

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6290384号  
(P6290384)

(45) 発行日 平成30年3月7日(2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日(2018.2.16)

(51) Int.Cl.	F 1			
B 23 K 20/00	(2006.01)	B 23 K	20/00	310 L
F 28 F 3/04	(2006.01)	B 23 K	20/00	310 M
F 28 D 9/02	(2006.01)	F 28 F	3/04	A
B 21 D 53/04	(2006.01)	F 28 D	9/02	
B 23 K 101/14	(2006.01)	B 21 D	53/04	C

請求項の数 19 (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-517375 (P2016-517375)	(73) 特許権者	509005513 アルファーラヴァル・コーポレート・アーベー
(86) (22) 出願日	平成26年9月10日 (2014.9.10)		スウェーデン・221・00・ルンド・ボックス・73
(65) 公表番号	特表2016-533267 (P2016-533267A)	(74) 代理人	100108453 弁理士 村山 靖彦
(43) 公表日	平成28年10月27日 (2016.10.27)	(74) 代理人	100110364 弁理士 実広 信哉
(86) 國際出願番号	PCT/EP2014/069239	(74) 代理人	100133400 弁理士 阿部 達彦
(87) 國際公開番号	W02015/043944	(72) 発明者	ペール・フェーディーン スウェーデン・SE-223・61・ルド・エストラ・ヴァルガタン・37・アーベー
(87) 國際公開日	平成27年4月2日 (2015.4.2)		
審査請求日	平成28年4月8日 (2016.4.8)		
(31) 優先権主張番号	13186257.5		
(32) 優先日	平成25年9月26日 (2013.9.26)		
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		
(31) 優先権主張番号	13186388.8		
(32) 優先日	平成25年9月27日 (2013.9.27)		
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】平板熱交換器を生産する方法及び平板熱交換器

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

取り外し不能に接合された平板熱交換器(1)を生産する方法であって、該平板熱交換器は、1000を超える固相線温度を有する、互いに隣り合って設けられた、第1の媒体のための第1の平板空間(4)及び第2の媒体のための第2の平板空間(5)を有する平板パッケージ(3)を形成する複数の金属熱交換平板(2)を備える、方法において、

前記第1及び第2の平板空間(4、5)が前記平板パッケージ(3)中に交互に設けられており、

前記熱交換平板(2)それぞれは、熱伝導領域(10)と、前記熱伝導領域(10)の周りに延びる曲げ端部(15)を備える端部領域(11)と、を備え、

前記平板(2)の第1の表面(16)が凸形状を形成し、前記平板の第2の表面(17)が凹形状を形成し、

前記熱伝導領域(10)は、隆起部(18)と、窪み部(19)と、からなる波型部を備え、

前記平板の前記波型部と、前記曲げ端部(15)と、は前記平板(2)をプレス加工することによって提供され、

前記方法は、

第1の平板(21)の前記第1の凸面(16)の少なくとも一部上に、融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)であって、前記融点降下組成物(20)は、

10

20

- ・前記第1の平板(21)の溶融温度を低下させるための少なくとも25重量%のリン及び珪素を備える融点降下組成物、及び
- ・任意に、前記第1の凸面(16)上へ前記融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)を容易化するためのバインダ成分を備える、ステップと、

前記平板(21、22)を積み重ねて平板パッケージ(3)とすることによって、第2の平板(22)の第2の凹面(17)を、前記第1の平板(21)の前記第1の凸面(16)上の融点降下組成物(20)に接触させるステップ(202)と、

前記第1及び第2の平板(21、22)を、1000<sup>10</sup>を超える温度に加熱するステップ(203)であって、それによって前記第1の平板(21)の前記第1の凸面(16)を、前記第1の平板(21)の表面層(24)が溶融し、前記融点降下組成物(20)とともに、前記第1の平板(21)と、前記第2の平板(22)と、の間の接触点(23)で前記第2の平板と接触する溶融金属層(25)を形成するように溶融させる、ステップと、

を備え、

前記方法が、

前記溶融金属層(25)を凝固させ、かつ前記平板パッケージ(3)中の前記平板(2)間の前記接触点(23)で、前記曲げ端部(15)が、前記平板パッケージ(3)中の前記平板(2)の前記曲げ端部(15)間に緊密な適合度を形成するように、接合部(26)を形成する、ステップであって、前記接合部(26)は少なくとも90重量%の、前記加熱するステップ(203)前には前記第1の平板(21)及び前記第2の平板(22)のいずれかの部分であった金属を備える、ステップと、<sup>20</sup>

を備えることを特徴とする方法。

#### 【請求項2】

前記リンは、以下の化合物： $Mn_xP_y$ 、 $Fe_xP_y$ 、及び $Ni_xP_y$ の少なくともいずれかから選択されたリン化合物に由来することを特徴とする請求項1に記載の方法。

#### 【請求項3】

前記珪素は、元素珪素と、以下の化合物：炭化ケイ素、シリコンボライド、フェロシリコンのいずれかから選択された珪素化合物の珪素と、のいずれかに由来することを特徴とする請求項1又は2に記載の方法。<sup>30</sup>

#### 【請求項4】

前記融点降下組成物は、少なくとも35重量%、又は少なくとも55重量%のリン及び珪素を備えることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項5】

リンは、前記融点降下組成物のリン及び珪素の少なくとも10重量%を構成することを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項6】

リンは、前記融点降下組成物のリン及び珪素の少なくとも55重量%を構成することを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項7】

前記第1の平板は0.3～0.6mmの厚みを有し、前記融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)は、前記第1の平板(21)の前記第1の凸面(16)上にmm<sup>2</sup>当たり平均0.02～1.00mgのリン及び珪素を適用するステップを備えることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の方法。<sup>40</sup>

#### 【請求項8】

前記第1の平板は0.6～1.0mmの厚みを有し、前記融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)は、前記第1の平板(21)の前記第1の凸面(16)上にmm<sup>2</sup>当たり平均0.02～2.00mgのリン及び珪素を適用するステップを備えることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載の方法。

#### 【請求項9】

10

20

30

40

50

前記融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)は、

前記融点降下組成物が前記第1の平板(21)の前記第1の凸面(16)に結合するまで、前記平板(2)を加熱するステップ(203)と、

前記融点降下組成物(20)中のすべてのリン及び珪素が、前記第1の平板(21)の金属と化合物を形成してしまう前に、前記平板(2)の温度を低下させるステップと、を備えることを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載の方法。

【請求項10】

前記融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)は、前記平板をプレス加工する前に行われることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項11】

前記融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)は、前記平板をプレス加工した後に行われることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項12】

前記融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)は、前記平板を積み重ねて前記平板パッケージ(3)とした後に、前記融点降下組成物を含有する懸濁液を、平板パッケージを通じて流すことによって行われることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項13】

前記融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)は、スクリーン印刷によって行われることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項14】

前記融点降下組成物(20)を適用するステップ(201)は、平板(2)に切断されるコイル上にスパッタされることによって行われることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項15】

前記第1の表面(16)は、前記表面(16)上の前記接触点(23)によって規定された面積(A2)よりも大きな面積(A1)を有し、それによって溶融金属層(25)の金属が、前記接合部(26)を形成可能であるときに、前記接触点(23)へ流れることを特徴とする請求項1～14のいずれか一項に記載の方法。

【請求項16】

前記凸面(16)の面積(A1)は、前記接触点(23)によって規定された面積(A2)より少なくとも3倍大きいことを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項17】

前記表面(16)の面積(A1)は、前記接合部(26)の断面積(A3)より少なくとも10倍大きいことを特徴とする請求項15又は16に記載の方法。

【請求項18】

前記平板(2)は、

・ > 5.0 wt% Fe、< 1.3 wt% Cr、< 1 wt% Mo、< 1 wt% Ni、及び< 3 wt% Mn

・ > 9.0 wt% Fe

・ > 6.5 wt% Fe 及び > 1.3 wt% Cr

・ > 5.0 wt% Fe 及び > 15.5 wt% Cr、及び > 6 wt% Ni

・ > 5.0 wt% Fe 及び > 15.5 wt% Cr、1～10 wt% Mo 及び > 8 wt% Ni

・ > 9.7 wt% Ni

・ > 1.0 wt% Cr 及び > 6.0 wt% Ni

・ > 1.5 wt% Cr、> 1.0 wt% Mo 及び > 5.0 wt% Ni

・ > 7.0 wt% Co

・ > 8.0 wt% Cu、及び

・ > 1.0 wt% Fe、0.1～3.0 wt% Mo、0.1～3.0 wt% Ni、及び > 5.0 wt% Co

10

20

30

40

50

のうちの1つを備えることを特徴とする請求項1～17のいずれか一項に記載の方法。

【請求項19】

請求項1～18のいずれか一項に記載の方法によって製造される、1000を超える固相線温度を有し、互いに隣り合って設けられた、第1の媒体のための第1の平板空間(4)及び第2の媒体のための第2の平板空間(5)を有する平板パッケージ(3)を形成する複数の金属熱交換平板(2)を備える、取り外し不能に接合された平板熱交換器(1)であって、

