は０．７９２ｇ／ｃｍ^{3}である。従って、パーマロイの密度は、メタノールの密度より１０倍高い。また、有機金属化合物は、メタノールに対し、１０重量％程度まで分散するが、有機金属化合物の密度は１ｇ／ｃｍ^{3}に近く、有機金属化合物のメタノール分散液の密度は、メタノールの密度に近い。また、有機金属化合物をメタノールに１０重量％程度まで分散した有機金属化合物のメタノール分散液の粘度は、メタノールの粘度に近い。なお、メタノールの粘度は、０．５９ｍＰａ・秒と極めて低い。従って、パーマロイの扁平粉を用いる際は、パーマロイの扁平粉の集まりの重量は、有機金属化合物のメタノール分散液の１／１０より少ない。いっぽう、パーマロイの密度は、メタノールの密度の１０倍である。このため、有機金属化合物のメタノール分散液の体積比率が、パーマロイの扁平粉の集まりの重量から理論的に求めた体積からなる体積比率より大きくなる。従って、パーマロイの扁平粉の集まりを、体積比率が大きい有機金属化合物のメタノール分

散液中で撹拌すると、パーマロイの扁平粉は、低密度で低粘度の有機金属化合物のメタノール分散液中によく分散し、メタノール分散液に均等に混じり合う。いっぽう、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物、ないしは、無機化合物からなる扁平粉の中で最も密度が低い扁平粉は、密度が２．７ｇ／ｃｍ^{3}からなるアルミニウムの扁平粉である。従って、アルミニウムの扁平粉を用いる際は、アルミニウムの扁平粉の集まりの重量は、有機金属化合物のメタノール分散液の重量の１／３より少ない。いっぽう、アルミニウムの密度は、メタノールの密度の３．４倍である。このため、有機金属化合物のメタノール分散液の体積比率が、アルミニウムの扁平粉の集まりの重量から理論的に求めた体積からなる体積比率より大きくなる。従って、アルミニウムの扁平粉の集まりを、体積比率が大きい有機金属化合物のメタノール分散液中で撹拌すると、アルミニウムの扁平粉は、低密度で低粘度の有機金属化合物のメタノール分散液中によく分散し、メタノール分散液に均等に混じり合う。このように、扁平粉の集まりを、メタノールの重量に対し、用いる扁平粉の密度に対するメタノールの密度の比率を掛け合わせた重量より少ない重量として秤量し、秤量した扁平粉の集まりを有機金属化合物のメタノール分散液に投入し、扁平粉の集まりを有機金属化合物のメタノール分散液中で撹拌すると、有機金属化合物のメタノール分散液の体積比率が大きいため、扁平粉の密度の違いに関わらず、全ての扁平粉が、低粘度で低密度の有機金属化合物のメタノール分散液中によく分散し、メタノール分散液に均等に混じり合い、全ての扁平粉が、有機金属化合物のメタノール分散液で覆われる。

第三の処理において、ホモジナイザー装置を容器内に配置し、ホモジナイザー装置を容器内で稼働させる。この際、有機金属化合物のメタノール分散液が、低粘度で低密度の液体であるため、ホモジナイザー装置が発生する衝撃波が、メタノール分散液を励起させる際に消費される割合が少なく、メタノール分散液を介して、扁平粉の集まりに衝撃波が効率よく繰り返し加わる。これによって、有機金属化合物のメタノール分散液を介して、全ての扁平粉に、衝撃波が繰り返し加わる。いっぽう、扁平粉の中で、密度が相対的に高く、扁平粉の厚みが極めて厚く、扁平粉の大きさが最も大きい扁平粉であっても、すなわち、密度が７．８ｇ／ｃｍ^{3}で、粒径が１００μｍで、厚みが１５μｍからなる還元鉄粉の１枚の扁平粉の重量は、僅か１×１０$^{-6}$ｇである。従って、扁平面同士が複雑に重なり合った扁平粉であっても、極めて軽量の扁平粉に衝撃波が繰り返し加わり、扁平面同士が重なり合った扁平粉が、１枚１枚の扁平粉に分離され、分離した扁平粉を有機金属化合物のメタノール分散液が覆う。

つまり、扁平粉は、厚さに対する長径と短径との平均値の比率であるアスペクト比が大きい扁平面を有する。さらに、同一種類の扁平粉であっても、扁平面の大きさと厚みにバラツキがある。こうした扁平粉の集まりは、大気雰囲気で取り扱う際に、扁平面同士が複雑に重なり合う。いっぽう、扁平面同士が直接重なり合った扁平粉を用いて、扁平粉の集まりからなるシートを形成すると、扁平面同士が直接重なり合った扁平粉は、機械的強度が弱い部分をシートに形成する。また、重なり合った扁平粉の全てを、１枚１枚の扁平粉に分離できれば、シートを形成する際に使用する扁平粉の量が減る。従って、扁平粉の扁平面同士が重なり合った扁平粉を、確実に分離させる処理が必要になる。いっぽう、大気雰囲気で、扁平面同士が重なり合った扁平粉を分離しようとすると、重なり合った扁平面に摩擦力が発生し、分離は容易でない。また、扁平面同士が重なり合っているか否かの識別が難しい。

これに対し、有機金属化合物のメタノール分散液が、低粘度で低密度の液体で、さらに、前記したように、有機金属化合物のメタノール分散液の体積比率が、扁平粉の集まりの重量から理論的に求めた体積の体積比率より大きいため、有機金属化合物のメタノール分散液中で、扁平粉の集まりを撹拌すると、扁平粉の密度、厚さ、大きさに関わらず、扁平粉が有機金属化合物のメタノール分散液中によく分散し、メタノール分散液に均等に混じり合う。この混合物に、ホモジナイザー装置によって衝撃波を繰り返し発生させると、衝撃波が有機金属化合物のメタノール分散液の全体に広がり、衝撃波のエネルギーがメタノール分散液で消費される割合が少なく、衝撃波が扁平粉に効率的に繰り返し加わり、扁平粉の扁平面同士が重なり合った部位にも衝撃波が繰り返し加わり、扁平粉が極めて軽量であ

るため、重なり合った扁平面同士が容易に分離する。この結果、扁平面同士が重なり合った扁平粉が、１枚１枚の扁平粉に確実に分離される。なお、ホモジナイザー装置として、超音波方式のホモジナイザー装置を用いると、扁平粉の扁平面よりさらに２桁以上小さく莫大な数からなる気泡の発生と気泡の消滅とが、有機金属化合物のメタノール分散液で繰り返され（この現象をキャビテーションという）、気泡がはじける際の衝撃波が、有機金属化合物のメタノール分散液の全体に継続して発生し、扁平面同士が重なり合った扁平粉が、短時間で一枚一枚の扁平粉に分離する。この結果、全ての扁平粉が有機金属化合物のメタノール分散液で覆われる。この後、ホモジナイザー装置を容器から取り出す。

第四の処理において、容器に３方向の衝撃加速度を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃加速度を加える。つまり、ホモジナイザー装置に依る処理で、全ての扁平粉は、低粘度で低密度の有機金属化合物のメタノール分散液で覆われ、メタノール分散液に分散している。こうした混合物に３方向の衝撃加速度を加えると、低粘度で低密度の有機金属化合物のメタノール分散液が、扁平粉を伴って衝撃加速度の方向に繰り返し移動する。この際、扁平粉はアスペクト比が大きい扁平面を有するため、扁平面を上にして、有機金属化合物のメタノール分散液と共に、衝撃加速度の方向に繰り返し移動する。また、扁平面を上にして扁平粉が再配列して重なり合う現象が、有機金属化合物のメタノール分散液中で進む。この結果、扁平面同士が有機金属化合物のメタノール分散液を介して重なり合った扁平粉の集まりが、容器の底面の全体に広がる。最後に上下方向の衝撃加速度を加え、容器への加振を停止する。これによって、扁平面同士が有機金属化合物のメタノール分散液を介して重なり合った扁平粉の集まりが、容器の底面の全体に広がって容器の底面の形状として形成される。

第五の処理において、容器をメタノールの沸点に昇温する。この際に、１００ｎｍより小さい大きさからなる有機金属化合物の微細結晶の集まりが、扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、扁平粉の集まりの表面全体に重なり合って析出する。つまり、有機金属化合物のメタノール分散液において、有機金属化合物が分子状態でメタノールに分散したため、メタノールを気化させると、分散前の有機金属化合物が、１００ｎｍより小さい大きさからなる微細結晶の集まりとして析出する。いっぽう、有機金属化合物のメタノール分散液における有機金属化合物の分散濃度が低く、有機金属化合物のメタノール分散液の体積比率が、扁平粉の集まりの重量から理論的に求めた体積の体積比率より大きいため、過剰なメタノールが気化すると、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に析出した微細結晶の集まりの厚みは薄く、サブミクロンの厚みである。いっぽう、分子状態で分散していた有機金属化合物が微細結晶として析出したため、微細結晶は、有機金属化合物の単分子を形成する結晶が集積した結晶の集まりである。このため、微細結晶に応力が加わると、微細結晶は容易に破砕する。しかし、微細結晶が微細になるほど、微細結晶に応力が加わることが難しくなり、微細結晶の微細化には限界がある。また、気化したメタノールは回収機で回収し、再利用する。

第六の処理において、容器内の扁平粉の集まりの表面全体を覆う板材を、扁平粉の集まりの表面全体に被せ、板材の表面全体を均等に圧縮する。この際に、扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、扁平粉の集まりの表面全体に重なり合って析出した微細結晶の集まりがより微細な結晶に破砕される。微細結晶の大きさが相対的に大きい結晶ほど粉砕されやすいため、相対的に大きい微細結晶が優先して粉砕され、圧縮荷重が加えられている間は、微細結晶の粉砕が進む。いっぽう、微細結晶が破砕されると、新たな空隙が微細結晶の集まりに形成され、破砕されより微細になった結晶の集まりが空隙に移動して空隙を埋める。こうした微細結晶の破砕が進むに連れ、扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、扁平粉の集まりの表面全体に、破砕されより微細になった結晶が高い密度で重なり合い、より微細になった結晶の集まりが高い密度で集積し、厚みが極薄い層を結晶の集まりが形成する。結晶の破砕が限界の大きさになると、板材に圧縮荷重を加えても、微細結晶の粉砕が進まず、圧縮荷重を加えた板材に動きがみられなくなり、板材からの反発力が増加する。この時点で板材の表面を圧縮する処理を停止する。この結果、微細結晶の大きさは、析出した時点の大きさに比べ、１／５に近い２０ｎｍ前後の大きさまで微細化され、扁

平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、高い析出密度で重なり合った２０ｎｍ前後の大きさの微細結晶の厚みは、１２０－１６０ｎｍ前後の厚みになる。なお、板材に加える圧縮荷重は、容器の大きさと、微細結晶の量とに応じて、１０－１００ｋｇ重に相当する圧縮荷重を加える。また、容器に加える衝撃加速度は、容器の大きさと、微細結晶の量とに応じて、０．２－１．０Ｇの衝撃加速度を加える。この結果、扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、扁平粉の集まりの表面全体に、２０ｎｍ前後の大きさの有機金属化合物の結晶の集まりが高い密度で重なり合う。

第七の処理において、板材の表面全体に圧縮荷重を均等に加え、容器を有機金属化合物の熱分解温度に昇温し、有機金属化合物の微細結晶を熱分解させる。最初に、扁平粉に吸着していた水分、水酸基を持つ化合物からなる異物が気化する。次に、有機金属化合物の微細結晶の熱分解が始まり、有機金属化合物が、有機物の分子と金属分子ないしは金属酸化物の分子とに熱分解し、有機物の分子の気化が完了した際に、金属ないしは金属酸化物の分子が集まって、１０ｎｍ前後の大きさからなる金属ないしは金属酸化物からなる粒状のナノ粒子を形成し、該粒状のナノ粒子の６－８個が重なり合って一斉に析出し、該ナノ粒子の集まりが、６０－８０ｎｍの厚みを形成する。金属ないしは金属酸化物のナノ粒子は、いずれも不純物を一切含まず、真性な金属ないしは金属酸化物のナノ粒子として析出する。また、金属のナノ粒子は、活性状態の金属のナノ粒子として析出するため、隣接した金属のナノ粒子同士は、接触部で金属結合する。この後、金属結合した金属のナノ粒子は、摩擦熱であらためて接合する。いっぽう、微細結晶の熱分解が進む際に、扁平粉に吸着していた有機物からなる異物が気化する。これによって、扁平粉の扁平面が清浄化され、清浄化された扁平面に、真性な金属ないしは真性な金属酸化物のナノ粒子の集まりが析出し、扁平面に摩擦熱で接合する金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の接合力が増大する。また、真性な金属ないしは金属酸化物のナノ粒子同士の摩擦熱による接合力も増大する。なお、金属ないしは金属酸化物の粒状のナノ粒子が１０ｎｍ前後と小さく、粒状のナノ粒子が扁平面に接触する接触面積が極めて僅かであるため、摩擦熱で金属ないしは金属酸化物の粒状のナノ粒子が扁平面に接合する際に、扁平面は塑性変形せず、また、扁平面に応力歪が発生しない。このため、扁平粉の集まりからなるシートを、歪取り焼鈍する必要はない。

第八の処理において、容器に前後、左右、上下の３方向の衝撃加速度を加え、扁平粉の集まりからなるシートを、容器の底面から引き剥がす。この結果、扁平粉の集まりからなるシートが得られる。なお、扁平粉の集まりの表面と、扁平同士の間隙に形成されるナノ粒子の集まりの層は、６－８個のナノ粒子の集まりに相当する６０－８０ｎｍのごく薄い厚みからなる接合層であり、また、１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の大きさは、扁平粉の扁平面に比べると２桁以上小さい。このため、扁平粉の集まりからなるシートは、扁平粉の性質が優勢になる。

ここで、本発明における扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、次の作用効果をもたらす。

第一に、扁平粉の扁平面同士を接合する物質を、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子とし、さらに、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の原料を、有機金属化合物をメタノールに分散したメタノール分散液として液相化した。この液体が、低粘度で低密度の液体であるため、第二、第三の処理を継続して実施することで、有機金属化合物のメタノール分散液を、１枚１枚に分離した扁平粉の扁平面同士の間隙に介在させることが可能になる。これによって、１６段落に記載した第一の課題が解決される。

第二に、ホモジナイザー装置を容器内で稼働させ、ホモジナイザー装置によって発生した衝撃波は、有機金属化合物のメタノール分散液が低粘度で低密度であるため、有機金属化合物のメタノール分散液を励起させる際に消費される割合が少なく、衝撃エネルギーの多くが、扁平粉の集まりに効率よく繰り返し伝わる。扁平粉が極めて軽量であるため、複雑に重なり合った扁平粉であっても、確実に１枚１枚の扁平粉に分離され、扁平粉の材質、形状、粒度分布に拘わらず、全ての扁平粉の表面に、有機金属化合物のメタノール分散液が接触する。これによって、１６段落に記載した第二の課題が解決される。なお、扁平粉

の表面はいずれも疎水性で、有機金属化合物のメタノール分散液と反応せず、扁平粉の表面に有機金属化合物のメタノール分散液が接触する。
第三に、容器内に、左右、前後、上下の３方向の衝撃力を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃力を加える。この際、有機金属化合物のメタノール分散液が低粘度で低密度であるため、有機金属化合物のメタノール分散液が、扁平粉を伴って衝撃加速度の３方向に繰り返し移動し、有機金属化合物のメタノール分散液中で、扁平面同士が重なり合う再配列を繰り返す。これによって、扁平粉が容器の底面の全体に広がり、有機金属化合物のメタノール分散液を介して扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりが容器の底面に、底面の形状として形成される。これによって、１６段落に記載した第三の課題が解決される。
第四に、１枚１枚の扁平粉に分離した扁平粉を、有機金属化合物のメタノール分散液を介して、扁平面同士で重ね合わせるため、扁平粉のアスペクト比が大きいほど、扁平粉の使用量が減る。このため、高価な扁平粉であっても、扁平面同士を重ね合わせた扁平粉の集まりからなるシートを、安価に製造できる。
第五に、有機金属化合物のメタノール分散液を介して扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりからメタノールを気化させ、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面とに、有機金属化合物の微細結晶の集まりを析出させる。さらに、扁平粉の集まりの表面の全体を均等に圧縮する。これによって、微細結晶が１／５程度の大きさに破砕されるとともに、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、破砕された結晶の集まりが、重なり合って高い析出密度で集積する。この破砕された２０ｎｍ前後の大きさからなる微細結晶は、扁平粉の扁平面同士を接合する金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりの原料になる。これによって、１６段落に記載した第四の課題が解決される。
第六に、扁平粉の集まりの表面全体を均等に圧縮しながら昇温し、破砕された微細結晶を熱分解させる。この際、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりが、重なり合って高い密度で一斉に析出する。さらに、扁平粉の集まりの表面全体が均等に圧縮され、高い密度で析出した金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりが、扁平面に摩擦熱で接合するとともに、ナノ粒子同士が摩擦熱で接合する。つまり、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりが、高い密度で重なり合って析出したため、圧縮されたナノ粒子は、ナノ粒子の集まりにおける移動が難しくなり、扁平面に接触するナノ粒子の接触部と、ナノ粒子同士の接触部に、摩擦熱が瞬間的に発生し、摩擦熱による接合力でナノ粒子が扁平面に接合し、また、摩擦熱による接合力でナノ粒子同士が接合する。これによって、１６段落に記載した第五と第六の課題が解決され、１６段落に記載した全ての課題が解決される。
第七に、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物、ないしは、無機化合物からなる扁平粉を、扁平粉の集まりからなるシートを製造する際の扁平粉として用いることができる。つまり、最も熱分解温度が高い有機金属化合物の熱分解温度は、大気雰囲気の３３０℃である。いっぽう、軟質金属の中で、錫の融点は２３２℃と低く、－４０℃付近で低温脆性を起こす。また、亜鉛も低温脆性を起こす。これに対し、錫と亜鉛とを除く金属、合金、金属酸化物ないしは無機化合物のいずれの扁平粉の融点は３３０℃より高く、また、低温脆性を持たず、極低温での使用が可能になる。従って、扁平粉の扁平面同士が接合した扁平粉の集まりからなるシートは、高温、極低温、真空、高圧下など、過酷な環境でも使用できる。
第八に、有機金属化合物は、様々な材質からなる金属ないしは金属酸化物を、熱分解で析出する。このため、扁平粉の扁平面同士を接合するナノ粒子の材質を、扁平粉の集まりからなるシートの性質が発揮されるのに最も適した金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の材質とすることができる。
第九に、安価な材料を用い、安価な費用で、扁平粉の集まりからなるシートが製造できる。すなわち、有機金属化合物と扁平粉とは、汎用的な工業用の素材であり、また、有機金属化合物と扁平粉との使用量が僅かである。また、シートを製造する８つの処理は、いずれも極めて簡単な処理である。このため、シートの製造費は安価である。
以上に説明したように、本製造方法で製造したシートは、１枚１枚の扁平粉に分離した扁

平粉の扁平面同士が、金属ないしは金属酸化物のナノ粒子の集まりを介して接合されるため、従来の扁平粉の集まりにはない画期的な作用効果を持つ扁平粉の集まりからなるシートが製造できる。

【００２０】

１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法であり、該軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、

１８段落に記載した扁平粉が、鉄、パーマロイ、ケイ素鋼、センダスト、ないしは、電磁ステンレス鋼のいずれか１種類の材質からなる軟磁性の扁平粉であり、１８段落に記載した有機金属化合物が、熱分解でニッケルを析出するオクチル酸ニッケルであり、前記いずれか１種類の材質からなる軟磁性の扁平粉を、１８段落に記載した扁平粉として用い、前記オクチル酸ニッケルを、１８段落に記載した有機金属化合物として用い、１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記軟磁性の扁平粉の扁平面同士が、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合した該扁平粉の集まりからなるシートを製造する、軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法。

