

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 2 月 2 日(02.02.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/018087 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 35/28 (2006.01) *C22C 21/02* (2006.01)
B23K 35/40 (2006.01) *F28F 21/08* (2006.01)
B32B 15/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/067891
- (22) 国際出願日: 2016 年 6 月 16 日(16.06.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-150043 2015 年 7 月 29 日(29.07.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目 2 番 4 号 Hyogo (JP). 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 松門 克浩(MATSUKADO, Katsuhiko). 鶴野 招弘(TSURUNO, Akihiro). 山田 詔悟(YAMADA, Shogo); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 手島 聖英(TESHIMA, Shoei); 〒4488661 愛知県刈谷

市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 池田 亨(IKEDA, Tooru); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 西山 幸貴(NISHIYAMA, Kouki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

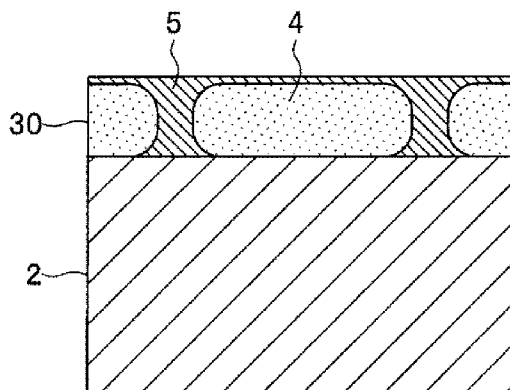
- (74) 代理人: 鮫島 睦, 外(SAMEJIMA, Mutsumi et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町 8 番 1 号梅田阪急ビルオフィスタワー青山特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,

[続葉有]

(54) Title: ALUMINUM ALLOY BRAZING SHEET, METHOD FOR PRODUCING SAME AND HEAT EXCHANGER

(54) 発明の名称: アルミニウム合金ブレージングシートとその製造方法および熱交換器

[図5]



(57) Abstract: Provided are: an aluminum alloy brazing sheet which has good brazability and maintains high corrosion resistance after brazing; a method for producing this aluminum alloy brazing sheet; and a heat exchanger. An aluminum alloy brazing sheet which comprises a core material and a brazing filler material arranged on at least one surface of the core material, and which is characterized in that: the core material is composed of an Al-Mn system alloy or an Al-Mn-Cu system alloy; the brazing filler material is composed of an Al-Si-Zn system alloy containing 2-8% by mass of Si and 1-9% by mass of Zn; the liquid phase ratio X (%) of the brazing filler material at the brazing temperature and the brazing filler material thickness Y (μm) satisfy the following formulae (1)-(3), (1) $30 \leq X \leq 80$, (2) $Y \geq 25$ and (3) $1,000 \leq X \times Y \leq 24,000$; and the average length of α phases remaining in the brazing filler material on the core material after brazing is 80% or more of the thickness of the remaining brazing filler material and/or 70 μm or more. A method for producing this aluminum alloy brazing sheet; and a heat exchanger.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/018087 A1



MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

ろう付け処理後に高い耐食性を維持し、良好なろう付け性を有したアルミニウム合金ブレージングシートとその製造方法および熱交換器を提供する。心材と当該心材の少なくとも一方の面にろう材を有するアルミニウム合金ブレージングシートであって、前記心材が Al-Mn 系合金または Al-Mn-Cu 系合金からなり、前記ろう材が Si : 2~8 質量%および Zn : 1~9 質量%を含有する Al-Si-Zn 系合金からなり、前記ろう材のろう付け温度における液相率 X (%) とろう材厚さ Y (μm) とが、下記式 (1) ~ (3) を満足し、(1) $30 \leq X \leq 80$ 、(2) $Y \geq 25$ 、(3) $1000 \leq X \times Y \leq 24000$ 、ろう付け後の前記心材上のろう材中に残存する α 相の平均長が、残存ろう材厚さの 80% 以上および 70 μm 以上の少なくとも一方を満足することを特徴とするアルミニウム合金ブレージングシートとその製造方法および熱交換器である。

明 細 書

発明の名称：

アルミニウム合金ブレージングシートとその製造方法および熱交換器

技術分野

[0001] 本発明は、アルミニウム合金ブレージングシートとその製造方法および熱交換器に関する。

背景技術

[0002] 自動車等に搭載される熱交換器は、アルミニウム合金（以下、「Al合金」と記載することがある。）からなるブレージングシートを所定形状に成形し、組み立てて、ろう付けされることにより製造されている。チューブ用のブレージングシートの板厚は、従来は0.3～0.5mmであったが、近年は熱交換器を軽量化するために、さらなる薄肉化が進められており、これに伴ってブレージングシートには高強度化と高耐食化が求められている。