前記第1及び第2の平板空間(4、5)が前記平板パッケージ(3)中に交互に設けられており、

前記熱交換平板(2)それぞれは、熱伝導領域(10)と、前記熱伝導領域(10)の10  
周りに延びる曲げ端部(15)を備える端部領域(11)と、を備え、

前記平板(2)の第1の表面(16)が凸形状を形成し、前記平板の第2の表面(17)が、凹形状を形成し、

前記熱伝導領域(10)は、隆起部(18)と、窪み部(19)と、からなる波型部を備え、

前記平板の前記波型部と、前記曲げ端部(15)と、は前記平板(2)をプレス加工することによって提供され、

前記平板熱交換器は、前記接合部(26)を取り囲む領域(A1)から引き込まれた前記第1の平板(1)及び前記第2の平板(2)の一部であった少なくとも90重量%の金属元素を備える接合部(26)によって、第2の平板(22)と接合された第1の平板(21)を備えることを特徴とする取り外し不能に接合された平板熱交換器(1)。20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、平板熱交換器を生産する方法及びその方法によって生産された平板熱交換器に関する。

【背景技術】

【0002】

種々の方法を、高融点を有する合金を接合するために使用することができる。本明細書では、「高融点」は、900を上回る融点である。溶接は、母材金属が追加的な材料と、又は追加的な材料無しに溶融される一般的な方法、すなわち鋳造製品が溶融と再凝固によって生成する方法である。30

【0003】

ろう付けは、450より高温で溶融する液体金属を導入することによって固体金属をごく近傍において接合するためのプロセスである。ろう付けされた接合は通常、一般的に適切なフィラー合金が選択されるときには、母材金属の表面が清浄であり、ろう付け合金の流動温度への加熱中に清浄に維持され、好適な接合設計が結果的に使用されることになる。プロセス中に、ろう付けフィラーは、450より高い温度で溶融される、すなわち、液体界面が接合される母材金属の液相線より低い温度で形成される。ろう付けを達成するために、液体界面は良好な濡れと流動を有さなければならない。40

【0004】

はんだ付けは、2つ以上の金属種がフィラー金属、すなわちはんだの溶融と接合部中の流動によって接合されるプロセスであり、はんだはワーク試験片より低い融点を有している。ろう付けにおいては、フィラー金属ははんだより高い温度で溶融するが、ワーク試験片金属は溶融しない。はんだ付けとろう付けとの間の差異は、フィラー合金の溶融温度に基づいている。450という温度は、はんだ付けとろう付けとの間の実践的な線引き点として通常は使用される。

【0005】

一般的に、ろう付けの手順は、接合される母材金属間のギャップ若しくは隙間に接触するろう付けフィラーの適用を含む。加熱プロセス中には、ろう付けフィラーが溶融し、接50

合されるギャップを充填する。ろう付けプロセスには3つの主な段階があり、第1の段階は、物理的段階と呼ばれる。物理的段階は、ろう付けフィラーの濡れと流動を含む。第2の段階は、通常は所定の接合温度で生じる。この段階中には、固相 液相の相互作用があり、この相互作用には実質的な物質移動が伴う。液状フィラー金属に直接的に隣接する母材金属の体積は、この段階において溶解するか、又はフィラーの金属と反応する。同時に、液相からの少量の元素が固体の母材金属中に浸透する。接合領域における成分のこの再分配によってフィラーの金属成分に変化がもたらされ、フィラーの金属の凝固の始まりとなることもある。最後の段階は、第2の段階と重なり、最終的な接合の微細構造の形成及び接合の凝固及び冷却中の成長によって特徴づけられる。

## 【0006】

10

2つの金属部分（母材）を接合するための別の方法は遷移液相拡散接合（TLP bonding: transient liquid phase diffusion bonding）であり、そこでは、中間層からの融点降下元素が接合温度において金属部分の格子及び結晶粒界の中に移動するときに拡散が生じる。固体状態の拡散プロセスは次いで、接合界面における組成の変化をもたらし、異種の中間層が母材より低い温度で溶融する。したがって、液体の薄い層が界面に沿って拡がり、金属部分のいずれの融点より低い温度で接合を形成する。接合温度の低下は、溶融物の凝固をもたらし、この相は続いて所定の時間、接合温度に保持することによって金属部分の中に拡散する。

## 【0007】

20

溶接、ろう付け、及びTLP接合のような接合方法は、成功裏に金属部分を接合する。しかし、溶接は、非常に高価であるか、又は多数の接合点を作るのが、それらがアクセスしにくいときには不可能でさえあるので、制限を有する。ろう付けもまた、例えば最も好適なフィラー金属を適正に採用するか若しくは決定することさえが困難な場合があるという制限を有する。TLP接合は、異なる材料を接合する場合には有利であるが、制限を有する。例えば、好適な中間層を見つけることが難しいことが多く、その方法は、大きなギャップが充填される接合を作る、又は比較的大きな接合が形成されるときに真に好適ではない。

## 【0008】

30

このように、所定の接合方法を選択する際には多くの要因が含まれる。決定的に重要な要因は、コスト、生産性、安全性、プロセススピード、及び金属部分を接合する接合の特性、並びに接合の金属部分それ自体の特性である。たとえ上述の方法がそれらの利点を有するとしても、特にコスト、生産性、安全性、プロセススピードが考慮される場合には、現在の方法を補って完全にするものとして使用される接合方法に対する必要性が依然として存在する。

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0009】

本発明の目的は、上述の技術及び先行技術を改良することである。特に、平板熱交換器の平板間に強い接合を形成しつつ、簡単かつ信頼性のある態様で取り外せないように接合された平板熱交換器を生産する方法を提供することである。

40

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

これら目的を解決するために、1000を超える固相線温度を有する複数の金属熱交換平板を備える、取り外し不能に接合された平板熱交換器を生産する方法が提供される。これら平板は、互いに隣り合って設けられ、第1の媒体のための第1の平板空間及び第2の媒体のための第2の平板空間を有する平板パッケージを形成し、第1及び第2の平板空間は平板パッケージ中に交互に設けられている。熱交換平板それぞれは、熱伝導領域と、この熱伝導領域の周りに延びる曲げ端部を備える端部領域と、を備える。平板の第1の表面は凸形状を形成し、平板の第2の表面は凹形状を形成し、熱伝導領域は、隆起部と、窪み部と、を備える波型部を備える。これら平板の波型部と、曲げ端部と、は平板をプレス

50

加工することによって提供される。本方法は、第1の平板の第1の凸面の少なくとも一部上に、融点降下組成物を適用するステップであって、融点降下組成物が、・第1の平板の溶融温度を低下させるための少なくとも25重量%のリン及び珪素を備える融点降下成分、及び・任意に、第1の表面上への融点降下組成物の適用を容易化するためのバインダ成分を備える、ステップと、第2の平板の第2の凹面を、平板を平板パッケージの中に積み重ねることによって、第1の凸面上の融点降下組成物に接触させるステップと、第1及び第2の平板を、1000を超える温度に加熱するステップであって、それによって第1の平板の表面層が溶融し、融点降下成分とともに、第1の平板と、第2の平板との間の接触点で第2の平板と接触している溶融金属層を形成するよう、第1の平板の前記第1の凸面を溶融させる、ステップと、平板パッケージ中の平板間の接触点で接合部が得られ、曲げ端部が平板パッケージ中の平板の曲げ端部間に緊密な適合度を形成するよう、溶融金属層を凝固させるステップと、を備える。

## 【0011】

平板の金属は、例えば鉄ベース、ニッケルベース、及びコバルトベースの金属合金の形態を有することができ、これはそれらが通常、1000以上の固相線温度を有するからである。平板は、1000以上の固相線温度を有さない純アルミニウム又はアルミニウムベースの合金から作成しない方が良い場合がある。平板の中の金属、又は平板それ自体でさえ、「母材金属」又は「母材」として参照される場合がある。この明細書では、「鉄ベースの」合金は、合金中の全ての元素の中の最も大きな重量パーセント(wt%)を鉄が有する合金である。対応する状況もまた、ニッケルベース、コバルトベース、クロムベース、及びアルミニウムベースの合金に対して適用される。

## 【0012】

示したように、融点降下組成物は少なくとも1つの成分を備え、この成分は融点降下成分である。任意には、融点降下組成物はバインダ成分を備える。少なくとも第1の平板の融点を降下させるのに貢献する融点降下組成物の全ての物質又は一部は、融点降下成分の一部と考えられる。少なくとも第1の平板の融点を降下させるのには関与しないが、代わりに、例えばペースト、塗料又はスラリーを形成するような、融点降下組成物を「結合させる」融点降下組成物の部分は、バインダ成分の一部と考えられる。勿論、融点降下成分は、少量のフィラー金属のような他の成分を含むことができる。しかし、溶融抑制成分の少なくとも25重量%はリン及び珪素を備えるので、そのようなフィラー金属が融点降下成分の75重量%以上に相当する場合はない。フィラー金属が融点降下組成物に含まれる場合、それは常に融点降下成分の一部である。

