

明 細 書

発明の名称： はんだ合金、鋳造物、形成物およびはんだ継手

技術分野

[0001] 本発明は、鋳造に適したはんだ合金、鋳造物、形成物およびはんだ継手に関する。

背景技術

[0002] プリント基板には電子部品が実装されている。電子部品の実装工程としては、フロー溶ダリング、ディップ溶ダリングなどがある。フロー溶ダリングは、はんだ槽の噴流面をプリント基板の接続面側に当てることによりはんだ付けを行う方法である。ディップ溶ダリングは、コイル部品などの挿入部品を基板に挿入し、はんだ槽に浸漬してはんだ付けを行う方法であり、その前処理として絶縁膜を除去するとともにはんだ予備めっきを施す方法としても選択されている。

[0003] フロー溶ダリングやディップ溶ダリングでははんだ槽が必要になる。はんだ槽は長時間大気中に曝されるため、はんだ槽に発生するドロスを一定時間毎に除去しなければならない。また、はんだ付けによりはんだ槽内の溶融はんだは消費されていく。このため、はんだ槽には定期的にはんだ合金が供給される。はんだ合金の供給には、一般に、棒はんだが用いられている。

[0004] 棒はんだの製造方法には、砂型や金型などの固定鋳型に溶融はんだを流し込む鋳造法や回転鋳型に溶融はんだを流し込む連続鋳造法がある。連続鋳造法は、原材料を溶融炉に投入して溶融させ、溶融炉中の溶融はんだを回転鋳型の溝に鋳込む方法である。連続鋳造法で用いる鋳型としては、例えば環状板の幅方向中央部に溝が設けられた形状が挙げられる。溶融はんだは、回転鋳型の溝に鋳込まれた後に凝固し、鋳型から切断工程に誘導される。誘導された連続鋳造物は所定の長さに切断されて棒はんだとなる。

[0005] はんだ合金の連続鋳造法に関する技術は、例えば特許文献1に記載されている。同文献には、Au-Sn系はんだ合金において、内部に冷却水が通水

されている冷やし金を鋳型の外側に密着させ、 280°C までの冷却速度を $3^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上、好ましくは $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上、より好ましくは $50^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上として、共晶部の組織を微細化することが記載されている。しかし、Auは高温Pbフリーはんだ合金として使用される場合があるものの、高価であるとともに加工し難い。

- [0006] そこで、棒はんだには、主にSn-Cu系はんだ合金が用いられている。Sn-Cuはんだ合金は、はんだ合金中に金属間化合物を形成することが知られている。しかし、連続鋳造法は通常大気中で行われるため、Sn-Cuはんだ合金をそのまま連続鋳造法にて鋳造すると、大気中の酸素により溶融はんだの酸化が進行して溶融はんだの流動性が劣化し、所望の鋳造物が得られない。Sn-Cuはんだ合金の酸化を抑制する観点から、特許文献2には、PおよびGeを含有するSn-Cu-P-Ge-Niはんだ合金が記載されている。特許文献2に記載の発明では、液相線温度の上昇を抑制する観点から、CuおよびNi含有量の上限値が制限されている。また、同文献には、Niを所定量以上添加すると溶融はんだの流動性を阻害する懸念があることが記載されている。PおよびGeの多量添加も溶融はんだの粘性を増加させて溶融はんだの流動性を阻害することが記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2017-196647号公報

特許文献2：特開2003-94195号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] 前述のように、特許文献2に記載の発明は、溶融はんだの流動性が考慮された優れた発明である。特許文献2に記載の発明は、濡れ性が乏しいSn-Cu系鉛フリーはんだ合金において、はんだ付け性が改善されたはんだ合金を提供することを課題としている。そして、溶融はんだの流動性が低下する

とはんだ付け作業が困難になる。この課題を解決するため、同文献では、Cu、Ni、P、およびGeのすべての元素の上限値が規定されている。

[0009] ここで、特許文献2に記載の発明では、主にフローソルダリングでプリント基板に電子部品を実装する際の課題を解決するとされている。フローソルダリングでは、はんだ槽の溶融はんだが電子部品や基板の電極に濡れることを前提としている。フローソルダリングに用いる電子部品や基板の電極には濡れ性の助力としてフラックスが用いられていることから、フローソルダリングに用いるはんだ合金には高い濡れ性が求められている。したがって、特許文献2に記載の発明では、濡れ性を向上させるために溶融はんだの流動性が制御されていることになる。

