(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2016-14165
(P2016-14165A)
(43)公開日　平成28年1月28日(2016.1.28)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
C22C	***9/00***	***(2006.01)***	C22C	9/00		5G301
C22F	***1/08***	***(2006.01)***	C22F	1/08	B	
H01B	***1/02***	***(2006.01)***	H01B	1/02	A	
H01B	***13/00***	***(2006.01)***	H01B	13/00	501Z	
C22F	*1/00*	*(2006.01)*	C22F	1/00	681	

審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 24 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2014-135583 (P2014-135583)
(22)出願日　平成26年7月1日 (2014.7.1)

(71)出願人　513097296
株式会社ＳＨカッパープロダクツ
茨城県土浦市木田余３５５０番地
(74)代理人　100145872
弁理士　福岡　昌浩
(74)代理人　100105256
弁理士　清野　仁
(72)発明者　山本　佳紀
茨城県土浦市木田余３５５０番地　株式会社ＳＨカッパープロダクツ内
(72)発明者　関　聡至
茨城県土浦市木田余３５５０番地　株式会社ＳＨカッパープロダクツ内

Ｆターム(参考)　5G301 AA01 AA07 AA08 AA09 AA12 AA13 AA14 AA20 AA21 AA23 AA30 AB01 AD03 AD05

(54)【発明の名称】銅合金材、銅合金材の製造方法、リードフレームおよびコネクタ

(57)【要約】
【課題】導電性、強度、および耐応力緩和性をバランスよく向上させた銅合金材、銅合金材の製造方法、リードフレームおよびコネクタを提供する。
【解決手段】銅合金材は、０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である。
【選択図】なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、
導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、
０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、
１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である
銅合金材。
【請求項２】
前記ニッケルに対する前記鉄の質量比が５以上１０以下である
請求項１に記載の銅合金材。
【請求項３】
０．００１質量％以上０．００５質量％以下の亜鉛をさらに含有する
請求項１または２に記載の銅合金材。
【請求項４】
鋳塊を鋳造する鋳造工程と、
前記鋳塊に熱間圧延を行い、熱間圧延材を形成する熱間圧延工程と、
前記熱間圧延材に冷間圧延を行い、第１冷間圧延材を形成する第１冷間圧延工程と、
前記第１冷間圧延材に熱処理を行い、熱処理材を形成する熱処理工程と、
前記熱処理材に冷間圧延を行い、第２冷間圧延材を形成する第２冷間圧延工程と、
を有し、
前記鋳造工程では、
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％０．２質量％のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなる前記鋳塊を鋳造し、
前記第２冷間圧延工程では、
５０％以上８０％以下の総加工度で前記冷間圧延を行う
銅合金材の製造方法。
【請求項５】
前記第１冷間圧延工程では、
前記熱間圧延材に対する前記冷間圧延と、被圧延材に再結晶が生じる温度よりも低い温度での焼鈍と、を所定回繰り返し行う
請求項４に記載の銅合金材の製造方法。
【請求項６】
前記第１冷間圧延工程では、
最後の焼鈍後に行われる最後の冷間圧延を１５％以上６０％以下の加工度で行う
請求項５に記載の銅合金材の製造方法。
【請求項７】
前記熱処理工程では、
前記第１冷間圧延材を、３８０℃以上の温度であって、前記第１冷間圧延材に再結晶が生じる温度よりも低い温度で加熱する
請求項４～６のいずれか１項に記載の銅合金材の製造方法。
【請求項８】
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２

質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である基材を有する
リードフレーム。
【請求項９】
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である導体部を有する
コネクタ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、銅合金材、銅合金材の製造方法、リードフレームおよびコネクタに関する。
【背景技術】
【０００２】
リードフレームや、端子またはコネクタなどには、銅合金材が用いられている。このような銅合金材には、高導電性および高強度が求められている。なかでも、高導電性および高強度を有する銅合金材として、Ｃｕ－Ｆｅ－Ｎｉ－Ｐ系の銅合金材が開発されている（例えば特許文献１および２参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特許第２９５６６９６号
【特許文献２】特開２０１２－１７８１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
近年では、これまでよりもさらに高導電性および高強度を兼ね備えた銅合金材が求められている。さらに、高導電性および高強度を有することに加え、高温環境下でも充分な信頼性が確保されるように、これまでよりも高い耐応力緩和性を有する銅合金材が強く望まれている。
【０００５】
本発明の目的は、導電性、強度、および耐応力緩和性をバランスよく向上させた銅合金材、銅合金材の製造方法、リードフレームおよびコネクタを提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明の一態様によれば、
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、
導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、
０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、

１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である
銅合金材が提供される。
【０００７】
本発明の他の態様によれば、
鋳塊を鋳造する鋳造工程と、
前記鋳塊に熱間圧延を行い、熱間圧延材を形成する熱間圧延工程と、
前記熱間圧延材に冷間圧延を行い、第１冷間圧延材を形成する第１冷間圧延工程と、
前記第１冷間圧延材に熱処理を行い、熱処理材を形成する熱処理工程と、
前記熱処理材に冷間圧延を行い、第２冷間圧延材を形成する第２冷間圧延工程と、
を有し、
前記鋳造工程では、
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％０．２質量％のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなる前記鋳塊を鋳造し、
前記第２冷間圧延工程では、
５０％以上８０％以下の総加工度で前記冷間圧延を行う
銅合金材の製造方法が提供される。
【０００８】
本発明の更に他の態様によれば、
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である基材を有する
リードフレームが提供される。
【０００９】
本発明の更に他の態様によれば、
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である導体部を有する
コネクタが提供される。
【発明の効果】
【００１０】
本発明によれば、導電性、強度、および耐応力緩和性をバランスよく向上させた銅合金材、銅合金材の製造方法、リードフレームおよびコネクタを提供することができる。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
＜発明者等の得た知見＞
まず、発明者等の得た知見について概略を説明する。
【００１２】
発明者等の鋭意検討により、銅合金材の耐応力緩和性に関して、以下のような知見が見出された。応力緩和とは、銅合金材に（例えば高温で）一定歪みが印加された状態におい

て、時間の経過とともに弾性歪みが塑性歪みに変化し、応力が減少していく現象のことである。このような応力緩和は、原子レベルでは、原子の拡散と転位の移動との両方によって進行する。原子の拡散は、原子が空孔を媒介としてジャンプして移動することにより進行する。銅合金材の耐応力緩和性を向上させるためには、このような原子の拡散や転位の移動を抑制することが必要となる。

【００１３】

また、銅合金材の導電性および強度に関して、以下のような知見が見出された。Ｃｕ－Ｆｅ－Ｎｉ－Ｐ系の銅合金では、鉄（Ｆｅ）またはニッケル（Ｎｉ）の含有量を増加させると、ＦｅおよびリンＰ）の化合物（以下、Ｆｅ－Ｐ化合物）、またはＮｉおよびＰの化合物（以下、Ｎｉ－Ｐ化合物）が分散析出することにより、銅合金材の強度が向上する。その一方で、ＦｅまたはＮｉの含有量を増加させると、Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物を生成することなく銅合金材中に固溶するＦｅまたはＮｉが増加することによって、銅合金材の導電性が低下してしまう可能性がある。反対に、ＦｅまたはＮｉの含有量を減少させると、銅合金材の導電性が向上する一方で、銅合金材の強度が低下してしまう可能性がある。このように、Ｃｕ－Ｆｅ－Ｎｉ－Ｐ系の銅合金材の導電性と強度とはトレードオフの関係にある。

【００１４】

本発明は、本発明者等が見出した上記知見に基づくものである。

【００１５】

＜本発明の一実施形態＞

次に、本発明の一実施形態にかかる銅合金材の構成について説明する。

【００１６】

（１）銅合金材の構成

本実施形態にかかる銅合金材は、所定量のＦｅ、Ｎｉ、Ｐおよびマグネシウム（Ｍｇ）を含有し、錫（Ｓｎ）、銀（Ａｇ）、マンガン（Ｍｎ）、クロム（Ｃｒ）、およびチタン（Ｔｉ）から選択した１種以上の元素を所定量含有し、残部がＣｕおよび不可避不純物からなる。また、本実施形態にかかる銅合金材の導電率は７０％ＩＡＣＳ以上であり、銅合金材の０．２％耐力は５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である。以下、詳細を説明する。

【００１７】

本実施形態の銅合金材は、例えば、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を含有する。これらの元素は、銅合金材の耐応力緩和性を向上させ、車載向けの電気部品に要求されるような高い耐応力緩和性を実現させる効果を有する。また、これらの元素は、銅合金材の強度を向上させる効果も併せ持つ。

【００１８】

Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉは、原子半径が母相となるＣｕの原子半径とほぼ同等か、或いはＣｕの原子半径よりも大きいという共通の特徴を有する。以下、Ｃｕの原子半径とほぼ同等か、またはＣｕの原子半径よりも大きい元素を「原子半径の大きい元素」と略称する。