## 【0013】

この明細書において、「リン及び珪素」は、融点降下成分におけるリンと珪素の合計を重量%の計算値として意味する。ここで重量%(wt%)は、質量分率に100をかけることによって決定される。知られているように、成分における物質の質量分率は、その物質の質量濃度(成分におけるその物質の密度)の成分の密度に対する比率である。したがって、例えば、少なくとも25重量%のリン及び珪素は、リンと珪素との合計の重量が100gの融点降下成分の試料中に少なくとも25g存在することを意味する。明らかに、バインダ成分が融点降下組成物の中に備えられている場合には、融点降下組成物中のリン及び珪素の重量%は25重量%未満とすることができます。しかし、少なくとも25重量%のリン及び珪素は、融点降下成分の中に常に存在し、示されたように、含まれてもよいフィラー金属をも含む、すなわち、フィラー金属は常に融点降下組成物の一部として理解される。

## 【0014】

「リン」は融点降下成分の中の全てのリンを含み、それは、リン元素だけでなく、リン化合物中のリンをも含む。対応して、「珪素」は融点降下成分の中の全ての珪素を含み、それは、珪素元素だけでなく、珪素化合物中の珪素をも含む。したがって、融点降下成分の中のリン及び珪素の両方が、様々なリン化合物及び珪素化合物においてリン及び珪素によって示されている。

10

20

30

40

50

## 【0015】

明らかに、融点降下組成物は、既存のろう付け物質とは非常に異なっており、これは、既存のろう付け物質がリン及び珪素のような融点降下物質に対するより多くの充填金属を有しているからである。一般的に、ろう付け物質は、18重量%未満のリン及び珪素を有する。

## 【0016】

本方法は、フィラー金属を削減するか、又は除くことができること、及び異なる材料からなる金属平板に適用することができることで有利である。勿論、融点降下組成物は、第2の金属平板にも同様に適用することができる。

## 【0017】

リンは、リン元素並びに、少なくとも以下の化合物：マンガンリン化物、鉄リン化物、及びニッケルリン化物、のいずれかから選択されたリン化合物のリンに由来する場合がある。珪素は、珪素元素並びに、少なくとも以下の化合物：珪素炭化物、シリコンボライド、及びフェロシリコン、のいずれかから選択された珪素化合物の珪素に由来する場合がある。

## 【0018】

融点降下成分は、少なくとも25重量%、少なくとも35重量%、及び少なくとも55重量%のリン及び珪素を備えることができる。これは、いずれかのフィラー金属が存在する場合には、それは75重量%未満、65重量%未満、それぞれ45重量%未満の量で存在するということを意味する。

## 【0019】

リンは、溶融抑制化合物のリン及び珪素含有量の少なくとも10重量%を構成することができる。これは、融点降下成分が少なくとも25重量%のリン及び珪素を備えるときには、融点降下成分は少なくとも2.5重量%のリンを備えることを意味する。珪素は、溶融抑制化合物のリン及び珪素含有量の少なくとも55重量%を構成することができる。

## 【0020】

融点降下成分は、50重量%未満の金属元素、又は10重量%未満の金属元素を備えることができる。そのような金属元素は、上述の「金属フィラー」に対応する。ろう付け成分は少なくとも60重量%の金属元素を備えるので、そのような少量の金属元素又は金属フィラーは、融点降下組成物を例えれば既知のろう付け成分から完全に差別化する。ここで、「金属元素」は、例えれば周期表のdブロックの元素であるすべての遷移金属を含み、これらは周期表のグループ3~12を含む。これは、例えれば鉄(Fe)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、クロム(Cr)、及びモリブデン(Mo)は「金属元素」であることを意味する。「金属元素」ではない元素は、希ガス、ハロゲン、及び以下の元素：ボロン(B)、炭素(C)、珪素(Si)、窒素(N)、リン(P)、砒素(As)、酸素(O)、硫黄(S)、セレン(Se)、及びテルル(Tu)である。例えれば、リンがマンガンリン化物化合物に由来する場合には、この化合物のマンガン部分は金属元素であり、一実施形態においては50重量%未満でなければならず、また別の実施形態では10重量%未満でなければならない金属元素に含まれるということに注意されたい。

## 【0021】

平板は0.3~0.6mmの厚みを有することができ、したがって融点降下組成物を適用するステップは、第1の平板21の第1の凸面16上にmm<sup>2</sup>当たり平均0.02~1.00mgのリン及び珪素を適用するステップを備えることができる。第1の平板の表面上にmm<sup>2</sup>当たり平均0.02~1.00mgのリン及び珪素を適用するステップは、例えれば第2の平板から第1の平板へ移転されるリン及び珪素の、例えれば第2の平板を介した間接的な適用を含む。したがって、ここで参照されるリン及び珪素は、第1の平板21の表面層の溶融に依然として貢献する限り、第1の金属平板上に直接、適用される必要はない。

## 【0022】

第1の平板は0.6~1.0mmの厚みを有することができ、したがって融点降下組成物

10

20

30

40

50

物を適用するステップは、第1の平板の表面上に  $\text{mm}^2$  当たり平均  $0.02 \sim 1.00 \text{ mg}$  のリン及び珪素を適用するステップを備えることができる。前と同様に、この適用は第2の平板を介した間接的な「適用」をも含む。

【0023】

第1の平板は  $1.0 \text{ mm}$  を超える厚みを有することができ、したがって融点降下組成物の適用は、第1の平板の表面上への  $\text{mm}^2$  当たり平均  $0.02 \sim 5.0 \text{ mg}$  のリン及び珪素の適用を備えることができる。

【0024】

融点降下組成物を適用するステップは、平板をプレス加工する前に行われてもよい。融点降下組成物の適用は、代替的に平板のプレス加工の後に行われてもよい。

10

【0025】

融点降下組成物を適用するステップは、平板を積み重ねて平板パッケージを形成した後に、融点降下組成物を含有する懸濁液を、平板パッケージを通じて流すことによって行われることもさらに可能である。

【0026】

融点降下組成物を適用するステップは、スクリーン印刷によって、又は平板に切断されるコイル上にスパッタリングすることによって行うことができる。

【0027】

第1の表面は、前記第1の表面部分上の前記接触点によって画定された面積よりも大きな面積を有し、それによって溶融金属層の金属が、接合部を形成可能であるときに、接触点へ流れる。そのような流れは、典型的には毛細管現象によって引き起こされる。

20

【0028】

表面の面積は、接触点によって画定された面積より少なくとも3倍大きい。表面の面積は、接触点によって画定された面積より少なくとも10、20、又は30倍大きいように、さらに大きくさえ（又は接触点を相対的に小さく）することができる。表面の面積は、溶融した金属が流れ接合部を形成する表面の面積を参照する。

【0029】

表面の面積は、接合部の断面積より少なくとも3倍又は少なくとも10倍大きくすることができる。表面の面積は、接触点によって画定される面積より少なくとも6倍又は10倍大きくなるように、より大きく（又は接合部の断面積を相対的に小さく）することができる。接合部の断面積は、接触点がその最小の大きさ（断面積）で配置されている表面に平行な平面に亘って接合部が有する断面積として規定することができる。

30

【0030】

平板は、

i) > 50重量% Fe、< 13重量% Cr、< 1重量% Ni、及び< 3重量% Mn；

ii) > 90重量% Fe；

iii) > 65重量% Fe及び> 13重量% Cr；

iv) > 50重量% Fe、> 15.5重量% Cr、> 6重量% Ni；

v) > 50重量% Fe、> 15.5重量% Cr、1~10重量% Mo及び> 8重量% Ni

vi) > 97重量% Ni；

40

vii) > 10重量% Cr、> 60重量% Ni；

viii) > 15重量% Cr、> 10重量% Mo、及び> 50重量% Ni；

ix) > 70重量% Co；

x) > 80重量% Cu；及び

xii) > 10重量% Fe、0.1~30重量% Mo、0.1~30重量% Ni、及び> 50重量% Co、

のいずれかを備えることができる。

【0031】

上述は、第1の平板、及び第2の平板も同様に、非常に多くの異なる合金からなることができることを意味する。明らかに、上述の例は工業において一般的であるように、他の

50

金属又は元素とのバランスがとられている。

【0032】

また別の特徴によれば、1000を超える固相線温度を有する複数の金属熱交換器平板を備える平板熱交換器が提供される。平板は、互いに隣り合って設けられ、第1の媒体のための第1の平板空間及び第2の媒体のための第2の平板空間を有する平板パッケージを形成し、第1及び第2の平板空間は平板パッケージ中に交互に設けられている。熱交換平板それぞれは、熱伝導領域と、この熱伝導領域の周りに延びる曲げ端部を備える端部領域と、を備える。平板の第1の表面は凸形状を形成し、平板の第2の表面は、凹形状を形成し、熱伝導領域は、隆起部と、窪み部とからなる波型部を備える。そのような平板の波型部と、曲げ端部とは、平板をプレス加工することによって提供される。平板熱交換器は、上述の方法によって、又はその実施形態のいずれかによって生産される。 10