[0003] 熱交換器のフィン材に関しては、ろう材をクラッドしないフィン（以下「ベアフィン」という）の使用によってさらなる軽量化が可能であるが、このベアフィンに対して用いるチューブ材は、ベアフィンとの接合面にろう材をクラッドする構成となるために、十分な耐食性を得ることができなくなる。

[0004] ろう材をクラッドした面のろう付け処理後の耐食性を向上させたブレージングシートとして、いくつかの技術が開示されている。例えば、特許文献1には、Al-Mn-Cu合金からなる心材に、Znを含有するAl-Si系合金からなるろう材を積層することによって、ろう付け後の表面に犠牲防食作用を付与したブレージングシート及びその製造方法が開示されている。この特許文献1に開示された技術では、ろう付け処理の際にろう材から心材へZnを拡散させて、ろう付け後の表面電位を卑化させ、ろう付け後の表面と板材中央部（ろう付け後のブレージングシートの厚さ方向の中央部を指す。以下同様とする）との間に電位差を付与することによって、犠牲防食作用を付与し、耐食性を向上させるとしている。

[0005] しかしながら、特許文献１に開示されたブレージングシートでは、Znの拡散の結果として、ろう付け後表面に残留するZnは少量であるため、ろう付け後表面と板材中央部との間に十分な電位差を付与することは困難である。また前記ブレージングシートでは、流動ろう材に高濃度のZnが含有されるために接合部の優先腐食が発生する可能性がある。

[0006] そこで、上記の特許文献１の問題を解決するべく開発された技術として、例えば特許文献２が挙げられる。特許文献２では、ろう材の厚さとろう付け温度における液相率を制御することによって、CuとZnの拡散を制御して、部材表面および接合部の耐食性を両立させることを可能としている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献１：特開平１１－３４３５３１号公報

特許文献２：特開２００９－１５５６７３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、特許文献２によって得られるアルミニウム合金製ブレージングシートでは、ろう付け後の部材表面は、ろう材の凝固状態のままの組織となっているため、さらなる耐食性の改善を行う余地を有するものであった。

[0009] 本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、ろう材をクラッドした面においてろう付け処理後において高い耐食性を維持し、良好なろう付け性を有したアルミニウム合金ブレージングシートとその製造方法および熱交換器を提供することを課題としている。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明者らは、ろう付け後に部材表面に残留するろう材の内部組織に着目した。ろう付け後のろう材の内部は、半溶融状態のろう材が凝固した組織となっている。すなわち、比較的小粒径の α 相とその周囲を取り囲む共晶相と

から構成されている。そして、腐食環境においては、短期間で α 相周辺が優先腐食して、 α 相の粒子が容易に脱落するに至ることを見出した。そこで、 α 相を大粒径化し、 α 相を取り囲む共晶相を減少させることを検討したところ、 α 相の粒子の脱落が抑制され、犠牲陽極材としてさらに効果的に作用し、耐食性が向上することを見出した。

[0011] 本発明は、かかる知見を基になされたものである。すなわち、本発明は以下のような構成を有している。

[0012] 本発明のアルミニウム合金ブレージングシートは、心材と当該心材の少なくとも一方の面にろう材を有するアルミニウム合金ブレージングシートであって、前記心材がAl-Mn系合金またはAl-Mn-Cu系合金からなり、前記ろう材がSi：2～8質量%およびZn：1～9質量%を含有するAl-Si-Zn系合金からなり、前記ろう材のろう付け温度における液相率X(%)とろう材厚さY(μ m)とが、下記式(1)～(3)を満足し、(1) $30 \leq X \leq 80$ 、(2) $Y \geq 25$ 、(3) $1000 \leq X \times Y \leq 24000$ 、ろう付け後の前記心材上のろう材中に残存する α 相の平均長が、残存ろう材厚さの80%以上および70 μ m以上の少なくとも一方を満足することを特徴としている。

[0013] 係る構成を有していることによって、ろう付け後表面から板材中央部に向かって電位が貴になるように電位勾配が付与され、高い耐食性が得られる。また、流動ろう材の量と残留ろう材の量が適切に維持され、良好なろう付け性を得ることができる。

[0014] また、本発明のアルミニウム合金ブレージングシートは、前記心材が、Al-Mn系合金またはAl-Mn-Cu系合金からなり、Mn：2.0質量%以下(0質量%を含まず)を含有し、Cu：2.5質量%未満(0質量%を含まず)およびSi：1.7質量%以下(0質量%を含まず)のうちの少なくとも一種以上を含有することが好ましい。