【００２１】

最初に、鉄、パーマロイ、ケイ素鋼、センダスト、ないしは、電磁ステンレス鋼の軟磁性扁平粉の性質を説明する。

鉄、パーマロイからなる軟磁性扁平粉は、初比透磁率、最大比透磁率が大きく、該軟磁性扁平粉の扁平面同士を、ナノ粒子の集まりで接合した扁平粉の集まりからなるシートは、磁気をシールドするシートとして有効である。また、鉄、パーマロイ、ケイ素鋼、センダスト、ないしは、電磁ステンレス鋼からなる軟磁性の扁平粉は、複素透磁率の虚部が固有の周波数帯域で一定の値を持つため、これらの軟磁性扁平粉の扁平面同士を、ナノ粒子の集まりで接合した扁平粉の集まりからなるシートは、固有の周波数帯域において、電磁波のノイズを吸収する、ないしは、電磁ノイズの干渉を防止するシートとして有効である。

ここで、鉄の扁平紛について説明する。純鉄の磁気特性に近い電磁軟鉄は、直流磁場では、初比透磁率が１５０で、最大比透磁率が1×10^{4}である。また、１００ｋＨｚの交流磁場での比透磁率は１００である。さらに、電磁軟鉄の飽和磁束密度は、軟磁性材料の中で最も大きく、２．２テスラである。従って、鉄の扁平粉の扁平面同士を重ね合わせたシートは、磁気をシールドするシールド膜として有効に作用する。特に、ＭＲＩ（Ｍａｇｎｅｔｉｃ Ｒｅｓｏｎａｎｃｅ Ｉｍａｇｉｎｇの略で、磁気共鳴画像診断装置をいう）や電源トランスのような強磁界を発生する機器の磁気シールドとして有効である。いっぽう、鉄はビッカース硬度が１１０Ｈｖで、相対的に硬い金属である。また、鉄粉に還元鉄粉とアトマイズ鉄粉があるが、還元鉄粉は空孔が多く存在し、アトマイズ鉄粉に比べると、扁平処理がしやすいが、硬度が高いため扁平粉の厚みは厚い。従って、還元鉄粉の扁平粉は、アトマイズ鉄粉より扁平率が大きく、１００ｋＨｚ－１０ＭＨｚの周波数帯域において、複素透磁率の虚部が一定の大きさを持つ。このため、還元鉄粉の扁平粉からなるシートは、１００ｋＨｚ－１０ＭＨｚの周波数帯域の電磁ノイズの吸収ないしは電磁ノイズの干渉防止のシートとして作用する。なお、還元鉄粉の１００ｋＨｚの電磁波の表皮深さは５０μｍになる。従って、還元鉄粉からなる扁平粉は、強磁界を発生する機器の磁気シールドとして優れた性能を発揮する。また、電磁波ノイズの吸収ないしは電磁ノイズの干渉防止のシートとして、限られた周波数帯域で有効である。このため、還元鉄粉の扁平粉を１７段落に記載した金属からなる扁平粉として用い、１７段落に記載した方法に従って、還元鉄粉の扁平面同士を接合した扁平粉の集まりからなるシートを形成すると、磁気をシールドするシートとして、また、電磁ノイズの吸収ないしは電磁ノイズの干渉防止のシートとして用いることができる。

これに対し、透磁率が大きい合金からなる軟磁性材料にパーマロイがある。扁平粉の透磁率が大きいほど、また、磁気抵抗が小さいほど、大きな磁気シールド効果が得られる。磁気抵抗は透磁率に反比例するため、透磁率が大きいパーマロイの扁平粉からなるシートは、磁気シールド効果が高い。例えば、４５％がニッケルのパーマロイは、直流磁場では初

比透磁率が２．５×１０^{3}で、最大比透磁率は２．５×１０^{4}と大きい。しかし、飽和磁束密度は電磁軟鉄に比べて小さく、０．９テスラである。いっぽう、７９％がニッケルで、４％がモリブデンからなるパーマロイは、初比透磁率が２×１０^{4}で、最大比透磁率が２×１０^{5}と極めて大きい。しかし、ニッケルの含有量が多くなるほど、パーマロイが高価になるため、ニッケルの含有量は５０％以下が望ましい。従って、パーマロイの扁平粉の扁平面同士を重ね合わせたシートは、磁気をシールドする優れたシートになる。このため、電気機器からの漏洩磁界、電流送配電線からの交流磁界、都市磁気雑音、環境磁界など、外部磁界が比較的小さな領域では、パーマロイの扁平粉からなるシートは、磁気をシールドするシートとして有効である。なお、非特許文献１に依れば、ニッケルが５０％からなるパーマロイの扁平粉は、アスペクト比が３８で、平均粒径が１４μｍである。また、複素透磁率の虚部は、１００ＭＨｚ付近から鋭く立ち上がり、３．３ＧＨｚでピーク値の８．８をもち、４ＧＨｚ付近から減少し、１０ＧＨｚで３．５の値を持つ。従って、このパーマロイの扁平粉は、１－８ＧＨｚの周波数帯域で、複素透磁率の虚部が５以上の値を持ち、パーマロイの扁平粉の扁平面同士を重ね合わせたシートは、この周波数帯域での電磁ノイズの吸収ないしは電磁ノイズの干渉防止のシートとして作用する。このように、パーマロイの扁平粉の扁平面同士を重ね合わせたシートは、外部磁界が比較的小さな領域で、磁気をシールドするシートとして優れた性能を発揮する。また、電磁ノイズの吸収ないしは電磁ノイズの干渉防止のシートとして、限られた周波数帯域で有効である。このため、パーマロイの扁平粉を、１７段落に記載した合金からなる扁平粉として用い、１７段落に記載した方法に従って、扁平粉の扁平面同士を接合した扁平粉の集まりからなるシートを形成すると、磁気をシールドするシートとして、また、電磁ノイズの吸収ないしは電磁ノイズの干渉防止のシートとして用いることができる。

いっぽう、合金からなる軟磁性材料に、鉄に少量のケイ素を加えたケイ素鋼と、鉄にニッケルを加えたパーマロイと、鉄にケイ素とアルミニウムとを加えたセンダストと、鉄にコバルトを加えたパーメンジュールと、鉄にクロムとケイ素とを加えた電磁ステンレス鋼とがある。このうち、ケイ素鋼は、ケイ素の添加量が増えると脆くなり、扁平処理ができるケイ素の添加量は１０％より少ない。なお、ケイ素の添加量が僅かに異なると、ケイ素鋼の透磁率特性は大きく変わる。また、パーマロイはニッケルの添加量が多くなるほど製造コストが高くなるが、ニッケルの添加量が少ないと透磁率が低下するため、ニッケルの添加量を５０％程度に抑えることが望ましい。また、センダストは硬度が高くて脆いが、微量のニッケルを添加し、ケイ素の添加量を減らすと、扁平処理が可能になる。さらに、パーメンジュールはコバルトとの合金であるため製造コストが高く、電磁ノイズを吸収する、ないしは、電磁ノイズの干渉を防止するシートに用いる扁平粉としては適さない。また、電磁ステンレス鋼は、アルミニウムを添加すると、扁平処理が容易になる。従って、パーメンジュールを除く４種類の合金は、軟磁性の扁平粉として用いることができる。また、４種類の合金からなる扁平粉の厚みは、１－１．５μｍの範囲内に入る。これに対し、還元鉄粉の硬度が４種類の合金の硬度より高いため、還元鉄粉からなる扁平粉の厚みは、１０－２０μｍと厚い。

いっぽう、１６段落で説明したように、扁平粉の扁平率が大きいほど、複素透磁率の虚部が増大する。また、電磁ノイズの吸収は、３段落に記載した式１で示したように、扁平粉の複素透磁率の虚部の大きさと導電率の大きさとに依存する。従って、電磁ノイズの吸収ないしは電磁ノイズの干渉防止に用いるシートに、ケイ素の添加量が１０％より少ないケイ素鋼の扁平粉と、ニッケルの添加量を５０％近くに抑えたパーマロイの扁平粉と、微量のニッケルを添加しケイ素の添加量を減らしたセンダストの扁平粉と、アルミニウムを添加した電磁ステンレス鋼の扁平粉とを用いることができる。しかし、これら４種類の合金からなる扁平粉は、鉄以外の成分の組成が僅かに変わると複素透磁率が変わる。また、４種類の合金の硬度が各々異なるため、扁平粉の扁平率が４種類の合金で各々異なり、複素透磁率の虚部の大きさは、４種類の合金で各々異なる。さらに、複素透磁率の虚部の周波数特性は、４種類の合金で大きく異なり、同じ種類の合金でも鉄以外の成分で異なる。従って、電磁ノイズの吸収ないしは電磁ノイズの干渉防止に用いる合金の扁平粉の集まりか

らなるシートを作成するに当たっては、吸収する電磁波の周波数帯域に応じて、合金からなる軟磁性扁平粉を使い分けることで、合金からなる軟磁性扁平粉の複素透磁率の虚部の特性が活かせる。このため、合金からなる軟磁性扁平粉を、１８段落に記載した合金からなる扁平状の粉体として用い、１８段落に記載した方法に従って、扁平粉の扁平面同士を接合した扁平粉の集まりからなるシートを形成すると、電磁波のノイズを吸収する、ないしは、電磁ノイズの干渉を防止するシートとして用いることができる。

ところで、軟磁性扁平粉の硬度が異なるため、扁平粉の厚みは材質によって変わる。例えば、硬度が高く、扁平しにくい還元鉄粉を扁平処理した扁平粉の厚みは、１０－２０μｍと厚い。これに対し、鉄・ケイ素・アルミニウムからなる三元合金であるセンダストに、微量のニッケルを添加し、ケイ素の添加量を減らし、扁平処理を容易にさせた扁平粉の厚みは、１－１．５μｍと薄い。また、扁平粉の重量は、扁平粉の厚みとともに、扁平粉の粒径と密度によって大きく変わる。例えば、粒径が１００μｍで厚みが１５μｍからなる還元鉄粉の扁平粉の重量は、０．９２７×１０$^{-6}$ｇと極めて軽量である。これに対し、粒径が４０μｍで厚みが１μｍからなるセンダストの扁平粉の重量は、０．８６×１０$^{-8}$ｇとさらに軽量である。なお、鉄の密度は７．８ｇ／ｃｍ^{3}で、センダストの密度は７．６ｇ／ｃｍ^{3}であり、両者の密度は近い。従って、還元鉄粉の扁平粉の重量が、センダストの扁平粉の重量に比べて２桁大きくなった理由は、扁平粉の厚みと粒径の違いによる。しかしながら、軟磁性扁平粉の１枚の重量は、還元鉄粉の扁平粉であっても極めて小さい。なお、金属ないしは合金からなる軟磁性扁平粉の密度は、７．７－８．３ｇ／ｃｍ^{3}の範囲内にある。

いっぽう、１８段落に記載した扁平粉の扁平面同士を、ナノ粒子の集まりを介して接合した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法において、扁平粉の集まりを、メタノールの重量に対し、用いる扁平粉の密度に対するメタノールの密度の比率を掛け合わせた重量より少ない重量として秤量し、秤量した扁平粉の集まりを、低粘度で低密度の有機化合物のメタノール分散液に混合し、混合物中でホモジナイザー装置を稼働させた。混合物中でホモジナイザー装置を稼働させると、有機金属化合物のメタノール分散液が、低粘度で低密度の液体であるため、ホモジナイザー装置によって発生した衝撃波が、メタノール分散液を殆ど励起させることなく、メタノール分散液を介して、軟磁性扁平粉の集まりに衝撃波が効率よく繰り返し加わる。このため、１枚の軟磁性扁平粉が極めて軽量であるため、軟磁性扁平粉の重量、厚み、大きさ、密度が異なっても、有機金属化合物のメタノール分散液を介して、重なり合った軟磁性扁平粉が、１枚１枚の扁平粉に容易に分離され、分離された軟磁性扁平粉が有機金属化合物のメタノール分散液で覆われる。

この後、容器に３方向の衝撃加速度を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃加速度を加えた。前記したホモジナイザー装置に依る処理で、全ての軟磁性扁平粉が、低粘度で低密度の有機金属化合物のメタノール分散液で覆われ、メタノール分散液中に分散している。このため、容器に衝撃加速度を加えると、有機金属化合物のメタノール分散液が、低粘度で低密度であり、１枚の軟磁性扁平粉が極めて軽量であるため、軟磁性扁平粉の重量、厚み、大きさ、密度が異なっても、有機金属化合物のメタノール分散液が、軟磁性扁平粉を伴って衝撃加速度の方向に移動する。この際、軟磁性扁平粉はアスペクト比が大きい扁平面を有するため、扁平面を上にして衝撃加速度の方向に繰り返し移動し、扁平面を上にして扁平粉が再配列して重なり合う現象が、有機金属化合物のメタノール分散液中で進み、扁平面同士が有機金属化合物のメタノール分散液を介して重なり合う。この結果、軟磁性扁平粉の重量、厚み、大きさ、密度が異なっても、扁平面同士が有機金属化合物のメタノール分散液を介して重なり合った扁平粉の集まりが、容器の底面の全体に広がる。従って、用いる軟磁性扁平粉の材質と厚みと大きさと粒径分布と硬度に制約はない。

次に、前記した鉄、パーマロイ、ケイ素鋼、センダスト、ないしは、電磁ステンレス鋼のいずれかからなる軟磁性扁平粉の扁平面同士を接合するナノサイズの物質の材質について説明する。１８段落で説明したように、扁平粉の扁平面同士を接合するナノサイズの物質の集まりの層の厚みは、６０－８０ｎｍと薄い。また、１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子は、軟磁性扁平粉の扁平面の面積に比べて２桁以上小さい。このため、ナノ粒子の

集まりで軟磁性扁平粉の扁平面同士が接合されたシートは、軟磁性扁平粉の性質が優勢になる。しかしながら、ナノ粒子の材質が、軟磁性の性質を持つ強磁性体であれば、軟磁性扁平粉の集まりからなるシートの軟磁性としての性質を阻害しない。このような強磁性体としてニッケルが存在する。

ニッケルは、最大比透磁率が６００である。また、複素透磁率が、２．４５ＧＨｚの５０℃で、実部が１．５９２で、虚部が１．３４９である。従って、ニッケルは、金属ないしは金属酸化物の中で、最大比透磁率と複素透磁率の双方が、一定の値を持つ強磁性体に相当する。最大比透磁率は、鉄の1×10^{4}に比べると小さく、磁気シールドの性能は鉄より劣る。いっぽう、ニッケルの電気抵抗が$69.3\times10^{-9}\Omega\cdot m$で、鉄の電気抵抗の$100\times10^{-9}\Omega\cdot m$より低いため、鉄より電磁波の反射損失と吸収損失が大きく、電磁波のシールドには有効である。さらに、高周波数の周波数帯域において、複素透磁率が一定の値を持つため、高周波数の周波数帯域において、磁気シールド効果と、電磁ノイズを吸収する一定の効果を持つ。また、ニッケルのビッカース硬度は４００－５００ＨＶで、軟磁性体の中で最も硬度が低いＰＢパーマロイの１２０－１６０ＨＶより高い。しかし、ニッケルのナノ粒子が１０ｎｍ前後と小さく、パーマロイの扁平粉の扁平面に接触した際に形成する接触面積が極めて微小である。このため、ニッケルのナノ粒子の集まりが、パーマロイの扁平面に接触した際に、パーマロイの扁平面の極僅かな接触部が僅かに弾性変形し、パーマロイの扁平面に応力歪が発生しない。この際、双方の極僅かな接触部に発生する摩擦熱で、ニッケルのナノ粒子が、パーマロイの扁平面に接合する。こうした考えに基づき、軟磁性扁平粉の扁平面同士を、ニッケルのナノ粒子の集まりで接合することにした。

ここで、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して、軟磁性扁平粉の扁平面同士を接合する該扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法を、１８段落の記載に記載した８つの処理に沿って説明する。

第一の処理は、オクチル酸ニッケルをメタノールに、最大で１０重量％まで分散し、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を作成し、メタノール分散液を容器に充填する。第二の処理は、鉄、パーマロイ、ケイ素鋼、センダスト、ないしは、電磁ステンレス鋼のいずれかの材質からなる軟磁性扁平粉の集まりを、メタノールの重量に対し、用いる扁平粉の密度に対するメタノールの密度の比率を掛け合わせた重量より少ない重量として秤量し、該扁平粉の集まりを容器に投入し、軟磁性扁平粉を撹拌する。第三の処理は、ホモジナイザー装置を容器内に配置し、ホモジナイザー装置を容器内で稼働させる。第四の処理は、容器に３方向の衝撃加速度を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃加速度を加える。これら４つの処理を連続して実施すると、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して、扁平粉の扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりが、容器の底面に底面の形状として形成される。

第五の処理は、容器をメタノールの沸点に昇温する。第六の処理は、容器内の扁平粉の集まりの表面全体を覆う板材を、扁平粉の集まりの表面全体に被せ、板材の表面全体を均等に圧縮し、オクチル酸ニッケルの微細結晶を、さらに微細な結晶に破砕する。これによって、扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、扁平粉の集まりの表面全体に、さらに微細になったオクチル酸ニッケルの結晶の集まりが、重なり合って高い密度で集積する。

第七の処理は、板材の表面に圧縮荷重を均等に加え、容器をオクチル酸ニッケルの熱分解が完了する２９０℃に昇温し、オクチル酸ニッケルを熱分解させる。第八の処理は、容器に前後、左右、上下の３方向の衝撃加速度を加え、扁平粉の集まりからなるシートを、容器の底面から引き剥がす。この結果、摩擦熱で接合したニッケルの１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の集まりを介して、扁平粉の扁平面同士が接合した扁平粉の集まりからなるシートが得られる。なお、窒素雰囲気におけるオクチル酸ニッケルの熱分解温度は、大気雰囲気に比べ、５０℃高い３４０℃である。

ここで、８つの処理で起こる現象と、各々の処理がもたらす作用効果を説明する。

第一の処理において、オクチル酸ニッケルをメタノールに分散すると、オクチル酸ニッケルが分子状態となってメタノールに分散する。これによって、ニッケルのナノ粒子の原料

が液相化される。なお、オクチル酸ニッケルはメタノールに溶解しないため、オクチル酸ニッケルからメタノールを気化すると、オクチル酸ニッケルの微細結晶が析出する。
第二の処理において、鉄、パーマロイ、ケイ素鋼、センダスト、ないしは、電磁ステンレス鋼のいずれかの材質からなる軟磁性扁平粉の集まりを、メタノールの重量に対し、用いる扁平粉の密度に対するメタノールの密度の比率を掛け合わせた重量より少ない重量として秤量し、軟磁性扁平粉の集まりを容器に投入し、軟磁性扁平粉の集まりを撹拌する。いっぽう、軟磁性扁平粉の硬度が材質に応じて異なるため、扁平粉の厚みは材質によって変わる。軟磁性扁平粉の中で最も硬度が高く、扁平しにくい還元鉄粉を扁平処理した扁平粉の厚みは、１０－２０μｍと厚い。粒径が１００μｍで、厚みが１５μｍからなる還元鉄粉の扁平粉の重量は０．９２７×１０$^{-6}$ｇである。これに対し、鉄・ケイ素・アルミニウムからなる三元合金であるセンダストに、微量のニッケルを添加し、ケイ素の添加量を減らし、扁平処理を容易にさせた扁平粉の厚みは、１－１．５μｍと薄い。粒径が４０μｍで、厚みが１μｍからなるセンダストの扁平粉の重量は０．８６×１０$^{-8}$ｇである。なお、鉄の密度は７．８ｇ／ｃｍ^{3}で、センダストの密度は７．６ｇ／ｃｍ^{3}であり、両者の密度は近い。還元鉄粉の扁平粉の重量が、センダストの扁平粉の重量に比べて２桁大きくなった理由は、扁平粉の厚みと粒径の違いによる。いっぽう、メタノールの密度は０．７９２ｇ／ｃｍ^{3}で、オクチル酸ニッケルの密度は、１．０８ｇ／ｃｍ^{3}である。従って、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液の密度は、軟磁性の扁平粉の密度の１／１０に近い。このため、用いる軟磁性扁平粉の重量は、オクチル酸ニッケルを分散させたメタノールの重量の１０倍より少ない。いっぽう、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液の密度は、軟磁性の扁平粉の密度の１／１０に近い。このため、軟磁性粉の集まりが占める重量と密度から算出した理論的な体積は、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液の体積より少ない。しかし、１枚の軟磁性扁平粉の重量は極めて僅かである。さらに、オクチル酸ニッケルのメタノールの分散濃度は、１０重量％程度と低い。このため、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液の粘度は、メタノールの粘度に近い。なお、メタノールの粘度は、０．５９ｍＰａ・秒と極めて低い。従って、軟磁性扁平粉の集まりを、メタノールの重量の１／１０より少ない重量として秤量し、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液に混合し、軟磁性扁平粉の集まりを、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液中で撹拌すると、１枚の軟磁性扁平粉の重量が極めて小さいため、低密度で低粘度のオクチル酸ニッケルのメタノール分散液中に、軟磁性扁平粉がよく分散し、メタノール分散液に、軟磁性扁平粉が均等に混じり合う。これによって、軟磁性扁平粉の重量、厚み、大きさ、密度が異なっても、全ての軟磁性扁平粉が、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液で覆われる。
第三の処理において、ホモジナイザー装置を容器内に配置し、ホモジナイザー装置を容器内で稼働させる。この際、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液が、低粘度で低密度の液体であるため、ホモジナイザー装置が発生する衝撃波が、メタノール分散液を励起させる際に消費される割合が少なく、メタノール分散液を介して、軟磁性扁平粉の集まりに衝撃波が効率よく繰り返し加わる。これによって、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して、全ての軟磁性扁平粉に、衝撃波が繰り返し加わる。いっぽう、密度が７．８ｇ／ｃｍ^{3}で、粒径が１００μｍと大きく、厚みが１５μｍと極めて厚い還元鉄粉の扁平粉の重量であっても、僅か１×１０$^{-6}$ｇである。従って、軟磁性扁平粉の扁平面同士が複雑に重なり合った扁平粉であっても、極めて軽量の軟磁性扁平粉に衝撃波が繰り返し加わり、扁平面同士が重なり合った扁平粉が、１枚１枚の扁平粉に分離され、分離した扁平粉をオクチル酸ニッケルのメタノール分散液が覆う。
第四の処理において、容器に３方向の衝撃加速度を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃加速度を加える。つまり、ホモジナイザー装置に依る処理で、扁平面で重なり合った軟磁性扁平粉が１枚１枚の軟磁性扁平粉に分離され、全ての軟磁性扁平粉が、低粘度で低密度のオクチル酸ニッケルのメタノール分散液で覆われ、メタノール分散液に均等に分散している。こうした軟磁性扁平粉の集まりに、３方向の衝撃加速度を繰り返し加えると、軟磁性扁平粉が極めて軽量であるため、低粘度で低密度のオクチル酸ニッケルのメタノール分散液が、扁平粉を伴って衝撃加速度の方向に繰り返し移動する。この際、軟磁性扁平粉は