【0033】

本発明のまた別の特徴によれば、平板熱交換器は接合部によって第2の平板と接合される第1の平板を備え、平板は1000を超える固相線温度を有し、接合部は、少なくとも50重量%の金属元素を備え、これら金属元素は、接合部を取り囲む領域(A1)から引き込まれているとともに、第1の平板及び第2の平板のいずれかの一部であった、平板熱交換器が提供される。

【0034】

本方法の様々な目的、特徴、観点及び利点、製品、及び融点降下組成物が、以下の詳細な説明から、並びに図面から明らかとなる。 20

【0035】

本発明の実施形態が、例示の方法によって、添付の図面を参照して以下に記載される。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】従来技術の平板熱交換器の側面図である。

【図2】図1による平板熱交換器の平面図である。

【図3】図1による平板熱交換器の断面図である。

【図4】本発明の方法による平板熱交換器の平板を接合するための方法のフローチャートである。

【図5】2つの金属部品がどのように接合されるのかを説明する多くの例に使用されるプレスされた平板の図である。 30

【図6】図5に示された平板と、平坦な平板との間の接合部の断面の写真である。

【図7】測定された接合の幅が、融点降下組成物の適用された量の関数として傾向線を含んでプロットされているダイアグラムである。

【図8】SEM(走査型電子顕微鏡)において研究された接合部の断面と、電子走査の場所を示す図である。

【図9】SEM(走査型電子顕微鏡)において研究された接合部の断面と、電子走査の場所を示す図である。

【図10】SEM(走査型電子顕微鏡)において研究された接合部の断面と、電子走査の場所を示す図である。 40

【図11】SEM(走査型電子顕微鏡)において研究された接合部の断面と、電子走査の場所を示す図である。

【図12】SEM(走査型電子顕微鏡)において研究された接合部の断面と、電子走査の場所を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0037】

添付の図面を参照して、平板熱交換器が開示されており、図1、2、及び3それぞれ参考されたい。平板熱交換器1は複数の熱交換器平板2を備え、これら熱交換器平板2は、第1の媒体のための第1の空所4と、第2の媒体のための第2の空所5と、を有する平板パッケージ3を形成するために、互いの傍に設けられる。第1の空所4と第2の空所5と 50

は平板パッケージ 3 の中に交互の順番で設けられている、すなわちすべての第 2 の平板の空所は第 1 の平板の空所 4 であり、すべての第 2 の平板の空所は第 2 の空所 5 である。図 3 を参照のこと。

【 0 0 3 8 】

図 1 ~ 3 に開示されている平板熱交換器 1 は熱交換器平板 2 を有し、これら熱交換器平板 2 は互いに取り外し不能に接合されている。2 つの最も外側の熱交換平板は、端部平板を形成するか、又は端部平板によって置き換えられる。

【 0 0 3 9 】

平板熱交換器 1 もまた入口チャネル及び出口チャネル 6 ~ 9 を備え、これら入口チャネル及び出口チャネル 6 ~ 9 は、第 1 の媒体を第 1 の平板の空所 4 の中に、またそこから外へ搬送するように、かつ第 2 の媒体を第 2 の平板の空所 5 の中に、またそこから外へ搬送するように配置されている。熱交換平板 2 それぞれは、主延長平板 p を延長し、熱伝導領域 10 及びこの熱伝導領域 10 の周りに延びる端部領域 11 を備える。平板熱交換平板 2 はまた 2 つのポートホール領域 12 及び 13 を備え、これらポートホール領域 12 及び 13 は、熱交換平板 2 の第 1 端部 1 A 及び熱交換平板 2 の第 2 端部 1 B にそれぞれ設けられている。ポートホール領域 12 及び 13 は、端部領域 11 の内側に、より具体的には端部領域 11 と熱伝導領域 10 との間に配置されている。ポートホール領域 12 及び 13 それぞれは、少なくとも 2 つのポートホール 14 を備え、これらポートホール 14 は、入口チャネル及び出口チャネル 6 ~ 9 それぞれに位置合わせされている。熱交換平板 2 それぞれはまた、外側周囲フランジ又は曲げ端部 15 を備える。曲げ端部又はフランジ 15 は、端部領域 11 の外側部分の外側に設けられるか、又は端部領域の外側を形成する。熱交換平板 2 もまた、熱交換平板 2 の周囲の一部に沿って延びる外側曲げ端部 15 を有することができることに注意すべきである。したがって、平板 2 それぞれは、凸形状を有する第 1 面 16 と、凹形状を有する第 2 面 17 と、を有する。

【 0 0 4 0 】

熱伝導領域 10 は、隆起部 18 及び窪み部 19 からなる波型を備える。そのような窪み部及び隆起部は、例えば歫部及び溝部、又は凹部として形成することができる。

【 0 0 4 1 】

平板 2 は、例えば鉄ベース、ニッケルベース、及びコバルトベースの金属合金から作成することができ、これはそれらが通常、1000 以上の固相線温度を有するからである。平板は、1000 以上の固相線温度を有さないアルミニウム又はアルミニウムベースの合金から作成しない方が良い場合がある。例えば、平板は通常は鉄ベース、ニッケルベース、及びコバルトベースの合金とすることができます。

【 0 0 4 2 】

平板 2 の中の金属、又は平板 2 それ自体でさえ、「母材金属」又は「母材」として参照される場合がある。この明細書では、「鉄ベースの」合金は、合金中の全ての元素のうちの最も大きな重量パーセント (wt %) を鉄が有する合金である。対応する状況もまた、例えばニッケルベース、銅ベース、コバルトベース、クロムベース、及びアルミニウムベースの合金に対して参照される。

【 0 0 4 3 】

図 4 を参照すると、平板熱交換器用の平板 2 を接合するための方法のフローチャートが示されている。平板 2 は、上述と異なる材料から作ることができる。

【 0 0 4 4 】

第 1 のステップ 201 では、融点降下組成物 20 が平板の第 1 の凸面 16 の少なくとも 1 部に適用される。融点降下組成物 20 は、凸面 16 の一部上だけ、又は凸面 16 の実質的にすべて上に適用することができる。代替的な実施形態では、融点降下組成物 20 は、平板 2 の第 2 の凹面 17 に適用することもまたできるが、その場合、第 1 の凸面 16 上に適用される融点降下組成物の量より少ない量である。

【 0 0 4 5 】

この適用それ自体は従来の技術によって、例えば融点降下組成物がバインダ成分を備え

10

20

30

40

50

る場合にはスプレー、スクリーン印刷、ローリング、塗装によって、バインダ成分が使用されない場合にはPVD、CVDによって行う、又は融点降下だけで行うことができる。

【0046】

融点降下組成物20は、融点降下成分である少なくとも1つの成分を備える。任意には、融点降下組成物はバインダ成分を備える。少なくとも第1の金属部分の融点を降下させるのに貢献する融点降下組成物の全ての物質又は一部は、融点降下成分の一部と考えられる。少なくとも第1の金属部分の融点を降下させるのには関与しないが、代わりに、例えばペースト、塗料又はスラリーを形成するような融点降下組成物を「結合させる」融点降下組成物の部分は、バインダ成分の一部と考えられる。勿論、融点降下成分は、少量のフィラー金属のような他の成分を含むことができる。しかし、そのようなフィラー金属は、融点降下成分の少なくとも25重量%はリン及び珪素を備えるので、融点降下成分の75重量%以上に相当する場合はない。フィラー金属が融点降下組成物に含まれる場合、それは常に融点降下成分の一部である。

【0047】

この明細書において、「リン及び珪素」は、融点降下成分におけるリン及び珪素の合計を重量%の計算値として意味する。ここで重量% (wt%) は、質量分率に100をかけることによって決定される。知られているように、成分における物質の質量分率は、その物質の質量濃度（成分におけるの比その物質の密度）の成分の密度に対する比率である。したがって、例えば少なくとも25重量%のリン及び珪素は、リンと珪素との合計の重量が100gの融点降下成分の試料中に少なくとも25g存在することを意味する。明らかに、バインダ成分が融点降下組成物の中に備えられている場合には、融点降下組成物の中のリン及び珪素の重量%は25重量%未満である場合がある。しかし、少なくとも25重量%のリン及び珪素は、融点降下成分の中に常に存在し、示されたように、含まれてもよいフィラー金属をも含む、すなわち、フィラー金属は常に融点降下組成物の一部として理解される。

【0048】

「リン」は融点降下成分の中の全てのリンを含み、リン元素だけでなく、リン化合物中のリンをも含む。対応して、「珪素」は融点降下成分の中の全ての珪素を含み、珪素元素だけでなく、珪素化合物中の珪素をも含む。したがって、融点降下成分の中のリン及び珪素の両方が、様々なリン化合物及び珪素化合物におけるリン及び珪素によって示されている。