【００１９】

ここで、原子半径の大きい元素は、銅合金材の結晶中に取り込まれると、銅合金材の結晶の格子歪みを生じさせる。しかしながら、原子半径の大きい元素は、その格子歪みを軽減するように、銅合金材の結晶中の空孔と結びつく傾向がある。空孔が原子半径の大きな元素と結びつくことにより、空孔の容積は小さくなる。例えば銅合金材が高温環境下で使用され、母相のＣｕ原子が移動しようとしたときであっても、母相のＣｕ原子は、容積が小さくなった空孔に入り込み難くなるため、当該空孔を介して移動し難くなる。このようにして、原子の拡散を抑制することができる。

【００２０】

また、銅合金材中に取り込まれた原子半径の大きい元素は、銅合金材の結晶の格子歪みを軽減するように、銅合金材中の転位の周辺に偏析する。この状態は、コットレル雰囲気

と呼ばれる。コットレル雰囲気は、エネルギー的に安定となる。例えば銅合金材が高温環境下で使用され、転位が移動しようとしたときであっても、転位はコットレル雰囲気の状態を維持したまま移動しなければならないため、転位は移動し難くなる。このようにして、転位の移動を抑制することができる。

【００２１】

本実施形態では、銅合金材が原子半径の大きい元素としてＳｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を含有することにより、これらの元素が上記作用によって原子の拡散および転位の移動を抑制する。これにより、耐応力緩和性を向上させることができる。

【００２２】

Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素の含有量は、例えば、合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下である。Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素の合計の含有量が０．００１質量％未満である場合、これらの元素が空孔と結びつく量が少なくなり、またはこれらの元素が転位の周辺に偏析する量が少なくなる可能性がある。このため、銅合金材の耐応力緩和性を向上させることができない可能性がある。これに対して、本実施形態では、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素の合計の含有量が０．００１質量％以上であることにより、原子半径の大きいこれらの元素による銅合金材の耐応力緩和性を向上させる効果を発現させることができる。具体的には、後述するように１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率を３０％以下とすることができる。また、原子半径の大きいこれらの元素による銅合金材の強度を向上させる効果も発現させることができる。さらに、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素の合計の含有量は、０．０１質量％以上であることが好ましい。これにより、原子半径の大きいこれらの元素による銅合金材の耐応力緩和性および強度を向上させる効果をより確実に発現させることができる。一方、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素の合計の含有量が０．０５質量％を超える場合、これらの元素が銅合金材中に多く固溶することによって、これらの元素による銅合金材の導電性を低下させる影響が無視できなくなる可能性がある。このため、銅合金材の高導電性を維持することが困難となる可能性がある。これに対して、本実施形態では、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素の合計の含有量が０．０５質量％以下であることにより、これらの元素による銅合金材の導電性を低下させる影響を抑制することができる。さらに、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素の合計の含有量は、０．０４質量％以下であることが好ましい。これにより、これらの元素による銅合金材の導電性を低下させる影響をさらに抑制することができる。

【００２３】

本実施形態の銅合金材は、Ｍｇをさらに含有する。Ｍｇは、銅合金材中に固溶することにより、銅合金材の導電性の低下を抑制しつつ、銅合金材の強度を向上させる効果を示す。銅合金材中にＭｇを後述するＦｅ、ＮｉおよびＰとともに添加することにより、高導電性を維持しつつ、銅合金材の強度を向上させることができる。

【００２４】

また、Ｍｇの原子半径も、Ｃｕの原子半径よりも大きいため、Ｍｇは、銅合金材の耐応力緩和性を向上させる効果を有する。しかしながら、上記したＳｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を添加することなく、Ｍｇのみを添加した場合では、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率を所望の値（３０％）以下とすることができない場合がある。そこで、本実施形態では、銅合金材に、Ｍｇとともに、所定量のＳｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を添加する。これにより、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率を所望の値（３０％）以下とすることができる。

【００２５】

本実施形態の銅合金材中のＭｇの含有量は、例えば、０．０１質量％以上０．２質量％

以下である。Ｍｇの含有量が０．０１質量％未満である場合、Ｍｇが不可避不純物としての酸素（Ｏ）や硫黄（Ｓ）と結合してしまうことによって、一定量のＭｇを銅合金材中に固溶させることができない可能性がある。なお、ＭｇＯやＭｇＳ等は、銅合金材の強度を向上させる効果を有しない。このため、銅合金材の強度を向上させることができない可能性がある。また、Ｍｇによる銅合金材の耐応力緩和性を向上させる効果を充分に得ることができない可能性がある。これに対して、本実施形態では、Ｍｇの含有量が０．０１質量％以上であることにより、Ｍｇの一部が不可避不純物としてのＯやＳと結合しても、一定量のＭｇを銅合金材中に固溶させることができる。これにより、銅合金材の強度を向上させることができる。例えば、銅合金材の０．２％耐力を５００ＭＰａ以上とすることができる。また、Ｍｇの含有量が上記値以上であることにより、Ｍｇによる銅合金材の耐応力緩和性を向上させる効果を発現させることができる。さらに、Ｍｇの含有量は、０．０３質量％以上であることが好ましい。これにより、銅合金材の強度および耐応力緩和性をさらに向上させることができる。一方、Ｍｇは導電性を低下させる影響が少ない成分であるが、Ｍｇの含有量が０．２質量％を超える場合、Ｍｇが銅合金材中に多く固溶することによって、Ｍｇによる銅合金材の導電性を低下させる影響が無視できなくなる可能性がある。このため、銅合金材の高導電性を維持することが困難となる可能性がある。これに対して、本実施形態では、Ｍｇの含有量が０．２質量％以下であることにより、Ｍｇによる銅合金材の導電性を低下させる影響を抑制し、銅合金材の高導電性を維持させることができる。さらに、Ｍｇの含有量は、０．１質量％以下であることが好ましい。これにより、Ｍｇによる銅合金材の導電性を低下させる影響をさらに抑制することができる。

【００２６】

本実施形態にかかる銅合金材では、Ｆｅ、ＮｉおよびＰが含有されることにより、Ｆｅ－Ｐ化合物の分散析出だけでなく、Ｎｉ－Ｐ化合物の分散析出も合わせて起こる。本実施形態における銅合金中に生成されるＦｅ－Ｐ化合物は、例えばFe_2P等であり、Ｎｉ－Ｐ化合物は、例えばNi_5P_2、Ni_2P等である。このようなＰ化合物が分散析出することにより、銅合金材の強度が向上する。

【００２７】

ここで、本実施形態では、Ｆｅよりも導電率を低下させる影響が大きいＮｉの含有量が、例えば、特許文献１に記載の範囲（０．１質量％以上０．５質量％以下）よりも少ない。これにより、Ｎｉによる銅合金材の導電性を低下させる影響を抑制し、（Ｎｉの含有量が減少する分だけ銅合金材が純銅に近づくことにより）銅合金材の導電性を向上させることができる。一方で、銅合金材中のＮｉ－Ｐ化合物の析出量が少なくなるため、Ｎｉ－Ｐ化合物による銅合金材の強度を向上させる効果が減少する。そこで、本実施形態では、上述のように銅合金材に所定量のＭｇが添加されることにより、Ｎｉの含有量を特許文献１に記載の範囲よりも減少させた場合であっても、銅合金材の高導電性を維持しつつ、銅合金材の強度を向上させることができる。

【００２８】

具体的には、本実施形態の銅合金材中のＮｉの含有量は、例えば、０．０２質量％以上０．０６質量％以下である。

【００２９】

Ｎｉの含有量が０．０２質量％未満である場合、銅合金材中のＮｉ－Ｐ化合物の析出量が少なくなる。このため、銅合金材の所望の強度が得られなくなる可能性がある。これに対して、本実施形態では、Ｎｉの含有量が０．０２質量％以上である。Ｎｉの含有量が０．０２質量％以上であれば、一定量のＮｉ－Ｐ化合物が銅合金材中に生成されることにより、Ｎｉ－Ｐ化合物による銅合金材の強度を向上させる効果を発現させることができる。さらに、Ｎｉの含有量は、０．０３質量％以上であることが好ましい。これにより、Ｎｉ－Ｐ化合物による銅合金材の強度を向上させる効果をより確実に発現させることができる。

【００３０】

一方、Ｎｉの含有量が０．０６質量％を超える場合、Ｎｉによる銅合金材の導電性を低

下させる影響が無視できなくなる可能性がある。このため、銅合金材の導電率が所望の値（例えば７０％ＩＡＣＳ）よりも低下してしまう可能性がある。これに対して、本実施形態では、Ｎｉの含有量が０．０６質量％以下であることにより、Ｎｉによる銅合金材の導電性を低下させる影響を抑制し、銅合金材の導電性を向上させることができる。例えば、銅合金材の導電率を７０％ＩＡＣＳ以上とすることができる。さらに、Ｎｉの含有量は、０．０５質量％以下であることが好ましい。これにより、Ｎｉによる銅合金材の導電性を低下させる影響をさらに抑制することができる。

