

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-207286

(P2012-207286A)

(43) 公開日 平成24年10月25日(2012.10.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 9/00 (2006.01)	C 2 2 C 9/00	4 K 0 4 4
C 2 2 C 30/06 (2006.01)	C 2 2 C 30/06	5 E 0 5 8
C 2 2 C 30/02 (2006.01)	C 2 2 C 30/02	
C 2 3 C 30/00 (2006.01)	C 2 3 C 30/00 B	
H 0 1 F 27/36 (2006.01)	H 0 1 F 27/36 B	
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 22 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2011-74778 (P2011-74778)
(22) 出願日 平成23年3月30日 (2011. 3. 30)

(71) 出願人 000001199
株式会社神戸製鋼所
兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
(74) 代理人 100100974
弁理士 香本 薫
(72) 発明者 橋本 大輔
山口県下関市長府港町14番1号 株式会社神戸製鋼所長府製造所内
(72) 発明者 三輪 洋介
山口県下関市長府港町14番1号 株式会社神戸製鋼所長府製造所内
Fターム(参考) 4K044 AA06 AB02 BA06 BA08 BA10
BB01 BB02 BC02 BC14 CA11
CA13 CA17 CA62
5E058 CC12

(54) 【発明の名称】 電磁波シールド材用銅合金板材

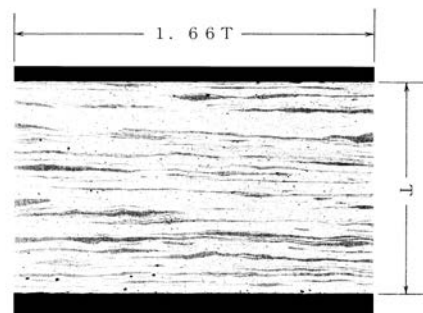
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】周波数が5MHz以上の電磁波に対して電磁波遮蔽効果の高い電磁波シールド材用Cu-Fe系銅合金板材を提供する。

【解決手段】Feを10.0mass%以上50.0mass%以下、Ni, Coを1種又は2種の合計で0.001mass%以上5.0mass%以下、及びCを10ppm以上含むCu-Fe系銅合金板材。Cu母相内にFe系第二相が晶出及び析出した組織を有し、圧延方向に垂直な断面において、アスペクト比が5以上のFe系第二相が、板厚方向に厚さ0.05mmあたり平均10個以上存在し、その平均アスペクト比が20以上である。P, Si, Ti, Mg, Ca, Zr, Cr, Al, Bを1種又は2種以上の合計で0.005~2.0mass%、Znを0.005~5.0mass%、Ag, Sn, In, Mn, Au, Ptを1種又は2種以上の合計で0.001~5.0mass%含むことができる。

。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

Fe を 10.0 mass % 以上 50.0 mass % 以下、Ni, Co を 1 種又は 2 種の合計で 0.001 mass % 以上 5.0 mass % 以下、及び C を 10 ppm 以上含み、残部が Cu 及び不可避不純物からなり、Cu を主体とする母相と Fe を主体とする第二相からなる組織を有し、圧延方向に垂直な断面で観察される前記第二相のうちアスペクト比が 5 以上のものが、前記断面の板厚方向に厚さ 0.05 mm あたり平均 10 個以上存在し、その平均アスペクト比が 20 以上であることを特徴とする電磁波シールド材用銅合金板材。

【請求項 2】

さらに P, Si, Ti, Mg, Ca, Zr, Cr, Al, B を 1 種又は 2 種以上の合計で 0.005 mass % 以上 2.0 mass % 以下含む請求項 1 に記載の電磁波シールド材用銅合金板材。

【請求項 3】

さらに Zn を 0.005 mass % 以上 5.0 mass % 以下含む請求項 1 又は 2 に記載の電磁波シールド材用銅合金板材。

【請求項 4】

さらに Ag, Sn, In, Mn, Au, Pt を 1 種又は 2 種以上の合計で 0.001 mass % 以上 5.0 mass % 以下含む請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の電磁波シールド材用銅合金板材。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の電磁波シールド材用銅合金において、表面に Cu, Au, Ag, Ni, Zn, Sn, 又ははんだの 1 種を単層めっきするか 2 種以上を複層めっきした電磁波シールド材用銅合金板材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は電磁波遮蔽（シールド）用の素材に関係し、さらに詳しくは家庭用又は業務用の電気製品から発生する電磁波或いは製品の外部より侵入する電磁波を遮蔽することに使用される電磁波シールド材用銅合金板材に関する。さらには精密な電磁的測定を伴う医療、電磁波の回り込みを嫌う放送設備、高度な電子機器を搭載した航空機など外部からの電磁波の影響を最小化する必要がある電磁遮蔽空間を構築するために使用される電磁波シールド材用銅合金板材に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、Fe : 3 ~ 90 質量%、Cu : 10 ~ 97 質量% からなる Cu - Fe 二元合金に微量添加物として Co、Ni、Mn、Cr を加えた Cu - Fe 系合金が電磁波シールド材として好ましいことが記載されている。

また、特許文献 2 には、Fe : 5 ~ 95 質量%、Cr : 0.1 ~ 20 質量%、及び少量の Al、Ti、V、Nb、Zr、Mg、Si、Mn、P 等を含み、残部 Cu からなる Cu - Fe 系合金が電磁波シールド材として好ましいことが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 49104 号公報

【特許文献 2】特開平 06 - 264196 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1, 2 に記載された Cu - Fe 系合金は、いずれも Cu 母相中に Fe 系第二相

10

20

30

40

50

が晶出又は析出した複合組織を有し、この複合組織により、高い導電率、電界遮蔽効果及び磁界遮蔽効果を得ようとしたものである。

しかし、特許文献1では、電磁波遮蔽特性に及ぼすFe含有量の影響や、Feを含まない銅板に対する優位性については、実施例等を見ても必ずしも明確ではない。一方、特許文献2では、実施例に理解し難い部分があるほか、同文献中に記載された25dBという電磁波遮蔽効果はそれほど高くはなかつ数値の根拠も不明、という問題がある。

【0005】

本発明は、電磁波遮蔽効果が高いとされるCu-Fe系合金板材を改良し、より優れた電磁波遮蔽効果を有するCu-Fe系合金板材を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る電磁波シールド材用銅合金板材（箔を含む）は、Feを10.0mass%以上50.0mass%以下、Ni, Coを1種又は2種の合計で0.001mass%以上5.0mass%以下、及びCを10ppm以上含み、残部がCu及び不可避不純物からなり、Cuを主体とする母相とFeを主体とする第二相（Fe系第二相）からなる組織を有し、圧延方向に垂直な断面で観察される前記Fe系第二相のうちアスペクト比が5以上のものが、前記断面の板厚方向に厚さ0.05mmあたり平均10個/以上存在し、その平均アスペクト比が20以上であることを特徴とする。