[0010] 一方、連続鋳造法では、主成分がFeやAlである回転鋳型に溶融はんだが濡れると、凝固後のはんだ合金が回転鋳型から離型し難くなることから、回転鋳型に濡れないことを前提としている。当然のことながら、鋳造ではフラックスを使用しない。連続鋳造法で求められる溶融はんだの流動性は、凝固時において所望の厚さの鋳造物が得られるように制御されるのである。したがって、フローソルダリングと連続鋳造法とでは、溶融はんだの流動性を制御するための前提条件が大きく異なるため、所望の連続鋳造物を得るためには連続鋳造法に適した合金設計が必要になる。

[0011] また、フローソルダリングに用いる溶融はんだのはんだ使用量は数百kgと非常に多い。フローソルダリングでは、溶融はんだがベルトコンベア等で運搬されてきた基板と接触して溶融はんだの温度が低下する懸念があり、これを抑制することが求められているためである。つまり、フローソルダリングにおける溶融はんだの温度低下は、電子部品や基板の熱容量より溶融はんだの熱容量を圧倒的に大きくすることにより抑制されている。このため、フローソルダリングでは、必要以上に液相線温度を低くする必要はない。

[0012] 一方、連続鋳造法では鋳型に供給されているはんだ量は数十～数百gであり、フローソルダリングと比較して1/1000以下である。回転鋳型に流し込まれた溶融はんだは、回転鋳型に接触した瞬間から温度低下が始まり凝

固に至るように、供給量を少なくして熱容量が抑えられている。液相線温度が高すぎるとはんだが鋳型に触れた瞬間に固まってしまい、鋳造物を所定の厚さとすることができない。

[0013] 特許文献2に記載のはんだ合金は、前述のようにフローソルダリングに適しているものの、連続鋳造法に必要な溶融はんだの流動性や液相線温度を考慮して合金設計がなされているわけではない。このため、特許文献2に記載のはんだ合金をそのまま連続鋳造法に適用することはできない。また、汎用性を向上させる観点から、連続鋳造法だけではなく固定鋳型を用いた鋳造法においても所望の鋳造物が得られるようにすることも求められている。

[0014] そこで、本発明の課題は、所望の厚さの鋳造物を鋳造することができるはんだ合金、鋳造物、形成物およびはんだ継手を提供することである。

課題を解決するための手段

[0015] 発明者らは、特許文献2に記載のはんだ合金において、液相線温度の上昇を更に抑えるようにするため、まずはCuおよびNiの含有量を検討した。CuおよびNiの含有量が多すぎると液相線温度が上昇する。本発明者らは、連続鋳造法においてCu含有量やNi含有量の各々の最適化を図ることに加えて、CuとNiの合計量にも着目した。

[0016] 次に、本発明者らはCuおよびNiに加えて、PおよびGeの含有量を制御した。特許文献2には、前述のように、PおよびGeの含有量が多すぎると溶融はんだの粘性が増加し溶融はんだの流動性を阻害することが記載されている。ただ、この阻害要因はフローソルダリングに適用するためのものであり、鋳造に適しているとは限らない。そこで、本発明者らは各々の含有量を制御しただけでは鋳造に適する溶融はんだの流動性が得られないと考え、PおよびGeの合計量にも着目した。

[0017] 上記のように、本発明者らは、CuとNiの群とPとGeの群をそれぞれ独立的に検討してきた。しかし、実際には、鋳造に適したはんだ合金の液相線温度を得るためには、両群は相互的に作用していると考えて合金設計を行う必要がある。

[0018] そこで、本発明者らは両群同士のバランスにまで着目し、さらに詳細な検討を行った。この結果、これらの群が所定の関係式を満たす場合に、鑄造法に適した溶融はんだの粘性を実現することができ、所望の板厚を有する鑄造物が得られる知見により、本発明は完成した。

[0019] これらの知見により得られた本発明は以下のとおりである。

(1) 質量%で、Cu : 0.1 ~ 2.0%、Ni : 0.01 ~ 0.4%、P : 0.001 ~ 0.08%、Ge : 0.001 ~ 0.08%、および残部がSnからなる合金組成を有し、前記合金組成は下記(1)式~(3)式を満たすことを特徴とするはんだ合金。