アスペクト比が大きい扁平面を有するため、扁平面を上にして、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液と共に、衝撃加速度の方向に繰り返し移動する。軟磁性扁平粉がオクチル酸ニッケルのメタノール分散液中での移動を繰り返すと、扁平面を上にして扁平粉同士が再配列して重なり合う現象が、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液中で進む。こうして、軟磁性扁平粉の扁平面同士がオクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して重なり合う。この結果、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して、扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりが、容器の底面の全体に底面の形状として広がる。最後に上下方向の衝撃加速度を加え、容器への衝撃力の印加を停止する。

第五の処理において、容器をメタノールの沸点に昇温する。この際に、１００ｎｍより小さい大きさからなるオクチル酸ニッケルの微細結晶の集まりが、軟磁性扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、軟磁性扁平粉の集まりの表面全体に重なり合って析出する。つまり、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液において、オクチル酸ニッケルが分子状態でメタノールに分散したため、メタノールを気化させると、分散前のオクチル酸ニッケルが、１００ｎｍより小さい大きさからなる微細結晶の集まりとして析出する。なお、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液におけるオクチル酸ニッケルの分散濃度が低く、過剰なメタノールが気化する。この際に、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に重なり合って析出した微細結晶の厚みは薄く、サブミクロンの厚みである。いっぽう、分子状態で分散していたオクチル酸ニッケルが微細結晶として析出したため、微細結晶は、オクチル酸ニッケルの単分子を形成する結晶が集積した結晶の集まりである。このため、微細結晶に応力が加わると、微細結晶は容易に破砕する。しかし、微細結晶が微細になるほど、微細結晶に応力が加わることが難しくなり、微細結晶の微細化には限界がある。また、気化したメタノールは回収機で回収し、再利用する。

第六の処理において、容器内の軟磁性扁平粉の集まりの表面全体を覆う板材を、軟磁性扁平粉の集まりの表面全体に被せ、板材の表面全体を均等に圧縮する。この際に、軟磁性扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、軟磁性扁平粉の集まりの表面全体に重なり合って析出したオクチル酸ニッケルの微細結晶の集まりが、より微細な結晶に破砕される。微細結晶の大きさが相対的に大きい結晶ほど粉砕されやすいため、相対的に大きい微細結晶が優先して破砕され、圧縮荷重が加えられている間は、微細結晶の破砕が進む。いっぽう、微細結晶が破砕されると、新たな空隙が微細結晶の集まりに形成され、破砕されより微細になった結晶の集まりが空隙に移動して空隙を埋める。こうした微細結晶の破砕が進むに連れ、軟磁性扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、軟磁性扁平粉の集まりの表面全体に、破砕されより微細になった結晶が高い密度で重なり合い、より微細になった結晶の集まりが高い密度で集積し、結晶の集まりによって、厚みが薄い層を形成する。オクチル酸ニッケルの結晶の破砕が限界の大きさになると、板材に圧縮荷重を加えても、微細結晶の粉砕が進まず、圧縮荷重を加えた板材に動きがみられなくなり、板材からの反発力が増加する。この時点で板材の表面を圧縮する処理を停止する。この結果、微細結晶の大きさは、析出した時点の大きさに比べ、１／５に近い２０ｎｍ前後の大きさまで微細化され、軟磁性扁平面同士の間隙と、軟磁性扁平粉の集まりの表面に、高い析出密度で重なり合った２０ｎｍ前後の大きさのオクチル酸ニッケルの微細結晶の厚みは、１２０－１８０ｎｍの厚みになる。なお、板材に加える圧縮荷重は、容器の大きさと、微細結晶の量とに応じて、１０－１００ｋｇ重に相当する圧縮荷重を加える。また、容器に加える衝撃加速度は、容器の大きさと、微細結晶の量とに応じて、０．２－１．０Ｇの衝撃加速度を加える。これによって、軟磁性扁平粉の扁平面同士が重なり合った間隙と、扁平粉の集まりの表面全体において、２０ｎｍ前後の大きさのオクチル酸ニッケルの結晶の集まりが高い密度で重なり合う。

第七の処理において、板材の表面全体に圧縮荷重を均等に加え、容器をオクチル酸ニッケルの熱分解が完了する２９０℃に昇温し、オクチル酸ニッケルの微細結晶を熱分解させる。最初に、扁平粉に吸着していた水分、水酸基を持つ化合物からなる異物が気化する。次に、オクチル酸ニッケルの微細結晶の熱分解が始まり、オクチル酸ニッケルが、オクチル酸とニッケルとに熱分解し、オクチル酸の分子の気化が完了した際に、ニッケルの分子が

集まって、１０ｎｍ前後の大きさからなる粒状のニッケルのナノ粒子を形成し、該粒状のニッケルのナノ粒子の６－８個が重なり合って一斉に析出する。ニッケルのナノ粒子は、不純物を一切含まず、真性なニッケルのナノ粒子として析出する。また、ニッケルのナノ粒子は、活性状態のナノ粒子として析出する。このため、隣接したニッケルのナノ粒子同士は、接触部で金属結合する。この後、金属結合したニッケルのナノ粒子は、摩擦熱であらためて接合する。いっぽう、オクチル酸ニッケルの微細結晶の熱分解が進む際に、軟磁性扁平粉に吸着していた有機物からなる異物が気化する。これによって、軟磁性扁平粉の扁平面が清浄化され、清浄化された扁平面に、真性なニッケルのナノ粒子の集まりが析出し、扁平面に摩擦熱で接合するニッケルのナノ粒子の接合力が増大する。また、真性なニッケルのナノ粒子同士の摩擦熱による接合力も増大する。なお、ニッケルのナノ粒子が１０ｎｍ前後と小さく、粒状のナノ粒子が扁平面に接触する接触面積が極めて僅かであるため、摩擦熱でニッケルの粒状のナノ粒子が扁平面に接合する際に、扁平面に応力歪が発生しない。このため、軟磁性扁平粉の集まりからなるシートを、歪取り焼鈍する必要はない。

第八の処理において、容器に前後、左右、上下の３方向の衝撃加速度を加え、軟磁性扁平粉の集まりからなるシートを、容器の底面から引き剥がす。この結果、軟磁性扁平粉の集まりからなるシートが得られる。なお、扁平粉の集まりの表面と、扁平同士の間隙に形成されるニッケルのナノ粒子の集まりの層は、６－８個のナノ粒子の集まりに相当する６０－８０ｎｍのごく薄い厚みからなる層であり、また、１０ｎｍ前後の大きさからなるニッケルのナノ粒子の大きさは、扁平粉の扁平面に比べると２桁以上小さい。このため、軟磁性扁平粉の集まりからなるシートは、軟磁性扁平粉の性質が優勢になる。

ここで、軟磁性扁平粉を１８段落に記載した扁平粉として用い、オクチル酸ニッケルを１８段落に記載した有機金属化合物として用い、１８段落に記載した方法に従って、軟磁性扁平粉の扁平面同士を、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合した軟磁性扁平粉の集まりからなるシートは、次の作用効果をもたらす。

第一に、軟磁性扁平粉の扁平面同士を接合する物質を、ニッケルのナノ粒子の集まりとし、さらに、ニッケルのナノ粒子の原料であるオクチル酸ニッケルをメタノールに分散して液相化した。この液体が、低粘度で低密度の液体であるため、第二、第三の処理を継続して実施することで、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を、１枚１枚に分離した軟磁性扁平粉の扁平面同士の間隙に介在させることが可能になる。

第二に、ホモジナイザー装置を容器内で稼働させ、ホモジナイザー装置によって発生した衝撃波は、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液が低粘度で低密度であるため、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を励起させる際に消費される割合が少なく、衝撃エネルギーの多くが、軟磁性扁平粉の集まりに効率よく繰り返し伝わる。このため、複雑に扁平面同士が重なり合った軟磁性扁平粉であっても、軟磁性扁平粉が極めて軽量であるため、確実に１枚１枚の扁平粉に分離され、扁平粉の材質、形状、粒度分布に拘わらず、全ての扁平粉の表面に、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液が接触する。なお、軟磁性扁平粉の表面はいずれも疎水性で、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液と反応せず、軟磁性扁平粉の表面にオクチル酸ニッケルのメタノール分散液が接触する。

第三に、容器内に、左右、前後、上下の３方向の衝撃力を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃力を加える。この際、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液が低粘度で低密度であり、軟磁性扁平粉が極めて軽量であるため、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液が、軟磁性扁平粉を伴って衝撃加速度の方向に繰り返し移動する。これによって、扁平面を上にして軟磁性扁平粉が再配列して重なり合う現象が、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液中で進む。この結果、軟磁性扁平粉が容器の底面の全体に広がり、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりが、容器の底面に、底面の形状として形成される。

第四に、１枚１枚の軟磁性扁平粉に分離した扁平粉を、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して、扁平面同士で重ね合わせるため、軟磁性扁平粉のアスペクト比が大きいほど、軟磁性扁平粉の使用量が減る。このため、高価な軟磁性扁平粉であっても、扁平面

同士を重ね合わせた軟磁性扁平粉の集まりからなるシートを安価に製造できる。
第五に、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりからメタノールを気化させ、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、オクチル酸ニッケルの微細結晶の集まりを析出させる。さらに、軟磁性扁平粉の集まりの表面の全体を均等に圧縮する。これによって、微細結晶が１／５程度の大きさに破砕されるとともに、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、破砕された結晶の集まりが、重なり合って高い密度で集積する。この破砕された２０ｎｍ前後の大きさからなるオクチル酸ニッケルの微細結晶は、扁平粉の扁平面同士を接合する１０ｎｍ前後の大きさからなるニッケルのナノ粒子の集まりの原料になる。
第六に、軟磁性扁平粉の集まりを均等に圧縮しながら昇温し、破砕されたオクチル酸ニッケルの微細結晶を熱分解させる。この際、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、ニッケルのナノ粒子の集まりが、重なり合って高い密度で一斉に析出する。さらに、軟磁性扁平粉の集まりが均等に圧縮され、高い密度で析出したニッケルのナノ粒子の集まりが、扁平面に摩擦熱で接合するとともに、ニッケルのナノ粒子同士が摩擦熱で接合する。つまり、ニッケルのナノ粒子の集まりが、高い密度で重なり合って析出したため、圧縮されたナノ粒子は、ナノ粒子の集まりにおける移動が難しくなり、扁平面に接触するナノ粒子の接触部と、ナノ粒子同士の接触部に、摩擦熱が発生し、摩擦熱による接合力でニッケルのナノ粒子が扁平面に接合し、また、摩擦熱による接合力でニッケルのナノ粒子同士が接合する。
第七に、鉄、パーマロイ、ケイ素鋼、センダスト、ないしは、電磁ステンレス鋼からなる軟磁性扁平粉を、扁平粉の集まりからなるシートを製造する際の扁平粉として用いることができる。つまり、オクチル酸ニッケルの熱分解温度は、大気雰囲気の２９０℃である。いっぽう、鉄、パーマロイ、ケイ素鋼、センダスト、ないしは、電磁ステンレス鋼のいずれの軟磁性扁平粉の融点は２９０℃より著しく高く、また、いずれの軟磁性扁平粉も低温脆性を持たず、極低温での使用が可能になる。従って、軟磁性扁平粉の扁平面同士が接合した扁平粉の集まりからなるシートは、高温、極低温、真空、高圧下など、過酷な環境でも使用できる。なお、窒素雰囲気におけるオクチル酸ニッケルの熱分解温度は、大気雰囲気に比べ、５０℃高い３４０℃であるが、軟磁性扁平粉の融点より著しく低い。
第八に、軟磁性扁平粉の扁平面同士をニッケルのナノ粒子の集まりで接合した。ニッケルは、最大比透磁率が６００である。また、複素透磁率が、２．４５ＧＨｚで、実部が１．５９２で、虚部が１．３４９である。従って、ニッケルは、金属ないしは金属酸化物の中で、最大比透磁率と複素透磁率の双方が、一定の値を持つ強磁性体である。磁気シールドの性能は鉄より劣るが、高周波数の周波数帯域において、複素透磁率が一定の値を持つ。このため、ニッケルのナノ粒子は、軟磁性扁平粉の扁平面同士を接合したシートにおける軟磁性扁平粉の透磁率の特性を阻害しない。
第九に、オクチル酸ニッケルは、汎用的な工業用の薬品である。また、扁平粉の扁平面同士を接合させるため、使用する扁平粉の量が少ない。さらに、扁平面同士をニッケルのナノ粒子の集まりで接合する８つの処理は、いずれも簡単な処理である。従って、安価な材料を用い、安価な費用で、軟磁性扁平粉の集まりからなるシートが製造できる。
以上に説明したように、本製造方法で製造した軟磁性扁平粉の集まりからなるシートは、扁平面同士をニッケルのナノ粒子の集まりで接合したため、従来の軟磁性扁平粉の集まりにはない画期的な作用効果を持つ軟磁性扁平粉の集まりからなるシートである。
【００２２】
２０段落に記載した軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、複数種類の合金の軟磁性扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法であり、該複数種類の合金の軟磁性扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、
２０段落に記載した軟磁性扁平粉が、２０段落に記載した鉄を除く複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉であり、該複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉の複素透磁率の虚部の周波数特性が、各々の前記合金からなる軟磁性扁平粉において互いに異なり、かつ、各々の前記合金からなる軟磁性扁平粉の前記複素透磁率の虚部の周波数特性が、異なる周波数範

囲を前記複素透磁率の虚部が互い補完し合う前記複素透磁率の虚部の周波数特性を有し、該複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉を、１８段落に記載した扁平粉として用い、２０段落に記載したオクチル酸ニッケルを、１８段落に記載した有機金属化合物として用い、１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記複数種類の合金の軟磁性の扁平粉の扁平面同士が、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合した該複数種類の合金の扁平粉の集まりからなるシートを製造する、複数種類の合金の軟磁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法。

【００２３】

１６段落に記載したように、軟磁性粉を磁化の容易軸方向である面方向に扁平化すると、反磁場係数が小さくなり、扁平率が大きいほど複素透磁率の虚部μ”が増大する。また、軟磁性扁平粉の材質によって、扁平粉の複素透磁率の虚部の周波数特性は大きく変わる。従って、金属ないしは合金からなる複数種類の軟磁性扁平粉において、複素透磁率の虚部の周波数特性が互いに異なり、各々の複素透磁率の虚部の周波数特性が、異なる周波数範囲を互い補完し合う複素透磁率の虚部の周波数特性であれば、こうした金属ないしは合金からなる複数種類の軟磁性扁平粉を用い、複数種類の扁平粉をランダムに扁平面同士で接合してシートを形成すれば、シートに複数種類の扁平粉の複素透磁率の虚部の特性が反映され、シートは広い周波数帯域において、電磁ノイズを吸収する。また、電磁波が互いに干渉することに依る電磁ノイズの干渉防止のシートになる。

しかしながら、金属ないしは合金からなる複数種類の軟磁性扁平粉の中で、還元鉄粉の扁平粉のみが、他の軟磁性扁平粉に比べ硬度が高いため、扁平粉の厚みが１０－２０μｍと極めて厚い。これに対し、他の軟磁性扁平粉は、アトマイズ軟磁性紛ないしは還元軟磁性粉の組成を微細に調整し、これによって、硬度を低下させ、扁平処理を可能にし、厚みの偏差は１－１．５μｍの範囲内に入る。従って、還元鉄粉の扁平粉が、他の材質からなる扁平粉と一緒に混合された扁平粉の集まりを、２０段落に記載した方法で処理した際に、全ての扁平粉の扁平面同士がオクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して重なり合わない。このため、複数種類の金属ないしは合金からなる軟磁性扁平粉を用いてシートを製造する際に、２０段落に記載した金属ないしは合金からなる軟磁性の扁平粉から、還元鉄粉の扁平粉を除く。従って、複数種類の軟磁性扁平粉は、合金からなる複数種類の軟磁性扁平粉になる。

この結果、２０段落に記載した複数種類の軟磁性扁平粉が、第一に、還元鉄粉の扁平粉を除く複数種類の合金からなる扁平粉であり、第二に、該複数種類の合金からなる扁平粉の複素透磁率の虚部の周波数特性が互いに異なり、第三に、各々の扁平粉の複素透磁率の虚部の周波数特性が、異なる周波数範囲を互い補完し合う複素透磁率の虚部の周波数特性を持つ、３つの特徴を持つ複数種類の軟磁性扁平粉の組み合わせが可能になる。さらに、該３つの特徴を持つ複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉を、２０段落に記載した軟磁性扁平粉として用い、２０－２１段落に記載した方法に従って８つの処理を行うと、複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉が、ランダムに扁平面同士で接合した軟磁性扁平粉の集まりからなるシートが製造される。このシートには、３つの特徴を持つ複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉の複素透磁率の虚部の特性が反映され、１種類の扁平粉では困難であったより広い周波数帯域において、複素透磁率の虚部が一定の大きさを持つため、従来は困難であった広い周波数帯域の電磁ノイズを吸収する、ないしは、電磁ノイズの干渉を防止するシートになる。

いっぽう、扁平粉は、１６段落に記載したように、アトマイズ軟磁性粉ないしは還元軟磁性粉を、メディア撹拌型ミルに依ってアトライタ処理して扁平粉を製造する。従って、扁平粉の材質が異なると、アトマイズ軟磁性粉ないしは還元軟磁性粉の形状と構造と硬度が変わるため、扁平率のみならず、扁平粉の形状と粒径分布と硬度が異なる。しかしながら、前記したように、厚みの偏差は１－１．５μｍと狭く、かつ、厚みが薄い。さらに、軟磁性扁平粉の集まりからなるシートの製造方法は、２０－２１段落に記載した８つの処理からなる。いっぽう、還元鉄粉を除く複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉が、扁平粉の扁平率、形状、粒度分布、硬度が異なる複数種類の合金からなる扁平粉であっても、８つ