なお、前記アスペクト比は、前記断面において測定した前記Fe系第二相の板幅方向の寸法/板厚方向の寸法（最大厚さ）である。詳細については後述する。

前記Fe系第二相の板厚方向の存在数（平均）は、前記断面の組織写真における板幅方向の任意の10箇所において板厚方向に直線を引き、該直線と交差するアスペクト比が5以上のFe系第二相の数をカウントし、10箇所の平均値を算出して厚さ0.05mmあたりに換算した数値である。また、平均アスペクト比は、カウント対象となった全てのFe系第二相のアスペクト比の平均値である。

【0007】

上記銅合金は、必要に応じてさらに、(1)P, Si, Ti, Mg, Ca, Zr, Cr, Al, Bを1種又は2種以上の合計で0.005mass%以上2.0mass%以下、(2)Znを0.005mass%以上5.0mass%以下、(3)Ag, Sn, In, Mn, Au, Ptを1種又は2種以上の合計で0.001mass%以上5.0mass%以下のうち、(1)~(3)を単独で、又は(1)~(3)の2又は3を適宜組み合わせることで含むことができる。

【発明の効果】

【0008】

銅合金は、導電率が比較的高いという特性上、一般に高い電界遮蔽効果を有する。そのため、銅合金板材による電磁波の遮蔽には、磁界遮蔽効果の付与がカギになる。本発明によれば、銅合金（Cu-Fe系合金）により高い磁界遮蔽効果を付与することができ、電磁波遮蔽効果が高い電磁波シールド材用銅合金板材を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例のNo.4の試験材の圧延方向に垂直な断面のSEM組織像である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明に係る電磁波シールド材用銅合金（Cu-Fe系合金）板材の成分組成、組織及び製造方法について、詳細に説明する。

(Fe)

Feは、Cu母相（Cuを主体とする母相）中にFe系第二相（Fe単体又はFe系の金属間化合物からなるFeを主体とする第二相）として晶出又は析出し、これにより磁界遮蔽効果が向上する。このFe系第二相は透磁率が高く、電磁波に対して透過減衰能を有している。このFe系第二相を十分な磁界遮蔽効果を呈する程度に形成させるには10m

10

20

30

40

50

mass %以上のFe含有量が必要である。一方、Fe含有量が50mass %を越えると、CuとFeの2液相分離現象により晶出するFe系第二相が粗大となるなど鑄塊の健全性が低下し、熱間加工や冷間加工に悪影響を与え、箔製作が行い難くなる。よって、Feは10.0mass %以上50.0mass %以下とする。好ましい範囲は12.0mass %以上40.0mass %以下、さらに好ましい範囲は15.0mass %以上30.0mass %以下である。

【0011】

(Ni、Co)

Ni、Coは、溶解鑄造中に形成するFe系第二相（晶出相）の凝固収縮率を緩慢にする作用があり、鑄塊製作時の健全性確保に効果がある。この効果は、Ni、Coの1種又は2種の合計が0.001mass %以上で発揮される。また、Ni、Coは、晶出又は析出するFe系第二相中のFe原子と置換することにより、Fe系第二相の透磁率に影響して磁界遮蔽効果を向上させる作用もある。この作用は、Ni、Coの1種又は2種の合計が0.01mass %以上で発揮され、0.5mass %以上でより効果的になる。一方、Ni、Coの1種又は2種の合計が5.0mass %を超えると上記効果が飽和し、逆に磁界遮蔽効果を低下させる。

従って、Ni、Coの1種又は2種の添加は、合計で0.001mass %以上5.0mass %以下とする。好ましい範囲は、0.005mass %以上4.0mass %以下、さらに好ましくは、0.01mass %以上3.0mass %以下である。

【0012】

(C)

Cは、CuとFeの2液相分離現象の効果を高め、Fe系第二相を晶出させ、Cu-Fe系合金の磁界遮蔽効果を向上させる作用がある。Fe系第二相を晶出させるにはこの2液相分離現象を活用するが、C含有量が10ppm（質量）未満ではこの作用は十分でない。従って、Cの添加は10ppm以上、より好ましくは20ppm以上とする。Fe濃度が大きいほどC濃度も大きくなる傾向にある。

本来、CはCu中に1ppm程度しか溶解できない元素であるが、原料溶解時にC源として木炭だけでなくφ0.1mm以下のカーボン粉を使用することで接触表面積を増大させること、同時に溶銅へのFe添加を後述するP、Si、Ti、Mg、Ca、Zr、Cr、Al、Bの1種又は2種以上の添加よりも先にすることにより、10ppm以上の添加が可能である。添加したCは晶出するFe系第二相に入りやすく、添加量が多くなっても電磁波遮蔽効果に対する悪影響は確認されていないが、Fe系第二相の加工性に影響するため、質量%でFe含有量の0.8%以下に規制することが望ましい。

Cは、後述するP、Si、Ti、Mg、Ca、Zr、Cr、Alの1種又は2種以上と合わせて適切な範囲で添加することで、2液相分離現象の効果をより高めることができる。

【0013】

(P、Si、Ti、Mg、Ca、Zr、Cr、Al、B)

一般にCu-Feの2元系平衡状態図には、Fe:1.6mass %程度からこの2液相分離現象が発現することが示されているが、Fe系第二相が効果的な磁界遮蔽効果を呈するレベルとするには不足であり、先に述べたとおり、Feは10.0mass %以上、好ましくは12mass %以上が必要になる。

これに対し、P、Si、Ti、Mg、Ca、Zr、Cr、Al、Bの1種又は2種以上と前記Cを適切な範囲とすることで、溶解時の2液相分離現象時の分離効率を高め、更には熱間加工時や熱処理時にCu母相からのFe系第二相の析出効率も高め、その結果、銅合金の磁界遮蔽効果を高めることができる。

上記元素の1種又は2種以上が0.005mass %未満では、上記作用が不十分である。一方、2.0mass %を超えて添加すると、逆に磁界遮蔽効果が低下する。従って、上記元素の1種又は2種以上の添加量は、合計で0.005mass %以上2.0mass %以下の範囲とし、必要に応じて添加する。望ましい範囲は0.01mass %以上

10

20

30

40

50

1.5 mass % 以下、更に望ましくは、0.03 mass % 以上 1.0 mass % 以下である。

【0014】

(Zn)

Zn は、電磁波シールド材にめっきを施す場合などに、必要に応じて添加される。めっきを施すことで、使用環境による腐食に対する耐性を持たせることができる。また、めっき自体も電磁波の遮蔽効果を有している。