係る構成を有していることによって、ろう付け後表面の電位を卑とし、ろう付け後表面と板材中央部との間に十分な電位差を生じさせて、高い耐食性

を得ることができる。また、ろう付け後強度を向上させることができる。

[0015] さらに、本発明のアルミニウム合金ブレージングシートは、前記心材が、 $Al-Mn$ 系合金または $Al-Mn-Cu$ 系合金からなり、 $Si : 0.5$ 質量%以下（0質量%を含まず）を含有することが好ましい。

係る構成を有していることによって、ろう材から心材への Si の拡散を促進することになり、さらに耐食性を高めることができる。

[0016] 本発明のアルミニウム合金ブレージングシートの製造方法は、心材と当該心材の少なくとも一方の面にろう材を有するアルミニウム合金ブレージングシートの製造方法であって、前記ろう材のろう付け温度における液相率 X （%）とろう材厚さ Y （ μm ）とが、下記式（1）～（3）を満足し、（1） $30 \leq X \leq 80$ 、（2） $Y \geq 25$ 、（3） $1000 \leq X \times Y \leq 24000$ 、前記心材用材料を $Al-Mn$ 系合金または $Al-Mn-Cu$ 系合金によって形成する心材形成工程と、前記ろう材用材料を $Si : 2 \sim 8$ 質量%および $Zn : 1 \sim 9$ 質量%を含有する $Al-Si-Zn$ 系合金によって形成するろう材形成工程と、前記心材用材料の少なくとも一方の面に前記ろう材用材料を配置し、前記心材用材料と前記ろう材用材料とを重ね合わせて、熱間圧延および冷間圧延によって圧着する圧延工程と、前記冷間圧延の途中段階および前記冷間圧延後の少なくともいずれか1つ以上の段階において、 $410^{\circ}C$ 以上で、 $570^{\circ}C$ 以下または前記ろう材の固相線温度以下の温度で、10分間以上で20時間以下で、加熱処理する加熱工程を含むことを特徴としている。

[0017] 係る構成を有する製造方法とすることによって、ろう付け後表面に十分な量の Zn が残存し、ろう付け後表面から板材中央部に向かって電位が貴になるように電位勾配が付与され、高い耐食性が得られる。また、流動ろう材の量と残留ろう材の量が適切に維持され、良好なろう付け性を得ることができる。

[0018] また、本発明のアルミニウム合金ブレージングシートの製造方法は、前記心材が、 $Al-Mn$ 系合金または $Al-Mn-Cu$ 系合金からなり、 $Mn :$

2. 0質量%以下（0質量%を含まず）を含有し、Cu：2.5質量%未満（0質量%を含まず）およびSi：1.7質量%以下（0質量%を含まず）のうちの少なくとも一種以上を含有することが好ましい。

係る構成を有していることによって、さらに耐食性を高めることができる。

[0019] さらに、本発明のアルミニウム合金ブレイジングシートの製造方法は、前記加熱処理を、拡散係数 D （ m^2 / sec ）と加熱時間 t （ sec ）の積の平方根の積算値である $Z = \sum (\sqrt{D \times t})$ が、 $1 \text{E} - 4 \leq Z \leq 1 \text{E} - 2$ の関係式を満足するように行うことを特徴としている。ここで、拡散係数 D はアルミニウム合金ブレイジングシートの温度 T （ $^{\circ}\text{C}$ ）の関数であり、下記式から求められる。

$$D = 3.5 / 100000 \times \text{EXP} [-124 \times 1000 / \{8.31 \times (T + 273.15)\}]$$

係る構成を有していることによって、ろう材から心材へのSiの拡散を十分に進行させつつ、さらにろう材中のZn等の拡散性を理想的に制御することができる。

[0020] 本発明の熱交換器は、前記のアルミニウム合金ブレイジングシートを成形し、組み立て、ろう付け処理をすることによって製造することを特徴とする。

[0021] 本発明の熱交換器は、前記のアルミニウム合金ブレイジングシートの製造方法によって得られたアルミニウム合金ブレイジングシートを成形し、組み立て、ろう付け処理をすることによって製造することを特徴とする。

発明の効果

[0022] 本発明のアルミニウム合金ブレイジングシートは、ろう材をクラッドした面においてろう付け処理後において高い耐食性を維持し、良好なろう付け性を有している。本発明のアルミニウム合金ブレイジングシートの製造方法は、高い耐食性を維持し、良好なろう付け性を有するブレイジングシートを製造することが可能である。本発明の熱交換器は係るブレイジングシートを用