の処理が可能である。このため、還元鉄粉を除く複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉の集まりについて、扁平粉の扁平面同士を、ニッケルのナノ粒子の集まりで、ランダムに接合したシートが製造できる。
このシートは、２１段落に記載した作用効果に類似した次の作用効果をもたらす。
第一に、複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉の集まりについて、扁平粉の扁平面同士の間隙に、ニッケルのナノ粒子の６－８個が積み重なって析出し、６０－８０ｎｍのごく薄い厚みからなる接合層を形成して、扁平面同士をランダムに接合する。ニッケルのナノ粒子の大きさが扁平粉の面積より２桁以上小さいため、複数種類の合金からなるシートは、複数種類の合金の扁平粉の性質が優勢になる。
第二に、容器の底面に、該底面の形状としシートを形成するため、シートの面積と形状の制約はない。また、還元鉄粉を除く複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉が、扁平粉の扁平率、形状、粒度分布、硬度が異なる複数種類の合金からなる扁平粉であっても、シートを形成する８つの処理が可能であるため、還元鉄粉を除く複数種類の合金からなる扁平粉の扁平面同士をニッケルのナノ粒子の集まりで接合したシートが製造できる。このため、本シートの製造方法は、扁平還元鉄粉を除く軟磁性の扁平粉に対し、汎用性を持ってシートが形成できる。
第三に、比透磁率が大きい複数種類の合金からなる軟磁性扁平粉の扁平面同士を重ね合わせたシートは、磁気シールド効果が高いシートになる。さらに、シートの厚みを、扁平粉の表皮の深さに近づければ、少ない扁平粉の使用量で、広い面積のシートが形成でき、全ての扁平粉が磁気シールドに参加し、磁気シールドの効果が高まる。
第四に、複数種類の合金からなる軟磁性の扁平粉が、複素透磁率の虚部の周波数特性が互いに異なり、各々の複素透磁率の虚部の周波数特性が、異なる周波数範囲を互い補完し合う複素透磁率の虚部の周波数特性であれば、複数種類の合金からなる軟磁性の扁平粉の集まりを用いて形成したシートは、従来は困難であった幅広い周波数帯域において、電磁ノイズを吸収する。また、シートの厚みを、複数種類の合金の扁平粉の表皮の深さに近づければ、少ない扁平粉の使用量で、広い面積のシートが形成でき、全ての扁平粉が電磁ノイズの吸収に参加し、電磁ノイズの吸収効果が高まる。
以上に説明したように、本製造方法で製造した複数種類の合金の軟磁性扁平粉の集まりからなるシートは、複数種類の合金の軟磁性扁平粉の扁平面同士を、ニッケルのナノ粒子の集まりでランダムに接合したため、従来の軟磁性扁平粉の集まりにはない複数種類の合金の軟磁性扁平粉の作用効果を持つシートである。
【００２４】
１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、金属ないしは合金のフレーク粉の集まりからなるシートを製造する方法であり、該金属ないしは該合金のフレーク粉の集まりからなるシートを製造する方法は、
１８段落に記載した扁平粉が、銀、銅、真鍮、ニッケル、ないしは、アルミニウムのいずれか１種類の材質からなる金属ないしは合金のフレーク粉であり、１８段落に記載した有機金属化合物が、オクチル酸銅、オクチル酸アルミニウム、ないしは、オクチル酸ニッケルのいずれか１種類のオクチル酸金属化合物であり、前記いずれか１種類の材質からなる金属ないしは合金のフレーク粉を、１８段落に記載した扁平粉として用い、前記いずれかのオクチル酸金属化合物を、１８段落に記載した有機金属化合物として用い、１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記いずれか１種類の材質からなる金属ないしは合金のフレーク粉の扁平面同士が、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルからなるナノ粒子の集まりを介して接合した該いずれか１種類の金属ないしは合金のフレーク粉の集まりからなるシートを製造する、金属ないしは合金のフレーク粉の集まりからなるシートを製造する方法。
【００２５】
最初に、本発明で用いる金属ないしは合金からなるフレーク粉の製造方法を説明する。
アルミニウムを除く銀、銅、真鍮、ないしは、ニッケルからなるフレーク粉は、銀、銅、真鍮、ないしは、ニッケルからなる金属ないしは合金の粉体を、スタンプミルを用い、多

数の金属製の杵で金属粉ないしは合金粉を叩き、薄いフレーク状になるように延ばして扁平加工され、薄片状のフレーク粉を製造する。なお、真鍮からなるフレーク粉を、洋金粉と呼ぶことがある。この金属ないしは合金のフレーク粉は、多数の金属製の杵で金属粉ないしは合金粉を叩く際に、表面にうねりが形成され、フレーク粉の平面度は高くない。いっぽう、アルミニウムについては、微粒子の活性度が高いため、アトマイズ法で製造した微粒子を、湿式ボールミルで扁平処理し、鱗片状のフレーク粉を製造する。このアルミニウムのフレーク粉は、湿式ボールミルによる扁平処理に依る表面粗さを持つ。これらの金属ないしは合金のフレーク粉は、長軸に対する厚みの比率であるアスペクト比が高い。従って、扁平面同士を重ね合わせれば、少ない量のフレーク粉の集まりで、一定の面積を持つシートが形成できる。また、フレーク粉の表面が滑らかであるため、表面の摩擦係数は、０．２０－０．２５と小さい。このため、金属ないしは合金のフレーク紛は、表面が潤滑性を持つとともに、材質に基づく導電性と熱伝導性と、金属ないしは合金が持つ固有の色彩と光沢性を兼備する。なお、軟質金属の中で、錫の融点は２３２℃で、オクチル酸金属化合物の熱分解温度より低く、また、－４０℃付近で低温脆性を起こす。同様に、亜鉛も低温脆性を起こす。このため、錫と亜鉛からなるフレーク粉は、フレーク粉の集まりからなるシートを作成する際の原料から除いた。

次に、金属ないしは合金のフレーク粉の扁平面同士を接合する、ナノ粒子の材質について説明する。

ナノ粒子の材質が導電性と熱導電性に優れていれば、金属のナノ粒子の集まりで接合したフレーク粉の集まりからなるシートは、扁平粉では得られない広い面積からなる導電性と熱導電性に優れたシートになる。また、ナノ粒子が透明性を持つ材質で構成すれば、透明性のナノ粒子の集まりで接合したフレーク粉の集まりからなるシートは、金属ないしは合金が持つ固有の色彩と光沢性とを持つシートになる。いっぽう、金属の導電性は、銀、銅、金、アルミニウム、カルシウム、マグネシウムの順で優れている。また、金属の熱伝導性は、銀、銅、金、アルミニウム、マグネシウム、亜鉛の順で優れている。さらに、ナノ粒子の原料であるオクチル酸金属化合物が、相対的に安価であることが望ましい。従って、導電性と熱導電性に優れたシートを製造する際は、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子で、フレーク粉の扁平面同士を接合することが適切である。いっぽう、金属ないしは合金が持つ固有の色彩と光沢性とを持つシートを製造する際は、フレーク粉の扁平面同士を、透明性のナノ粒子の集まりで接合することが適切である。アルミニウムないしはニッケルからなるナノ粒子の集まりは、透明性を持つため、アルミニウムないしはニッケルからなるナノ粒子の集まりで接合されたフレーク粉の集まりは、フレーク粉が持つ固有の色彩と光沢性とを持つシートになる。

ここで、透明性のナノ粒子について説明する。透明性の物質は、可視光線の波長領域での屈折率が０．４以上で２．４以下である第一の特徴と、大きさが可視光線の波長より１桁以上小さい微粒子である第二の特徴を兼備する必要がある。すなわち、屈折率が０．４以上で２．４以下である物質で、フレーク粉の扁平面同士を接合すると、屈折率が空気の屈折率１に近いため、光線の表面反射率と全光線透過率によって、７割以上の可視光線が、フレーク粉の扁平面に入射する。なお、表面反射率と全光線透過率とは、２７段落で説明する。さらに、大きさが可視光線の波長より１桁以上小さい微粒子であると、微粒子の集まりで可視光線は殆ど散乱せず、高い透明性を持って可視光線が透過する。この結果、屈折率が０．４以上で２．４以下であり、大きさが可視光線の波長より２桁近く小さいナノ粒子の集まりを、フレーク粉の表面に形成すると、ナノ粒子の集まりを可視光線が透過する。また、ナノ粒子の集まりを介して扁平面同士を接合すると、扁平面同士の間隙を可視光線が透過する。なお、微粒子の集まりにおける光の散乱は、２７段落で説明する。

こうした２つの特徴を兼備する透明性の物質として、ニッケルないしはアルミニウムからなるナノ粒子が存在する。すなわち、ニッケルないしはアルミニウムは、可視光線の波長領域（３８０－７５０ｎｍ）での屈折率が０．４以上で２．４以下である。

すなわち、ニッケルの屈折率は、３８０ｎｍで１．６１、波長が長くなると共に増大し、５３９ｎｍで１．７５、７０９ｎｍで２．２１、７２９ｎｍで２．２８、７５０ｎｍで２

．３４である。従って、フレーク粉の集まりからなる表面を覆うニッケルのナノ粒子の集まりの表面と、フレーク粉の扁平面同士を接合するニッケルのナノ粒子の集まりからなる接合層の表面で、空気とニッケルとの屈折率の違いで光が反射する。この際、光の透過率は、３８０ｎｍで８９％、５３９ｎｍで８６％、７０９ｎｍで７４％、７２９ｎｍで７２％、７５０ｎｍで７０％になる。従って、赤色の可視光線の成分の一部がニッケルのナノ粒子の集まりの表面で反射される。また、ニッケルのナノ粒子の大きさは、可視光線の波長より２桁近く小さい。このため、ニッケルのナノ粒子の集まりに入り込んだ光は、殆ど散乱することなくニッケルのナノ粒子の集まりを透過する。

これに対し、アルミニウムの屈折率は、８００ｎｍで最大の２．８０で、波長が短くなるにつれ急減し、７５０ｎｍで２．４０、７０８ｎｍで１．９１、５６０ｎｍで空気の屈折率１に最も近づき、４５０ｎｍで０．６２０、３８０ｎｍで０．４５となる。従って、アルミニウムのナノ粒子の集まりからなる表面で、空気とアルミニウムとの屈折率の違いで光が反射する。この際、光の透過率は、７５０ｎｍで６９％、７０８ｎｍで８１％、５６０ｎｍで１００％、４５０ｎｍで８９％、３８０ｎｍで７３％である。このため、アルミニウムのナノ粒子の集まりの表面で、赤色と紫色との可視光線の一部が反射される。また、アルミニウムのナノ粒子の大きさは、可視光線の波長より２桁近く小さい。このため、アルミニウムのナノ粒子の集まりに入り込んだ光は、殆ど散乱することなくアルミニウムのナノ粒子の集まりを透過する。

以上に説明したように、アルミニウムのナノ粒子の集まりでは、可視光線を構成する光線の一部が、アルミニウムのナノ粒子の集まりの表面で反射され、この光線に相当する色彩を放つが、アルミニウムのナノ粒子の集まりは透明性を持つ。また、ニッケルのナノ粒子の集まりでは、ニッケルのナノ粒子の集まりは無色に近く、また、透明性を持つ。以上に説明したように、アルミニウムないしはニッケルからなるナノ粒子の集まりは、透明性を保って、フレーク粉の扁平面同士を接合する。このため、フレーク粉が反射する色彩と光沢は失われない。

次に、金属ないしは合金からなるフレーク粉の扁平面同士を、ナノ粒子の集まりで接合する際に起こる現象を説明する。フレーク粉を構成する銀、銅、真鍮、ニッケル、ないしは、アルミニウムのモース硬度は、銀が２．７で、アルミニウムが２．９で、銅が３．０で、真鍮が３－４で、ニッケルが３．５である。ヤング率は、アルミニウムが６９ＧＰａで、銀が８２．７ＧＰａで、銅が１３０ＧＰａで、真鍮が１０３ＧＰａないしは１１０ＧＰａで、ニッケルが２０４ＧＰａである。このため、フレーク粉を構成する金属ないしは合金は、いずれもモース硬度が低い。いっぽう、ナノ粒子が１０ｎｍ程度の大きさであるため、フレーク粉の中で最も厚みが薄いフレーク粉の厚みは、ナノ粒子の大きさの２０倍であり、最も表面積が狭い扁平粉の面積は、ナノ粒子の大きさの１０００倍である。こうしたフレーク粉の扁平面にナノ粒子が接触する接触面積は、極めて微小である。また、ナノ粒子同士が接触する面積も、極めて微小である。いっぽう、前記したように、ニッケルを除く金属ないしは合金のヤング率は小さく、延性と展性に優れている。従って、ニッケルを除く金属ないしは合金のフレーク粉の扁平面同士を、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子の集まりで接合する際に、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子が、扁平面に接触し、扁平面における接触部の局部的な部位が弾性変形する。この際に、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。いっぽう、ナノ粒子もヤング率が小さい銅ないしはアルミニウムであるため、ナノ粒子における接触部の局部的な部位が弾性変形する。この際に、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。両者の摩擦熱によって、金属ないしは合金からなるフレーク粉の扁平面同士が、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子の集まりによって接合する。また、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子同士の接触部の局部的な部位が弾性変形し、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。これによって、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子同士が摩擦熱で接合する。いっぽう、ニッケルからなるフレーク粉の扁平面に、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子が接触した際に、ナノ粒子の接触部の局部的な部位が弾性変形する。この際に、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。いっぽう、ニッケルの扁平粉は、ヤング率が大きいため、扁平面におけ

る接触部の局部的な部位は、弾性変形しないが、摩擦熱が発生する。両者の摩擦熱によって、ニッケルからなるフレーク粉についても、扁平面同士が、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子の集まりで接合する。また、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子同士の接触部の局部的な部位が弾性変形し、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。これによって、銅ないしはアルミニウムからなるナノ粒子同士が摩擦熱で接合する。

これに対し、金属ないしは合金のフレーク粉の扁平面に、ニッケルからなるナノ粒子が接触した際に、扁平面における接触部の局部的な部位が優先して弾性変形する。この際に、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。いっぽう、ニッケルのナノ粒子は、ヤング率が大きいため、ナノ粒子における接触部の局部的な部位は、弾性変形しないが、摩擦熱が発生する。従って、両者の摩擦熱によって、金属ないしは合金からなるフレーク粉の扁平面同士が、ニッケルからなるナノ粒子の集まりで接合する。また、ニッケルからなるナノ粒子同士の接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。これによって、ニッケルからなるナノ粒子同士が摩擦熱で接合する。

この結果、金属ないしは合金のフレーク粉の扁平面同士が、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルからなるナノ粒子の集まりで接合する。また、ナノ粒子同士も、摩擦熱で接合する。

ところで、金属ないしは合金のフレーク粉の耐熱温度は、軟化点で決まり、最も低いアルミニウムの軟化点は３５０℃である。また、銀、銅、真鍮、ニッケル、ないしは、アルミニウムからなる金属ないしは合金は低温脆性を持たないので、極低温での使用が可能になる。このため、フレーク粉の扁平面同士を接合したフレーク粉の集まりからなるシートは、油潤滑が適用できない高温、極低温、超真空、超高圧下など、過酷な環境でも使用できる。さらに、耐荷重性は６００ＭＰａ以上と高い。このため、フレーク粉の集まりを圧縮する際に、フレーク紛の平面は圧縮応力に耐える。

前記したように、アルミニウムの軟化点は３５０℃と低い。いっぽう、アルミニウムのフレーク紛の扁平面同士を、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりで接合する際に、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子が、扁平面と接触する接触面積は極めて小さい。このため、アルミニウムのフレーク紛の扁平面同士を、アルミニウムのナノ粒子の集まりで接合する場合であっても、アルミニウムの扁平面とアルミニウムのナノ粒子との接触部は軟化しない。

なお、金属ないしは合金のフレーク紛は、表面が滑らかであるが、表面は平面ではなく、固有のうねりを持つ。いっぽう、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の大きさは、扁平面の凹凸より２桁近く小さい。このため、扁平面の平坦度と表面の凹凸にかかわらず、扁平面同士の全面が、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合される。また、アルミニウムのフレーク粉は、湿式ボールミルによる扁平処理で、表面に凹凸が形成される。しかし、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の大きさは、扁平面の凹凸より２桁以上小さい。このため、アルミニウムのフレーク粉の扁平面の表面の凹凸にかかわらず、扁平面同士の全面が、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合される。

ところで、金属ないしは合金のフレーク粉の厚みは、材質によって０．２－１μｍの幅を持つが、使用するフレーク粉の製品のグレード内では、厚みの偏差は０．１μｍ以内に収まる。また、フレーク粉の材質が同じでも、扁平加工の条件が製品ごとで異なるため、製品によって粒径が異なる。いっぽう、金属ないしは合金の密度は、材質によって大きく異なる。アルミニウムが２．７ｇ／ｃｍ^{3}で、銀が１０．５ｇ／ｃｍ^{3}で、銅が９．０ｇ／ｃｍ^{3}で、真鍮が８．７ｇ／ｃｍ^{3}で、ニッケルが８．９ｇ／ｃｍ^{3}である。しかし、フレーク粉の中で、密度が最も高く、扁平粉が相対的に大きいフレーク粉であっても、すなわち、密度が１０．５ｇ／ｃｍ^{3}で、粒径が１００μｍで、厚みが０．５μｍからなる銀のフレーク粉であっても、フレーク粉の重量は、僅か４．５×１０$^{-8}$ｇである。

次に、熱分解で金属を析出するオクチル酸金属化合物について説明する。カルボン酸のカルボキシル基を構成する酸素イオンが金属イオンに共有結合する第一の特徴と、カルボン酸が飽和脂肪酸からなる第二の特徴とを兼備するカルボン酸金属化合物は、金属イオンが

最も大きいイオンであり、カルボキシル基を構成する酸素イオンと金属イオンとの距離が、他のイオン同士の距離より長い。こうした分子構造上の特徴を持つカルボン酸金属化合物を、大気雰囲気で熱処理すると、カルボン酸の沸点を超える温度になると、カルボキシル基を構成する酸素イオンと金属イオンとの結合部が最初に分断され、カルボン酸と金属とに分離する。カルボン酸が飽和脂肪酸から構成される場合は、炭素原子が水素原子に対して過剰となる不飽和構造を持たないため、カルボン酸の分子量と数とに応じて、カルボン酸が気化熱を奪って気化し、気化が完了すると金属が析出する。また、カルボン酸金属化合物は、メタノールに１０重量％近くまで分散し、メタノールに溶解しない。このため、２つの特徴を兼備するカルボン酸金属化合物は、１７段落に記載した有機金属化合物として用いることができる。

こうしたカルボン酸金属化合物として、オクチル酸金属化合物、ラウリン酸金属化合物、ステアリン酸金属化合物などがある。なお、オクチル酸の沸点は２２８℃で、ラウリン酸の沸点は２９６℃で、ステアリン酸の沸点は３６１℃である。従って、これらのカルボン酸金属化合物は、２９０－４３０℃の大気雰囲気で熱分解が完了する。なお、カルボン酸金属化合物の中で、オクチル酸金属化合物の熱分解温度が最も低いため、カルボン酸金属化合物としては、オクチル酸金属化合物が最も望ましい。また、オクチル酸金属化合物を窒素雰囲気で熱分解する場合は、窒素雰囲気での熱分解反応の進行が遅れ、熱分解温度が３４０℃に上昇する。

さらに、カルボン酸金属化合物は、容易に合成できる安価な工業用薬品である。すなわち、最も汎用的な有機酸であるカルボン酸を、強アルカリと反応させるとカルボン酸アルカリ金属化合物が生成され、カルボン酸アルカリ金属化合物を無機金属化合物と反応させると、様々な金属からなるカルボン酸金属化合物が合成される。従って、有機金属化合物の中で最も安価な有機金属化合物である。

次に、金属ないしは合金からなるフレーク粉を、１８段落に記載した扁平粉として用い、オクチル酸銅、オクチル酸アルミニウム、ないしは、オクチル酸ニッケルを、１７段落に記載した有機金属化合物として用い、１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従ってシートを製造する際に起こる各々の現象と、各々の現象がもたらす作用効果を説明する。