めっき方法として乾式、湿式、溶融のいずれも用いることができ、Zn を 0.005 mass % 以上添加することで、めっきに対する濡れ性、拡がり性及び耐熱剥離性が向上する。なお、銅合金に Zn を添加することにより、Sn 又は Sn 合金めっきやはんだめっき等の耐熱剥離性が向上することは、各種文献等により公知である。一方、5.0 mass % 以上の Zn の添加は、銅合金の磁気遮蔽効果を低下させ、さらに溶融 Sn や溶融はんだめっき時の濡れや拡がり性を低下させる。従って、Zn の添加は、0.005 mass % 以上 5.0 mass % 以下とする。好ましくは 0.01 mass % 以上 4.0 mass % 以下、更に好ましくは 0.05 mass % 以上 3.0 mass % である。

【0015】

(Ag、Sn、In、Mn、Au、Pt)

電磁波シールド材をコネクタに使用した際の外套部、電線に巻きつける部材、回路基板の基材などに使用する場合には、単にシールド特性だけでなく強度、ばね性、屈曲性が重要となる。Ag、Sn、In、Mn、Au、Pt は、母相の強度やばね性、屈曲性などを上げる作用を有し、必要に応じて添加される。

上記元素を添加することで、前述の遮蔽効果を変えることなく、母相の強度、ばね性、屈曲性を向上させることが可能であり、必要に応じて添加される。上記元素の 1 種又は 2 種以上を合計で 0.001 mass % 以上添加することで屈曲性が向上し、強度、ばね性は 0.01 mass % 以上の添加で向上する。一方、合計で 5.0 mass % 以上の添加は、磁界遮蔽効果を低下させることから好ましくない。従って、上記元素の 1 種又は 2 種以上の添加は、合計で 0.001 mass % 以上 5.0 mass % 以下とする。好ましくは 0.01 mass % 以上 2.0 mass % 以下、更に好ましくは、0.05 mass % 以上 1.0 mass % 以下である。

【0016】

(不可避不純物)

本 Cu - Fe 系銅合金の不可避不純物には、Cd、Be、Hf、Th、Li、Na、K、Sr、Pd、W、S、Nb、V、Y、Mo、Pb、Ga、Ge、As、Sb、Bi、Te、O、H 等が考えられる。Cd、Be、Hf、Th、Li、Na、K、Sr、Pd、W、S、Nb、V、Y、Mo、Pb、Ga、Ge、As、Sb、Bi、Te は、合計で 0.005 mass % を超えて含まれると、本 Cu - Fe 系銅合金が P、Si を含む場合に Fe - P 系析出、Fe - Si 系析出に影響し、磁界遮蔽効果を低減させる。ただし、これらの成分の通常の不可避不純物レベルは極めて低く問題になることはない。O、H は、通常の不可避不純物レベル (O : 200 ppm 以下、H : 10 ppm 以下) において、C と同様に、P、Si、Ti、Mg、Ca、Zr、Cr、Al とともに Fe 系相の 2 液相分離現象の効果を高める作用を有する。

【0017】

(銅合金板材の組織)

本発明に係る銅合金板材の組織は Cu 母相 (Cu を主体とする相) 及び Fe 系第二相 (Fe を主体とする相) からなる。圧延と焼鈍を繰り返す工程により、Cu 母相中に晶出及び析出していた Fe 系第二相はせん断変形して形状が偏平化され、圧延方向及び板幅方向に伸展する。Fe 系第二相内部に生じる反磁性は形状が偏平であるほど小さくなるため、偏平な Fe 系第二相は軟磁性の性質を示し、より高い透磁率が得られる。従って、銅合金板材中において Fe 系第二相が偏平なほど、効率的な電磁波の遮蔽効果 (反射と吸収の効果) が得られる。このような偏平な Fe 系第二相が、銅合金板材の板厚方向に層状に多

10

20

30

40

50

数存在するとき、電磁波の遮蔽効果がより高くなると考えられる。

【0018】

アスペクト比はF e系第二相の偏平化の指標となるものであり、本発明では、この値が5以上のとき偏平とみなしている。そして、本発明では、銅合金板材の圧延方向に垂直な断面で観察されるアスペクト比が5以上のF e系第二相が、前記断面の板厚方向に厚さ0.05mmあたり平均10個(10層)以上存在する、と規定しており、この規定を満たすとき、銅合金板材は優れた電磁波遮蔽効果(特に磁界遮蔽効果)を有する。

この個数(層数)は多いほど望ましく、例えば20以上であることが望ましい。この個数(層数)は合金組成や製造方法、鑄塊厚さ、最終板厚等によっても変化するので、上限値を規定する意味はない。しかし、仮に実作業レベルの鑄塊(スラブ)に実施例の条件を適用すれば、250個(層)程度は可能と思われる。

F e系第二相のアスペクト比は、前記断面において測定したF e系第二相の板幅方向の寸法をWとし、板厚方向の寸法の最大値(最大厚さ)をtとしたとき、 W/t で表される。ただし、F e系第二相の中には板幅方向に長く伸張して、SEM組成像(組織写真)の一方端又は両端を超えて伸張しているものも多い。そこで、本発明では、図1に示すように、SEM組成像のうち板厚方向にT(T:板厚)、板幅方向に $1.66 \times T$ の矩形領域を測定範囲とし、この測定範囲の一方端又は両端を超えて伸張するF e系第二相については、前記測定範囲内で実際に観察される板幅方向の寸法(長さ)を、板幅方向の寸法Wとみなし、前記測定範囲内で実際に観察される板厚方向の寸法の最大値を、板厚方向の寸法の最大値tとみなす。アスペクト比が5以上のF e系第二相の板厚方向の存在数の測定も同じ測定範囲で行うものとする。

【0019】

圧延方向に垂直な断面において、F e系第二相のアスペクト比は大きい方(偏平化の程度が大きい)がより望ましく、アスペクト比が5以上のF e系第二相の平均アスペクト比は20以上が望ましく、さらに50以上が望ましい。この平均アスペクト比の上限は規定しないが、実施例の平均アスペクト比からみて、本発明の組成及び製造方法による実現可能な上限値として200~250程度を挙げることができる。

アスペクト比が5以上のF e系第二相は、銅合金板材に均一に分散することで、効率的な電磁波遮蔽効果が得られる。F e系第二相の均一分散の指標となるのが、圧延方向に垂直な断面の各測定箇所(10箇所)で測定されたF e系第二相の最大個数(層数)と最小個数(層数)の比である。この比は小さい方が望ましく、具体的には、 $1.00 \sim 2.00$ が望ましく、さらに $1.00 \sim 1.60$ が望ましい。