[0020] $(Cu + 5Ni) \leq 0.945\%$ (1) 式

$(P + Ge) \leq 0.15\%$ (2) 式

$2.0 \leq (Cu + 5Ni) / (P + Ge) \leq 1000$ (3) 式

(1) 式~(3) 式中、Cu、Ni、P、およびGeは、各々ははんだ合金中での含有量(質量%)を表す。

[0021] (2) 合金組成は、更に、Bi、In、Zn、およびAgの少なくとも1種を合計で5%以下からなる群、ならびにMn、Cr、Co、Fe、Si、Ti、および希土類元素の少なくとも1種を合計で1%以下からなる群、の少なくとも1群から選択される少なくとも1種を含有する、上記(1)に記載のはんだ合金。

[0022] (3) 上記(1) または上記(2) に記載のはんだ合金を有する鑄造物。

(4) 上記(3) に記載の鑄造物から形成されてなる形成物。

[0023] (5) 上記(3) に記載の鑄造物を用いてなるはんだ継手

図面の簡単な説明

[0024] [図1] 図1は、(2) 式をx軸とし、(1) 式をy軸として本発明の範囲を示した図である。

[図2] 図2は、図1において、x軸が0~0.01、y軸が0~1の範囲に拡大した図である。

発明を実施するための形態

[0025] 本発明を以下により詳しく説明する。本明細書において、はんだ合金組成に関する「%」は、特に指定しない限り「質量%」である。

[0026] 1. はんだ合金

(1) Cu : 0.1 ~ 2.0%、Ni : 0.01 ~ 0.4%

CuおよびNiは、はんだ合金の液相線温度を制御することができる必須元素である。CuおよびNiがいずれも上記範囲内であると溶融はんだの流動性が最適化されるため、所望の板厚を有する鋳造物が得られる。Cu含有量の下限は0.1%以上であり、好ましくは0.14%以上であり、より好ましくは0.5%以上であり、更に好ましくは0.6%以上である。Ni含有量の下限は0.01%以上であり、好ましくは0.02%以上であり、より好ましくは0.03%以上である。一方、Cu含有量およびNi含有量の少なくとも一方が各々の上限値を超えると液相線温度が高くなり、流動性が低下する。Cu含有量の上限は2.0%以下であり、好ましくは1.0%以下であり、より好ましくは0.89%以下であり、更に好ましくは0.75%以下である。Ni含有量の上限は0.4%以下であり、好ましくは0.1%以下であり、より好ましくは0.07%以下であり、更に好ましくは0.055%以下である。

[0027] (2) P : 0.001 ~ 0.08%、Ge : 0.001 ~ 0.08%

PおよびGeは、はんだ合金の酸化を抑制して溶融はんだの流動性を制御することができる必須元素である。P含有量およびGe含有量の少なくとも一方が0.001%未満であると、酸化抑制効果が得られない。P含有量の下限は0.001%以上であり、好ましくは0.002%以上である。Ge含有量の下限は0.001%以上であり、好ましくは0.003%以上である。一方、P含有量およびGe含有量の少なくとも一方が0.08%を超えると、Snの酸化による流動性の劣化は抑制されるものの、液相線温度が高くなる。P含有量の上限は0.08%以下であり、好ましくは0.06%以下であり、より好ましくは0.01%以下であり、更に好ましくは0.005%以下であり、特に好ましくは0.003%以下である。Ge含有量の

限は0.08%以下であり、好ましくは0.07%以下であり、より好ましくは0.06%以下であり、更により好ましくは0.01%以下であり、特に好ましくは0.007%以下であり、最も好ましくは0.005%以下である。

- [0028] (3) (1)～(3)式
- $$(Cu + 5Ni) \leq 0.945\% \quad (1) \text{式}$$
- $$(P + Ge) \leq 0.15\% \quad (2) \text{式}$$
- $$2.0 \leq (Cu + 5Ni) / (P + Ge) \leq 1000 \quad (3) \text{式}$$
- (1)式～(3)式中、Cu、Ni、P、およびGeは、各々はんだ合金中の含有量(%)を表す。