第一に、フレーク粉の扁平面同士を接合する物質を、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりとし、さらに、ナノ粒子の原料であるオクチル酸金属化合物をメタノールに分散して液相化した。この液体が、低粘度で低密度の液体であるため、第二、第三の処理を継続して実施することで、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液を、１枚１枚に分離したフレーク粉の扁平面同士の間隙に介在させることが可能になる。

第二に、ホモジナイザー装置を容器内で稼働させ、ホモジナイザー装置によって衝撃波を繰り返し発生させる。いっぽう、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液が低粘度で低密度であるため、衝撃波が、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液を励起させる際に消費する割合が少なく、衝撃エネルギーの多くが、フレーク粉の集まりに効率よく繰り返し伝わる。また、前記したように、１枚のフレーク粉の重量が極めて軽量である。このため、扁平面同士が複雑に重なり合ったフレーク粉であっても、フレーク粉に衝撃波が加わった際に、確実に１枚１枚のフレーク粉に分離され、フレーク粉の材質、形状、粒度分布に拘わらず、全てのフレーク粉の表面に、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液が接触する。なお、フレーク粉の表面はいずれも疎水性で、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液と反応せず、フレーク粉の表面にオクチル酸金属化合物のメタノール分散液が接触する。

第三に、容器内に、左右、前後、上下の３方向の衝撃力を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃力を加える。この際に、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液が低粘度で低密度であり、１枚のフレーク粉が極めて軽量であるため、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液が、フレーク粉を伴って衝撃加速度の方向に繰り返し移動する。この現象が、左右、前後、上下の３方向に繰り返される際に、扁平面を上にして軟磁性扁平粉が再配列して扁平面同士が重なり合う現象が、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液中で進む。

この結果、フレーク粉が容器の底面の全体に広がり、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液を介して扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりが、容器の底面に底面の形状として形成される。
第四に、１枚１枚のフレーク粉に分離したフレーク粉を、オクチル酸金属化合物のメタノール分散液を介して、フレーク粉の扁平面同士で重ね合わせるため、フレーク粉のアスペクト比が大きいほど、フレーク粉の使用量が減る。このため、高価なフレーク粉であっても、フレーク粉の使用量が少ないため、フレーク粉の集まりからなるシートが安価に製造できる。
第五に、フレーク粉の扁平面同士をオクチル酸金属化合物のメタノール分散液を介して重ね合わせたフレーク粉の集まりから、メタノールを気化させ、扁平面同士の間隙と、フレーク粉の集まりの表面とに、オクチル酸金属化合物の微細結晶の集まりを析出させる。さらに、フレーク粉の集まりの表面の全体を均等に圧縮する。これによって、微細結晶が１／５程度の大きさに破砕されるとともに、扁平面同士の間隙と、フレーク粉の集まりの表面に、破砕された結晶の集まりが、重なり合って高い密度で集積する。この破砕された２０ｎｍ前後の大きさからなるオクチル酸金属化合物の微細結晶は、フレーク粉の扁平面同士を接合する１０ｎｍ前後の大きさからなる銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりの原料になる。
第六に、フレーク粉の集まりの表面全体を均等に圧縮しながら昇温し、破砕されたオクチル酸金属化合物の微細結晶を熱分解させる。この際、フレーク粉の扁平面同士の間隙とフレーク粉の集まりの表面に、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルの１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の集まりが、重なり合って高い密度で一斉に析出する。さらに、フレーク粉の集まりの表面全体が均等に圧縮され、高い密度で析出した銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりが、扁平面に摩擦熱で接合するとともに、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子同士が摩擦熱で接合する。つまり、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりが、高い密度で重なり合って析出したため、圧縮されたナノ粒子は、ナノ粒子の集まりにおける移動が難しくなり、扁平面に接触するナノ粒子の接触部と、ナノ粒子同士の接触部に、摩擦熱が発生し、摩擦熱による接合力で銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子が扁平面に接合し、また、摩擦熱による接合力で銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子同士が接合する。
第七に、銀、銅、真鍮、ニッケル、ないしは、アルミニウムからなるフレーク粉を、フレーク粉の集まりからなるシートを製造する際の扁平粉として用いることができる。つまり、オクチル酸金属化合物の熱分解温度は、大気雰囲気の２９０℃である。いっぽう、銀、銅、真鍮、ニッケル、ないしは、アルミニウムのいずれの扁平粉の軟化点は２９０℃より高く、また、いずれのフレーク粉も低温脆性を持たず、極低温での使用が可能になる。従って、フレーク粉の扁平面同士が接合したフレーク粉の集まりからなるシートは、高温、極低温、真空、高圧下など、過酷な環境でも使用できる。なお、窒素雰囲気におけるオクチル酸金属化合物の熱分解温度は、大気雰囲気に比べ、５０℃高い３４０℃である。いっぽう、金属ないしは合金からなるフレーク粉の中で、アルミニウムの軟化点が最も低い３５０℃である。従って、窒素雰囲気において、オクチル酸金属化合物を熱分解させても、アルミニウムは軟化しない。
第八に、フレーク粉の扁平面同士を銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりで接合した。銅とアルミニウムとの双方は、金属ないしは合金の中で、導電率と熱伝導率との双方が優れた金属である。このため、銅ないしはアルミニウムのナノ粒子は、フレーク粉の扁平面同士を接合したシートにおいて、金属ないしは合金からなるフレーク粉の導電率と熱伝導率とを阻害しない。また、ニッケルないしはアルミニウムのナノ粒子は、透明性を持つ。このため、ニッケルないしはアルミニウムのナノ粒子は、フレーク粉の扁平面同士を接合したシートにおいて、金属ないしは合金からなるフレーク粉固有の色彩と光沢性が失われない。
第九に、オクチル酸金属化合物は、汎用的な工業用の薬品である。また、フレーク粉の扁平面同士を接合させるため、使用するフレーク粉の量が少ない。さらに、扁平面同士を銅

、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりで接合する８つの処理は、いずれも簡単な処理である。従って、安価な材料を用い、安価な費用で、フレーク粉の集まりからなるシートが製造できる。
以上に説明した８つの処理によって製造したフレーク粉の集まりからなるシートは、次の作用効果をもたらす。
第一に、金属ないしは合金からなるフレーク粉の集まりについて、フレーク粉の扁平面同士を、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルの１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の６－８個が積み重なって、扁平面同士を接合する。ナノ粒子の大きさが、フレーク粉の粒径より２桁以上小さいため、シートの性質は、フレーク粉の性質が優勢になる。なお、銅とアルミニウムとの双方は、金属ないしは合金の中で、導電率と熱伝導率との双方が優れた金属である。このため、ナノ粒子の集まりが形成する接合層は、フレーク粉の集まりからなるシートにおいて、金属ないしは合金からなるフレーク粉の導電性と熱伝導性とを阻害しない。また、ニッケルないしはアルミニウムのナノ粒子は、透明性に優れる。このため、ナノ粒子の集まりが形成する接合層は、フレーク粉の集まりからなるシートにおいて、金属ないしは合金のフレーク粉が持つ固有の色彩と光沢性を失わない。
第二に、容器の底面に、該底面の形状としシートを形成するため、シートの面積と形状の制約はない。また、金属ないしは合金からなる全てのフレーク粉について、フレーク粉の扁平率、形状、粒度分布の違いに関わらず、前記した８つの処理が可能であるため、金属ないしは合金からなる全てのフレーク粉について、フレーク粉の扁平面同士を、銅、アルミニウム、ないしは、ニッケルのナノ粒子の集まりで接合したシートが製造できる。このため、本シートの製造方法は、金属ないしは合金からなるフレーク粉に対し、汎用性を持ってフレーク粉の集まりからなるシートが形成できる。
以上に説明したように、本製造方法で製造したフレーク粉の集まりからなるシートは、少ないフレーク粉の使用量で、広い面積のシートが形成できる。このシートは、導電性と熱伝導性とに優れ、フレーク粉固有の色彩と光沢性を持ったシートであるとともに、帯電防止のシート、電磁波シールドのシートや表面が潤滑性に優れたシートになる。
【００２６】
表面反射率と全光線透過率とを説明する。光が基材に入射する際に、空気と基材との屈折率の差に応じて表面反射が生じる。従って、透明のガラスでも表面反射によるロスが発生し、全光線透過率は１００％にならない。ちなみに、厚さが２ｍｍのフロートガラスでは、可視光線の波長領域において全光線透過率は約９０％である。基材に垂直に入射した光の表面における表面反射率Ｒは、基材の屈折率ｎと空気の屈折率ｍとからなる数式２によって算出される。また、全光線透過率Ｔは表面反射率Ｒからなる数式３によって算出される。従って、金属の屈折率が０．４の場合は、導電層に入射する全光線透過率は６７％になり、金属の屈折率が２．４の場合は、導電層に入射する全光線透過率は６９％となり、７割以上の可視光線が導電層に入射する。
（数２）
$R = (n - m)^2 / (n + m)^2$
（数３）
$T = (1 - R)^2$
【００２７】
次に、光の散乱を説明する。可視光線が粒子の集まりに照射された際の光の散乱は、数式４に示すレイリー散乱式が適応できる。数式４におけるＳは散乱の比率を意味する散乱係数で、λは可視光線の波長で、Ｄは粒子径で、ｍは粒子の屈折率で、πは円周率である。従って、散乱係数Ｓの大きさは、可視光の波長λに対する粒子径Ｄの比率Ｄ／λの４乗に依存し、また、粒子径Ｄの２乗と、屈折率ｍにも依存する。ナノ粒子の大きさＤが、可視光の波長λより２桁近く小さいため、比率Ｄ／λは小さく、また、粒子径Ｄも十分に小さい。さらに、金属の屈折率ｍが０．４以上で２．４以下の値である。従って、散乱係数Ｓは極めて小さく、導電層は高い透明性を示す。
（数４）

$$S = 4/3 \cdot \pi^5/\lambda^4 \cdot D^6 \{(m^2-1)/(m^2+1)\}^2$$

【００２８】

１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法であり、該金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法は、

１８段落に記載した扁平粉が、ガラス、アルミナまたはヘマタイトのいずれか１種類の材質からなる金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉であり、１８段落に記載した有機金属化合物が、前記金属酸化物ないしは前記無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の硬度より低い硬度を持つ絶縁性の金属酸化物を熱分解で析出するカルボン酸金属化合物からなる錯体であり、前記いずれか１種類の材質からなる金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉を、１８段落に記載した扁平粉として用い、前記カルボン酸金属化合物からなる錯体を、１８段落に記載した有機金属化合物として用い、１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記金属酸化物ないしは前記無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の扁平面同士が、該絶縁性の扁平粉の硬度より低い硬度を持つ絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりを介して接合した該金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する、金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法。

【００２９】

最初に、本発明で用いる金属酸化物ないしは無機化合物からなる絶縁性の扁平粉を説明する。

ガラス、アルミナからなる扁平粉の電気抵抗率は、いずれも10^{14}Ωｃｍ以上の高い絶縁性を持つ。従って、これら金属酸化物ないしは無機化合物からなる扁平粉の扁平面同士を、絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりで接合すれば、極めて大きな絶縁抵抗を持つ絶縁性シートが形成される。なお、ガラスの主成分が二酸化ケイ素と酸化ホウ素であり、ケイ素とホウ素とが半金属元素であるため、二酸化ケイ素と酸化ホウ素は、無機化合物である。また、他の成分として、アルミナ、酸化鉛、酸化ナトリウム、酸化カリウム、酸化カルシウムなどの金属酸化物がある。このため、ガラスの成分は、金属酸化物と無機化合物との混合物からなる。ガラスのフレーク粉は、ソーダ石灰ガラスのみが、10^{12}Ωｃｍの電気抵抗率を持つ。また、ヘマタイト（酸化第二鉄Fe_2O_3のアルファ相からなる物質）の扁平粉は、電気抵抗率は10^8Ωｃｍと低い。しかし、ヘマタイトの扁平粉の厚みがサブミクロンであり、ヘマタイトの扁平粉の断面積を０．３μｍ×１０μｍとすると、扁平粉の単位長さ当たりの電気抵抗は、３．３×10^{16}Ω／ｃｍになる。このヘマタイトの扁平粉の扁平面同士が、絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりで接合したシートが有する電気抵抗は、極めて大きな絶縁抵抗を持つ絶縁性シートを形成する。すなわち、ヘマタイトの扁平粉の扁平面同士を接合する極めて多数の絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりは、絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりが直列接続した電気抵抗を形成する。また、このナノ粒子の集まりを介して、ヘマタイトの扁平面同士が接合された扁平粉は、扁平粉の電気抵抗と、ナノ粒子の集まりの電気抵抗とが、並列接続した電気抵抗を持つ。こうしたナノ粒子の集まりを介して接続された扁平粉が、莫大な数からなる扁平粉の集まりでシートを形成する際に、前記扁平粉が電気的に並列接続と直列接続を形成して接合するため、ヘマイトの扁平粉同士が、絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりを介して接合された該扁平粉の集まりからなるシートは、極めて大きな絶縁抵抗を持つ絶縁性シートになる。同様に、ガラスないしはアルミナからなる扁平粉同士を、絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりを介して接合したシートも、極めて大きな絶縁抵抗を持つ絶縁性シートになる。なお、ヘマタイトの扁平粉は、ベンガラと呼ばれる赤色顔料で、汎用的な扁平粉である。

以上に説明したように、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉は、極めて大きな絶縁抵抗を持つ絶縁性シートの優れた原料になる。

ここで、ガラス、アルミナ、ヘマタイトからなる絶縁性の扁平粉の特性を説明する。
ガラスのフレーク粉は、平均の厚さが２－５μｍで、粒径が１０－４０００μｍに及ぶフレーク粉が製品化されている。さらに、平均の厚みが０．４－１．０μｍのファインフレーク粉も製品化されている。モース硬度は５－６である。また、ガラスの材質は、Ｃガラスないしはガラスからなる。アルミナからなる扁平粉は、アルミナ水和物であるベーマイトの鱗片状の扁平粉を、５００℃以上に加熱して製造する。アスペクト比は２０－４０で、平均粒径が２μｍ、５μｍ、９μｍの３種類の扁平粉が、製品化されている。比重は３．９８ｇ／ｃｍ^{3}で、モース硬度が９と高い。ヘマタイトからなる扁平粉は、比重は５．２ｇ／ｃｍ^{3}で、平均粒子径が１０－２０μｍの幅を持ち、平均の粒子の厚みが０．１－０．４μｍの扁平粉が製品化されている。モース硬度が５．５である。なお、粒径が４０００μｍと扁平粉の中で極めて大きく、厚みが２μｍと比較的厚いＥガラスの扁平粉であっても、１枚の重量は僅か１．７×１０$^{-6}$ｇである。
いっぽう、絶縁性の扁平粉は、扁平面に過大な圧縮応力が加わると、扁平粉が塑性変形せず脆性破壊に至る。このため、金属酸化物からなる絶縁性のナノ粒子の集まりで、扁平面同士を接合する際に、扁平粉の厚みが薄い扁平粉ほど脆性破壊しやすい。従って、絶縁性の金属酸化物の硬度が、扁平粉の硬度より低い硬度を持つ金属酸化物でナノ粒子を構成し、ナノ粒子の集まりが扁平面と接触する際に、扁平面に過大な圧縮応力が加わらないようにした。
ここで、金属酸化物の硬度について説明する。金属酸化物の粒子は、酸化アルミニウムAl_2O_3、酸化ケイ素SiO_2、酸化錫SnO_2、酸化クロムCr_2O_3、酸化マグネシウムＭｇＯおよび酸化チタンTiO_2の順で硬度が高い。さらに、酸化マンガンMnO_2、酸化銅ＣｕＯ、酸化ニッケルＮｉＯ、酸化亜鉛ＺｎＯの順で硬度が高い。従って、ガラスの扁平粉同士を接合するナノ粒子は、酸化錫より硬度が低く、モース硬度が５より低い絶縁性の金属酸化物で構成すればよい。また、アルミナの扁平粉同士を接合するナノ粒子は、酸化アルミニウムより硬度が低く、モース硬度が９より低い絶縁性の金属酸化物で構成すればよい。さらに、ヘマタイトの扁平粉同士を接合するナノ粒子は、酸化クロムより硬度が低く、モース硬度が５．５より低い絶縁性の金属酸化物で構成すればよい。
次に、熱分解で金属酸化物を析出するカルボン酸金属化合物からなる錯体について説明する。カルボン酸金属化合物からなる錯体は、１８０－３３０℃の温度からなる大気雰囲気で熱処理すると、金属酸化物を析出する。いっぽう、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉の中で、軟化点が最も低い扁平粉はガラスの扁平粉であり、さらに、ガラスの扁平粉の中で最も軟化点が低いガラスの軟化点は３５５℃である。従って、カルボン酸金属化合物からなる錯体の熱分解温度は、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉の軟化点より低い。また、カルボン酸金属化合物からなる錯体は、メタノールに分散し、メタノールに溶解しない。従って、カルボン酸金属化合物からなる錯体は、１８段落に記載した有機金属化合物として用いることができる。
すなわち、カルボン酸のカルボキシラートアニオン（Ｒ－ＣＯＯ$^{-}$）が配位子となって、金属イオンに近づいて配位結合するカルボン酸金属化合物からなる錯体は、最も大きいイオンである金属イオンにカルボキシラートアニオン（Ｒ－ＣＯＯ$^{-}$）が近づいて配位結合するため、両者の距離は短くなる。これによって、金属イオンに配位結合するカルボキシラートアニオン（Ｒ－ＣＯＯ$^{-}$）が、金属イオンの反対側で共有結合するイオンとの距離が最も長くなる。こうした分子構造上の特徴を持つカルボン酸金属化合物は、カルボン酸の沸点を超えると、カルボキシラートアニオン（Ｒ－ＣＯＯ$^{-}$）が金属イオンの反対側で共有結合するイオンとの結合部が最初に分断され、金属イオンと酸素イオンとの化合物である金属酸化物とカルボン酸とに分解する。さらに昇温すると、カルボン酸が気化熱を奪って気化し、カルボン酸の分子量と、配位結合するカルボン酸の数に応じて、カルボン酸の気化が進み、気化が完了すると、金属酸化物が析出して熱分解を終える。
こうした分子構造上の特徴を持つカルボン酸金属化合物として、熱分解温度が低い順に、酢酸金属化合物、カプリル酸金属化合物、安息香酸金属化合物、ナフテン酸金属化合物がある。これらカルボン酸金属化合物からなる錯体は、カルボン酸の沸点に応じて、１８０

－３３０℃の大気雰囲気で熱分解する。つまり、酢酸の沸点は１１８℃で、カプリル酸の沸点は２３７℃で、安息香酸の沸点は２４９℃である。いっぽう、ナフテン酸は５員環をもつ飽和脂肪酸の混合物で、一般式では$C_nH_{2n-1}COOH$で示され、主成分は沸点が２６８℃で、分子量が１７０の$C_9H_{17}COOH$からなる。このため、ナフテン酸金属化合物の熱分解温度は、カルボン酸金属化合物からなる錯体の中で３３０℃と高い。従って、酢酸金属化合物、カプリル酸金属化合物、安息香酸金属化合物、ないしは、ナフテン酸金属化合物を、１７段落に記載した有機金属化合物として用いることができる。なお、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉は、金属酸化物ないしは半金属の酸化物からなる無機化合物であるため、３３０℃の大気雰囲気に昇温しても酸化しない。

いっぽう、酢酸金属化合物の中に、メタノールに溶解する酢酸金属化合物がある。また、熱分解でアモルファス化した金属酸化物を析出する酢酸金属化合物がある。アモルファス化した金属酸化物の組成は一定でない。こうした酢酸金属化合物は、金属酸化物の微粒子の原料として用いることができない。さらに、酢酸金属化合物ないしはカプリル酸金属化合物の中に、熱分解で無定形の金属酸化物を析出する酢酸金属化合物ないしはカプリル酸金属化合物がある。こうした酢酸金属化合物ないしはカプリル酸金属化合物は、金属酸化物の微粒子の原料として用いることができない。また、酢酸金属化合物とカプリル酸金属化合物と安息香酸金属化合物の中に、酸素イオンが金属イオンに近づいて配位結合して複核錯塩を形成するが、熱分解の途上においては不安定な物質であり、熱分解における取り扱いが難しい酢酸金属化合物、カプリル酸金属化合物、ないしは、安息香酸金属化合物がある。こうしたカルボン酸金属化合物においては、ナフテン酸金属化合物を、絶縁性の金属酸化物の微粒子の原料として用いる。従って、熱分解で析出する物質に応じて、カルボン酸金属化合物からなる錯体を、微細結晶の原料として用いる。