【0020】

後述する実施例にみられるように、圧延方向に垂直な断面において、アスペクト比が5以上のF e系第二相の板厚方向の平均個数(層数)、及びアスペクト比が5以上のF e系第二相の平均アスペクト比の各数値が、上記範囲(それぞれ10以上、20以上)を満たすとき、F e系第二相が伸張しやすい圧延方向に平行な断面(板面に垂直)でも、前記各数値は前記範囲をほぼ同様に満たす。上記の点は、アスペクト比が5以上のF e系第二相の最大個数(層数)と最小個数(層数)の比についても同様である。従って、本発明では、アスペクト比が5以上のF e系第二相の板厚方向の平均個数、及び平均アスペクト比の数値は、圧延方向に垂直な断面で規定したデータを用いて規定した。なお、圧延方向に平行な断面(板面に垂直)におけるF e系第二相のアスペクト比の測定は、先に述べた圧延方向に垂直な断面におけるF e系第二相のアスペクト比の測定と同じ要領で行った。

【0021】

(めっき)

銅合金に広範囲の周波数帯域の電磁波シールド効果を付与させるには、表面に異なった金属をめっきすることも簡素で有効な方法である。また、シールド材に使用環境による腐食などの耐性を高いレベルで持たせるためには、銅合金の表面に各種めっきを施すことが有効である。乾式、湿式、溶融などのめっき手法を問わず表面にCu、Au、Ag、Ni、Zn、Sn、はんだの1種を単層めっきするか、2種以上を複層めっき(2種以上を順

10

20

30

40

50

次積層)することができる。

【0022】

(製造条件)

上記電磁波シールド材用銅合金板材の好ましい製造方法は次のとおりである。

上記組成の銅合金の鑄塊を900℃以上で30分以上加熱した後、800℃以下700℃以上の温度域で減面率50%以上の熱間圧延を30秒以上行い、続いて冷却速度：5～200℃/分の放冷又は徐冷を行い、650℃以下550℃以上の温度域から50℃/秒以上の速度で冷却した後、下記(1)と(2)の工程を1回又は2回以上繰り返し、さらに減面率25%以上90%以下の冷間圧延を行う。

(1)減面率25%以上95%以下の冷間圧延。

(2)(a)550℃以上650℃以下の温度で10分以上加熱保持した後に、(b)450℃以上550℃以下の温度まで0.1℃/分以上1℃/分以下の速度で冷却し、(c)450℃以上550℃以下の温度で1時間以上の時間を保持する、一連の再固溶及び析出熱処理。

【0023】

上記製造方法は、上記組成の銅合金において、高い導電率と磁界遮蔽効果を得るためのものである。製造工程の複数の段階でFe系第二相を晶出又は析出させることで、種々のサイズのFe系第二相がCu母相中に形成される。

まず、前記鑄塊加熱により、溶解鑄造時に形成した2液相分離現象に起因するFe系第二相の一部を固溶させる。鑄塊加熱の条件は、望ましくは930℃以上で60分以上、更に望ましくは950℃以上で120分以上である。ここで固溶したFe系第二相は、次段以降の工程で再びFe系第二相として析出する。

【0024】

次に、前記熱間圧延により、2液相分離現象では得られない、より微細なFe系第二相を多数析出させる。前記温度域で加工歪を加えることで、Fe系第二相の動的析出が効率的に誘発される。なお、熱間圧延の時間が30秒以上というのは、熱間圧延を施している合計の時間が30秒以上あればよいということであり、途中で熱間圧延を施さない時間(上記温度域での保持)があってもよい。

熱間圧延後の放冷又は徐冷の冷却過程で、やや大きめのサイズのFe系第二相を析出させ、続く急冷により、それまでに得られたCu母相とFe系第二相の組織状態を保持する。放冷又は徐冷の過程で、Fe系第二相の析出と並行して再結晶が生じ、続く冷間圧延時の加工性が確保される。

【0025】

上記(1)の冷間圧延と、続く(2)の一連の再固溶及び析出熱処理により、再結晶と、さらに微細なFe系第二相の析出が効率よく行われる。冷間圧延の減面率の望ましい範囲は、30%以上90%以下、更に望ましくは、40%以上、80%以下である。

上記(2)(a)の加熱保持のステップでは、上記(1)の冷間圧延により導入された歪みを駆動力とする再結晶が生じ、上記(2)(c)のステップ後の冷間圧延時の延性が確保される。また、これまでに生成していたFe系第二相の一部が再固溶し、このとき再固溶したFe系第二相は、続く(2)(b)、(2)(c)のステップで新たなFe系第二相として析出する。保持時間はコスト面から10時間以下が望ましい。

上記(2)(b)の冷却のステップでは、(2)(a)のステップで再固溶した状態を維持し、続く(2)(c)のステップでは、再固溶したFeを新たなFe系第二相として微細析出させる。

【0026】

続く冷間圧延(最後の冷間圧延)は調質圧延の意味合いを持ち、銅合金板の板厚、平坦度、強度、ばね性、曲げ加工性などを考慮して行われる。望ましい範囲は、30%以上90%以下、更に望ましくは、40%以上80%以下である。

【実施例】

【0027】

10

20

30

40

50

次に、本発明に係わる電磁波シールド材用銅合金板材の実施例について説明する。

【実施例 1】

【0028】

表 1 に示す No. 1 ~ 10, 12 ~ 17 の銅合金について、Cu、Fe、Ni、Co を炉中で溶解した後、C 量を所定の範囲に調整するために、平均粒径が $\phi 0.06 \text{ mm}$ のカーボン粉末を投入し溶湯表面を被覆して溶湯とカーボン粉末を接触させ、その後、残る元素を添加し溶解した。No. 11 の銅合金についてはカーボン粉末の投入を行わなかった。続いて、溶湯をブックモールドに鑄造し、 $50 \text{ mm} \times 80 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ の鑄塊を作製した。

【0029】

この鑄塊を約 $950^\circ\text{C} \times 1 \text{ Hr}$ 加熱し、 15 mm まで熱間圧延した。この熱間圧延は赤外線放射式の温度計にて材料温度を測定しながら実施し、 40 mm t から 15 mm t までの圧下（減面率：62.5%）を行う際に、 $700 \sim 800^\circ\text{C}$ の温度域で加工時間が 30 秒以上となるように圧延速度を調整した。 15 mm t の時点で 600°C まで放冷した後、直ちに水中急冷して厚さ 15 mm の熱延材を作製した。

【0030】

この熱延材の表面の酸化スケールを除去するため、 14 mm t まで表面切削した後、 2 mm t まで冷間圧延（減面率：85.7%）を実施し、続いて、前記（2）（a）～（c）の一連の再固溶及び析出熱処理と減面率 92.5% の冷間圧延（ 0.15 mm t ）、さらに前記（2）（a）～（c）の一連の再固溶及び析出熱処理と減面率 66.7% の冷間圧延の工程を実施し、 $50 \mu\text{m t}$ の試験材を作製した。

なお、表 1 の No. 1 ~ 17 の銅合金において、O は $50 \sim 90 \text{ ppm}$ 、H は 1 ppm であった。また、No. 1 ~ 17 以外に導電率と透磁率が既知の参考例 1, 2（いずれも厚さ $50 \mu\text{m t}$ ）を用意した。