【００３１】

また、本実施形態の銅合金材中のＦｅの含有量は、例えば、０．２質量％以上０．６質量％以下である。Ｆｅの含有量が０．２質量％未満である場合、銅合金材中のＦｅ－Ｐ化合物の析出量が少なくなる。このため、銅合金材の所望の強度が得られなくなる可能性がある。これに対して、本実施形態ではＦｅの含有量が０．２質量％以上であることにより、一定量のＦｅ－Ｐ化合物が銅合金材中に生成される。したがって、銅合金材の強度を向上させることができる。さらに、Ｆｅの含有量は、０．３質量％以上であることが好ましい。これにより、銅合金材の強度をさらに向上させることができる。一方、Ｆｅの含有量が０．６質量％を超える場合、Ｆｅ－Ｐ化合物が生成されることなく銅合金材中に固溶するＦｅが増加することによって、銅合金材の導電性が低下する可能性がある。このため、銅合金材の所望の導電性が得られなくなる可能性がある。これに対して、本実施形態ではＦｅの含有量が０．６質量％以下であることにより、銅合金材中にＦｅが固溶することを抑制することができる。結果として、銅合金材の導電性が低下することを抑制することができる。さらに、Ｆｅの含有量は、０．５質量％以下であることが好ましい。これにより、銅合金材の導電性が低下することをさらに抑制することができる。

【００３２】

また、本実施形態の銅合金材中のＰの含有量は、例えば、０．０７質量％以上０．３質量％以下である。Ｐの含有量が０．０７質量％未満である場合、Ｆｅ－Ｐ化合物およびＮｉ－Ｐ化合物の析出量が少なくなる。このため、銅合金材の所望の強度が得られなくなる可能性がある。これに対して、本実施形態ではＰの含有量が０．０７質量％以上であることにより、一定量のＦｅ－Ｐ化合物とＮｉ－Ｐ化合物とが銅合金材中に生成される。したがって、銅合金材の強度を向上させることができる。さらに、Ｐの含有量は、０．１％質量％以上であることが好ましい。これにより、銅合金材の強度をさらに向上させることができる。一方、Ｐの含有量が０．３質量％を超える場合、Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物の生成に寄与することなく、銅合金材中に固溶するＰが増加することによって、銅合金材の導電性が低下する可能性がある。このため、銅合金材の所望の導電性が得られなくなる可能性がある。また、Ｐの含有量が０．３質量％を超える場合、後述する鋳造工程や熱間圧延工程などにおいてＦｅ－Ｐ化合物やＮｉ－Ｐ化合物などのＰの化合物が偏析することによって銅合金材が割れてしまう可能性がある。したがって、銅合金材の加工性が低下する可能性がある。これに対して、本実施形態ではＰの含有量が０．３質量％以下であることにより、銅合金材中にＰが固溶することを抑制することができる。結果として、銅合金材の導電性が低下することを抑制することができる。また、銅合金材の加工性が低下することを抑制することができる。さらに、Ｐの含有量は、０．２質量％以下であることがさらに好ましい。これにより、銅合金材の導電性が低下することをさらに抑制することができ、また加工性が低下することをさらに抑制することができる。

【００３３】

また、Ｎｉに対するＦｅの質量比（Ｆｅ／Ｎｉ）は、例えば、５以上１０以下である。質量比Ｆｅ／Ｎｉが５未満である場合、Ｎｉの含有量が相対的に多くなることによって、Ｎｉによる銅合金材の導電性を低下させる影響が無視できなくなる可能性がある。このため、銅合金材の高い導電性を維持することができない可能性がある。これに対して、本実施形態では、質量比Ｆｅ／Ｎｉが５以上であることにより、Ｎｉによる銅合金材の導電性を低下させる影響を抑制することができる。さらに、質量比Ｆｅ／Ｎｉが７以上であることが好ましい。これにより、Ｎｉによる銅合金材の導電性を低下させる影響をさらに抑制

することができる。一方、質量比Ｆｅ／Ｎｉが１０を超える場合、Ｎｉの含有量が相対的に少なくなるため、銅合金材中のＮｉ－Ｐ化合物の析出量が少なくなる可能性がある。Ｎｉ－Ｐ化合物による強度向上の効果はＦｅ－Ｐ化合物による強度向上の効果よりも大きいため、Ｎｉ－Ｐ化合物の析出量が少ないことによって、銅合金材の強度を充分に向上させることができない可能性がある。これに対して、本実施形態では質量比Ｆｅ／Ｎｉが１０以下であることにより、一定量のＮｉ－Ｐ化合物が銅合金材中に生成されることにより、銅合金材の強度を向上させることができる。

【００３４】

さらに、本実施形態の銅合金材は、亜鉛（Ｚｎ）を含有しても良い。これにより、後述するように例えばリードフレームの基材等に本実施形態の銅合金材を適用した場合に、Ｚｎが銅合金材中に固溶することにより、銅合金材のはんだ付け性を改善することができ、銅合金材とはんだ層とが剥離することを抑制することができる。このようなはんだ付けに対する信頼性は、リードフレーム等にとって重要な特性の一つである。

【００３５】

また、Ｚｎの原子半径も、Ｃｕの原子半径よりも大きいため、Ｚｎは、耐応力緩和性を向上させる効果を有する。しかしながら、上記したＳｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を添加することなく、ＭｇおよびＺｎのみを添加した場合では、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率を所望の値（３０％）以下とすることができない場合がある。そこで、本実施形態では、銅合金材に、ＭｇおよびＺｎとともに、所定量のＳｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を添加する。これにより、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率を所望の値（３０％）以下とすることができる。

【００３６】

銅合金材がＺｎを含有する場合、銅合金材中のＺｎの含有量は、例えば、０．００１質量％以上０．００５質量％以下である。Ｚｎの含有量が０．００１質量％未満である場合、Ｚｎが不可避不純物としてのＯやＳと結合してしまうことによって、一定量のＺｎを銅合金材中に固溶させることができない可能性がある。なお、ＺｎＯやＺｎＳ等は、はんだ付け性を向上させる効果を有しない。このため、はんだ付け性を向上させる効果が発現しない可能性がある。また、Ｚｎによる耐応力緩和性を向上させる効果を充分に得ることができない可能性がある。これに対して、本実施形態では、Ｚｎの含有量が０．００１質量％以上であることにより、Ｚｎの一部が不可避不純物としてのＯやＳと結合しても、一定量のＺｎを銅合金材中に固溶させることができる。これにより、はんだ付け性の向上効果を発現させることができる。なお、発明者等の鋭意検討により、Ｚｎの含有量が０．００１質量％以上であれば、はんだ付け性向上の一定の効果が得られることが確認されている。また、Ｚｎの含有量が上記値以上であることにより、Ｚｎによる銅合金材の耐応力緩和性を向上させる効果を発現させることができる。一方、先行技術では、Ｚｎの含有量が０．００５質量％を超える場合が多く見られる。しかしながら、Ｚｎの含有量が０．００５質量％を超える場合、Ｚｎが銅合金材中に多く固溶することによって、Ｚｎによる銅合金材の導電性を低下させる影響が無視できなくなる可能性がある。これに対して、本実施形態では、Ｚｎの含有量が０．００５質量％以下であることにより、銅合金材の導電性を低下させることなく、はんだ付け性を向上させることができる。

【００３７】

（２）銅合金材を用いたリードフレームまたはコネクタ

上記した銅合金材は、例えば以下の製品に用いられる。

【００３８】

（リードフレーム）

本実施形態に係るリードフレームは、例えば、半導体素子が載置されるダイパッドと、半導体素子に電気的に接続されるリードと、を有する基材（基板）を有する。リードフレームの基材は、例えば、本実施形態の銅合金材を打ち抜き加工することにより形成される。すなわち、基材は、０．２質量％以上０．６質量％以下のＦｅと、０．０２質量％以上

０．０６質量％以下のＮｉと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のＰと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のＭｇと、を含有し、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部がＣｕおよび不可避不純物からなり、Ｎｉに対するＦｅの質量比（Ｆｅ／Ｎｉ）が５以上１０以下である。これにより、リードフレームの基材は、高導電性、高強度、および高い耐応力緩和性を有する。例えば、基材の導電率は７０％ＩＡＣＳ以上であり、基材の０．２％耐力は５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の基材の応力緩和率が３０％以下である。

【００３９】

さらに、リードフレームの基材は、０．００１質量％以上０．００５質量％以下のＺｎを含有することが好ましい。これにより、上述のように、リードフレームの導電性を低下させることなく、リードフレームへのはんだ付け性を向上させることができる。