さらに、カルボン酸金属化合物からなる錯体は容易に合成できる安価な工業用薬品である。すなわち、カルボン酸を強アルカリと反応させるとカルボン酸アルカリ金属化合物が生成される。この後、カルボン酸アルカリ金属化合物を無機金属化合物と反応させると、様々な金属からなるカルボン酸金属化合物からなる錯体が合成される。また、原料となるカルボン酸は、安価な有機酸である。従って、有機金属化合物の中で最も安価な有機金属化合物である。

ここで、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉を、１８段落に記載した扁平粉として用い、１８段落に記載した金属ないしは金属酸化物のナノ粒子を、扁平粉の硬度より低い硬度を持つ絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子とし、１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って製造したシートがもたらす作用効果を説明する。

第一に、扁平粉の扁平面同士を接合する物質を、扁平粉の硬度より低い硬度を持つ絶縁性の金属酸化物のナノ粒子の集まりとし、さらに、ナノ粒子の原料であるカルボン酸金属化合物からなる錯体をメタノールに分散して液相化した。この液体が、低粘度で低密度の液体であるため、第二、第三の処理を継続して実施することで、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液を、１枚１枚に分離した扁平粉の扁平面同士の間隙に介在させることが可能になる。

第二に、ホモジナイザー装置を容器内で稼働させ、ホモジナイザー装置によって衝撃波を繰り返し発生させる。いっぽう、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液が低粘度で低密度であるため、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液を励起させる際に衝撃波が消費される割合が少なく、衝撃エネルギーの多くが、扁平粉の集まりに効率よく繰り返し伝わる。また、前記したように、１枚の扁平粉の重量が極めて軽量である。このため、扁平面同士が複雑に重なり合った扁平粉であっても、扁平粉に衝撃波が加わった際に、確実に１枚１枚の扁平粉に分離される。この結果、扁平粉の材質、形状、粒度分布に拘わらず、全ての扁平粉の表面に、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液が接触する。なお、いずれの扁平粉も、扁平面が疎水性で、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液と反応せず、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液が、扁平面に接触する。

第三に、容器内に、左右、前後、上下の３方向の衝撃力を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃力を加える。この際に、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液が低粘度で低密度であり、１枚の扁平粉が極めて軽量であるため、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液が、扁平粉を伴って衝撃加速度の方向に繰り返し移動する。この現象が、左右、前後、上下の３方向に繰り返される際に、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液中で、扁平面を上にして扁平粉が再配列して重なり合う現象が進む。この結果、扁平粉が容器の底面の全体に広がり、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液を介して扁平面同士が重なり合った扁平粉の集まりが、容器の底面に、底面の形状として形成される。

第四に、１枚１枚の扁平粉に分離した扁平粉を、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液を介して、扁平粉の扁平面同士で重ね合わせたため、扁平粉のアスペクト比が大きいほど、扁平粉の使用量が減る。このため、高価な扁平粉であっても、扁平粉の使用量が少ないため、扁平粉の集まりからなるシートが安価に製造できる。

第五に、カルボン酸金属化合物からなる錯体のメタノール分散液を介して、扁平粉の扁平面同士を重ね合わせた扁平粉の集まりから、メタノールを気化させ、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、カルボン酸金属化合物からなる錯体の微細結晶の集まりを析出させる。さらに、扁平粉の集まりの表面の全体を均等に圧縮する。これによって、微細結晶が１／５程度の大きさに破砕されるとともに、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、破砕された結晶の集まりが、重なり合って高い密度で集積する。この破砕された２０ｎｍ前後の大きさからなるカルボン酸金属化合物からなる錯体の微細結晶は、扁平粉の扁平面同士を接合する１０ｎｍ前後の大きさからなる金属酸化物のナノ粒子の集まりの原料になる。

第六に、扁平粉の集まりの表面の全体を均等に圧縮しながら昇温し、破砕したカルボン酸金属化合物からなる錯体の微細結晶を熱分解させる。この際、扁平粉の扁平面同士の間隙と扁平粉の集まりの表面に、金属酸化物の１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の集まりが、重なり合って高い密度で一斉に析出する。さらに、扁平粉の集まりの表面全体が均等に圧縮され、高い密度で析出した金属酸化物のナノ粒子の集まりが、扁平面に摩擦熱で接合し、また、金属酸化物のナノ粒子同士が摩擦熱で接合する。つまり、金属酸化物のナノ粒子の集まりが、高い密度で重なり合って析出したため、圧縮されたナノ粒子は、ナノ粒子の集まりにおける移動が難しくなり、扁平面に接触するナノ粒子の接触部と、ナノ粒子同士の接触部に、摩擦熱が発生し、摩擦熱による接合力で金属酸化物のナノ粒子が扁平面に接合し、また、摩擦熱による接合力で金属酸化物のナノ粒子同士が接合する。なお、ナノ粒子は、扁平粉の硬度より低い硬度を持つ絶縁性の金属酸化物で構成されるため、ナノ粒子が扁平面に接触する際に、ナノ粒子の接触部が優先して極めて僅かに弾性変形し、扁平面に過大な圧縮応力が加わらない。このため、扁平粉は脆性破壊しない。また、ナノ粒子同士が接触する際に、ナノ粒子の接触部が極めて僅かに弾性変形し、ナノ粒子の接触部にも、過大な圧縮応力は加わらない。このため、ナノ粒子の集まりも破壊しない。なお、扁平粉の集まりの表面全体を圧縮する際に、ナノ粒子が扁平面に摩擦熱で接合し、ナノ粒子同士が摩擦熱で接合した後に、さらに圧縮応力を扁平粉の集まりに加えると、ナノ粒子は限界の大きさまで微小化されているため、圧縮応力を加える板材に反発力が発生し、この時点で、扁平粉の集まりに加える圧縮応力を停止する。

第七に、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉を、扁平粉の集まりからなるシートを製造する際の扁平粉として用いることができる。つまり、カルボン酸金属化合物からなる錯体の熱分解温度は、最も高い温度で大気雰囲気の３３０℃である。いっぽう、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉の中で、軟化点が最も低い扁平粉はガラスの扁平粉であり、さらに、ガラスの扁平粉の中で最も軟化点が低いガラスの軟化点は３５５℃である。従って、カルボン酸金属化合物からなる錯体の熱分解温度は、扁平粉の軟化点より低い。このため、扁平粉の扁平面同士が接合した扁平粉の集まりからなるシートは、高温、極低温、真空、高圧下など、過酷な環境でも使用できる。なお、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉の中で、最も融点が低い扁平粉は、ガラスのフレ

ーク粉であり、ガラスのフレーク粉の融点は、１２００℃以上と高い。なお、扁平粉の集まりからなるシートが、扁平粉の軟化点以上に昇温されても、シートに扁平粉を変形させる応力が加わらない限り、扁平粉の集まりからなるシートを元の温度に戻せば、扁平粉の集まりからなるシートは、元の性質を示す。このため、扁平粉の集まりからなるシートは、非常に高い温度で使用できる。なお、金属酸化物からナノ粒子の中で、最も低い融点を持つ金属酸化物は、融点が１６３０℃の酸化錫である。

第八に、扁平粉の扁平面同士を絶縁性の金属酸化物のナノ粒子の集まりで接合した。扁平粉の扁平面同士を接合する極めて多数の絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりは、絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりが直列接続した電気抵抗を形成する。また、ナノ粒子の集まりを介して、扁平面同士が接合された扁平粉は、扁平粉の電気抵抗と、ナノ粒子の集まりの電気抵抗とが、並列接続した電気抵抗を持つ。こうしたナノ粒子の集まりを介して接続された扁平粉が、莫大な数からなる扁平粉の集まりでシートを形成する際に、該扁平粉が電気的に並列接続と直列接続を形成して接合するため、該扁平粉の集まりからなるシートは、極めて大きな絶縁抵抗を持つ絶縁性シートになる。

第九に、カルボン酸金属化合物からなる錯体は、汎用的な工業用の薬品である。また、扁平粉の扁平面同士を接合させるため、使用する扁平粉の量が少ない。さらに、扁平面同士を金属酸化物のナノ粒子の集まりで接合する８つの処理は、いずれも簡単な処理である。従って、安価な材料を用い、安価な費用で、扁平粉の集まりからなる絶縁抵抗が高い絶縁性シートが製造できる。

以上に説明したフレーク粉の集まりからなるシートは、次の作用効果をもたらす。

第一に、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉の集まりについて、扁平粉の扁平面同士を、扁平粉の硬度より低い硬度を持つ絶縁性の金属酸化物のナノ粒子の６－８個が積み重なって、扁平面同士を接合する。ナノ粒子の大きさが、扁平粉の粒径より２桁以上小さいため、シートの性質は、フレーク粉の性質が優勢になる。また、ナノ粒子の集まりが形成する接合層は、絶縁抵抗が高い絶縁層を形成する。このため、絶縁性の扁平粉の集まりからなるシートにおいて、金属酸化物のナノ粒子は、シートの絶縁抵抗をさらに高めることに寄与する。

第二に、容器の底面に、該底面の形状としシートを形成するため、シートの面積と形状の制約はない。また、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる全ての扁平粉について、扁平粉の扁平率、形状、粒度分布の違いに関わらず、前記した８つの処理が可能であるため、全ての扁平粉について、扁平粉の扁平面同士を、絶縁性の金属酸化物からなるナノ粒子の集まりで接合したシートが製造できる。このため、本シートの製造方法は、ガラス、アルミナまたはヘマタイトからなる扁平粉に対し、汎用性を持って扁平粉の集まりからなる絶縁抵抗が高い絶縁性のシートが形成できる。

以上に説明したように、本製造方法で製造した扁平粉の集まりからなるシートは、少ない扁平粉の使用量で、広い面積のシートが形成できる。このシートは、絶縁抵抗が高い絶縁性のシートになる。

【００３０】

１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法が、ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を、金属ないしは金属酸化物からなる被膜で被覆した無機光輝性顔料の集まりからなるシートを製造する方法であり、該無機光輝性顔料の集まりからなるシートを製造する方法は、

１８段落に記載した扁平粉が、ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を、金属ないしは金属酸化物からなる被膜で被覆した無機光輝性顔料であり、１８段落に記載した有機金属化合物が、アルミニウムを熱分解で析出するオクチル酸アルミニウムであり、前記無機光輝性顔料を、１８段落に記載した扁平粉として用い、前記オクチル酸アルミニウムを、１８段落に記載した有機金属化合物として用い、１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って、前記無機光輝性顔料の扁平面同士が、アルミニウムからなるナノ粒子の集まりを介して接合した該無機光輝性顔料の集まりからなるシートを製造する、無機光輝性顔料の集まりからなるシートを製造する方法。

【００３１】
最初に、本発明で用いるガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を、金属ないしは金属酸化物からなる被膜で被覆した無機光輝性顔料を説明する。
ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を、無電解メッキ法によって、金、銀、ニッケルなどの金属、ないしは、酸化チタン、酸化鉄などの金属酸化物で被覆した光輝性に優れた無機光輝性顔料がある。ガラスのフレーク粉に酸化チタンをコーティングした光輝性顔料は、１μｍの板厚からなり、平均粒径が２０－８０μｍからなるガラスのフレーク粉に、酸化チタンの被膜の厚みによって、ホワイト、イエロー、レッド、ブルー、グリーンの５色が反射する光輝性顔料が製品化されている。また、１ないしは５μｍの板厚からなり、平均粒径が２５－４８０μｍからなるガラスのフレーク粉の表面に、銀の被膜をコーティングし、銀色を反射する光輝性顔料が製品化されている。さらに、ガラスのフレーク粉に酸化鉄（α－Fe_2O_3からなるヘマタイト）をコーティングした光輝性顔料は、１μｍの板厚からなり、平均粒径が３０μｍと８０μｍとからなるガラスのフレーク粉に、酸化鉄の被膜の厚みによって、イエロー、ブロンズ、カッパー、ラセットの５色が反射する光輝性顔料が製品化されている。また、１μｍの板厚からなり、平均粒径が３０μｍと８０μｍとからなるガラスのフレーク粉に、金の被膜をコーティングし、金色を反射する光輝性顔料が製品化されている。さらに、アルミニウムの扁平粉に酸化チタンをコーティングした光輝性顔料は、ガラスのフレーク粉に酸化チタンをコーティングした光輝性顔料と同様に、酸化チタンの被膜の厚みによって、イエロー、レッド、オレンジ、グリーンの４色が反射する光輝性顔料が製品化されている。こうした無機光輝性顔料の扁平粉の重量は、いずれも極めて軽量である。
無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を、金属ないしは金属酸化物からなる被膜に損傷を与えず、透明な物質で接合できれば、光輝性顔料から反射される色彩が失われることなく、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりからなるシートが作成できる。さらに、光輝性顔料が反射する色彩が互いに異なる複数種類の光輝性顔料を用い、複数種類の光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を、透明な物質で接合できれば、複数種類の光輝性顔料の組み合わせによって、該複数種類の光輝性顔料の扁平粉の集まりが発する色調は、様々な色調に変えることができる。こうした透明性のナノ粒子として、２５段落に記載したニッケルとアルミニウムからなるナノ粒子がある。アルミニウムのナノ粒子の集まりでは、可視光線を構成する光線の一部が、アルミニウムのナノ粒子の集まりの表面で反射され、この光線に相当する色彩を放つが、アルミニウムのナノ粒子の集まりは透明性を持つ。また、ニッケルのナノ粒子の集まりでは、ニッケルのナノ粒子の集まりは無色に近く、また、透明性を持つ。アルミニウムないしはニッケルからなるナノ粒子の集まりは、透明性を保って、無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を接合する。このため、無機光輝性顔料が反射する色彩は失われない。
次に、無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を接合するナノ粒子の材質を説明する。
ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の表面を覆う被膜は、金、銀、ニッケルなどの金属、ないしは、酸化チタン、酸化鉄などの金属酸化物である。これら被膜を形成する物質の中で、金が最も硬度が低く、モース硬度が２．５で、銀のモース硬度は２．７である。また、酸化チタンのモース硬度は５．５－６で、ヘマタイトのモース硬度は５．５である。これに対し、アルミニウムのモース硬度は２．９で、ニッケルのモース硬度は３．５である。いっぽう、ヤング率は、金が７８ＧＰａで、銀が８２．７ＧＰａで、アルミニウムが６９ＧＰａで、ニッケルが２０４ＧＰａで、酸化チタンが３００Ｇｐａで、ヘマタイトが１６０Ｇｐａである。ところで、金属ないしは金属酸化物の被膜で覆われた扁平粉の扁平面に、ナノ粒子の集まりが接触する際に、ナノ粒子が１０ｎｍ前後と小さいが、扁平粉の中で最も厚みが薄いフレーク粉の厚みは、ナノ粒子の大きさの１００倍であり、最も表面積が狭い扁平粉の面積は、ナノ粒子の大きさの２０００倍である。従って、ナノ粒子が扁平粉の扁平面に接触する接触面積は、極めて微小である。また、ナノ粒子同士が接触する面積も、極めて微小である。いっぽう、金、銀、アルミニウムは軟質金属で、延性と展性に優れている。このため、軟質金属のヤング率は小さい。従って、金ないしは銀の

被膜とナノ粒子が接触した際に、金ないしは銀の被膜における接触部の局部的な部位が弾性変形する。この際に、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。いっぽう、ナノ粒子をアルミニウムで構成すれば、アルミニウムもヤング率が小さい軟質金属であるため、ナノ粒子における接触部の局部的な部位が弾性変形する。この際に、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。両者の摩擦熱によって、金ないしは銀の被膜とアルミニウムのナノ粒子が接合する。いぽう、ニッケルのモース硬度は、アルミニウムのモース硬度より高く、ニッケルのヤング率は、アルミニウムのヤング率より大きい。従って、ナノ粒子が応力を受けた際に、アルミニウムのナノ粒子は、ニッケルのナノ粒子より、弾性変形しやすい。このため、ニッケルの被膜で覆われた扁平粉の扁平面同士を、アルミニウムのナノ粒子の集まりで接合する際に、ナノ粒子における接触部の局部的な部位が優先して弾性変形する。この際に、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。これに対し、ニッケルの被膜における接触部の局部的な部位は、弾性変形せず発熱する。両者の摩擦熱によって、ニッケルの被膜とアルミニウムのナノ粒子が接合する。さらに、酸化チタンないしは酸化鉄からなる被膜も、ニッケルからなる被膜と同様に、酸化チタンないしは酸化鉄の被膜で覆われた扁平粉の扁平面同士を、アルミニウムのナノ粒子の集まりで接合する際に、ナノ粒子における接触部の局部的な部位が優先して、弾性変形する。この際に、接触部の局部的な部位に摩擦熱が発生する。これに対し、酸化チタンないしは酸化鉄の被膜における接触部の局部的な部位は、弾性変形せず発熱する。両者の摩擦熱によって、酸化チタンないしは酸化鉄の被膜とアルミニウムのナノ粒子が接合する。なお、酸化チタンないしは酸化鉄の被膜で覆われた扁平粉の扁平面同士を、ニッケルのナノ粒子の集まりで接合する際に、ニッケルのヤング率が、アルミニウムのヤング率より大きく、さらに、酸化鉄のヤング率より大きいため、ニッケルのナノ粒子における弾性変形量は、アルミニウムのナノ粒子における弾性変形量より小さい。このため、酸化鉄の被膜に損傷を与える可能性が否定できない。従って、金属ないしは金属酸化物からなる被膜に損傷を与えず、ナノ粒子の集まりを介して、ガラスないしはアルミニウムからなる扁平粉の扁平面同士を接合する場合は、硬度が低く、ヤング率が小さい透明性のアルミニウムからなるナノ粒子の集まりで接合するほうが望ましい。

ここで、無機光輝性顔料の扁平粉を、１８段落に記載した扁平粉として用い、１８段落に記載した金属ないしは金属酸化物のナノ粒子を、アルミニウムからなるナノ粒子とし、１８段落に記載した扁平粉の集まりからなるシートを製造する方法に従って製造したシートがもたらす作用効果を説明する。

第一に、無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を接合する物質を、アルミニウムからなるナノ粒子の集まりとし、ナノ粒子の原料であるオクチル酸アルミニウムをメタノールに分散して液相化した。この液体が、低粘度で低密度の液体であるため、第二、第三の処理を継続して実施することで、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液を、１枚１枚に分離した無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士の間隙に介在させることが可能になる。

第二に、ホモジナイザー装置を容器内で稼働させ、ホモジナイザー装置によって衝撃波を繰り返し発生させる。いっぽう、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液が低粘度で低密度であるため、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液を励起させる際に衝撃波が消費される割合が少なく、衝撃エネルギーの多くが、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりに効率よく繰り返し伝わる。また、１枚の扁平粉の重量が極めて軽量である。このため、扁平面同士が複雑に重なり合った扁平粉であっても、扁平粉に衝撃波が加わった際に、確実に１枚１枚の扁平粉に分離される。この結果、無機光輝性顔料の扁平粉の材質、被膜の材質および被膜の厚み、扁平粉の形状および粒度分布に拘わらず、全ての扁平粉の被膜の表面に、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液が接触する。なお、いずれの扁平粉も、扁平面の被膜が疎水性で、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液と反応せず、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液が、扁平面の被膜に接触する。

第三に、容器内に、左右、前後、上下の３方向の衝撃力を繰り返し加え、最後に上下方向の衝撃力を加える。この際に、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液が低粘度で低密度であり、１枚の扁平粉が極めて軽量であるため、オクチル酸アルミニウムのメタノー