- [0029] 上記のように、本発明に係るはんだ合金の各必須元素には、はんだ合金の液相線温度、および溶融はんだの流動性を制御するために各々最適な含有量が存在する。上記各必須元素の含有量は、各々溶融はんだの流動性の劣化を抑制するため定められたものである。各元素が溶融はんだの流動性を制御することができる要因は各々異なるが、Sn以外の構成元素を、類似する効果を発揮する元素群に分け、各群が上記(1)～(3)式を満たすことによって、 casting性に優れる本発明に係るはんだ合金が得られるのである。各式について詳述する。

- [0030] (3-1) (1)式
- (1)式は、はんだ合金中のCuとNiのバランスを表す式である。前述のように、CuとNiは液相線温度を調整することができる元素である。また、両元素の含有量が凝固時に生成する化合物の析出量を決定するため、両元素の含有量の合計量を制御することは溶融はんだの流動性を適正化する上で重要となる。

- [0031] 本発明に係るはんだ合金において、(1)式が0.945%を超えると、液相線温度が上昇する。(1)式が0.945%を超えてもフローソルダーリング用としては許容範囲であるが、所望の鋳造物を製造するためには、(1)式の上限は0.945%以下であることが必要である。好ましくは0.9

40%以下であり、さらに好ましくは0.875%以下である。(1)式左辺の下限は特に限定されないが、好ましくは0.150%以上であり、より好ましくは0.240%以上であり、更に好ましくは0.250%以上であり、さらにより好ましくは0.650%以上であり、特に好ましくは0.750%以上であり、最も好ましくは0.850%以上である。

[0032] (3-2) (2)式

(2)式は、はんだ合金中のPとGeの合計量を表す式である。これらの元素は、いずれも酸化を抑制することによって溶融はんだの流動性を制御することができるが、各々の大気中での反応速度が異なるため、両元素の含有量の合計量を制御することは溶融はんだの流動性を適正化する上で重要となる。

[0033] 本発明に係るはんだ合金において、(2)式の左辺が0.15%を超えると、はんだ合金の液相線温度が上昇する。(2)式の上限は0.15%以下であり、好ましくは0.12以下であり、より好ましくは0.085%以下であり、さらに好ましくは0.083%以下であり、さらにより好ましくは0.050%以下であり、特に好ましくは0.015%以下であり、最も好ましくは0.013%以下である。(2)式の下限は特に限定されないが、好ましくは0.002%以上であり、より好ましくは0.004%以上であり、さらに好ましくは0.006%以上であり、特に好ましくは0.008%以上である。

[0034] (3-3) (3)式

(3)式は、はんだ合金中での、CuとNiの群とPとGeの群とのバランスを表す式である。各群に属する元素は、各々溶融はんだの粘性を制御する要因が異なるものの、溶融はんだの粘性を決定づけるにあたり、両群は相互的に作用すると考えられる。このため、溶融はんだの粘性を制御するためには、上記2群のバランスを考慮する必要がある。

[0035] 本発明に係るはんだ合金において、(3)式が2.0未満である場合は、CuとNiの含有量が最適であってもPやGeの含有量が多すぎ、はんだの

液相線温度が上昇する。(3)式の下限は2.0以上であり、好ましくは5.67以上であり、より好ましくは10.00以上であり、さらに好ましくは10.24以上であり、さらにより好ましくは18.75以上であり、特に好ましくは31.25以上であり、最も好ましくは56.67以上である。さらには、(3)式の下限は65.38以上であり、81.25以上であり、93.75以上であり、106.25以上であってもよい。

[0036] 一方、(3)式が1000を超えると、CuとNiの含有量が最適であってもPやGeの含有量が少なすぎるため、溶融はんだ中のSnが酸化して溶融はんだの流動性が低下する。また、PとGeの含有量が最適であってもCuやNiの含有量が多すぎるため、はんだ合金の液相線温度が上昇して粘性が増加しすぎて溶融はんだの流動性が低下し、鋳造を行うことができない。

(3)式の上限は1000以下であり、好ましくは472.5以下であり、より好ましくは470.00以下であり、さらに好ましくは425.00以上であり、さらにより好ましくは212.50以下であり、特に好ましくは141.67以下であり、最も好ましくは118.13以下である。さらには、117.50以下であり、109.38以下であってもよい。