【0049】

明らかに、融点降下組成物は、既存のろう付け物質とは非常に異なっており、これは、既存のろう付け物質がリン及び珪素のような融点降下物質に対してより多くの充填金属を有しているからである。一般的に、ろう付け物質は、18重量%未満のリン及び珪素を有する。

【0050】

本方法は、フィラー金属を削減するか、又は除くことができること、及び異なる材料からなる金属部品に適用することができることで有利である。また、本方法は、広い範囲の用途に、例えば熱伝導平板又は、例えばこの方法でないとすれば溶接又は従来のろう付けによって接合されるであろういずれかの好適な金属対象物を接合するために使用することができる。

【0051】

本発明のまた別の実施形態では、融点降下組成物20は、その後に平板2に切断されるコイルに適用される。

【0052】

次のステップ202では、第2の平板22の第2の凹面17が、第1の平板21の第1の凸面16上の接触点23において融点降下組成物20と接触させられる。第1及び第2の平板を積み重ねることによって、平板パッケージ3が形成される。これは、手動で、若しくは既存の自動化された製造システムを使用することによって自動的に行うことができる。

10

20

30

40

50

る。勿論、融点降下組成物 2 0 は、第 2 の平板 2 2 の第 2 の凹面 1 7 にも同様に適用することができる。

【 0 0 5 3 】

リンは、リン元素並びに、少なくとも以下の化合物：マンガンリン化物、鉄リン化物、及びニッケルリン化物のいずれかから選択されたリン化合物のリンに由来する場合がある。珪素は、珪素元素並びに、少なくとも以下の化合物：珪素炭化物、シリコンボライト、及びフェロシリコンのいずれかから選択された珪素化合物の珪素に由来する場合がある。

【 0 0 5 4 】

融点降下成分は、少なくとも 2 5 重量%、少なくとも 3 5 重量%、及び少なくとも 5 5 重量%のリン及び珪素を備えることができる。これは、いずれかのフィラー金属が存在する場合には、それは 7 5 重量%未満、6 5 重量%未満、それぞれ 4 5 重量%未満の量で存在するということを意味する。 10

【 0 0 5 5 】

リンは、融点降下化合物のリン及び珪素含有量の少なくとも 1 0 重量%を構成することができる。これは、融点降下成分が少なくとも 2 5 重量%のリン及び珪素を備えるときは、融点降下成分は少なくとも 2 . 5 重量%のリンを備えることを意味する。珪素は、融点降下化合物のリン及び珪素含有量の少なくとも 5 5 重量%を構成することができる。

【 0 0 5 6 】

融点降下成分は、5 0 重量%未満の金属元素、又は 1 0 重量%未満の金属元素を備えることができる。そのような金属元素は、上述の「金属フィラー」に対応する。そのような少量の金属元素又は金属フィラーは、ろう付け成分が少なくとも 6 0 重量%の金属元素を備えるので、融点降下組成物 2 0 を例えれば既知のろう付け成分から完全に差別化する。ここで、「金属元素」は、例えば周期表の d ブロックの元素であるすべての遷移金属を含み、これらは周期表のグループ 3 ~ 1 2 を含む。これは、例えば鉄 ( F e )、ニッケル ( N i )、コバルト ( C o )、クロム ( C r )、及びモリブデン ( M o ) は「金属元素」であることを意味する。「金属元素」ではない元素は、希ガス、ハロゲン、及び以下の元素：ボロン ( B )、炭素 ( C )、珪素 ( S i )、窒素 ( N )、リン ( P )、砒素 ( A s )、酸素 ( O )、硫黄 ( S )、セレン ( S e )、及びテルル ( T u ) である。例えば、リンがマンガンリン化物化合物に由来する場合には、この化合物のマンガン部分は金属元素であり、一実施形態においては 5 0 重量%未満でなければならず、また別の実施形態では 1 0 重量%未満でなければならない金属元素に含まれるということに注意されたい。 20 30

【 0 0 5 7 】

平板 2 は 0 . 3 ~ 0 . 6 mm の厚みを有することができ、したがって融点降下組成物 2 0 を適用するステップ 2 0 1 は、第 1 の平板 2 1 の第 1 の凸面 1 6 上に mm<sup>2</sup> 当たり平均 0 . 0 2 ~ 1 . 0 0 mg のリン及び珪素を適用するステップを備える。第 1 の凸面 1 6 の表面上に mm<sup>2</sup> 当たり平均 0 . 0 2 ~ 1 . 0 0 mg のリン及び珪素を適用するステップは、例えば第 2 の平面 2 2 から第 1 の平面 2 1 へ移転されるリン及び珪素の、例えば第 2 の凹面 1 7 を介した間接的な適用を含む。したがって、ここで参照されるリン及び珪素は、第 1 の平板 2 1 の第 1 の凸面の表面層の溶融に依然として貢献する限り、第 1 の平板に直接、適用される必要はない。 40

【 0 0 5 8 】

平板 2 は 0 . 6 ~ 1 . 0 mm の厚みを有することができ、したがって融点降下組成物 2 0 の適用は、平板 2 の表面上に mm<sup>2</sup> 当たり平均 0 . 0 2 ~ 1 . 0 0 mg のリン及び珪素の適用を備える。

【 0 0 5 9 】

平板 2 は 1 . 0 mm を超える厚みを有することができ、したがって融点降下組成物の適用は、平板 2 の表面上に mm<sup>2</sup> 当たり平均 0 . 0 2 ~ 5 . 0 mg のリン及び珪素を適用するステップを備える。

【 0 0 6 0 】

融点降下組成物は、溶融した金属層の金属が、接合を形成するのを許容される際に接触

点へ流れるように、接触点 2 3 によって画定される領域より大きな領域を有する表面上に適用することができる。そのような流れは、通常は毛細管作用によって生じる。

#### 【 0 0 6 1 】

溶融成分表面の面積は、接触点 2 3 によって画定される面積より少なくとも 3 倍大きくすることができます。表面の面積は、接触点によって画定された面積より例えば少なくとも 10、20、又は 30 倍大きく、さらに大きくさえ（又は接触点を相対的に小さく）することができます。表面の面積は、溶融した金属が流れて接合部を形成する表面の面積を参照する。勿論、融点降下組成物は、第 1 の平板 2 1 の第 1 の凸面 1 6 のすべて上に適用することができる。

#### 【 0 0 6 2 】

表面の面積は、接合部の断面積より少なくとも 3 倍又は 10 倍大きくすることができます。表面の面積は、より大きく（又は接合部の断面積を相対的に小さく）、例えば接触点によって画定される面積より少なくとも 6 倍又は 10 倍大きくすることができます。接合部の断面積は、接触点がその最小の大きさ（断面積）で配置されている表面に平行な平面に亘って接合部が有する断面積として規定することができる。

#### 【 0 0 6 3 】

第 1 の平板 2 は、

i ) > 50 重量% Fe、< 13 重量% Cr、< 1 重量% Ni、及び < 3 重量% Mn；

i i ) > 90 重量% Fe；

i i i ) > 65 重量% Fe 及び > 13 重量% Cr；

i v ) > 50 重量% Fe、> 15.5 重量% Cr、> 6 重量% Ni；

v ) > 50 重量% Fe、> 15.5 重量% Cr、1~10 重量% Mo 及び > 8 重量% Ni

v i ) > 97 重量% Ni；

v i i ) > 10 重量% Cr、> 60 重量% Ni；

v i i i ) > 15 重量% Cr、> 10 重量% Mo、及び > 50 重量% Ni；

i x ) > 70 重量% Co；

x ) > 80 重量% Cu；及び

x i ) > 10 重量% Fe、0.1~30 重量% Mo、0.1~30 重量% Ni、及び > 50 重量% Co、

のいずれかを備えることができる。

#### 【 0 0 6 4 】

上述は、平板 2 が非常に多くの異なる合金からなることができるることを意味する。明らかに、上述の例は工業において一般的であるように、他の金属又は元素とのバランスがとられている。

#### 【 0 0 6 5 】

次のステップ 2 0 3 では、平板パッケージ 3 は 1000 を超える温度へ加熱される。正確な温度を以下の実施例において知ることができます。加熱中に、第 1 の平板 2 1 の第 1 の凸面 1 6 は溶融し、表面層 2 4 を形成し、この表面層 2 4 は融点降下成分とともに溶融金属層 2 5 を形成し、この溶融金属層 2 5 は、第 1 の平板 2 1 と、第 2 の平板 2 2 と、の間の接触点 2 3 で、第 2 の平板 2 2 の第 2 の凹面 1 7 に接触する。これが生じると、溶融金属層の金属が接触点 2 3 に向かって流れます。