【0031】

10

20

【表 1】

表 1 成分 (質量%, C:ppm)

No.	Fe	Ni, Co	P, Si, Ti, Mg, Ca, Zr, Cr, Al, B	C	Cu
1	11	0.5Ni, 0.2Co	0.03P	22	残部
2	15	0.2Ni, 0.3Co	—	25	残部
3	18	0.05Ni	0.05P	26	残部
4	23	0.5Ni, 0.2Co	0.03P, 0.04Si, 0.1Zn	44	残部
5	25	1.0Ni, 0.5Co	0.05P, 0.05Si	62	残部
6	25	2.5Ni, 1.1Co	0.1P, 0.5Si, 0.1Mg, 0.2Al	64	残部
7	28	0.5Ni, 0.05Co	0.1Si, 0.005Ti, 0.1Mg, 0.001Ca	73	残部
8	35	0.2Ni	0.05Mg, 0.05Zr, 1.5Al, 0.03B	87	残部
9	42	0.5Ni, 0.1Co	0.03P, 0.1Si, 0.005Ti, 0.02Mg, 0.01Zr, 0.02Cr, 0.1Al, 0.005B	95	残部
10	48	3.2Ni, 1.5Co	0.03P, 0.7Si, 0.005Ti, 0.02Mg, 0.01Zr, 0.02Cr, 1.2Al, 0.005B	93	残部
11	11	0.95Ni, 0.3Co	0.01P	5*	残部
12	3.4*	0.003Ni	0.03P	12	残部
13	52*	0.05Ni	0.2P	123	残部
14	15	0.0007Ni *	—	27	残部
15	15	5.5Ni *	0.05P	23	残部
16	4.3*	0.5Ni, 0.2Co	0.002P	11	残部
17	20	0.02Co	0.02P, 0.1Si, 0.5Mg, 0.1Cr, 1.5Al *	42	残部
参考例 1	純銅				
参考例 2	軟鋼				

*請求項の規定から外れる箇所

【0032】

No. 1 ~ 17 の試験材について、Fe 系第二相の組織形態（平均層数、層数比、平均アスペクト比）を下記要領で測定した。その結果を表 2 に示す。

圧延方向に垂直な断面と、圧延方向に平行な板幅中央部断面（板面に垂直）を、SEM（走査型電子顕微鏡）を用いて 1500 倍の倍率で観察し、得られた組成像（組織写真）の任意の 10 箇所において板厚方向に直線を引き、該直線と交差するアスペクト比が 5 以上の Fe 系第二相の個数（層数）をカウントした。Fe 系第二相の実際の測定範囲は、先に述べたとおり $T \times 1.66T$ の範囲、すなわち板厚方向に $T (= 50 \mu m)$ 、板幅方向（圧延方向に垂直な断面の場合）又は圧延方向（圧延方向に平行な断面の場合）に $1.66 \times T (= 83 \mu m)$ の範囲である。得られたデータから、No. 1 ~ 17 の試験材毎に、平均層数（10 箇所の個数の平均値）、及び層数比（最大個数と最小個数の比）を算出

した。また、No. 1～17の試験材毎に、カウントした全てのFe系第二相のアスペクト比を平均して、平均アスペクト比を算出した。

なお、No. 4の圧延方向に垂直な断面のSEM組成像を図1に示す。

【0033】

【表2】

表2 Fe系第二相の組織形態

No.	圧延垂直方向断面			圧延平行方向断面		
	平均層数	層数比	平均アスペクト比	平均層数	層数比	平均アスペクト比
1	16.5	1.25	78	14.5	1.43	75
2	21.6	1.32	215	16.3	1.53	220
3	25.3	1.35	230	24.3	1.41	235
4	26.6	1.42	151	30.1	1.33	161
5	27.8	1.25	120	29.7	1.25	141
6	30.6	1.15	135	26.5	1.23	141
7	31.9	1.20	74	28.9	1.29	79
8	35.1	1.16	115	36.5	1.23	120
9	38.0	1.34	86	36.9	1.45	96
10	35.9	1.18	66	37.8	1.20	78
11	30.5	1.15	13*	35.4	1.20	15*
12	3.5*	1.83	10*	2.8*	1.95	19*
13	—			—		
14	—			—		
15	20.5	1.30	204	15.6	1.46	216
16	5.3*	1.65	19*	6.5*	1.55	23
17	24.3	1.25	130	26.6	1.31	143
参考例1	—			—		
参考例2	—			—		

*請求項の規定から外れる箇所

【0034】

また、No. 1～17の試験材と参考例1, 2について下記要領で電磁遮蔽能を測定した。その結果を表3に示す。

電磁遮蔽能の測定は、最終板厚(50μmt)の試験材1～17と参考例1, 2を試料とし、社団法人 関西電子工業振興センターが開発したKEC法を用いた。試験材-磁界発生源間の距離を4.8mmとした。電磁波の周波数を連続的に変化させ、電界、磁界が5、10、50、100、500MHz、5GHzの時点での電磁遮蔽能を読み取った。

ただし、磁界遮蔽能は、周波数が50MHz以上ではごく一部を除いて試験機の測定限界を超えたため、表3において、シェルクノフの式により算出した計算値を実測値に併記し、又は実測値に代えて記載した。表3のカッコ内の数値が計算値である。表3に示すように、実測値と計算値の一致性が高く、シェルクノフの式の信頼性は高いといえる。

一方、電界遮蔽能は、5～500MHz及び5GHzの全ての周波数において試験機の測定限界を超えたため適正な実測値が存在せず、シェルクノフの式により算出した。その

10

20

30

40

50

計算値は、全ての試験材及び参考例においてかつ上記全ての周波数において、200 dBを超える高い数値となった。従って、試験材1～17及び参考例1, 2の電界遮蔽能は、いずれも高水準にあると判断した。表3には電界遮蔽能の計算値を示していない。

【0035】

シエルクノフの式は下記[数1]のとおりである。シエルクノフの式により電界遮蔽能及び磁界遮蔽能を計算するにあたり、試験材1～17について導電率及び透磁率を測定した。導電率は、0.15 mm tの段階の試験材を試料とし、JISH 0505の方法により測定した。透磁率の測定は、0.15 mm tの段階の試験材を試料とし、振動試料型磁力計（理研電子製、BH V-5）を用いて行った。数値は磁力曲線より得られた最大透磁率を採用した。

10

測定した導電率 σ 、透磁率 μ 、試料板厚 t （ 0.05×10^{-3} m）、周波数 f （5、10、50、100、500 MHz、5 GHz）、距離 r （ 4.8×10^{-3} m）を下記式に代入し、試験材1～17及び参考例1, 2の電界遮蔽能及び磁界遮蔽能を計算した。