[0037] (4) Bi、In、Sb、Zn、およびAgの少なくとも1種を合計で5%以下からなる群、ならびにMn、Cr、Co、Fe、Si、Ti、および希土類元素の少なくとも1種を合計で1%以下からなる群、の少なくとも1群から選択される少なくとも1種

これらの元素は、Bi、In、Sb、Zn、およびAgの少なくとも1種では合計で5%以下、Mn、Cr、Co、Fe、Si、Ti、および希土類元素の少なくとも1種では合計で1%以下、であれば、本発明に係るはんだ合金の鋳造性に影響を及ぼすことがない。本発明において希土類元素とは、周期律表において第3族に属するSc、Yと原子番号57～71に該当するランタン族の15個の元素を合わせた17種の元素のことである。

[0038] 本発明では、Bi、In、Sb、Zn、Ag、Mn、Cr、Co、Fe、Si、Ti、および希土類元素の少なくとも1種を含有してもよい。各々の

元素の含有量は、好ましくは、B i、I n、S b、Z n、およびA gの少なくとも1種では合計で5%以下、M n、C r、C o、F e、S i、T i、および希土類元素の少なくとも1種では合計で1%以下である。より好ましくは、B i、I n、S b、Z n、およびA gの少なくとも1種では合計で1%以下、M n、C r、C o、F e、S i、T i、および希土類元素の少なくとも1種では合計で0.5%以下である。

[0039] (5) 残部：S n

本発明に係るはんだ合金の残部はS nである。前述の元素の他に不可避免の不純物を含有してもよい。不可避免の不純物を含有する場合であっても、前述の効果に影響することはない。また、後述するように、本発明では含有しない元素が不可避免の不純物として含有されても前述の効果に影響することはない。

[0040] (6) A l

本発明に係るはんだ合金は、酸化による濡れ性の劣化を回避するため、A lを含有しない方がよい。

[0041] 2. 鋳造物

本発明に係る鋳造物は、本発明に係るはんだ合金の合金組成を有するため、所望の板厚を有する。鋳造物としては、後述するように、所定の長さに切断された棒はんだなどが挙げられる。

[0042] 3. 形成物

本発明に係る形成物は、本発明に係る鋳造物から形成された物である。例えば、鋳造物を加工して得られた線はんだ、やに入りはんだ、リング形状や筒形状の形態が挙げられる。これに加えて、溶融および噴霧により得られたはんだ粉末、はんだボールに形成された物も含む。

[0043] 4. はんだ継手

本発明に係るはんだ継手は、本発明に係るはんだ合金を用いて、例えば、半導体パッケージにおけるI Cチップとその基板（インターポーザ）との接続、或いは半導体パッケージとプリント配線板との接続に使用される。

[0044] 5. はんだ合金の製造方法

本発明に係るはんだ合金の製造方法は、例えば、連続鋳造法にて製造される。連続鋳造法は、まず、所定の合金組成となるように原材料を溶融炉に投入し350～500℃程度に加熱して原材料を溶融する。

[0045] 原材料がすべて溶融した後、溶融炉中の溶融はんだを回転鋳型に連続的に鋳込む。

回転鋳型は、例えば環状板の幅方向中央部に溝が設けられた形状である。溶融はんだを鋳込む際には、回転鋳型を回転させながら溶融はんだが鋳型の溝に鋳込まれる。鋳型への溶融はんだの供給量は、鋳型の回転数に応じて適宜調整する。

[0046] 鋳型に鋳込まれた溶融はんだは150℃程度まで10～50℃/s程度の冷却速度で冷却される。この冷却速度を得るためには、回転鋳型の底を冷却水に浸漬させたり、チラーなどを用いて鋳型内に冷却水を循環させる。

[0047] 冷却後のはんだ合金は、ガイドを介して鋳型の外部に誘導され、所定の長さに切断される。ガイドに到達したはんだ合金は80～200℃程度に冷却されている。本発明のはんだ合金は、溶融はんだの粘性が制御されているため、所望の板厚の連続鋳造物を製造することができる。