#### 【 0 0 6 6 】

最後のステップ 2 0 4 では、溶融金属層 2 5 は凝固して、接合部 2 6 が平板パッケージ 3 の平板間の接触点 2 3 で得られ、曲げ端部 1 5 が、平板パッケージ 3 の平板 2 の曲げ端部 1 5 間に緊密な適合度を形成する、すなわち、接触点 2 3 に流れた金属が凝固する。融点降下組成物 2 0 を平板 2 の凸面 1 6 上にだけ適用するステップ 2 0 1 によって、驚くべきことに、平板 2 の形状の変化が、平板 2 の凸状形状がより凸になるように生じ、すなわち曲げ端部 1 5 が平板パッケージ 3 において互いに非常に緊密かつぴったりした適合度を生成し、それは既知のロウ付け技術における場合より、より緊密である。実際、曲げ端部間は、当初より緊密であった。比較すると、融点降下組成物 2 0 を凹面 1 7 にだけに適用

10

20

30

40

50

すると、曲げ端部 15 間の隙間は大きくなる。形状の変化は、合金の表面との混合の際に生じ、これはまた、合金化によって表面に圧縮応力があることを意味する。もし、融点降下組成物が凸面 16 及び凹面 17 の両方に適用されると、両方の表面に圧縮応力が生じ、結果として平板 2 及び平板パッケージ 3 の疲労強度の増加がもたらされる。

【0067】

凝固は典型的には通常の室温へ低下する温度を含む。しかし、凝固はまた、温度が低下する前の、接合領域における成分（リン及び珪素）の再分配の物理的プロセス中にも生じる。

【0068】

接合される金属部品の形状によっては、融点降下組成物が適用される面積は、引き続い 10 て形成される接合部の面積にほぼ等しい。

【0069】

上述の記載から、本発明の様々な実施形態が記載され図示されてきたが、本発明はそれらに限定されるものではなく、添付の特許請求の範囲に規定された主題の技術的範囲内において他の方法で具現化することができる事が理解される。様々な融点降下組成物もまた、金属部品に対する様々な金属と組み合わせることができる。例えば、融点降下組成物（混合物）A3.3を316鋼からなる金属部品と組み合わせることができる。

【実施例】

【0070】

多くの実験例及び実施例が、平板に好適な材料、融点降下組成物の組成、使用されるべきである融点降下組成物の量、加熱に好適な温度、どの程度長く加熱が行われるべきであるか、等を記載するために以下に提供される。上述したように、これら実験及び実施例は、第1の平板、第2の平板、融点降下組成物、接触点、接合部等のような上述した物に対して使用される、すなわちすべての上述された物は、後述される実験及び実施例に関連して記載されるそれぞれ関連する特徴を組み込むことができる。以下において、融点降下組成物は「ブレンド」として参照される。金属平板は「母材金属」として参照する場合がある。

【0071】

多くの好適な融点降下組成物、すなわち溶融温度降下組成物が試験された。融点降下組成物の活性成分は、リン（P）である。リンの化合物が、リンのための源として選択された。化合物はFe<sub>3</sub>P、NiP、及びMn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>を含み、ここでMn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>は、MnPとMn<sub>2</sub>Pとの混合物である。リンを含む他の化合物を同様に使用することができ、それらは、それらの有用性に関して、及びそれらが提供する結果に関して、Fe<sub>3</sub>P、NiP、及びMn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>並びに後述の説明に対して行われたのと同様の態様で検証だけはされなければならない。

【0072】

リン化鉄とも呼称されるFe<sub>3</sub>Pは、Alfa Aesar社から得られる、CAS（Chemical Abstracts service）番号12023-53-9、及びMDL（Molecular Design Limited）番号MFCD00799762を有する既存の化合物である。

【0073】

リン化マンガン（manganese phosphide）とも呼称されるMn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>は、Alfa Aesar社から得られる、CAS（Chemical Abstracts service）番号12263-33-1、及びMDL（Molecular Design Limited）番号MFCD00064736を有する既存の化合物である。

【0074】

リン化ニッケル（Nickel Phosphorus）とも呼称されるNiPは、接合される金属部品上にメッキされた既存の化合物である。接合される金属部品は、母材金属又は母材として参照される。メッキは、例えば、Norrkoping, Sweden

10

20

30

40

50

nのBrink Fornicklingsfabriken AB社によって行われているような、既存のリン化ニッケルメッキ法を行うことによって行われる。

【0075】

いくつかの例に対して、Si(シリコン)が使用された。シリコンは、Alfa Aesar社から得られ、CAS 7440-21-3、及びMDL MFCD00085311を有する「-325メッシュの99.5% (金属ベース)結晶シリコン粉」として参照される既存の化合物である。

【0076】

化合物の原子組成を見ると、原子量を適用し、既存の計算技術を使用することによって、 $\text{Fe}_3\text{P}$ が16重量%のP(リン)を備え、 $\text{Mn}_3\text{P}_2$ が27重量%のPを備えることが決定される。ニッケルメッキの際には、約11~14重量%PがNiP層に備えられる。

【0077】

バインダが、接合される金属部品上に $\text{Fe}_3\text{P}$ 及び $\text{Mn}_3\text{P}_2$ を適用するために使用された。バインダ(ポリマー及び溶剤)は、Wall ColmonoyによってNicrobraz S-20(s-20)の名前で売られているバインダである。バインダのサンプルが金属平板上に載置され、22で24時間乾燥された。サンプルの重さは、乾燥前は0.56gであり、乾燥後は0.02gであった。したがって、バインダの3.57%が、乾燥後に残った化合物である。融点降下組成物が準備され、そこでは、 $\text{Mn}_3\text{P}_2$ とSiが融点降下成分(融点温度降下成分)を形成し、バインダS-20がバインダ化合物を形成していた。この準備は、まず $\text{Mn}_3\text{P}_2$ をSiと混合し、次いでバインダS-20を混合することによって行われた。異なるSi量を有する融点降下組成物の2つの異形が準備され、表1に示されるように、A1  $\text{Mn}_3\text{P}_2$ (A1)及びB1  $\text{Mn}_3\text{P}_2$ (B1)と参照される。

【0078】

【表1】

X:	A1 $\text{Mn}_3\text{P}_2$	B1 $\text{Mn}_3\text{P}_2$
X:	10.00 g	10.00 g
Si	4.07 g	6.15 g
XとSiの合計	14.07 g	16.15 g
X:Si	2.46:1	1.63:1
S-20	16.80 g	15.98 g
総計	30.87 g	32.13 g

表1

【0079】

図5において、成分A1及びB1は、316Lタイプのステンレス鋼(SAE鋼グレード)からなる、直径42mmの平坦な円形の試験片上に適用された。

【0080】

全ての試験片上に、異なる材料、254SMO(SAE鋼グレード)からなる別の試験片が載置された。この他の試験片は図5に示されており、円形のプレスされた平板150の形を有し、42mmの直径と、0.4mmの厚みを有する。プレスされた平板50は、2つのプレス成形されたビームv及びhを有し、それぞれが約20mmの長さである。ビームを有する試験片が平坦な試験片上に載置された時、接触点が試験片150のビーム型

10

20

30

40

50

の平坦な試験片に当接するところに形成された。

【0081】

これら試験片、すなわち平坦な円形の試験片と、プレス加工された試験片と、がサンプルと呼ばれ、いくつかのサンプルはそれぞれのサンプルに対して別々の温度で、真空中で2時間熱処理された。表2は、これらサンプルに対して使用された成分の量を示している。

【0082】

サンプルA1:1～A1:3及びサンプルB1:1～B1:3に対して、熱処理は、サンプルを真空中で2時間、1120の温度に保持するステップを備える。

【0083】

サンプルA1:4～A1:6及びサンプルB1:4～B1:6に対して、熱処理は、サンプルを真空中で2時間、1140の温度に保持するステップを備える。

【0084】

A1は成分A1Mn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>を示し、一方B2は成分B2Mn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>を示す。A1の後ろの番号B2それぞれは、表2に示すように異なるサンプルを示す。この表にはサンプルの重量が示されており、この重量は融点降下成分の重量と、乾燥バインダ成分の重量と、が含まれている。

【0085】

【表2】

10

20

Sample	乾燥バインダ + 溶融抑制成分 (g)
A1:1	0.22
A1:2	0.13
A1:3	0.14
A1:4	0.33
A1:5	0.1
A1:6	0.16
B1:1	0.19
B1:2	0.09
B1:3	0.16
B1:4	0.16
B1:5	0.34
B1:6	0.14

30

40

表2

【0086】

熱処理の後、サンプルは室温(22)まで冷却され、サンプルの2つの試験片がプレスされた平板150のビームの長さにそって接合される、すなわちサンプルはビームに沿った接合部を有する。サンプルは2つの部分で接合部を横切って切断され、接合部それぞれはその最も広い断面Xを測定され、それは図6に示されている。結果は表3に記載されており、図7のダイアグラムに示されており、そこには接合部の幅が、融点降下組成物の