【0036】

【数1】

電界遮蔽能[dB]：

$$354.8 + 10 \log \{ \sigma / (\mu f^3 r^2) \} + 131.41 t \sqrt{(\mu \sigma f)}$$

磁界遮蔽能[dB]：

$$20 \log \{ 0.0168 / r \sqrt{(\mu / \sigma f)} + 5.3508 r \sqrt{(f \sigma / \mu)} + 0.3536 \} + 131.4 t \sqrt{(\mu \sigma f)}$$

20

μ ：比透磁率、 σ ：比導電率、 t ：試料板厚[m]、 f ：周波数[Hz]、 r ：距離[m]

（参考文献；EMC 2010.10.5 <No.270>「電磁波から守るシールドの基礎」青山学院大学橋本修著）

【0037】

【表 3】

No.	磁界遮蔽 d B					
	5MHz	10MHz	50MHz	100MHz	500MHz	5GHz
1	57 (51)	73 (63)	(115)	(152)	(301)	(868)
2	54 (51)	69 (64)	(118)	(156)	(311)	(899)
3	58 (51)	74 (63)	(110)	(143)	(277)	(785)
4	60 (54)	77 (71)	(135)	(181)	(368)	(1085)
5	60 (54)	79 (71)	(93)	(183)	(375)	(1109)
6	60 (52)	73 (68)	(132)	(178)	(364)	(1078)
7	65 (64)	86 (85)	(170)	(231)	(484)	(1458)
8	61 (59)	79 (78)	(152)	(206)	(426)	(1270)
9	65 (63)	84 (84)	(169)	(230)	(483)	(1457)
10	64 (55)	79 (74)	(149)	(149)	(203)	(1275)
11	51 (46)	68 (58)	(104)	(137)	(267)	(761)
12	46 (45)	54 (54)	88 (82)	(101)	(175)	(450)
13	鋳塊の健全性が悪く、箔が製作できず。					
14	鋳塊の健全性が悪く、箔が製作できず。					
15	40 (39)	54 (52)	(102)	(137)	(280)	(821)
16	48 (45)	57 (55)	(93)	(119)	(223)	(298)
17	38 (36)	52 (47)	90 (90)	(98)	(110)	(611)
参考例 1	51 (50)	59 (59)	92 (89)	(114)	(202)	(530)
参考例 2	59 (58)	74 (81)	(174)	(242)	(524)	(1608)

注) カッコ内はシェルクノフの式による計算値

【0038】

表 2, 3 に示すように、成分組成が本発明の規定を満たす No. 1 ~ 10 は、Fe 系第二相の組織形態についても本発明の規定を満たし、実測値同士及び計算値同士で比較すると、磁界遮蔽能はどの周波数でも従来材である参考例 1 に比べて高く、参考例 2 (導電率が低いため放熱性が劣る) とほぼ同レベルである。

一方、C 含有量が不足する No. 11 は、Fe 系第二相の組織形態についても本発明の規定を満たさない。本発明例である No. 1 ~ 10 は、実測値同士及び計算値同士で比較すると、磁界遮蔽能はどの周波数でも No. 11 に比べて高い。これは、No. 1 ~ 10 では Fe 系第二相の晶析出がより効果的に行われたためと考えられる。

また、No. 12 は Fe 含有量が不足し、Fe 系第二相の組織形態が本発明の規定を満たさず、磁界遮蔽能が低い。

No. 13 は Fe 含有量が過剰なため、No. 14 は Ni と Co の 1 種又は 2 種の含有量が不足するため、いずれも箔製作が可能なほど鋳塊の健全性が良くなかった。

No. 15 は Ni 含有量が過剰なためか、磁界遮蔽能が低い。

No. 16 は Fe 含有量が不足し、Fe 系第二相の組織形態が本発明の規定を満たさず、磁界遮蔽能が低い。

No. 17 は P, Si, Ti, Mg, Ca, Zr, Cr, Al, B の 1 種又は 2 種以上の合計が過剰なためか、磁界遮蔽能が低い。

10

20

30

40

50

【実施例 2】

【0039】

表 4 に示す No. 18 ~ 31 の銅合金を、実施例 1 と同様の手順で溶解（カーボン粉末で溶湯表面を被覆）、鑄造及び加工熱処理し、50 μ mt の試験材を作製した。

なお、表 4 の No. 18 ~ 31 の銅合金において、O は 50 ~ 90 ppm、H は 1 ppm であった。なお、No. 28 は Zn 含有量が不可避不純物レベルであり、No. 30 は Sn (Ag、In、Mn、Au、Pt も) 含有量が不可避不純物レベルである。

【0040】

【表 4】

No.	Fe	Ni	Co	P	Zn	Ag, Sn, In, Mn, Au, Pt	C	Cu
18	11	0.04	—	0.05	0.2	0.1Sn	20	残部
19	11	—	0.01	0.04	0.4	0.02Ag, 0.02Sn	24	残部
20	15	0.06	—	0.06	0.6	0.2Sn, 0.05Mn	28	残部
21	15	0.1	0.1	0.03	1.5	0.1Sn	26	残部
22	20	1.0	0.4	0.06	2.2	1.0Ag, 1.4Sn, 1.1Au, 1.0Pt	45	残部
23	20	2.2	1.0	0.05	0.5	0.05Sn, 0.1Mn	43	残部
24	30	0.2	—	0.04	3.7	0.1Ag, 0.1Sn, 0.1In, 0.1Mn, 0.1Au, 0.1Pt	65	残部
25	30	0.2	—	0.03	4.4	1.3Ag, 0.1In	68	残部
26	45	0.5	0.1	0.05	0.3	0.3Sn, 0.2Mn	75	残部
27	45	3.1	1.6	0.06	0.7	0.15Sn, 0.01Mn	88	残部
28	15	0.06	—	0.06	0.002*	0.1Sn, 0.01Mn	27	残部
29	15	0.1	0.1	0.03	6.1*	0.1Sn, 0.02Mn	32	残部
30	25	0.2	—	0.06	1.4	0.0005Sn *	42	残部
31	25	0.2	—	0.05	2.1	1Ag, 1Sn, 1In, 1Mn, 1Au, 1Pt *	38	残部

*請求項の規定から外れる箇所

10

20

30

40

【0041】

No. 18 ~ 31 の試験材について、Fe 系第二相の組織形態（平均層数、層数比、平

50

均アスペクト比)を実施例1と同じ要領で測定した。その結果を表5に示す。

【0042】

【表5】

表5 Fe系第二相の組織形態									
No.	圧延垂直方向断面				圧延平行方向断面				
	平均層数	層数比	平均アスペクト比		平均層数	層数比	平均アスペクト比		
18	16.5	1.25	78		14.5	1.43	75		
19	21.6	1.32	215		16.3	1.53	220		
20	25.3	1.35	230		24.3	1.41	235		
21	26.6	1.42	151		30.1	1.33	161		
22	27.8	1.25	120		29.7	1.25	141		
23	30.6	1.15	135		26.5	1.23	141		
24	31.9	1.20	74		28.9	1.29	79		
25	35.1	1.16	115		36.5	1.23	120		
26	38.0	1.34	86		36.9	1.45	96		
27	35.9	1.18	66		37.8	1.20	78		
28	24.5	1.33	182		25.8	1.38	193		
29	25.6	1.29	201		26.1	1.35	213		
30	28.7	1.15	54		29.6	1.35	65		
31	8.9*	1.98	34		7.8*	2.25	38		