[0048] 固定鋳型を用いた鋳造法は、従来の方法でよい。例えば、上述と同様に所定の合金組成となるように原材料を溶融した後、固定鋳型に流し込み、上記の冷却速度で冷却する。冷却後、鋳型からはんだ合金を取り出して製造することができる。

実施例

[0049] (1) 評価試料の作製

本発明の効果を立証するため、下記により棒はんだを作製して評価した。溶融炉に原材料を秤量し、溶融炉の設定温度を450℃として溶融した後、水を循環させた回転鋳型の溝に溶融はんだを鋳込んだ。冷却速度は概ね30℃/sであった。

[0050] その後、回転鋳型からガイドにより連続鋳造物を回転鋳型の外部に誘導し

た。そして、適当な長さに切断し、幅：10 mm、長さ：300 mmの棒はんだを含めて計10 m分の棒はんだを作製した。以下に評価方法を説明する。

[0051] (2) 評価方法

作製した棒はんだの板厚をノギスで測定した。すべての棒はんだが7 mm ± 1 mmの範囲に入る場合を「○」とし、上記範囲に入らないものがある場合には「×」とした。「○」であれば実用上問題ない。

[0052]

[表1]

	合金組成(質量%)						(1)式 (%)	(2)式 (%)	(3)式	棒はんだ の厚さ
	Sn	Cu	Ni	P	Ge	任意元素				
実施例1	Bal.	0.1	0.03	0.003	0.005		0.250	0.008	31.25	○
実施例2	Bal.	0.6	0.03	0.003	0.005		0.750	0.008	93.75	○
実施例3	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005		0.850	0.008	106.25	○
実施例4	Bal.	0.89	0.01	0.003	0.005		0.940	0.008	117.50	○
実施例5	Bal.	0.6	0.01	0.003	0.005		0.650	0.008	81.25	○
実施例6	Bal.	0.6	0.055	0.003	0.005		0.875	0.008	109.38	○
実施例7	Bal.	0.1	0.169	0.003	0.005		0.945	0.008	118.13	○
実施例8	Bal.	0.7	0.03	0.001	0.005		0.850	0.006	141.67	○
実施例9	Bal.	0.7	0.03	0.01	0.005		0.850	0.015	56.67	○
実施例10	Bal.	0.7	0.03	0.08	0.005		0.850	0.085	10.00	○
実施例11	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.001		0.850	0.004	212.50	○
実施例12	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.01		0.850	0.013	65.38	○
実施例13	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.08		0.850	0.083	10.24	○
実施例14	Bal.	0.1	0.01	0.003	0.005		0.150	0.008	18.75	○
実施例15	Bal.	0.7	0.03	0.001	0.001		0.850	0.002	425.00	○
実施例16	Bal.	0.7	0.03	0.08	0.07		0.850	0.15	5.67	○
実施例17	Bal.	0.89	0.01	0.001	0.001		0.940	0.002	470.00	○
実施例18	Bal.	0.1	0.169	0.001	0.001		0.945	0.002	472.50	○
実施例19	Bal.	0.14	0.02	0.06	0.06		0.240	0.12	2.00	○
実施例20	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Bi:0.05	0.850	0.008	106.25	○
実施例21	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	In:0.05	0.850	0.008	106.25	○
参考例22	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Sb:0.05	0.850	0.008	106.25	○
実施例23	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Zn:0.05	0.850	0.008	106.25	○
実施例24	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Ag:0.05	0.850	0.008	106.25	○
実施例25	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Mn:0.01	0.850	0.008	106.25	○
実施例26	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Cr:0.01	0.850	0.008	106.25	○
実施例27	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Co:0.01	0.850	0.008	106.25	○
実施例28	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Fe:0.03	0.850	0.008	106.25	○
実施例28	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Fe:0.05	0.850	0.008	106.25	○
実施例29	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Si:0.01	0.850	0.008	106.25	○
実施例30	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	Ti:0.01	0.850	0.008	106.25	○
実施例31	Bal.	0.7	0.03	0.003	0.005	希土類:0.01	0.850	0.008	106.25	○
比較例1	Bal.	<u>3</u>	0.03	0.003	0.005		<u>3.150</u>	0.008	393.75	×
比較例2	Bal.	0.7	<u>1.1</u>	0.003	0.005		<u>6.200</u>	0.008	775.00	×
比較例3	Bal.	0.7	0.03	<u>0.0003</u>	0.005		0.850	0.0053	160.38	×
比較例4	Bal.	0.7	0.03	<u>0.17</u>	0.005		0.850	<u>0.175</u>	4.86	×
比較例5	Bal.	0.7	0.03	0.003	<u>0.0005</u>		0.850	0.0035	242.86	×
比較例6	Bal.	0.7	0.03	0.003	<u>0.17</u>		0.850	<u>0.173</u>	4.91	×
比較例7	Bal.	0.7	0.055	0.003	0.005		<u>0.975</u>	0.008	121.88	×
比較例8	Bal.	0.7	0.03	<u>0.16</u>	<u>0.16</u>		0.850	<u>0.320</u>	2.66	×
比較例9	Bal.	0.1	0.01	<u>0.17</u>	<u>0.17</u>		0.150	<u>0.340</u>	<u>0.44</u>	×
比較例10	Bal.	0.7	0.03	<u>0.0003</u>	<u>0.0005</u>		0.850	0.0008	<u>1062.50</u>	×
比較例11	Bal.	<u>3</u>	<u>1.1</u>	0.003	0.005		<u>8.500</u>	0.008	<u>1062.50</u>	×
比較例12	Bal.	0.1	0.02	0.08	0.07		0.200	0.150	<u>1.33</u>	×