【００４０】

（コネクタ（端子））

本実施形態に係るコネクタ（端子）は、例えば、電子機器側（相手側）のコネクタ（端子）に電気的に接続される導体部と、導体部が収容されるハウジング（収容部）と、を有する。コネクタの導体部は、例えば、本実施形態の銅合金材により形成される。すなわち、導体部は、０．２質量％以上０．６質量％以下のＦｅと、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のＮｉと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のＰと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のＭｇと、を含有し、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部がＣｕおよび不可避不純物からなり、Ｎｉに対するＦｅの質量比（Ｆｅ／Ｎｉ）が５以上１０以下である。これにより、コネクタの導体部は、高導電性、高強度、および高い耐応力緩和性を有する。例えば、導体部の導電率は７０％ＩＡＣＳ以上であり、導体部の０．２％耐力は５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の導体部の応力緩和率が３０％以下である。

【００４１】

さらに、コネクタの導電部は、０．００１質量％以上０．００５質量％以下のＺｎを含有することが好ましい。これにより、上述のように、コネクタの導電部の導電性を低下させることなく、コネクタの導電部へのはんだ付け性を向上させることができる。

【００４２】

（３）銅合金材の製造方法

次に、本実施形態にかかる銅合金材の製造方法について説明する。

【００４３】

（鋳造工程）

まず、母材である無酸素銅を例えば高周波溶解炉等を用いて窒素雰囲気下で溶解して銅の溶湯を生成する。次に、Ｆｅと、Ｎｉと、Ｐと、Ｍｇと、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素と、を添加し、銅合金の溶湯を生成する。このとき、例えば、Ｆｅの含有量を０．２質量％以上０．６質量％以下とし、Ｎｉの含有量を０．０２質量％以上０．０６質量％以下とし、Ｐの含有量を０．０７質量％以上０．３質量％以下とし、Ｍｇの含有量を０．０１質量％以上０．２質量％以下とし、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素の合計の含有量を０．００１質量％以上０．０５質量％以下とし、Ｎｉに対するＦｅの質量比（Ｆｅ／Ｎｉ）を５以上１０以下とする。なお、このときの銅合金の溶湯には、０．００１質量％以上０．００５質量％以下のＺｎをさらに含有させても良い。次に、この銅合金の溶湯を鋳型に注いで冷却し、所定の組成を有する鋳塊を鋳造する。

【００４４】

（熱間圧延工程）

上記した鋳塊を所定温度に加熱して、当該鋳塊に熱間圧延を行い、所定厚さの熱間圧延材を形成する。なお、ここでいう熱間圧延材とは、熱間圧延工程が行われた銅合金の板材

のことである。このとき、熱間圧延の温度を例えば９００℃以上１０００℃以下とする。また、鋳塊に対する総加工度を例えば９０％以上９５％以下とする。

【００４５】

（第１冷間圧延工程）

次に、熱間圧延材に冷間圧延を行い、所定厚さの第１冷間圧延材を形成する。本実施形態では、例えば、熱間圧延材に対する冷間圧延と、被圧延材に対する焼鈍と、を所定回数交互に繰り返す。なお、ここでいう第１冷間圧延材とは、第１冷間圧延工程の全体の工程（所定回数の冷間圧延および焼鈍）が行われた銅合金の板材のことであり、被圧延材とは、第１冷間圧延工程のうちの１回の冷間圧延が行われた銅合金の板材のことである。第１冷間圧延工程の最後には、焼鈍ではなく、冷間圧延が行われるようにする。

【００４６】

第１冷間圧延工程では、被圧延材に再結晶が生じる温度よりも低い温度で焼鈍を行う。具体的には、焼鈍の温度は、例えば、３００℃以上６００℃以下である。焼鈍時間は、例えば、３０秒間以上５分間以下である。これにより、被圧延材に再結晶を生じさせずに、冷間圧延の加工性を回復させることができる。したがって、最終的に製造される銅合金材の強度が低下することを抑制することができる。

【００４７】

また、第１冷間圧延工程において、最後の焼鈍後に行われる最後の冷間圧延を、例えば１５％以上６０以下の加工度で行う。なお、冷間圧延における加工度とは、「加工度（％）＝｛１－（冷間圧延後の板厚／冷間圧延前の板厚）｝×１００」で定義される。最後の冷間圧延の加工度が１５％未満である場合、被圧延材中に格子欠陥が導入され難い可能性がある。被圧延材に格子欠陥が導入されないと、Ｐ化合物（Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物）が析出され難くなる可能性がある。このため、最終的に製造される銅合金材の強度が低下することがある。これに対して、本実施形態では、最後の冷間圧延の加工度が１５％以上であることにより、被圧延材中に格子欠陥を導入することができる。なお、最後の冷間圧延前の冷間圧延によっても被圧延材中に格子欠陥が導入されるが、最後の冷間圧延前の冷間圧延によって被圧延材中に導入された格子欠陥は焼鈍で一部回復する可能性があるため、最後の冷間圧延の加工度を１５％以上とすることによって被圧延材中に所定量の格子欠陥を残存させることができる。これにより、後工程の熱処理工程において、格子欠陥を核とするＰ化合物（Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物）の析出物が生成されることを促すことができる。したがって、最終的に製造される銅合金材の強度を向上させることができる。一方で、最後の冷間圧延の加工度が６０％超である場合、当該冷間圧延によって被圧延材内部に過剰の歪みが蓄積される可能性がある。その結果、後工程の熱処理工程（時効工程）において被圧延材（第１冷間圧延材）に再結晶が生じやすくなり、より低温の熱処理でも被圧延材（第１冷間圧延材）に再結晶が生じてしまう可能性がある。被圧延材（第１冷間圧延材）に再結晶が生じると、最終的に製造される銅合金材の強度が低下する可能性がある。これに対して、本実施形態では、最後の冷間圧延の加工度が６０％以下であることにより、後工程の熱処理工程（時効工程）において被圧延材（第１冷間圧延材）に再結晶が生じることを抑制し、最終的に製造される銅合金材の強度が低下することを抑制することができる。

【００４８】

また、第１冷間圧延工程では、第１冷間圧延材の総加工度が所定値となるように、冷間圧延および焼鈍が繰り返される。冷間圧延および焼鈍の繰り返し回数は、例えば１回以上３回以下である。なお、上述のように第１冷間圧延工程の最後には、焼鈍ではなく、冷間圧延が行われるようにする。

【００４９】

（熱処理工程（時効工程））

次に、第１冷間圧延材に対して所定温度で熱処理（時効処理）を行い、熱処理材を形成する。なお、ここでいう熱処理材とは、熱処理工程が行われた銅合金の板材のことである。

【００５０】
熱処理工程では、第１冷間圧延材を、例えば３８０℃以上の温度であって、第１冷間圧延材に再結晶が生じる温度（生じ始める温度）よりも低い温度で加熱する。熱処理工程の温度が３８０℃未満である場合、Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物を充分に分散析出させることができず、ＦｅまたはＮｉが熱処理材中に固溶する量が増加する可能性がある。このため、最終的に製造される銅合金材の導電性が低下する可能性がある。これに対して、本実施形態では、熱処理工程の温度が３８０℃以上であることにより、ＦｅまたはＮｉが熱処理材中に固溶することを抑制し、Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物を充分に分散析出させることができる。これにより、最終的に製造される銅合金材の導電性が低下することを抑制するとともに、当該銅合金材の強度を向上させることができる。一方、熱処理工程の温度が第１冷間圧延材に再結晶が生じる温度以上である場合、熱処理工程の対象である第１冷間圧延材に再結晶が生じてしまう。このため、最終的に製造される銅合金材の強度が低下する可能性がある。これに対して、本実施形態では、熱処理工程の温度が第１冷間圧延材に再結晶が生じる温度よりも低いことにより、熱処理工程の対象である第１冷間圧延材に再結晶が生じることを抑制することができる。これにより、最終的に製造される銅合金材の強度が低下することを抑制することができる。
【００５１】
具体的には、熱処理工程では、第１冷間圧延材を例えば４５０℃以下の温度で加熱することが好ましい。これにより、熱処理工程の温度を第１冷間圧延材に再結晶が生じる温度よりも低い温度とすることができる。したがって、熱処理工程の対象である第１冷間圧延材に再結晶が生じることを抑制することができる。
【００５２】
また、熱処理工程では、第１冷間圧延材を例えば3時間以上加熱することが好ましい。これにより、充分な量のＰ化合物（Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物）を第１冷間圧延材中に析出させることができる。したがって、最終的に製造される銅合金材の強度を向上させることができる。
【００５３】
（第２冷間圧延工程）
次に、熱処理材に冷間圧延を行い、第２冷間圧延材を形成する。本実施形態では、例えば、熱処理材に対する冷間圧延を所定回数繰り返す。なお、ここでいう第２冷間圧延材とは、第２冷間圧延工程の全体の工程（所定回数の冷間圧延）が行われた銅合金の板材のことである。また、第２冷間圧延工程が最終工程である場合、第２冷間圧延材が最終的に製造される銅合金材となる。
【００５４】
第２冷間圧延工程では、例えば５０％以上８０％以下の総加工度で冷間圧延を行う。なお、第２冷間圧延工程における総加工度とは、「総加工度（％）＝｛１－（第２冷間圧延工程後（所定回数の冷間圧延および焼鈍の後）の板厚／第２冷間圧延工程前の板厚）｝×１００」で定義される。総加工度が５０％未満である場合、熱処理材の加工硬化が不十分となり、最終的に製造される銅合金材の強度が不十分となる可能性がある。これに対して、本実施形態では総加工度が５０％以上であることにより、熱処理材を加工硬化させることができる。これにより、最終的に製造される銅合金材の強度を向上させることができる。一方、総加工度が８０％超である場合、銅合金材中にＳｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉなどの原子半径の大きい元素から解放された空孔や、原子半径の大きいこれらの元素の偏析から解放された転位が生じるため、銅合金材の耐応力緩和性が低下する可能性がある。これに対して、本実施形態では総加工度が８０％以下であることにより、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉなどの原子半径の大きい元素が空孔と結びついた状態を維持し、また原子半径の大きいこれらの元素が転位の周囲に偏析した状態を維持することで、銅合金材の耐応力緩和性を向上させることができる。
【００５５】
また、第２冷間圧延工程では、第２冷間圧延材の総加工度が所定値となるように、冷間