*請求項の規定から外れる箇所

10

20

30

40

50

【0043】

また、No. 18～31の試験材について、引張強度及び電磁波遮蔽能を測定した。

引張強度は、最終板厚(50μm)の各試験材から圧延方向に採取したJIS5号引張試験片を用い、JISZ2241の規定に準じて引張試験を行って求めた。引張強度は550MPa以上を優れる(Ag、Sn、In、Mn、Au、Ptの添加効果がある)と評価した。

電磁遮蔽能の測定は最終板厚(50μm)の試験材を用い、実施例1と同様に行った。

【0044】

また、めっき性の評価のため、最終板厚(50μm)の試験材に弱活性ロジン系フラックスを塗布した後、厚さ10μmの溶融Snめっきを実施し、めっき直後の健全性を目視評価し、更にこの溶融Snめっきを施した試験材を150×1000Hrsの条件で加熱経時を行い、内側Rが1mmRの曲げ戻しによって曲げ部分のめっき剥離状態を目視で観察した。めっき健全性(外観)は、めっきの濡れている面積(付いている面積)が溶融めっき中に浸漬したエリアの95%以上の場合を合格(良好)と評価し、めっき耐熱剥

離性は曲げ戻し部分に剥離がない場合を合格（剥離せず）と評価した。

【 0 0 4 5 】

N o . 1 8 ~ 3 1 の試験片の引張強度、S n めっき特性及び磁界遮蔽能の測定値を表 6 に示す。磁界遮蔽能は、周波数が 5 0 M H z 以上ではごく一部を除いて試験機の測定限界に達したため、表 6 において、シェルクノフの式により算出した計算値を実測値に併記し、又は実測値に代えて記載した。表 6 のカッコ内の数値が計算値である。電界遮蔽能については、実施例 1 と同じ理由で実測値が存在せず、シェルクノフの式により算出した。その結果、N o . 1 8 ~ 3 1 の電界遮蔽能は、いずれも高水準にあると判断した。表 6 には電界遮蔽能の計算値を示していない。

なお、シェルクノフの式により磁界遮蔽能及び電界遮蔽能を計算するにあたり、実施例 1 と同じく 0 . 1 5 m m t の段階の試験材を試料とし、実施例 1 と同じ要領で導電率及び透磁率を測定した。

【 0 0 4 6 】

【表 6】

表 6 特性	No.	引張強度 MPa	S n めっき		磁界遮蔽 d B					
			外観	耐熱剥離	5MHz	10MHz	50MHz	100MHz	500MHz	5GHz
	1 8	570	良好	剥離せず	54 (54)	73 (69)	(127)	(168)	(335)	(973)
	1 9	560	良好	剥離せず	53 (53)	72 (68)	(124)	(164)	(326)	(944)
	2 0	600	良好	剥離せず	52 (52)	73 (73)	(138)	(185)	(377)	(1111)
	2 1	610	良好	剥離せず	53 (52)	70 (67)	(126)	(168)	(339)	(991)
	2 2	1080	良好	剥離せず	51 (51)	69 (66)	(129)	(175)	(361)	(1071)
	2 3	630	良好	剥離せず	52 (51)	67 (67)	(127)	(170)	(345)	(1013)
	2 4	650	良好	剥離せず	54 (53)	71 (71)	(141)	(192)	(399)	(1193)
	2 5	660	良好	剥離せず	56 (56)	76 (75)	(151)	(205)	(429)	(1287)
	2 6	700	良好	剥離せず	63 (63)	94 (84)	(171)	(234)	(492)	(1488)
	2 7	750	良好	剥離せず	53 (52)	71 (70)	(140)	(191)	(401)	(1202)
	2 8	600	良好	剥離	61 (61)	81 (80)	(152)	(205)	(420)	(1244)
	2 9	610	不良	剥離せず	34 (34)	44 (44)	85 (81)	(106)	(208)	(588)
	3 0	540	良好	剥離せず	49 (49)	65 (64)	(122)	(163)	(332)	(974)
	3 1	1130	良好	剥離せず	37 (36)	49 (48)	(94)	(126)	(255)	(745)

注) カッコ内はシェルクノフの式による計算値

【 0 0 4 7 】

表 5 , 6 に示すように、成分組成が本発明の規定を満たす No . 1 8 ~ 2 7 は、Fe 系第二相の組織形態についても本発明の規定を満たす。また、本発明例である No . 1 8 ~ 2 7 は、引張強度が高く、めっき外観及びめっき耐熱剥離性も優れている。なお、Z n、(A g、S n、I n、M n、A u、P t) の添加に伴い、実施例 1 の No . 1 ~ 1 0 に比べて磁界遮蔽効果がやや低下している。

一方、No . 2 8 は Z n の含有量が不可避不純物レベルで、めっきの剥離が生じている。No . 3 0 は S n (A g、I n、M n、A u、P t も) の含有量が不可避不純物レベルで、強度が向上しておらず、いずれも添加効果が確認できない。

No . 2 9 は Z n 含有量が過剰であり、磁界遮蔽効果が低い。めっき外観も劣る。

10

20

30

40

50

No. 31はAg、Sn、In、Mn、Au、Ptの含有量が過剰であり、Fe系第二相の組織形態についても本発明の規定を満たさず、磁界遮蔽効果が低い。

【実施例3】

【0048】

Cu - 15 Fe - 0.5 Ni - 0.2 Co - 0.03 P - 0.04 Si - 0.1 Zn - 0.1 Snの組成の銅合金を、実施例1と同様の手順で溶解（カーボン粉末で溶湯表面を被覆）し、200 mm × 500 mm × 2000 mmの鋳塊を作製した。C量は40 ppmであった。

この鋳塊を80 mm × 200 mmのサイズに切断し（厚さは表7の開始厚の欄に記載）、表7に記載した条件にて熱間圧延とその後の冷間圧延を実施した。

【0049】

【表 7】

No.	熱間圧延											面削後 厚さ mmt	冷間圧延 加工率 %
	圧延前加熱		圧延中加工条件				圧延後冷却条件		冷却速度 ℃/秒				
	温度 ℃	時間 分	開始厚 mmt	温度 ℃	時間 秒	減面率 %	開始温度 ℃						
3 2	900	45	45	720 ~ 750	45	60	630	150	17	88			
3 3	950	120	15	—	—	—	—	—	14	86			
3 4	950	120	20	700 ~ 730	45	60	630	150	2.4	17			