50

適用された量の関数としてプロットされている。

【0087】

【表3】

サンプル	適用量(g)	幅(μm)
A1-2	0.13	1640
A1-2	0.13	1610
A1-3	0.14	2070
A1-3	0.14	2240
A1-1	0.22	2961
A1-1	0.22	3050
B1-2	0.09	1240
B1-2	0.09	1220
B1-3	0.16	2010
B1-3	0.16	1600
B1-1	0.19	2170
B1-1	0.19	2290
A1-5	0.1	1831.9
A1-5	0.1	1810.1
A1-6	0.16	2195.01
A1-6	0.16	2202.28
A1-4	0.33	3107.34
A1-4	0.33	2993.13
B1-6	0.14	1470.32
B1-6	0.14	1661.94
B1-4	0.16	1832.65
B1-4	0.16	1810.9
B1-5	0.34	3264.29
B1-5	0.34	3237.96

10

20

30

表3

【0088】

次いで、金属学的研究が接合部に対して行われた。これは、いわゆるSEM-EDXにおいて接合部の切断断面を分析することによって行われ、SEM-EDXは、既存の商業的に入手可能な、X線検知器を有する走査型電子顕微鏡である。図8は、サンプルA1-6に対する3つの測定位置を示し、表4は測定の結果を示す。

【0089】

40

【表4】

スペクトルの 標識 (化学物質)	スペクトル 1	スペクトル 2	スペクトル 3
C	3.04	2.86	2.95
Si	0.40	2.40	1.52
P	-	1.43	0.76
Cr	16.11	18.00	17.33
Mn	1.50	1.63	1.35
Fe	62.90	50.54	51.15
Ni	13.88	18.00	20.76
Mo	2.17	5.16	4.17
計	100.00	100.00	100.00

10

20

表4

## 【0090】

研究は、接合部が少なくとも90重量%の金属を備え、その金属は、加熱前は第1の金属部分及び第2の金属部分の一部、すなわちサンプルの一部であったことを示している。これは、Mn及びPが一緒にあっても2.2%未満しか示していないので、容易に決定される。

## 【0091】

同様の研究が、サンプルB1~6に対しても行われた。図9はサンプルB1~6に対する3つの測定の場所を示し、表5は測定の結果を示す。

30

## 【0092】

【表5】

スペクトルの 標識 (化学物質)	スペクトル 1	スペクトル 2	スペクトル 3
C	2.87	2.86	2.77
Si	0.43	2.58	0.42
P	0.17	1.76	
Cr	18.75	16.72	16.61
Mn	0.00	2.41	1.46
Fe	50.56	50.18	63.19
Ni	21.70	18.90	13.63
Mo	5.53	4.58	1.91
計	100.00	100.00	100.00

10

20

表5

## 【0093】

研究は、接合部が少なくとも90重量%の金属を備え、その金属は、加熱前は第1の金属部分及び第2の金属部分の一部、すなわちサンプルの一部であったことを示している。これは、Mn及びPが一緒にあっても4.2%未満しか示していないので、容易に決定される。

## 【0094】

42mmの直径を有する316と呼ばれる316タイプのステンレス鋼の次の試験片に3つの異なる融点降下組成物（1つの成分が1つの試験片に）が適用された。<sup>30</sup>：i) Mn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>、ii) 316にメッキされたNiP、iii) 融点降下剤としてのSiとともに316上にメッキされたNiP。メッキされたNiPの厚みは50μmである。0.15gのSiが既存の塗装によって適用された。すべての試験片それぞれ上に、254タイプのSMOからなる図5と同様のプレスされた試験片が載置された。これら試験片が、1120で真空中において2時間、熱処理されたサンプルを形成する。接合部は試験片間に形成された。

## 【0095】

表6は、50μmのNiPメッキを有するサンプルに対する、SEM-EDXを使用することによる接合部の切断断面の分析結果を示す。この結果から、接合部が少なくとも20重量%の金属を備え、その金属は、加熱前は試験片（第1の金属部分）又は第2の試験片（第2の金属部分）のいずれかの部分であったことがわかる。図10は接合部における測定の場所を示している。<sup>40</sup>

## 【0096】

【表6】

スペクトル の標識 (化学物質)	スペクトル 10	スペクトル 5	スペクトル 6	スペクトル 7	スペクトル 8	スペクトル 9
O	0.91	1.48	0.67	1.20	0.99	2.34
Si	0.32	0.26	0.29	-	0.18	-
P	1.07	9.60	0.95	14.41	1.06	10.84
Cr	7.42	8.83	7.64	17.99	7.78	13.27
Mn	-	0.61	-	0.51	-	0.43
Fe	33.22	23.11	33.69	20.17	33.60	23.03
Ni	56.01	54.25	55.61	40.95	55.06	46.83
Mo	1.06	1.86	1.16	4.77	1.33	3.25
計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

10

20

表6

## 【0097】

表7は、50 μmのNiPメッキを有し、約0.15gのSi量がメッキされた表面上に適用されたサンプルに対する、SEM-EDXを使用することによる接合部の切断断面の分析結果を示す。この結果から、この接合部はSiが使用されていない試験に比べてより多くの金属を備えることが分かった。より多くのSi量が、接合部の試験片に由来する金属の量を最も増加させると考えられる。図11は、接合部における測定の場所を示している。

30

## 【0098】

【表7】

スペクトルの 標識 (化学物質)	スペクトル 11	スペクトル 12	スペクトル 13
C	7.44	6.41	6.34
O	1.48	1.71	1.06
Si	2.22	1.99	2.43
P	5.76	8.83	0.48
Cr	11.13	12.33	9.47
Mn	0.39	0.51	0.00
Fe	30.33	26.57	38.80
Ni	38.70	38.19	40.10
Mo	2.54	3.46	1.33
Total	100.00	100.00	100.00

表7

## 【0099】

表8は、Mn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>を有するサンプルに対する、SEM-EDXを使用することによる接合部の切断断面の分析結果を示す。Mn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>はS-20バインダと50重量%：50重量%で混合されたが、Siは使用されなかった。（バインダ成分の乾燥後の）0.2gの量が適用された。結果からは、接合部が少なくとも80重量%の金属を備え、その金属は、接合前は接合される製品の一部分であったことがわかる。図12は、接合部におけるスペクトル1の測定の場所を示す。

## 【0100】

10

20

30

【表 8】

スペクトルの 標識 (化学物質)	スペクトル1	スペクトル2
O	-	2.28
Si	0.29	0.31
P	6.33	7.23
S	-	0.54
Cr	21.70	22.65
Mn	1.08	1.40
Fe	51.93	46.63
Ni	12.02	12.19
Mo	6.65	6.78
Total	100.00	100.00

10

20

表 8

## 【符号の説明】

## 【0 1 0 1】

1	平板熱交換器	
2	金属熱交換平板	
3	平板パッケージ	
4	第1の平板空間	
5	第2の平板空間	30
1 0	熱伝導領域	
1 1	端部領域	
1 5	曲げ端部	
1 6	第1の表面	
1 7	第2の表面	
1 8	隆起部	
1 9	窪み部	
2 0	<u>融点降下組成物</u>	
2 1	第1の平板	
2 2	第2の平板	40
2 3	接触点	
2 4	第1の平面の表面層	
2 5	溶融金属層	
2 6	接合部	
A 1、A 2	面積	
A 3	断面積	

【図1】

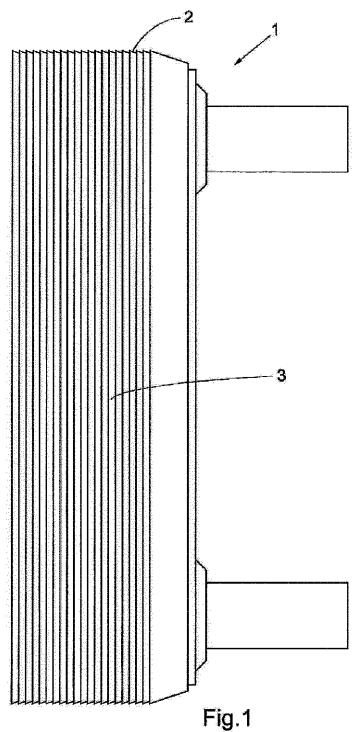


Fig.1

【図2】

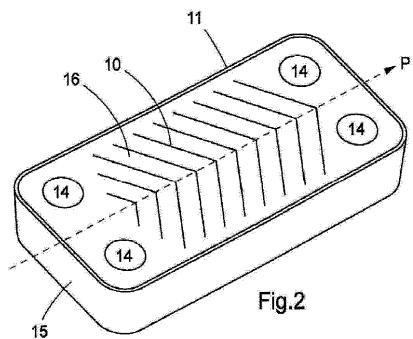


Fig.2

【図3】

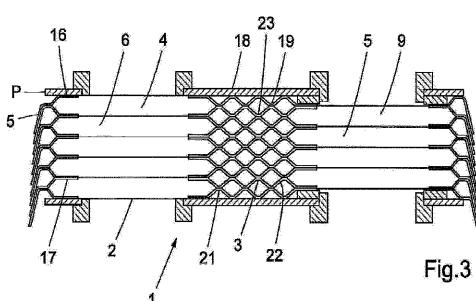
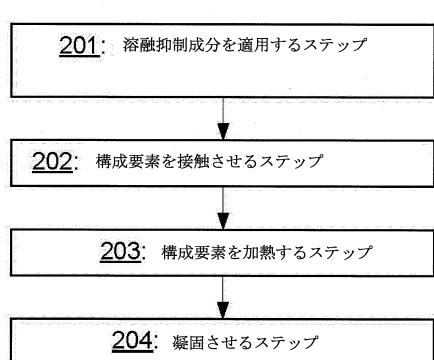