圧延が繰り返される。冷間圧延の繰り返し回数は、例えば１回以上５回以下である。
【００５６】
以上により、所定厚さの銅合金材が形成される。
【００５７】
（４）本実施形態にかかる効果
本実施形態によれば、以下に示す１つまたは複数の効果を奏する。
【００５８】
（ａ）本実施形態によれば、銅合金材は、０．２質量％以上０．６質量％以下のＦｅと、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のＮｉと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のＰと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のＭｇと、を含有し、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部がＣｕおよび不可避不純物からなる。Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素（原子半径の大きい元素）を所定量含有することにより、銅合金材の高導電性を維持しつつ、銅合金材の耐応力緩和性を向上させることができる。また、Ｎｉの含有量を特許文献１に記載の範囲よりも減少させることにより、Ｎｉによる銅合金材の導電性を低下させる影響を抑制し、銅合金材の導電性を向上させることができる。さらに、銅合金材中にＭｇを所定量添加することにより、Ｎｉの含有量を特許文献１に記載の範囲よりも減少させた場合であっても、高導電性を維持しつつ、銅合金材の強度を向上させることができる。このようにして、銅合金材の導電性、強度、および耐応力緩和性をバランス良く向上させることができる。例えば、銅合金材の導電率を７０％ＩＡＣＳ以上とし、銅合金材の０．２％耐力を５００ＭＰａ以上とし、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の銅合金材の応力緩和率を３０％以下とすることができる。したがって、近年の高導電性、高強度、および高い耐応力緩和性の要求を満たすことができる。
【００５９】
（ｂ）本実施形態によれば、Ｎｉに対するＦｅの質量比（Ｆｅ／Ｎｉ）が５以上１０以下である。質量比Ｆｅ／Ｎｉが５以上であることにより、Ｎｉによる銅合金材の導電性を低下させる影響を抑制することができる。質量比Ｆｅ／Ｎｉが１０以下であることにより、一定量のＮｉ－Ｐ化合物が銅合金材中に生成されることにより、銅合金材の強度を向上させることができる。したがって、銅合金材の高導電性および高強度を両立することが可能となる。
【００６０】
（ｃ）本実施形態によれば、銅合金材は、０．００１質量％以上０．００５質量％以下のＺｎを含有していても良い。これにより、導電性を低下させることなく、はんだ付け性を向上させることができる。
【００６１】
（ｄ）本実施形態によれば、鋳造工程では、０．２質量％以上０．６質量％以下のＦｅと、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のＮｉと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のＰと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のＭｇと、を含有し、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなる鋳塊を鋳造する。続いて、所定の圧延工程および熱処理工程を行うことにより、銅合金材を形成する。上記のような組成を有する鋳塊を鋳造することにより、高導電性、高強度、および高い耐応力緩和性を有する銅合金材を得ることができる。
【００６２】
（ｅ）本実施形態によれば、第１冷間圧延工程では、被圧延材に再結晶が生じる温度よりも低い温度で焼鈍を行う。これにより、被圧延材に再結晶が生じることを抑制することができる。したがって、最終的に製造される銅合金材の強度が低下することを抑制することができる。
【００６３】
（ｆ）本実施形態によれば、第１冷間圧延工程では、最後の焼鈍後に行われる最後の冷間

圧延を１５％以上６０％以下の加工度で行う。最後の冷間圧延の加工度が１５％以上であることにより、被圧延材中に格子欠陥を導入することができる。これにより、後工程の熱処理工程において、格子欠陥を核とするＰ化合物（Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物）の析出物が生成されることを促すことができる。したがって、最終的に製造される銅合金材の強度を向上させることができる。また、最後の冷間圧延の加工度が６０％以下であることにより、後工程の熱処理工程（時効工程）において被圧延材（第１冷間圧延材）に再結晶が生じることを抑制し、最終的に製造される銅合金材の強度が低下することを抑制することができる。

【００６４】

（ｇ）本実施形態によれば、熱処理工程では、第１冷間圧延材を、３８０℃以上の温度であって、第１冷間圧延材に再結晶が生じる温度よりも低い温度で加熱する。熱処理工程の温度が３８０℃以上であることにより、ＦｅまたはＮｉが熱処理材中に固溶することを抑制し、Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物を充分に分散析出させることができる。これにより、最終的に製造される銅合金材の導電性が低下することを抑制するとともに、当該銅合金材の強度を向上させることができる。また、熱処理工程の温度が第１冷間圧延材に再結晶が生じる温度よりも低いことにより、熱処理工程の対象である第１冷間圧延材に再結晶が生じることを抑制することができる。これにより、最終的に製造される銅合金材の強度が低下することを抑制することができる。

【００６５】

（ｈ）本実施形態によれば、第２冷間圧延工程では、５０％以上８０％以下の総加工度で冷間圧延を行う。総加工度が５０％以上であることにより、熱処理材を加工硬化させることができる。これにより、最終的に製造される銅合金材の強度を向上させることができる。また、総加工度が８０％以下であることにより、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｃｒ、およびＴｉなどの原子半径の大きい元素が空孔と結びついた状態を維持し、また原子半径の大きいこれらの元素が転位の周囲に偏析した状態を維持することで、銅合金材の耐応力緩和性を向上させることができる。

【００６６】

（ｉ）本実施形態にかかる銅合金材は、リードフレームの基材に適用することが特に有効である。近年、電子機器の多機能化、小型化、軽量化に伴い、電子機器に搭載される半導体パッケージは、薄型化、小型化、高密度化されることが求められている。こうした要求に対して、半導体パッケージに使用されるリードフレームには、放熱性を確保するための高導電性や、薄型化に適応するための高強度が求められている。また、車載用途では使用環境が高温になることから、リードフレームには、高温環境下でも充分な信頼性が確保されるように、これまでよりもさらに高い耐応力緩和性が望まれている。したがって、本実施形態にかかる銅合金材をリードフレームの基材に適用することにより、近年の高導電性、高強度、および高い耐応力緩和性の要求を満たすことができる。

【００６７】

（ｊ）本実施形態にかかる銅合金材は、コネクタの導体部に適用することが特に有効である。特に自動車内の電気系統に用いられるコネクタ等の電気部品などでは、自動車の電装化が進んでいるため、当該電気部品に流れる電流値が増加している。このような電気部品には、ジュール熱の発生を抑えるための高導電性や、自動車の仕様として要求されるバネ性を満たすための高強度が求められている。また、高温環境下においても接触圧を長期にわたり維持するために、高い耐応力緩和性が望まれている。したがって、本実施形態にかかる銅合金材をコネクタの導体部に適用することにより、近年の高導電性、高強度、および高い耐応力緩和性の要求を満たすことができる。