表 7 製造方法

【 0 0 5 0 】

No. 3 2 , 3 4 では、熱間圧延は、材料温度を赤外線放射式の温度計にて測定しながら、表 7 に記載した温度域で時間と減面率を制御して実施し、冷却開始温度まで放冷した後にミスト散布により所定の冷却速度で室温まで冷却して熱延材とした。続いて No. 3 2 では、表面の酸化スケールを除去するため片面 0 . 5 mm を表面切削し、No. 3 4 では、熱間圧延に続く冷間圧延の加工率を調整するために、酸化スケール除去の面削に加え

板厚が 2 . 4 m m t になるまで切削除去した。

一方、N o . 3 3 は、圧延前加熱後、熱間圧延を省略してそのまま放冷した。

【 0 0 5 1 】

続いて、N o . 3 2 ~ 3 4 について、厚さ 2 . 0 m m まで冷間圧延を実施した後、前記 (2) (a) ~ (c) の一連の再固溶及び析出熱処理を行い、圧下率 9 2 . 5 % の冷間圧延にて 0 . 1 5 m m t とし、続いて同じく再固溶及び析出熱処理を行い、圧下率 6 6 . 7 % にて 5 0 μ m t の試験材を製作した。

【 0 0 5 2 】

N o . 3 2 ~ 3 4 の試験材について、F e 系第二相の組織形態（平均層数、層数比、平均アスペクト比）を実施例 1 と同じ要領で測定した。その結果を表 8 に示す。

10

【 0 0 5 3 】

【表 8】

表 8 F e 系第二相の組織形態

No.	圧延垂直方向断面			圧延平行方向断面		
	平均層数	層数比	平均アスペクト比	平均層数	層数比	平均アスペクト比
3 2	25.3	1.35	230	26.2	1.41	235
3 3	9.8 *	3.5	67	8.5 *	3.4	84
3 4	9.5 *	2.5	50	9.8 *	2.3	65

20

30

40

【 0 0 5 4 】

また、電磁波遮蔽能の測定を、最終板厚 (5 0 μ m t) の試験材を用いて、実施例 1 と同様に行った。その結果を表 9 に示す。

磁界遮蔽能は、周波数が 5 0 M H z 以上ではごく一部を除いて試験機の測定限界を超えたため、表 9 において、シェルクノフの式により算出した計算値を実測値に併記し、又は実測値に代えて記載した。表 9 のカッコ内の数値が計算値である。電界遮蔽能については、実施例 1 と同じ理由で実測値が存在せず、シェルクノフの式により算出した。その結果

50

、No. 32～34の電界遮蔽能は、いずれも高水準にあると判断した。表9には電界遮蔽能の計算値を示していない。

なお、シェルクノフの式により磁界遮蔽能及び電界遮蔽能を計算するにあたり、実施例1と同じく0.15mmの段階の試験材を試料とし、実施例1と同じ要領で導電率及び透磁率を測定した。

【0055】

【表9】

表9 特性	磁界遮蔽dB					
	No.	5MHz	10MHz	50MHz	100MHz	500MHz
	32	53 (53)	71 (71)	(129)	(172)	(349)
	33	44 (43)	53 (53)	(91)	(117)	(228)
	34	46 (45)	58 (57)	(101)	(131)	(254)

注) カッコ内はシェルクノフの式による計算値

10

20

30

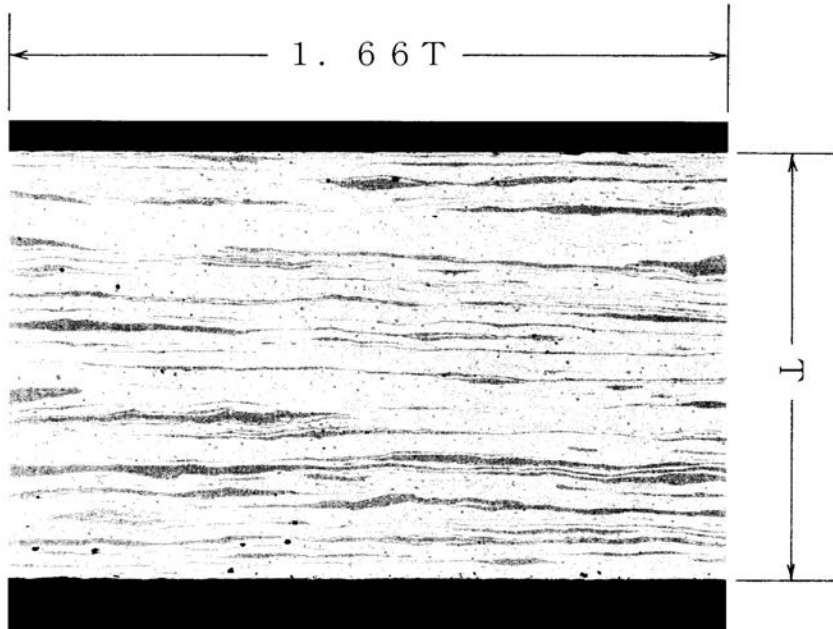
40

【0056】

表7～9に示すように、先に示した好ましい条件で製造したNo. 32は、Fe系第二相の組織形態が本発明の規定を満たす。

一方、規定の熱間圧延を行わなかったNo. 33、熱間圧延後の冷間圧延の減面率が小さかったNo. 34は、Fe系第二相の組織形態が本発明の規定を満たさず、磁界遮蔽効果が相対的に低い。

【図 1】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
C 2 2 F	1/08	(2006.01)	C 2 2 F	1/08	D	
C 2 2 F	1/00	(2006.01)	C 2 2 F	1/00	6 1 3	
B 2 1 B	3/00	(2006.01)	C 2 2 F	1/00	6 2 3	
			C 2 2 F	1/00	6 3 0 A	
			C 2 2 F	1/00	6 3 1 Z	
			C 2 2 F	1/00	6 6 0 C	
			C 2 2 F	1/00	6 6 1 Z	
			C 2 2 F	1/00	6 7 3	
			C 2 2 F	1/00	6 7 5	
			C 2 2 F	1/00	6 8 2	
			C 2 2 F	1/00	6 8 3	
			C 2 2 F	1/00	6 8 5 Z	
			C 2 2 F	1/00	6 8 6 Z	
			C 2 2 F	1/00	6 9 1 B	
			C 2 2 F	1/00	6 9 1 C	
			C 2 2 F	1/00	6 9 2 A	
			C 2 2 F	1/00	6 9 2 B	
			C 2 2 F	1/00	6 9 4 A	
			C 2 2 F	1/00	6 9 4 B	
			C 2 2 F	1/00	6 9 4 Z	
			B 2 1 B	3/00	L	