ル分散液が、扁平粉を伴って衝撃加速度の方向に繰り返し移動する。この現象が、左右、前後、上下の３方向に繰り返される際に、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液中で、扁平面を上にして扁平粉が再配列して重なり合う現象が進む。この結果、無機光輝性顔料の扁平粉が容器の底面の全体に広がり、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液を介して扁平面同士が重なり合った無機光輝性顔料の扁平粉の集まりが、容器の底面に、底面の形状として形成される。

第四に、１枚１枚の扁平粉に分離した扁平粉を、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液を介して、扁平粉の扁平面同士で重ね合わせたため、扁平粉のアスペクト比が大きいほど、扁平粉の使用量が減る。このため、高価な扁平粉であっても、扁平粉の使用量が少ないため、扁平粉の集まりからなるシートが安価に製造できる。

第五に、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液を介して、扁平粉の扁平面同士を重ね合わせた扁平粉の集まりから、メタノールを気化させ、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、オクチル酸アルミニウムの微細結晶の集まりを析出させる。さらに、扁平粉の集まりの表面の全体を均等に圧縮する。これによって、微細結晶が１／５程度の大きさに破砕されるとともに、扁平面同士の間隙と、扁平粉の集まりの表面に、破砕された結晶の集まりが、重なり合って高い密度で集積する。この破砕された２０ｎｍ前後の大きさからなるオクチル酸アルミニウムの微細結晶は、扁平粉の扁平面同士を接合する１０ｎｍ前後の大きさからなるアルミニウムのナノ粒子の集まりの原料になる。

第六に、扁平粉の集まりの表面の全体を均等に圧縮しながら昇温し、破砕したオクチル酸アルミニウムの微細結晶を熱分解させる。この際、扁平粉の扁平面同士の間隙と扁平粉の集まりの表面に、アルミニウムの１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の集まりが、重なり合って高い密度で一斉に析出する。さらに、扁平粉の集まりの表面全体が均等に圧縮され、高い密度で析出したアルミニウムのナノ粒子の集まりが、扁平面に摩擦熱で接合し、また、アルミニウムのナノ粒子同士が摩擦熱で接合する。つまり、アルミニウムのナノ粒子の集まりが、高い密度で重なり合って析出したため、圧縮されたナノ粒子は、ナノ粒子の集まりにおける移動が難しくなり、扁平面に接触するナノ粒子の接触部と、ナノ粒子同士の接触部に、摩擦熱が発生し、摩擦熱による接合力でアルミニウムのナノ粒子が扁平面に接合し、また、摩擦熱による接合力でアルミニウムのナノ粒子同士が接合する。なお、ナノ粒子は、硬度が低く、ヤング率も小さいアルミニウムで構成されるため、ナノ粒子が扁平面に接触する際に、ナノ粒子の接触部が極めて僅かに弾性変形し、扁平面の被膜表面に過大な圧縮応力が加わらない。このため、被膜は損傷を受けない。また、ナノ粒子同士が接触する際に、ナノ粒子の接触部が極めて僅かに弾性変形し、ナノ粒子の接触部にも、過大な圧縮応力は加わらない。このため、ナノ粒子の集まりも損傷しない。なお、扁平粉の集まりの表面全体を圧縮する際に、ナノ粒子が扁平面に摩擦熱で接合し、ナノ粒子同士が摩擦熱で接合した後に、さらに圧縮応力を扁平粉の集まりに加えると、ナノ粒子は限界の大きさまで微小化されているため、圧縮応力を加える板材に反発力が発生し、この時点で、扁平粉の集まりに加える圧縮応力を停止する。

第七に、無機光輝性顔料の扁平粉を、扁平粉の集まりからなるシートを製造する際の扁平粉として用いることができる。つまり、オクチル酸アルミニウムの熱分解温度は、大気雰囲気の２９０℃である。いっぽう、無機光輝性顔料の扁平粉の表面に形成された金、銀、ニッケルなどの金属、ないしは、酸化チタン、酸化鉄などの金属酸化物からなる被膜の耐熱性は、いずれも２９０℃より著しく高い。このため、扁平粉の扁平面同士が接合した扁平粉の集まりからなるシートは、高温、極低温、真空、高圧下など、過酷な環境でも使用できる。

第八に、無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を、透明性で、硬度が低く、ヤング率が小さいアルミニウムのナノ粒子の集まりで接合した。このため、無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を、金属ないしは金属酸化物からなる被膜に損傷を与えず、アルミニウムのナノ粒子の集まりで接合できる。これによって、光輝性顔料から反射される色彩が失われることなく、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりからなるシートが作成できる。さらに、光輝性顔料が反射する色彩が互いに異なる複数種類の光輝性顔料を用い、複数種類の光輝性顔

料の扁平粉の扁平面同士を、アルミニウムのナノ粒子の集まりで接合すれば、複数種類の光輝性顔料の組み合わせによって、該複数種類の光輝性顔料の扁平粉の集まりが発する色調は、様々な色調に変えることができる。
第九に、オクチル酸アルミニウムは、汎用的な工業用の薬品である。また、扁平粉の扁平面同士を接合させるため、使用する扁平粉の量が少ない。さらに、扁平面同士をアルミニウムのナノ粒子の集まりで接合する８つの処理は、いずれも簡単な処理である。従って、安価な材料を用い、安価な費用で、光輝性顔料から反射される色彩が失われることなく、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりからなるシートが製造できる。
さらに、無機光輝性顔料の扁平粉の扁平面同士を、アルミニウムのナノ粒子の集まりで接合する際に、更なる作用効果が得られる。
第一に、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりの表面は、ナノ粒子の大きさに基づく凹凸が形成される。表面の凹凸の全表面積は、ナノ粒子の数が莫大な数であるため、莫大な広さの表面積を有し、いわゆるフラクタル面に近い面になる。このような無機光輝性顔料の扁平粉の集まりの表面に液滴が接触すると、液滴の表面張力によってナノ粒子の大きさの凹凸に液体が入り込めず、液滴の液面は莫大な数のナノ粒子の凸部と点接触で接する。この結果、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりの表面は、接触角が１８０度に近い超撥水性を示し、撥水性と撥油性と防汚性とがもたらされる。
第二に、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりの表面は、ナノ微粒子を構成するアルミニウムに近い導電性と熱伝導性とを持つ。このため、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりは、帯電防止機能と電磁波遮蔽機能と放熱性とを兼備する。
以上に説明したように、無機光輝性顔料の扁平粉の集まりの表面が、アルミニウムのナノ粒子の集まりで覆われるため、無機光輝性顔料では得られないアルミニウムのナノ粒子の大きさと材質とに基づく優れた作用効果が、シートにもたらされる。
【図面の簡単な説明】
【００３２】
【図１】扁平鉄粉が偏面同士で直接接合した扁平鉄粉の集まりからなるシートの側面を模式的に示した説明図である。
【発明を実施するための形態】
【００３３】
実施例１
本実施例は、軟磁性の扁平粉として、還元鉄粉を扁平化処理した扁平鉄粉を用い、扁平鉄粉の扁平面同士を、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合した還元鉄粉の集まりからなるシートを製造する。扁平鉄粉は、ＪＦＥスチール株式会社が製造する扁平鉄粉ＭＧ１５０Ｄを用いた。この扁平鉄粉は、平均粒径が１００μｍと大きく、厚みが１０－２０μｍと極めて厚い。これは、還元鉄粉の粒子は比較的大きいが、還元鉄粉のビッカース硬度が１６０－２００ＨＶと高く、扁平しにくいことに依る。
最初に、オクチル酸ニッケルＮｉ（$C_7H_{15}COO)_2$（例えば、富士フィルム和光純薬株式会社の製品）の４２ｇ（０．１２モルに相当する）を１０％の重量割合でメタノールに分散させた。この後、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を、２０ｃｍ×２０ｃｍ×１．５ｃｍ（深さ）の容器に充填し、扁平鉄粉４０ｇを容器に投入した。この後、容器内のオクチル酸ニッケルのメタノール分散液に、超音波ホモジナイザー装置（例えば、ヤマト科学株式会社の製品ＬＵＨ３００）によって２０ｋＨｚの超音波振動を２分間加えた。さらに、超音波ホモジナイザー装置を容器から取り出し、０．３Ｇからなる３方向の衝撃加速度を容器に繰り返し加え、容器内に扁平鉄粉の扁平面同士がオクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して重なり合った該扁平鉄粉の集まりを作成した。
次に、容器を６５℃に昇温し、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液からメタノールを気化させ、扁平鉄粉の集まりの表面と、扁平鉄粉の扁平面同士の間隙に、オクチル酸ニッケルの結晶の集まりを析出させた。この後、２０ｃｍ×２０ｃｍ×２ｍｍ（厚み）からなる板材を扁平鉄粉の集まりの表面に被せ、さらに、板材の上に、１０ｋｇからなる重り５個を等間隔に配置した。

さらに、容器を大気雰囲気の熱処理装置に配置させ、２９０℃まで昇温し、２９０℃に１分間放置した。この後、容器に０．４Ｇからなる３方向の衝撃加速度を加え、容器内の扁平鉄粉の集まりを、容器から引き剥がした。
次に、試料の表面と側面とを電子顕微鏡で観察した。電子顕微鏡は、ＪＦＥテクノリサーチ株式会社の極低加速電圧ＳＥＭを用いた。この装置は、１００Ｖからの極低加速電圧による表面観察が可能で、試料に導電性の被膜を形成せずに直接試料の表面が観察できる特徴を持つ。
最初に、反射電子線の９００－１０００Ｖの間にある２次電子線を取り出して画像処理を行なった。１０－２０μｍの厚みからなる扁平粉の扁平面同士が３枚積み重なって、４５μｍ前後の厚みからなる２０ｃｍ×２０ｃｍのシートを形成していた。また、扁平粉の集まりの表面と、扁平粉の扁平面同士の間隙とに、１０ｎｍ前後の大きさのナノ粒子が、６個積み重なっていた。さらに、反射電子線の９００－１０００Ｖの間にあるエネルギーを抽出して画像処理を行い、画像の濃淡によって材質を観察した。濃淡が認められなかったため、扁平粉とナノ粒子の双方が、単一の元素から形成されていることが分かった。次に、特性エックス線のエネルギーとその強度を画像処理し元素を分析した。扁平粉が鉄原子であり、ナノ粒子がニッケル原子であることが分かった。従って、扁平鉄粉の集まりが、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して、扁平面同士で接合し、扁平鉄粉の集まりがシートを形成した。なお、還元鉄粉の１００ｋＨｚにおける電磁波の表皮の深さは５０μｍになる。このため、４５μｍ前後の厚みからなるシートは、少ない量の還元鉄粉からなる扁平粉を用いて、効果的に１００ｋＨｚ付近の電磁波のノイズを吸収する。図１に、扁平鉄粉の集まりが、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して、扁平面同士で接合した扁平鉄粉の集まりからなるシートの側面の一部を、模式的に示した。１は扁平鉄粉で、２はニッケルのナノ粒子である。
さらに、作成したシートの磁気シールド性能を評価した。比較のために、厚みが４５μｍの冷間圧延鋼板を用いた。一辺が１００ｍｍの直方体形状からなるシールドボックスを、シートと冷間圧延鋼板との双方で作成した。磁気シールドルーム内に置かれたヘルムホルツコイル内に、前記のシールドボックスを配置し、ヘルムホルツコイルから発生させた外部磁界およびシールドボックス中央位置での内部磁界を測定して、磁気シールドの性能Ｓを式５で評価した。磁界を測る磁気センサは、シールドボックスに設けた穴から、シールドボックス内に設置した。試料は、７ｄＢの磁気シールド性能Ｓの値をもち、冷間圧延鋼板と比較して３ｄＢほど良好な磁気シールド性能を持った。この結果、作成したシートは、優れた磁気シールド効果が得られることが分かった。
（数５）
Ｓ＝２０・ｌｏｇ（（外部磁界）／（内部磁界））
次に、シートの電磁ノイズを吸収する性能を評価した。長さが２２０ｍｍ、幅が３０ｍｍで特性インピーダンスが５０Ωに調整されたマイクロストリップラインを施工した基板に、マイクロストリップラインの長さ方向にシートの長さ方向を合わせ、それぞれの中心が一致するようにシートを配置し、ノイズを吸収する磁性シートとした。この後、マイクロストリップラインに接続したネットワークアナライザー（アジレント・テクノロジー（株）の製品Ｎ５２３０Ａ）を用いてＳパラメータを測定した。なお、反射によるＳパラメータS_{11}と透過によるＳパラメータS_{12}とから、下記の数式６により、マイクロストリップラインにおける伝送損失が、電磁波の吸収量となる。
測定結果は、１００ｋＨｚにおいて吸収量が１２％、８００ｋＨｚにおいて吸収量が２４％、１０ＭＨｚで吸収量が１３％であった。シートは、１００ｋＨｚから１０ＭＨｚの周波数帯域において１２％以上の吸収量であった。
（数６）
反射量（ｄＢ）＝２０・ｌｏｇ｜S_{11}｜
透過量（ｄＢ）＝２０・ｌｏｇ｜S_{12}｜
吸収量（％）＝（１－｜S_{11}｜^{2}－｜S_{12}｜^{2}）×１００
【００３４】

実施例２
本実施例は、軟磁性の扁平粉として、扁平パーマロイ粉を用い、扁平パーマロイ粉の扁平面同士を、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合した扁平パーマロイ粉の集まりからなるシートを製造する。扁平パーマロイ粉は、ニッケルが５０％からなるパーマロイの扁平粉（例えば、山陽特殊製鋼の開発品）を用いた。この扁平粉の扁平率は３８で、平均粒径は１４μｍである。このように、扁平パーマロイ粉の平均の厚みが極めて薄く、平均粒径も小さい。また、複素透磁率の虚部は、１００ＭＨｚ付近から鋭く立ち上がり、３．３ＧＨｚでピーク値の８．８をもち、４ＧＨｚ付近から減少し、１０ＧＨｚで３．５の値を持つ。従って、１－８ＧＨｚの周波数帯域で、複素透磁率の虚部が５以上の値を持つ。これに対し、直流磁場では、初比透磁率が1×10^{4}で、最大比透磁率は1.4×10^{5}と大きな値を持つ。
最初に、実施例１で用いたオクチル酸ニッケルの２１ｇ（０．０８モルに相当する）を１０％の重量割合でメタノールに分散させた。この後、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を、１２ｃｍ×１２ｃｍ×２ｃｍ（深さ）の容器に充填し、扁平パーマロイ粉１８ｇを容器に投入した。この後、容器内のオクチル酸ニッケルのメタノール分散液に、実施例１で用いた超音波ホモジナイザー装置によって２０ｋＨｚの超音波振動を２分間加えた。さらに、超音波ホモジナイザー装置を容器から取り出し、０．２Ｇからなる３方向の衝撃加速度を容器に繰り返し加え、容器内に扁平パーマロイ粉の扁平面同士がオクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して重なり合った該扁平パーマロイ粉の集まりを作成した。
次に、容器を６５℃に昇温し、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液からメタノールを気化させ、扁平パーマロイ粉の集まりの表面と、扁平パーマロイ粉の扁平面同士の間隙に、オクチル酸ニッケルの結晶の集まりを析出させた。この後、１２ｃｍ×１２ｃｍ×３ｃｍ（厚み）からなる板材を扁平鉄粉の集まりの表面に被せ、さらに、板材の上に、６ｋｇからなる重り５個を等間隔に配置した。
さらに、容器を大気雰囲気の熱処理装置に配置させ、２９０℃まで昇温し、２９０℃に１分間放置した。この後、容器に０．３Ｇからなる３方向の衝撃加速度を加え、容器内の扁平鉄粉の集まりを、容器から引き剥がした。
次に、実施例１と同様に、シートの表面と側面とを電子顕微鏡で観察した。０．４－０．５μｍの厚みの物質が、１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の集まりを介して、１０層に積層されていた。この物質は、ニッケル原子と鉄原子とで構成されていたため、パーマロイである。また、ナノ粒子は、ニッケル原子で構成されていたため、ニッケルのナノ粒子である。なお、パーマロイの１ＧＨｚにおける表皮の深さは５．０μｍであるため、４－５μｍの厚みからなるシートは、少ない量のパーマロイからなる扁平粉を用いて、効果的に１ＧＨｚ付近の電磁波のノイズを吸収する。
さらに、実施例１と同様の方法で、シートの磁気シールド性能を評価した。比較のために、ニッケルが４７％のパーマロイからなる厚みが５μｍのシートを用いた。実施例１と同様に、一辺が１００ｍｍの直方体形状のシールドボックスを、シートとパーマロイのシートとの各々で作成した。試料は、４０ｄＢの磁気シールド性能Ｓの値をもち、４７Ｎｉパーマロイのシートと比較して５ｄＢほど良好な磁気シールド性能を持った。この結果、試料は、優れた磁気シールド効果をもたらす。
次に、シートが電磁ノイズを吸収する性能を、実施例１と同様の方法で評価した。１ＧＨｚにおいて吸収量が８％、３ＧＨｚで吸収量が１０％、６．８ＧＨｚで吸収量が８％であった。従って、試料は、１ＧＨｚから７ＧＨｚの周波数帯域において８％以上の吸収量であった。しかし、電磁波の吸収量は少ない。これは、パーマロイの扁平粉の平均粒径が小さく、扁平率が低いことに依る。
【００３５】
実施例３
本実施例は、軟磁性の扁平粉として、扁平センダスト粉を用い、扁平センダスト粉の扁平面同士が、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合した扁平センダスト粉の集まりからなるシートを製造する。

センダストの扁平粉は、山陽特殊鋼の高透磁率タイプＡという製品で、平均粒径が５０μｍ以下と比較的大きく、厚みが約１μｍで、扁平率が５０に近い。この扁平粉は、従来のセンダストに比べ、微量のニッケルを添加するとともに、ケイ素の添加量を減らし、扁平処理を容易にさせるとともに、扁平粉の粒径を大きくし、合わせて、複素透磁率の特性を大幅に改善させた。複素透磁率の虚部は、１０－７０ＭＨｚの周波数帯域で６０以上の値を持ち、３－１００ＭＨｚの周波数帯域で３０以上の値を持つ。実施例２で用いたパーマロイの扁平粉に比べると、扁平粉の粒径が大きく、厚みも厚い。さらに、扁平率が大きく、複素透磁率の虚部の値が１０倍を超える周波数帯域が３－１００ＭＨｚに及ぶ。また、複素透磁率の実部は、１－３ＭＨｚで２００と大きな値を持つ。従って、３ＭＨｚ以上の周波数帯域での電磁波のノイズ対策に有効である。これに対し、直流磁場での透磁率は、実施例２で用いたパーマロイより２桁以上小さいため、磁気シールドの効果は低い。なお、３ＭＨｚにおける扁平センダスト粉の表皮深さは２０μｍである。

最初に、実施例１で用いたオクチル酸ニッケルの４２ｇ（０．１２モルに相当する）を１０％の重量割合でメタノールに分散させた。なお、センダストの扁平粉は、扁平パーマイに比べると、厚みが厚く、平均粒径も大きい。この後、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を、２０ｃｍ×２０ｃｍ×１．５ｃｍ（深さ）の容器に充填し、扁平センダスト粉４０ｇを容器に投入した。この後、容器内のオクチル酸ニッケルのメタノール分散液に、実施例１で用いた超音波ホモジナイザー装置によって２０ｋＨｚの超音波振動を２分間加えた。さらに、超音波ホモジナイザー装置を容器から取り出し、０．３Ｇからなる３方向の衝撃加速度を容器に繰り返し加え、容器内に扁平センダスト粉の扁平面同士がオクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して重なり合った該扁平センダスト粉の集まりを作成した。

次に、容器を６５℃に昇温し、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液からメタノールを気化させ、扁平センダスト粉の集まりの表面と、扁平センダスト粉の扁平面同士の間隙に、オクチル酸ニッケルの結晶の集まりを析出させた。この後、２０ｃｍ×２０ｃｍ×２ｍｍ（厚み）からなる板材を扁平センダスト粉の集まりの表面に被せ、さらに、板材の上に、８ｋｇからなる重り５個を等間隔に配置した。

さらに、容器を大気雰囲気の熱処理装置に配置させ、２９０℃まで昇温し、２９０℃に１分間放置した。この後、容器に０．４Ｇからなる３方向の衝撃加速度を加え、容器内の扁平センダスト粉の集まりを、容器から引き剥がした。