【００６８】

ここで、参考までに、これまでの銅合金材について説明する。

【００６９】

これまでの半導体パッケージのリードフレームとしては、例えば、０．０５質量％以上０．１５質量％以下のＦｅと、０．０２５質量％以上０．０４質量％以下のＰと、を含有

するＣ１９２１０合金や、２．１質量％以上２．６質量％以下のＦｅと、０．０１５質量％以上０．１５質量％以下のＰと、０．０５質量％以上０．２０質量％以下のＺｎと、を含有するＣ１９４００合金が用いられてきた。Ｃｕ－Ｆｅ－Ｐ系のＣ１９２１０合金では、導電率が９０％ＩＡＣＳ程度であった一方で、０．２％耐力は４５０ＭＰａ以下であった。したがって、Ｃ１９２１０合金の強度は近年の高強度の要求に対して不十分である可能性があった。また、Ｃ１９２１０合金の耐応力緩和性は、車載向けに要求されるレベルには不十分である可能性があった。また、Ｃ１９４００合金では、質別調整によって、０．２％耐力を５００ＭＰａ以上とすることができた一方で、Ｃ１９４００の導電率は６５％ＩＡＣＳ程度であった。したがって、Ｃ１９４００の導電性は近年の高導電性の要求に対して不十分である可能性があった。また、Ｃ１９４００合金の耐応力緩和性は、車載向けに要求されるレベルには不十分である可能性があった。

【００７０】

端子やコネクタなどの電気部品には、例えば、２．２質量％以上４．２質量％のＮｉと、０．２５質量％以上１．２質量％以下のシリコン（Ｓｉ）と、０．０５質量％以上０．３０質量％以下のＭｇと、を含有するＣ７０２５０合金が用いられてきた。Ｃｕ－Ｎｉ－Ｓｉ系のＣ７０２５０合金では、０．２％耐力が５００ＭＰａを上回り、耐応力緩和性も良好であった一方で、導電率は４５％ＩＡＣＳ程度であった。したがって、Ｃ７０２５０合金の導電性は近年の高導電性の要求に対して不十分である可能性があった。

【００７１】

さらに、本発明者等により、０．１質量％以上０．５質量％以下のＦｅと、０．０３質量％以上０．２質量％以下のＮｉと、０．０３質量％以上０．２質量％以下のＰと、を含有し、Ｐに対するＦｅおよびの質量比（（Ｆｅ＋Ｎｉ）／Ｐ）が３以上１０以下であり、Ｎｉに対するＦｅの質量比（Ｆｅ／Ｎｉ）が０．８以上１．２以下であるＣｕ－Ｆｅ－Ｎｉ－Ｐ系の銅合金材が開発された（特許文献１）。特許文献１に記載のＣｕ－Ｆｅ－Ｎｉ－Ｐ系の銅合金材では、高強度が得られるとともに、導電率は６０％ＩＡＣＳ以上であった。しかしながら、近年の高導電性に対する要求を鑑みると、さらなる導電率の向上が望まれる。また、特許文献１に記載のＣｕ－Ｆｅ－Ｎｉ－Ｐ系の銅合金材の耐応力緩和性は、車載向けに要求されるレベルには不十分である可能性があった。

【００７２】

これに対して、本実施形態によれば、銅合金材が上記組成を有することにより、銅合金材の導電率を７０％ＩＡＣＳ以上とし、銅合金材の０．２％耐力を５００ＭＰａ以上とし、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の銅合金材の応力緩和率を３０％以下とすることができる。したがって、上記した近年の高導電性、高強度、および高い耐応力緩和性の要求を満たすことができる。

【００７３】

（本発明の他の実施形態）

以上、本発明の一実施形態を具体的に説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

【００７４】

上述の実施形態では、上述の製造工程により所望の高導電性、高強度、および高い耐応力緩和性を有する銅合金材が形成される場合について説明したが、この方法に限定されず、上記以外の製造方法であっても同様の銅合金材を形成することができる。

【実施例】

【００７５】

次に、本発明に係る実施例を説明する。

【００７６】

以下のように、試料１～３０を作製し、各試料について導電性及び強度についての評価を行った。

【００７７】

＜試料の作製＞

（試料１～１４）
試料１では、以下のようにして銅合金材を形成した。まず、無酸素銅を母材にして、０．３５質量％のＦｅ、０．０４０質量％のＮｉ、０．１２質量％のＰ、０．１０質量％のＭｇ、原子半径の大きい元素として０．０１質量％のＳｎ、０．００３質量％のＺｎを添加し、高周波溶解炉を用いて、窒素雰囲気下で溶製し、厚さ２５ｍｍ、幅３０ｍｍ、長さ１５０ｍｍの鋳塊を鋳造した（鋳造工程）。次に、鋳塊を９５０℃に加熱して、鋳塊に熱間圧延を行い、厚さ８ｍｍの熱間圧延材を形成した（熱間圧延工程）。次に、熱間圧延材に冷間圧延を行い、被圧延材の厚さを２ｍｍとした。次に、被圧延材を５５０℃１分間焼鈍した。次に、焼鈍を行った被焼鈍材に、（第１冷間圧延工程中の最後の）冷間圧延を加工度５０％で冷間圧延を行い、厚さ１ｍｍの第１冷間圧延材を形成した（第１冷間圧延工程）。次に、第１冷間圧延材を温度４２０℃で６時間加熱し、熱処理材を形成した（熱処理工程）。次に、熱処理材に総加工度７０％で冷間圧延を行い、厚さ０．３ｍｍの第２冷間圧延材を形成した（第２冷間圧延工程）。以上により、試料１の銅合金材を形成した。

【００７８】
なお、試料２～１４では、以下の表１に示されているように、鋳造工程における鋳塊の組成を、試料１の組成から所定の範囲内で変更した。なお、原子半径の大きい元素として、試料３および４ではＡｇを、試料５ではＭｎを、試料６ではＩｎを、試料７ではＣｒを、試料８ではＴｉを、試料９および１０ではＳｎを、試料１１および１２ではＳｎおよびＡｇを、試料１３ではＭｎおよびＩｎを、試料１４ではＣｒおよびＴｉを選択した。その他の工程には試料１の銅合金材を製造する方法と同様の方法を適用することにより、試料２～１４の銅合金材を形成した。

【００７９】
（試料１５～３１）
試料１５～３１では、以下の表１に示されているように、鋳造工程における鋳塊の組成を、試料１の組成から所定の範囲外に変更した。なお、原子半径の大きい元素として、試料１５～２４、３０および３１ではＳｎを、試料２７ではＳｎおよびＡｇを、試料２９ではＡｇを選択した。その他の工程には試料１の銅合金材を製造する方法と同様の方法を適用することにより、試料１５～３１の銅合金材を形成した。

【００８０】
（試料３２～３５）
試料３２～３５では、鋳造工程における鋳塊の組成を試料１の組成と同様とした。一方で、以下の表３に示されているように、第１冷間圧延工程、熱処理工程および第２冷間圧延工程の条件を、試料１の条件から所定の範囲内で変更した。

【００８１】
（試料３６～４０）
試料３６～４０では、鋳造工程における鋳塊の組成を試料１の組成と同様とした。一方で、以下の表３に示されているように、第１冷間圧延工程、熱処理工程および第２冷間圧延工程の条件を、試料１の条件から所定の範囲外に変更した。

【００８２】
＜評価＞
試料１～３０に対して、以下のように評価を行った。

【００８３】
（導電率の評価）
導電率は、ＪＩＳ　Ｈ０５０５に準拠した導電率測定方法により測定した。その結果を表１～３に示す。

【００８４】
（強度の評価）
引張強さ、０．２％耐力は、ＪＩＳ　Ｚ２２４１に準拠した引張試験方法により測定した。その結果を表１および３に示す。

【００８５】

（耐応力緩和性の評価）
耐応力緩和性の評価（応力緩和試験）は、日本電子材料工業会標準規格ＥＭＡＳ－１０１１および日本伸銅協会技術標準ＪＣＢＡ－Ｔ３０９に準拠した方法により、以下のように測定した。各試料を片持ち梁の状態にして、初期の表面最大応力が０．２％耐力の８０％の値になるように曲げを加え、１５０℃に加熱して１０００時間保持した。保持終了後に曲げ応力を除荷して、生じた永久変形による撓み量を測定した。以下の表１および３に示される応力緩和率は、最初に付加した曲げの撓み量に対する加熱保持後の永久変形による撓み量の割合によって算出した。
【００８６】
（はんだ密着性の評価）
以下の方法で、はんだ耐熱剥離試験を実施した。まず、厚さ０．３ｍｍの各試料から幅１０ｍｍ、長さ３０ｍｍの試験片を採取した。次に、２６０℃に溶融保持したＰｂフリーはんだ（Ｓｎ－３質量％Ａｇ－０．５質量％Ｃｕ）に浸漬して、試験片の表面にはんだ層を形成した。この試験片を温度１８０℃で１００時間加熱保持した。次に、試験片に１８０°の曲げ戻しを行い、曲げ戻し部分のテープ剥離試験を実施した。その結果を表２に示す。
【００８７】
なお、以下の表１において、表１に記載のそれぞれの銅合金材を構成する元素以外の残部はＣｕおよび不可避不純物からなる。
【００８８】