Fig.3

【図4】



【図6】

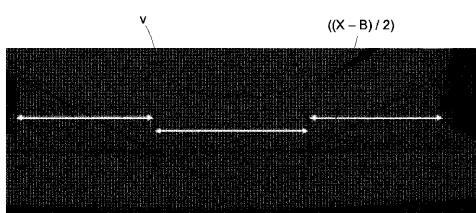


Fig. 6

【図5】

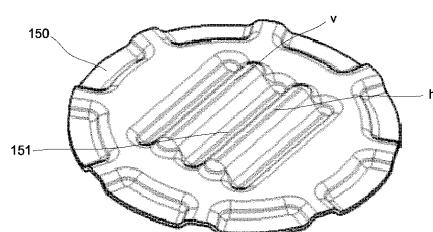
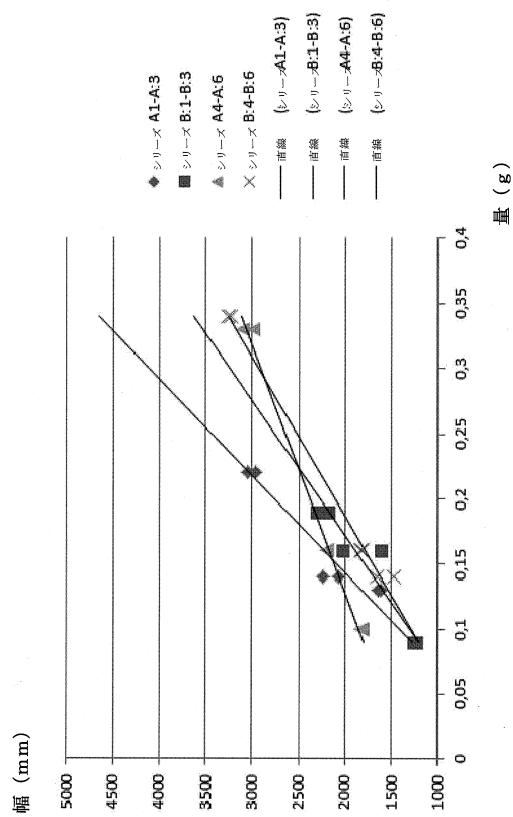
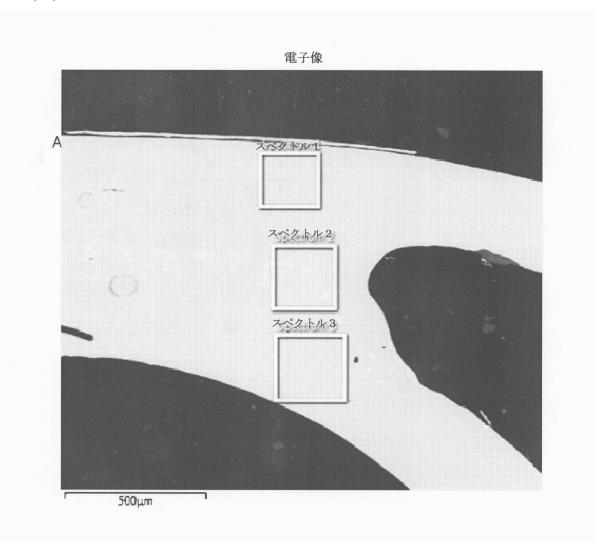


Fig. 5

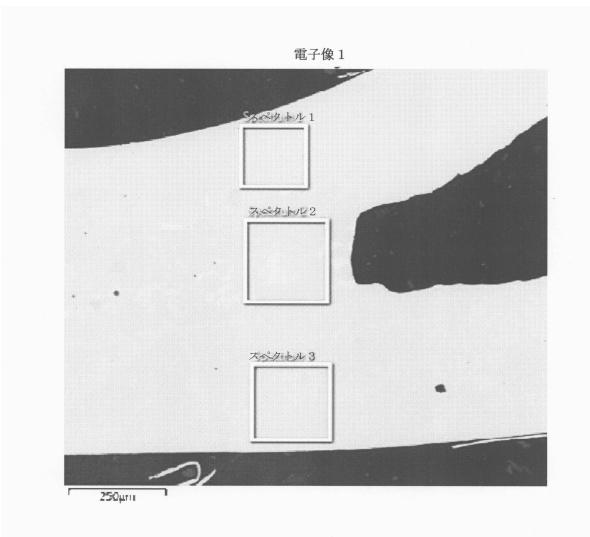
【図7】



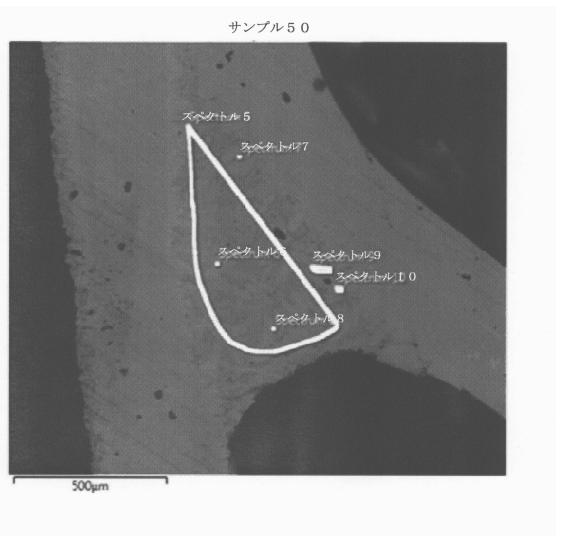
【図8】



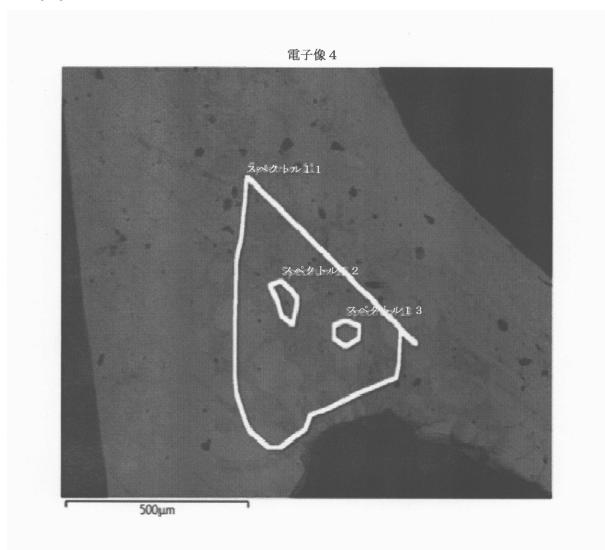
【図9】



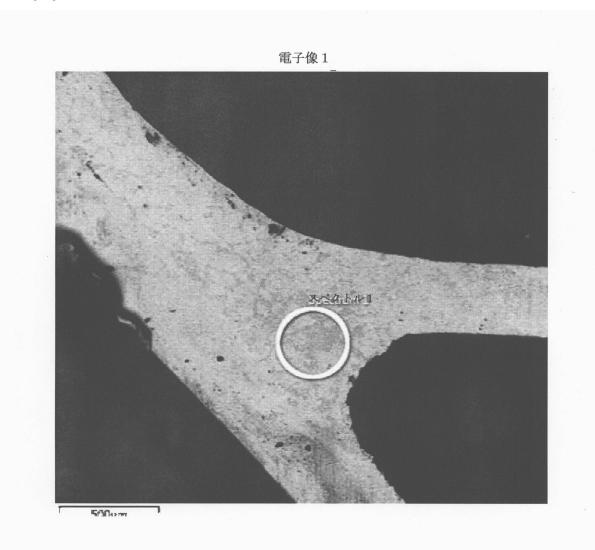
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B23K 101:14

(72)発明者 クリストイアン・ヴァルテル  
スウェーデン・S E - 2 4 0 · 1 3 · ゲナルプ・リュンビュー · 2 2 1

審査官 篠原 将之

(56)参考文献 特表2002-539407 (JP, A)  
米国特許第06394179 (US, B1)  
国際公開第2000/000310 (WO, A1)  
特表2010-510067 (JP, A)  
米国特許出願公開第2013/0084467 (US, A1)  
特開2003-048076 (JP, A)  
特開平08-271175 (JP, A)  
特開平10-029075 (JP, A)  
米国特許第06264761 (US, B1)  
特表2004-529775 (JP, A)  
米国特許出願公開第2008/0127494 (US, A1)  
特表2016-536144 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 20/00  
B21D 53/04  
F28D 9/02  
F28F 3/04  
B23K 101/14