次に、実施例１と同様に、シートの表面と側面とを電子顕微鏡で観察した。１μｍの厚みの物質が、１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の集まりを介して、２０層に積層されていた。この物質は、鉄原子が大半を占め、次いでケイ素原子が多く、さらにアルミニウム原子が続き、僅かなニッケル原子が認められたため、センダストよりスーパーセンダストに近い物質である。また、ナノ粒子は、ニッケル原子で構成されていたため、ニッケルのナノ粒子である。なお、３ＭＨｚにおける扁平センダスト粉の表皮深さは２０μｍであるため、２０μｍの厚みからなるシートは、少ない量のセンダストの扁平粉を用いて、効果的に３ＭＨｚ付近の電磁波のノイズを吸収する。

さらに、作成したシートが電磁ノイズを吸収する性能を、実施例２と同様の方法で評価した。３ＭＨｚにおいて吸収量が２８％で、１０ＭＨｚにおいて吸収量が３８％で、２０ＭＨｚで吸収量が４２％、５０ＭＨｚで吸収量が３８％で、１００ＭＨｚにおいて吸収量が２８％あった。従って、作成したシートは、３－１００ＭＨｚの周波数帯域において２８％以上の吸収量であった。実施例４に比べると、電磁波の吸収量が格段に増大した。これは、パーマロイの扁平粉に比べると、センダストの扁平粉の粒径が大きく、扁平率が大きいことに依る。

【００３６】

実施例４

本実施例は、複素透磁率の虚部が、互いに異なる周波数帯域でピーク値を持つ３種類の合金からなる扁平粉を用い、３種類の扁平粉の扁平面同士が、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合した該３種類の扁平粉の集まりからなるシートを製造する。

３種類の合金の扁平粉は、実施例２で用いたパーマロイの扁平粉に、ケイ素が３％のケイ素鋼の扁平粉と、電磁ステンレス鋼の扁平粉を加えた。
ケイ素が３％のケイ素鋼からなる扁平粉（例えば、山陽特殊製鋼の開発品）は、扁平率は３４で、平均粒径は９μｍである。また、複素透磁率の虚数部は、実施例２のパーマロイの扁平粉とは対照的に高周波数帯域で必要な大きさを持つ。すなわち、１０ＭＨｚ付近から緩やかに増大し、１ＧＨｚで２．３の値を持ち、４．７ＧＨｚでパーマロイの複素透磁率の虚数部の値と交差し、５．９ＧＨｚでピーク値の８．７を示し、６．３ＧＨｚ付近からなだらかに減少し、１０ＧＨｚでも５．９の値を持ち、１２ＧＨｚで３．７の値を持つ。このため、４．７ＧＨｚ以上では、パーマロイの扁平粉より複素透磁率の虚数部の値が大きい。
鉄に７％のクロムと１％のケイ素と１．６％のアルミニウムとを加えた電磁ステンレス鋼からなる扁平粉（例えば、山陽特殊製鋼の開発品）は、扁平率は２９で平均粒径は１２μｍである。また、複素透磁率の虚部は、１０ＭＨｚ付近から急激に増大し、１ＧＨｚで３．４の値を持ち、４．２ＧＨｚでケイ素が３％のケイ素鋼の虚部と交差し、４．８ＧＨｚでピーク値の７．５を示し、５．５ＧＨｚ付近からなだらかに減少し、１０ＧＨｚでも４．８の値を持ち、１２ＧＨｚで３．１の値を持つ。
従って、パーマロイの扁平粉とケイ素が３％のケイ素鋼の扁平粉と電磁ステンレス鋼の扁平粉からなる３種類の扁平粉を用い、３種類の扁平粉の扁平面同士をランダムに重ね合わせたシートを形成すると、シートの複素透磁率の虚部の特性は、３種類の扁平粉の複素透磁率の虚部の特性が加算された特性になり、２－８ＧＨｚに至る中間の周波数帯域の電磁ノイズを吸収する性能が向上する。特に、パーマロイの複素透磁率の虚数部がピーク値を示す３．３ＧＨｚから、ケイ素が３％のケイ素鋼の複素透磁率の虚数部がピーク値を示す４．８ＧＨｚまでの周波数帯域における電磁ノイズを吸収する性能が向上する。
最初に、実施例１で用いたオクチル酸ニッケルの３２ｇ（０．０９モルに相当する）を１０％の重量割合でメタノールに分散させた。この後、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を、１５ｃｍ×１５ｃｍ×１．５ｃｍ（深さ）の容器に充填した。次に、パーマロイの扁平粉の８ｇと、ケイ素鋼の扁平粉の７ｇと、電磁ステンレス鋼の扁平粉の１５ｇを容器に投入した。この後、容器内のオクチル酸ニッケルのメタノール分散液に、実施例１で用いた超音波ホモジナイザー装置によって２０ｋＨｚの超音波振動を２分間加えた。さらに、超音波ホモジナイザー装置を容器から取り出し、０．３Ｇからなる３方向の衝撃加速度を容器に繰り返し加え、容器内に３種類の合金からなる扁平粉の扁平面同士が、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して重なり合った該３種類の合金からなる扁平粉の集まりを作成した。
次に、容器を６５℃に昇温し、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液からメタノールを気化させ、３種類の合金からなる扁平粉の集まりの表面と、３種類の合金からなる扁平粉の扁平面同士の間隙に、オクチル酸ニッケルの結晶の集まりを析出させた。この後、１５ｃｍ×１５ｃｍ×２ｍｍ（厚み）からなる板材を、３種類の合金からなる扁平粉の集まりの表面に被せ、さらに、板材の上に、６ｋｇからなる重り５個を等間隔に配置した。
さらに、容器を大気雰囲気の熱処理に配置させ、２９０℃まで昇温し、２９０℃に１分間放置した。この後、容器に０．４Ｇからなる３方向の衝撃加速度を加え、容器内の３種類の合金からなる扁平粉の集まりを、容器から引き剥がした。
次に、実施例１と同様に、シートの表面と側面とを電子顕微鏡で観察した。０．４－０．６μｍの厚みの物質が、１０ｎｍ前後の大きさからなるナノ粒子の集まりを介して、１０層に積層されていた。
さらに、作成したシートが電磁ノイズを吸収する性能を、実施例１と同様の方法で評価した。１ＧＨｚにおいて吸収量が８％、３．３ＧＨｚにおいて吸収量が１０％、４．７ＧＨｚにおいて吸収量が９％、５．９ＧＨｚにおいて吸収量が１０％、１０ＧＨｚにおいて吸収量が８％であった。この結果、１－１０ＧＨｚの広い周波数帯域において８％以上の吸収量であった。しかし、電磁波の吸収量は少ない。これは、実施例３で用いたセンダストの扁平粉に比べると、３種類の合金の平均粒径が小さく、扁平率が低いことに依る。

なお、複数種類の合金からなる軟磁性の扁平粉を組み合わせる事例は、実施例４に限らない。つまり、複素透磁率の虚数部が広い周波数帯域で一定の値を持つように、複数種類の合金からなる扁平粉を組み合わせ、かつ、各々の扁平粉の使用量を調整すると、複数種類の合金からなる扁平面同士が重なり合って結合した該扁平粉の集まりは、各々の扁平粉の複素透磁率の虚数部の特性が、各々の扁平粉の使用量に応じて加算された複素透磁率の虚数部の特性を示し、この結果、広い周波数帯域において、電磁ノイズを吸収するシートが実現できる。

【００３７】

実施例５

本実施例は、フレーク銅紛を用い、フレーク銅紛の平面同士が、銅のナノ粒子の集まりを介して接合したフレーク銅粉の集まりからなるシートを製造する。フレーク銅粉は、福田金属箔粉工業株式会社が製造する品番ＭＳ－８００を用いた。このフレーク銅粉は、粒度分布は、７５μｍより大きいフレーク紛が４％より多く、４５μｍより大きいフレーク紛が２５％より多く、４５μｍより小さいフレーク紛が７５％より多くを占める。厚みは０．５μｍ前後であるため、アスペクト比が大きい。また、見かけ密度が０．６－１．０ｇ／ｃｍ^{3}と低い。銅のナノ粒子の原料は、オクチル酸銅Ｃｕ（$C_7H_{15}COO)_2$（例えば三津和薬品工業株式会社の製品）を用いた。

最初に、オクチル酸銅の１２ｇ（０．０３５モルに相当する）を１０％の重量割合でメタノールに分散させた。この後、オクチル酸銅のメタノール分散液を、８ｃｍ×８ｃｍ×２ｃｍ（深さ）の容器に充填し、フレーク銅紛９ｇを容器に投入した。この後、容器内のオクチル酸銅のメタノール分散液に、実施例１で用いた超音波ホモジナイザー装置によって２０ｋＨｚの超音波振動を２分間加えた。さらに、超音波ホモジナイザー装置を容器から取り出し、０．２Ｇからなる３方向の衝撃加速度を容器に繰り返し加え、容器内にフレーク銅紛の扁平面同士がオクチル酸銅のメタノール分散液を介して重なり合った該フレーク銅紛の集まりを作成した。

次に、容器を６５℃に昇温し、オクチル酸銅のメタノール分散液からメタノールを気化させ、フレーク銅紛の集まりの表面と、フレーク銅紛の扁平面同士の間隙に、オクチル酸銅の結晶の集まりを析出させた。この後、８ｃｍ×８ｃｍ×２．５ｍｍ（厚み）からなる板材を、フレーク銅紛の集まりの表面に被せ、さらに、板材の上に、４ｋｇからなる重り５個を等間隔に配置した。

さらに、容器を大気雰囲気の熱処理装置に配置させ、２９０℃まで昇温し、２９０℃に１分間放置した。この後、容器に０．２Ｇからなる３方向の衝撃加速度を加え、容器内のフレーク銅紛の集まりを、容器から引き剥がした。

次に、実施例１と同様に、シートの表面と側面とを電子顕微鏡で観察した。０．５μｍ前後の厚みの銅扁平粉が、１０ｎｍ前後の大きさからなる銅のナノ粒子の集まりを介して、６層に積層されていた。

さらに、直流抵抗計（例えば、鶴賀電気株式会社の直流抵抗計モデル３５６Ｈ）を用いて、試料の電気抵抗を測定した。試料の４か所に端子をかませ、試料に異なる方向に直流電流を流して、内側の２つの端子で電圧を２回測り、これら２つの電圧値の差を、外側の２つの端子で測った電流値で割った値から求めた抵抗値は、銅に近い体積固有抵抗を示した。従って、製作した試料は、優れた熱伝導性と電気導電性を持つシートになる。

【００３８】

実施例６

本実施例は、フレーク銅紛を用い、フレーク銅紛の平面同士が、ニッケルのナノ粒子の集まりを介して接合したフレーク銅粉の集まりからなるシートを製造する。フレーク銅粉は、実施例５で用いたフレーク銅粉を用いた。ニッケルのナノ粒子の原料は、オクチル酸ニッケルＮｉ（$C_7H_{15}COO)_2$（例えば、富士フィルム和光純薬株式会社の製品）を用いた。

最初に、実施例１で用いたオクチル酸ニッケルの１２ｇ（０．０３５モルに相当する）を１０％の重量割合でメタノールに分散させた。この後、オクチル酸ニッケルのメタノール

分散液を、８ｃｍ×８ｃｍ×２ｃｍ（深さ）の容器に充填し、フレーク銅紛９ｇを容器に投入した。この後、容器内のオクチル酸ニッケルのメタノール分散液に、実施例１で用いた超音波ホモジナイザー装置によって２０ｋＨｚの超音波振動を２分間加えた。さらに、超音波ホモジナイザー装置を容器から取り出し、０．２Ｇからなる３方向の衝撃加速度を容器に繰り返し加え、容器内にフレーク銅紛の扁平面同士がオクチル酸ニッケルのメタノール分散液を介して重なり合った該フレーク銅紛の集まりを作成した。
次に、容器を６５℃に昇温し、オクチル酸ニッケルのメタノール分散液からメタノールを気化させ、フレーク銅紛の集まりの表面と、フレーク銅紛の扁平面同士の間隙に、オクチル酸ニッケルの結晶の集まりを析出させた。この後、８ｃｍ×８ｃｍ×３ｍｍ（厚み）からなる板材を、フレーク銅紛の集まりの表面に被せ、さらに、板材の上に、４ｋｇからなる重り５個を等間隔に配置した。
さらに、容器を大気雰囲気の熱処理装置に配置させ、２９０℃まで昇温し、２９０℃に１分間放置した。この後、容器に０．３Ｇからなる３方向の衝撃加速度を加え、容器内のフレーク銅紛の集まりを、容器から引き剥がした。
次に、実施例１と同様に、シートの表面と側面とを電子顕微鏡で観察した。０．５μｍ前後の厚みの銅扁平粉が、１０ｎｍ前後の大きさからなるニッケルのナノ粒子の集まりを介して、６層に積層されていた。
さらに、実施例５で用いた直流抵抗計を用いて、試料の電気抵抗を測定した。試料は、銅に近い体積固有抵抗を示した。さらに、試料は、銅の持つ固有の赤みのある暗い黄茶色の色彩を持つシートを示した。従って、製作した試料は、優れた熱伝導性と電気導電性を持つとともに、銅固有の赤みのある暗い黄茶色の持つシートになる。

【００３９】

実施例７

本実施例は、絶縁性、潤滑性に優れる扁平紛としてアルミナの鱗片紛を用い、酸化マグネシウムのナノ粒子の集まりを介して接合したアルミナの鱗片粉の集まりからなるシートを製造する。アルミナの鱗片粉（河合石灰工業株式会社の製品ＢＭＦ－Ｂ）は、アスペクト比が４０前後で、平均粒径が９μｍで、密度が３．９８ｇ／ｃｍ^{3}からなる鱗片状のベーマイト紛（製品ＢＭＦ）を、５００℃以上の温度で熱処理したもので、ベーマイトの形状に近いアルミナの鱗片粉が得られる。
最初に、カプリル酸マグネシウムＭｇ（ＣＨ$_3$（ＣＨ$_2$）$_6$ＣＯＯ）$_2$（輸入品）の２２ｇ（０．０７モルに相当する）を１０％の重量割合でメタノールに分散させた。この後、カプリル酸マグネシウムのメタノール分散液を、１１ｃｍ×１１ｃｍ×２ｃｍ（深さ）の容器に充填し、アルミナの鱗片紛４０ｇを容器に投入した。
この後、容器内のオクチル酸ニッケルのメタノール分散液に、実施例１で用いた超音波ホモジナイザー装置によって２０ｋＨｚの超音波振動を２分間加えた。さらに、超音波ホモジナイザー装置を容器から取り出し、０．３Ｇからなる３方向の衝撃加速度を容器に繰り返し加え、容器内にアルミナの鱗片紛の扁平面同士がカプリル酸マグネシウムのメタノール分散液を介して重なり合った該アルミナの鱗片紛の集まりを作成した。
次に、容器を６５℃に昇温し、カプリル酸マグネシウムのメタノール分散液からメタノールを気化させ、アルミナの鱗片紛の集まりの表面と、アルミナの鱗片紛の扁平面同士の間隙に、カプリル酸マグネシウムの結晶の集まりを析出させた。この後、１１ｃｍ×１１ｃｍ×３ｍｍ（厚み）からなる板材を、アルミナの鱗片紛の集まりの表面に被せ、さらに、板材の上に、５ｋｇからなる重り５個を等間隔に配置した。
さらに、容器を大気雰囲気の熱処理装置に配置させ、２９０℃まで昇温し、２９０℃に１分間放置した。この後、容器に０．３Ｇからなる３方向の衝撃加速度を加え、容器内のアルミナの鱗片紛の集まりを、容器から引き剥がした。
次に、実施例１と同様に、シートの表面と側面とを電子顕微鏡で観察した。０．２－０．３μｍの厚みのアルミナの扁平粉が、１０ｎｍ前後の大きさからなる酸化マグネシウムのナノ粒子の集まりを介して、１０層に積層されていた。
この後、絶縁抵抗計で試料の複数個所の表面抵抗を測定したところ、針が振り切れ、抵抗

値は１００ＭΩより大きい値であった。
次に、試料の複数の表面の摩擦係数を、測定装置（島津製作所の卓上形精密万能試験器オートグラフＡＧＳ－Ｘからなる摩擦係数測定装置）によって、静止摩擦係数と動摩擦係数を測定した。静止摩擦係数が０．１５±０．０３で、動摩擦係数が０．１０±０．０２であった。いずれの摩擦係数も小さい。
【００４０】
実施例８
本実施例は、扁平粉として着色したフレーク粉を用い、フレーク紛の扁平面同士を、アルミニウムのナノ粒子の集まりを介して接合し、着色したフレーク粉の集まりからなるシートを製造する。着色したフレーク粉として、ガラスのフレーク粉に、酸化チタンをコーティングした着色したフレーク粉（日本板硝子株式会社の製品メタシャイン）を用いた。赤（品種Ｅ０２５ＲＲ）と青（品種Ｅ０２５ＲＢ）とに着色されたガラスフレーク粉の２種類の同じ量を混合した。なお、着色したフレーク粉は、厚みが０．５μｍで、平均粒径が２５μｍで、密度が２．６ｇ／ｃｍ^{3}である。
最初に、オクチル酸アルミニウムＡｌ（$C_7H_{15}COO)_3$（輸入品）の２３ｇ（０．０５モルに相当する）を１０％の重量割合でメタノールに分散させた。この後、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液を、１２ｃｍ×１２ｃｍ×２ｃｍ（深さ）の容器に充填し、着色したフレーク粉６５ｇを容器に投入した。
この後、容器内のオクチル酸アルミニウムのメタノール分散液に、実施例１で用いた超音波ホモジナイザー装置によって２０ｋＨｚの超音波振動を２分間加えた。さらに、超音波ホモジナイザー装置を容器から取り出し、０．２Ｇからなる３方向の衝撃加速度を容器に繰り返し加え、容器内に着色したフレーク粉の扁平面同士がオクチル酸アルミニウムのメタノール分散液を介して重なり合った該着色したフレーク粉の集まりを作成した。
次に、容器を６５℃に昇温し、オクチル酸アルミニウムのメタノール分散液からメタノールを気化させ、着色したフレーク粉の集まりの表面と、着色したフレーク粉の扁平面同士の間隙に、オクチル酸アルミニウムの結晶の集まりを析出させた。この後、１２ｃｍ×１２ｃｍ×３ｃｍ（厚み）からなる板材を、着色したフレーク粉の集まりの表面に被せ、さらに、板材の上に、４ｋｇからなる重り５個を等間隔に配置した。
さらに、容器を大気雰囲気の熱処理装置に配置させ、２９０℃まで昇温し、２９０℃に１分間放置した。この後、容器に０．３Ｇからなる３方向の衝撃加速度を加え、容器内のフレーク銅紛の集まりを、容器から引き剥がした。
最初に、分光測色計（コニカミノルタジャパン株式会社の製品ＣＭ－７００ｄ）によって、試料の分光反射率を調べた。分光反射率は、青の色彩を放つ４７０ｎｍの波長付近と、赤の色彩を放つ７００ｎｍの波長付近で最も高かった。
次に、試料の側面の観察と分析を、実施例１と同様に、電子顕微鏡で行った。この結果、ガラスのフレーク粉の扁平面が、０．５μｍの厚みのガラスのフレーク粉が、１０ｎｍ前後の大きさからなるアルミニウムのナノ粒子の集まりを介して、１０層に積層していた。いっぽう、扁平粉の基材が透明で平坦なガラスフレーク粉であり、このガラスフレーク粉の扁平面同士が、透明性のアルミニウムのナノ粒子の集まりを介して接合したため、強い光沢感と透明感と高い輝度感を兼ね備えた赤紫の色彩が、被膜から発光された。
以上の結果から、ガラスのフレーク粉に酸化チタンをコーティングした着色したフレーク粉の扁平面同士が、１０層に重なり合って接合し、ガラスのフレーク粉からなるシートが形成された。このシートは、優れた着色性を持った。このため、３１段落に記載した様々な色に着色したフレーク紛、ないしは、複数種類の着色したフレーク紛を用いることで、様々な色彩を放つ着色したシートが形成できる。
【符号の説明】
【００４１】
１　還元鉄粉　　２　ニッケルのナノ粒子