【表１】

試料No.	組成						Fe/Ni比	評価		
	Fe（質量%）	Ni（質量%）	P（質量%）	Mg（質量%）	Zn（質量%）	その他（質量%）		導電率（%IACS）	引張強さ（MPa）	0.2%耐力（MPa）	応力緩和率（%）
1	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Sn:0.01	8.8	74.2	590	548	22.0
2	0.22	0.025	0.08	0.10	0.003	Sn:0.01	8.8	74.8	576	534	24.4
3	0.22	0.040	0.08	0.10	0.003	Ag:0.01	5.5	76.6	584	540	25.8
4	0.48	0.050	0.16	0.10	0.003	Ag:0.01	9.6	73.6	594	560	24.2
5	0.52	0.055	0.22	0.10	0.003	Mn:0.01	9.5	72.2	610	572	26.0
6	0.35	0.040	0.12	0.02	0.003	In:0.01	8.8	77.4	562	520	27.0
7	0.35	0.040	0.12	0.18	0.003	Cr:0.01	8.8	72.6	592	554	19.4
8	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Ti:0.01	8.8	73.4	590	546	24.2
9	0.35	0.040	0.12	0.10	0.001	Sn:0.01	8.8	74.8	588	546	22.6
10	0.35	0.040	0.12	0.10	0.005	Sn:0.01	8.8	73.0	590	546	22.0
11	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Sn:0.01 Ag:0.01	8.8	72.8	592	548	21.6
12	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Sn:0.02 Ag:0.02	8.8	71.8	594	550	21.4
13	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Mn:0.01 In:0.01	8.8	72.0	594	550	21.4
14	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Cr:0.01 Ti:0.01	8.8	72.2	598	554	19.2
15	0.10	0.020	0.08	0.10	0.003	Sn:0.01	5.0	76.4	534	490	29.6
16	0.15	0.016	0.08	0.10	0.003	Sn:0.01	9.4	76.6	536	492	29.2
17	0.72	0.080	0.20	0.10	0.003	Sn:0.01	9.0	66.8	606	568	21.0
18	0.60	0.084	0.18	0.10	0.003	Sn:0.01	7.1	68.0	600	550	21.4
19	0.35	0.040	0.05	0.10	0.003	Sn:0.01	8.8	71.4	530	482	28.2
20	0.35	0.040	0.34	0.10	0.003	Sn:0.01	8.8	67.2	574	530	22.0
21	0.35	0.040	0.12	0.005	0.003	Sn:0.01	8.8	74.8	542	492	28.8
22	0.35	0.040	0.12	0.26	0.003	Sn:0.01	8.8	67.8	590	546	20.2
23	0.22	0.055	0.12	0.10	0.003	Sn:0.01	4.0	68.0	592	550	23.8
24	0.35	0.025	0.12	0.10	0.003	Sn:0.01	14.0	73.8	538	496	24.4
25	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	–	8.8	77.4	586	544	31.4
26	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Sn:0.06	8.8	68.4	594	550	18.6
27	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Sn:0.03 Ag:0.03	8.8	68.8	592	548	19.4
28	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Sn:0.08	8.8	68.2	594	550	18.0
29	0.35	0.040	0.12	0.10	0.003	Ag:0.08	8.8	68.8	586	544	19.8
30	0.35	0.040	0.12	0.10	–	Sn:0.01	8.8	75.0	588	546	22.6
31	0.35	0.040	0.12	0.10	0.008	Sn:0.01	8.8	68.4	590	546	22.0

【００８９】

【表２】

試料No.	Zn含有量（質量%）	はんだ密着性 180℃×100h後	導電率（%IACS）
1	0.003	剥離なし	74.2
9	0.001	剥離なし	74.8
10	0.005	剥離なし	73.0
30	-	一部剥離	75.0
31	0.008	剥離なし	68.4

【００９０】

【表３】

試料No.	第1冷間圧延工程 最後の冷間圧延加工度(%)	熱処理工程 加熱条件	第2冷間圧延工程 総加工度(%)	評価			
				導電率（%IACS）	引張強さ（MPa）	0.2%耐力（MPa）	応力緩和率（%）
1	50	420℃×6h	70	74.2	590	548	22.0
32	15	420℃×6h	80	73.0	606	560	27.4
33	60	420℃×6h	50	76.4	564	518	21.2
34	50	380℃×3h	70	72.0	588	546	24.0
35	50	450℃×6h	70	77.4	584	528	21.6
36	10	420℃×6h	85	71.6	610	568	33.2
37	40	420℃×6h	85	72.0	608	560	33.8
38	70	420℃×6h	45	75.2	532	488	21.2
39	50	360℃×3h	70	68.4	590	546	23.8
40	50	470℃×3h	70	76.8	538	490	21.6

【００９１】

＜評価結果＞

表１に示されているように、試料１～１４は、０．２質量％以上０．６質量％以下のＦｅと、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のＮｉと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のＰと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のＭｇと、０．００１質量％以上０．００５質量％以下のＺｎと、を含有し、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｉｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５％以下含有し、残部をＣｕおよび不可避不純物からなり、Ｎｉに対するＦｅの質量比（Ｆｅ／Ｎｉ）が５以上１０以下である銅合金とした。その結果、試料１～１４では、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、引張強さが５７０ＭＰａ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下であった。したがって、試料１～１４の銅合金材は上記組成を有することにより、導電性、強度、および耐応力緩和性をバランス良く向上することができることが確認された。

【００９２】

ここで、表１において、Ｆｅの含有量について、試料１～１４、および試料１５～１７を比較する。Ｆｅの含有量を０．２質量％未満とした試料１５および１６では、０．２％耐力が５００ＭＰａよりも低かった。Ｆｅの含有量が少なくなるとＦｅ－Ｐ化合物の析出量が少なくなるため、充分な強度が得られなかったと考えられる。一方で、Ｆｅの含有量を０．６質量％超とした試料１７では、導電率が７０％ＩＡＣＳ未満であった。したがって、Ｆｅの含有量は０．２質量％以上０．６質量％以下であることが好ましいことが確認された。

【００９３】

次に、表１において、Ｎｉの含有量について、試料１～１４、および試料１６～１８を比較する。Ｎｉの含有量を０．０２質量％未満とした試料１６では、０．２％耐力が５００ＭＰａよりも低かった。Ｎｉの含有量が少なくなるとＮｉ－Ｐ化合物の析出量が少なくなるため、充分な強度が得られなかったと考えられる。一方で、Ｎｉの含有量を０．０６質量％超とした試料１７および１８では、導電率が７０％ＩＡＣＳ未満であった。したがって、Ｎｉの含有量は０．０２質量％以上０．０６質量％以下であることが好ましいこと

が確認された。

【００９４】

次に、表１において、Ｐの含有量について、試料１～１４、試料１９および２０を比較する。Ｐの含有量を０．０７質量％未満とした試料１９では、０．２％耐力が５００ＭＰａよりも低かった。Ｐの含有量が少ない場合も、ＦｅまたはＮｉの含有量が少ない場合と同様にＰ化合物の析出量が少なくなることから、強度が不十分となったと考えられる。一方で、Ｐの含有量を０．３質量％超とした試料２０では、導電率が７０％ＩＡＣＳ未満であった。Ｐの含有量が多い場合も、ＦｅまたはＮｉの含有量が多い場合と同様にして導電率が低下していた。したがって、Ｐの含有量は０．０７質量％以上０．３質量％以下であることが好ましいことが確認された。

【００９５】

次に、表１において、Ｍｇの含有量について、試料１～１４、試料２１および２２を比較する。Ｍｇの含有量を０．０１質量％未満とした試料２１では、０．２％耐力が５００ＭＰａよりも低かった。Ｍｇを添加することによる強度の向上効果が充分に得られなかったと考えられる。一方で、Ｍｇの含有量を０．２質量％超とした試料２２では、導電率が７０％ＩＡＣＳ未満であった。Ｍｇは導電性を低下させる影響が比較的少ない成分だが、試料２２のようにＭｇの含有量が多い場合、Ｍｇによる導電性を低下させる影響が無視できなくなったと考えられる。したがって、Ｍｇの含有量は０．０１質量％以上０．２質量％以下であることが好ましいことが確認された。

【００９６】

次に、表１において、Ｎｉに対するＦｅの質量比（Ｆｅ／Ｎｉ）について、試料１～１４、試料２３および２４を比較する。質量比Ｆｅ／Ｎｉを５未満とした試料２３では、導電率が７０％ＩＡＣＳ未満であった。一方で、質量比Ｆｅ／Ｎｉを１０超とした試料２４では、０．２％耐力が５００ＭＰａよりも低かった。したがって、質量比Ｆｅ／Ｎｉは５以上１０以下であることが好ましいことが確認された。