下線は本発明の範囲外であることを表す。

[0053] 表1の結果から明らかなように、本発明に即した実施例はいずれも所望の

板厚を有する棒はんだが得られることがわかった。一方、比較例は、いずれも本発明の要件の少なくとも1つ以上を満たさないため、所望の板厚を有する棒はんだが得られなかった。各構成元素の含有量が本発明の範囲を満たすとともに(1)式～(3)式を満たす必要があることを、図を用いて説明する。

[0054] 図1および図2は、表1において、(1)式～(3)式を満たす実施例と、(1)式～(3)式の少なくとも1式を満たさない比較例を抽出し、(2)式をx軸とし、(1)式をy軸とした図である。図2は、図1において、x軸が0～0.01、y軸が0～1の範囲に拡大した図である。図1および図2中、「○」は実施例を表し、「×」は比較例を表す。また、図1および図2において、太線で囲まれた領域が(1)式～(3)式で囲まれた範囲である。

[0055] 図1および図2から明らかなように、太線で囲まれた範囲内のはんだ合金は、いずれも所望の厚みを有することがわかった。一方、図1に示すように、いずれかの式を満たさない比較例はいずれも所望の厚みを有さないことがわかった。特に、図2に示すように、(1)式のみ満たさない比較例7、および(3)式を満たさない比較例10は、太線で囲まれた範囲からわずかに外れるだけで、所望の厚みが得られないものが発生してしまうことが明らかになった。

請求の範囲

- [請求項1] 質量%で、Cu : 0.1 ~ 2.0%、Ni : 0.01 ~ 0.4%、P : 0.001 ~ 0.08%、Ge : 0.001 ~ 0.08%、および残部がSnからなる合金組成を有し、前記合金組成は下記(1)式 ~ (3)式を満たすことを特徴とするはんだ合金。
- $$(Cu + 5Ni) \leq 0.945\% \quad (1) \text{式}$$
- $$(P + Ge) \leq 0.15\% \quad (2) \text{式}$$
- $$2.0 \leq (Cu + 5Ni) / (P + Ge) \leq 1000 \quad (3) \text{式}$$
- 前記(1)式 ~ (3)式中、Cu、Ni、P、およびGeは、各々はんだ合金中での含有量(質量%)を表す。
- [請求項2] 前記合金組成は、更に、Bi、In、Zn、およびAgの少なくとも1種を合計で5%以下からなる群、ならびにMn、Cr、Co、Fe、Si、Ti、および希土類元素の少なくとも1種を合計で1%以下からなる群、の少なくとも1群から選択される少なくとも1種を含有する、請求項1に記載のはんだ合金。
- [請求項3] 請求項1または2に記載のはんだ合金を有する鋳造物。
- [請求項4] 請求項3に記載の鋳造物から形成されてなる形成物。
- [請求項5] 請求項3に記載の鋳造物を用いてなるはんだ継手。