【００９７】

次に、表１において、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｉｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素について、試料１～１４、および試料２５～２９を比較する。これらの元素を含まない試料２５では、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％を超えていた。耐応力緩和性を向上させる効果を有するＭｇやＺｎを含有するものの、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｉｎ、Ｃｒ、およびＴｉ等の原子半径の大きい元素を含まないため、耐応力緩和性を向上させる効果が不十分であったと考えられる。一方で、これらの元素の合計の含有量を０．０５％超とした試料２６～２９では、応力緩和率は３０％以下であったものの、導電率が７０％ＩＡＣＳ未満であった。他の含有成分と同様に、これらの元素による導電性を低下させる影響が無視できなくなったと考えられる。したがって、Ｓｎ、Ａｇ、Ｍｎ、Ｉｎ、Ｃｒ、およびＴｉから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５％以下含有することが好ましいことが確認された。

【００９８】

次に、表２において、Ｚｎの含有について、試料１、９～１０、３０および３１を比較する。Ｚｎの含有量を０．００１質量％以上０．００５質量％以下とした試料１、９、１０では、はんだ密着性の評価において剥離が見られず、はんだ付け性が向上していた。また、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、Ｚｎを含有することによる導電率の低下は見られなかった。これに対して、Ｚｎを含有しない試料３０では、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下であったが、はんだ密着性の評価において、一部剥離が見られた。一方で、Ｚｎの含有量を０．００５質量％超とした試料３１では、はんだ密着性の評価において、剥離は見られなかったものの、導電率が７０％ＩＡＣＳ未満であった。以上の結果から、はんだ付け性を向上させる場合は、銅合金材にＺｎを含有させることが好ましく、Ｚｎの含有量は０．００１質量％以上０．００５質量％以下であることが好ましいことが確認された。

【００９９】
次に、表３において、銅合金材の製造方法について、試料１、３２～４０を比較する。
【０１００】
表３に示されているように、試料１、３２～３５では、第１冷間圧延工程における最後の冷間圧延の加工度を１５％以上６０％以下とし、熱処理工程において３８０℃以上４５０℃以下の温度で３時間以上加熱し、第２冷間圧延工程における総加工度を５０％以上８０％以下とした。その結果、試料１、３２～３５では、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下であった。したがって、試料１、３２～３５では上記のような工程を行うことにより、導電性、強度、および耐応力緩和性をバランス良く向上させることができることが確認された。
【０１０１】
ここで、表３において、第１冷間圧延工程における最後の冷間圧延の加工度について、試料１、３２～３５、３６および３８を比較する。第１冷間圧延工程における最後の冷間圧延の加工度を１５％未満とした試料３６では、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上となっているが、記載されていない試料において、第１冷間圧延工程における最後の冷間圧延の加工度を１５％未満とした場合、０．２％耐力が５００ＭＰａ未満となることがあった。第１冷間圧延工程における最後の冷間圧延の加工度を６０％超とした試料３８では、０．２％耐力が５００ＭＰａよりも低かった。したがって、第１冷間圧延工程における最後の冷間圧延の加工度は１５％以上６０％以下であることが好ましいことが確認された。
【０１０２】
次に、表３において、熱処理工程の温度について、試料１、３２～３５、試料３９および４０を比較する。熱処理工程の温度を３８０℃未満とした試料３９では、導電率が７０％ＩＡＣＳ未満であった。温度が低かったため、Ｆｅ－Ｐ化合物またはＮｉ－Ｐ化合物を充分に分散析出させることができず、ＦｅまたはＮｉが熱処理材中に固溶する量が増加したと考えられる。一方で、熱処理工程の温度を４５０℃超とした試料４０では、０．２％耐力が５００ＭＰａよりも低かった。温度が高かったため、熱処理工程の対象である第１冷間圧延材に再結晶が生じてしまったと考えられる。したがって、熱処理工程の温度は３８０℃以上４５０℃以下であることが好ましいことが確認された。
【０１０３】
次に、表３において、第２冷間圧延工程における総加工度について、試料１、３２～３５、および試料３６～３８を比較する。第２冷間圧延工程における総加工度を５０％未満とした試料３８では、０．２％耐力が５００ＭＰａよりも低かった。第２冷間圧延工程の対象である熱処理材の加工硬化が不十分だったと考えられる。第２冷間圧延工程における総加工度を８０％超とした試料３６および３７では、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％を超えていた。銅合金材中に原子半径の大きい元素（この試料でのＳｎ）から解放された空孔や原子半径の大きい元素（この試料でのＳｎ）の偏析から解放された転位が生じたためと考えられる。したがって、第２冷間圧延工程における総加工度は５０％以上８０％以下であることが好ましいことが確認された。
【０１０４】
以上の結果により、本実施例によれば、導電性、強度、および耐応力緩和性をバランスよく向上させた銅合金材および銅合金材の製造方法を提供することができることが確認された。
【０１０５】
＜好ましい態様＞
以下に、本発明の好ましい態様について付記する。
【０１０６】
［付記１］
本発明の一態様によれば、
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下の

ニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、
導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、
０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、
１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である
銅合金材が提供される。

【０１０７】

［付記２］
付記１に記載の銅合金材であって、好ましくは、
前記ニッケルに対する前記鉄の質量比が５以上１０以下である。

【０１０８】

［付記３］
付記１または２に記載の銅合金材であって、好ましくは、
０．００１質量％以上０．００５質量％以下の亜鉛をさらに含有する。

【０１０９】

［付記４］
付記１～３のいずれかに記載の銅合金材であって、好ましくは、
引張強さが５７０ＭＰａ以上である。

【０１１０】

［付記５］
本発明の他の態様によれば、
鋳塊を鋳造する鋳造工程と、
前記鋳塊に熱間圧延を行い、熱間圧延材を形成する熱間圧延工程と、
前記熱間圧延材に冷間圧延を行い、第１冷間圧延材を形成する第１冷間圧延工程と、
前記第１冷間圧延材に熱処理を行い、熱処理材を形成する熱処理工程と、
前記熱処理材に冷間圧延を行い、第２冷間圧延材を形成する第２冷間圧延工程と、
を有し、
前記鋳造工程では、
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％０．２質量％のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなる前記鋳塊を鋳造し、
前記第２冷間圧延工程では、
５０％以上８０％以下の総加工度で前記冷間圧延を行う
銅合金材の製造方法が提供される。

【０１１１】

［付記６］
付記５に記載の銅合金材の製造方法であって、好ましくは、
前記第１冷間圧延工程では、
前記熱間圧延材に対する前記冷間圧延と、被圧延材に再結晶が生じる温度よりも低い温度での焼鈍と、を所定回繰り返し行う。

【０１１２】

［付記７］
付記６に記載の銅合金材の製造方法であって、好ましくは、
前記第１冷間圧延工程では、
最後の焼鈍後に行われる最後の冷間圧延を１５％以上６０％以下の加工度で行う。

【０１１３】

［付記８］
付記５～７のいずれかに記載の銅合金材の製造方法であって、好ましくは、
前記熱処理工程では、
前記第１冷間圧延材を、３８０℃以上の温度であって、前記第１冷間圧延材に再結晶が生じる温度よりも低い温度で加熱する。
【０１１４】
［付記９］
付記５～８のいずれかに記載の銅合金材の製造方法であって、好ましくは、
前記熱処理工程では、
前記第１冷間圧延材を４５０℃以下の温度で加熱する。
【０１１５】
［付記１０］
付記５～９のいずれかに記載の銅合金材の製造方法であって、好ましくは、
前記熱処理工程では、
前記第１冷間圧延材を３時間以上加熱する。
【０１１６】
［付記１１］
本発明の更に他の態様によれば、
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である基材を有する
リードフレームが提供される。
【０１１７】
［付記１３］
本発明の更に他の態様によれば、
０．２質量％以上０．６質量％以下の鉄と、０．０２質量％以上０．０６質量％以下のニッケルと、０．０７質量％以上０．３質量％以下のリンと、０．０１質量％以上０．２質量％以下のマグネシウムと、を含有し、錫、銀、マンガン、クロム、およびチタンから選択した１種以上の元素を合計で０．００１質量％以上０．０５質量％以下含有し、残部が銅および不可避不純物からなり、導電率が７０％ＩＡＣＳ以上であり、０．２％耐力が５００ＭＰａ以上であり、１５０℃の条件下で１０００時間加熱後の応力緩和率が３０％以下である導体部を有する
コネクタが提供される。

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		FI			テーマコード（参考）
C22C 13/00	*(2006.01)*	C22F	1/00	682	
		C22F	1/00	683	
		C22F	1/00	685Z	
		C22F	1/00	686B	
		C22F	1/00	694A	
		C22F	1/00	691B	
		C22F	1/00	630A	
		C22F	1/00	650A	
		C22F	1/00	661A	
		C22F	1/00	694B	
		C22C	13/00		