いてなり、高い耐食性を維持し、良好なろう付け性を有している。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本実施形態のアルミニウム合金ブレージングシートの構成を示す模式的断面図である。

[図2]本実施形態のアルミニウム合金ブレージングシートのろう付け後の構成を示す模式的断面図である。

[図3]比較例のアルミニウム合金ブレージングシートのろう付け後の構成を示す模式的断面図である。

[図4]比較例のアルミニウム合金ブレージングシートのろう付け後、さらに腐食後の構成を示す模式的断面図である。

[図5]本実施形態のアルミニウム合金ブレージングシートのろう付け後の構成を示す模式的断面図である。

[図6]本実施形態のアルミニウム合金ブレージングシートのろう付け後、さらに腐食後の構成を示す模式的断面図である。

[図7]本実施形態のアルミニウム合金ブレージングシートの加熱処理とろう付け処理の温度と時間との関係（中間で冷却する）を示す図である。

[図8]本実施形態のアルミニウム合金ブレージングシートの加熱処理とろう付け処理の温度と時間との関係（連続して処理する）を示す図である。

[図9]実施例・比較例の耐食性評価において脱落抑制の判定をする際に用いる模式的測定図である。

[図10]ろう付け性を評価するための隙間充填試験機の斜視図である。

[図11]ろう付け性を評価するための隙間充填試験機の正面図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

ただし、本発明の範囲は、以下に説明する具体例としての実施形態または図面に限定されるわけではない。

[0025] (アルミニウム合金ブレージングシート)

図1は、本実施形態のアルミニウム合金ブレージングシート（以下、「ブ

レージングシート」と記載することがある。）１の構成を示す模式的断面図である。本実施形態のレージングシート１は、心材２の少なくとも一方の面にろう材３を有している。この本実施形態のレージングシート１を用いて、所定形状に成形し、組み立て、ろう付け処理をすることによって、熱交換器が製造される。図２は、ろう付けした後の本実施形態のレージングシート１０の構成を示す模式的断面図である。ろう付けすることによって、ろう材３の一部は熔融し流動するため、ろう材の厚さが薄くなって新たなろう材３０となる。このろう材３０の内部は、複数の α 相粒子４と、その隙間に存在する共晶相５とから構成されている。

[0026] 本実施形態は、ろう付け後にレージングシート１０の表面に残留するろう材３０において、腐食環境下で、 α 相４周辺が優先腐食して、 α 相４の粒子が容易に脱落することがないようにするため、 α 相４を大粒径化し、 α 相４を取り囲む共晶相５を減少させることに特徴を有している。

[0027] [本発明のメカニズム]

本発明のメカニズムとして、以下のように考えている。

ろう材用合金として、従来から用いられてきた４０００系のＡｌ－Ｓｉ系合金（例えば４０４５等）を使用する場合には、ろう付け処理後に、ろう材は、心材表面からほぼすべて流動して流失する。

一方、特許文献２等の開示された開発技術では、ろう材のＳｉ濃度および厚さを制御し、ろう付け処理後に「心材＋残存ろう材」からなる組織を得ることによって、残存ろう材は犠牲陽極材として機能する。ろう材を低Ｓｉ濃度とすることによって、ろう材はろう付け時の加熱によって、流動ろうの液相と α 相の固相とからなる半熔融状態（固液共存状態）となる。そして、冷却時には、固相の α 相を核として流動せずに残った液相が凝固して、通常は、粒子状の α 相と粒子周辺の共晶相とからなる粒状組織となる。

[0028] 上記形態の残存ろう材は、腐食環境において、心材合金に対する犠牲陽極材として作用する。ところが、心材合金を防食性とすることは可能であるが、残存ろう材内の α 相粒子と共晶相との間に腐食セルが形成され、 α 相と共

晶相との界面である α 相粒子の周囲付近で腐食が進行する。これは心材の防食とは関係なく発生する腐食である。その結果、犠牲陽極材が無駄に損耗し、 α 相粒子周辺の腐食によって、 α 相粒子の一部が脱落して、防食性能の低下を招く可能性がある。

[0029] このような現象を抑制し、回避するためには、ろう付け時の液相化量を低減し、 α 相粒子を長大化させて、脱落を発生し難くして、脱落発生までの時間を長くすることが有効であろうと考えられた。しかし、共晶相を低減させることによって、 α 相粒子周辺の腐食を抑制することが有効となるであろうが、ろう付け性を低下させるおそれがあった。

[0030] そこで、 α 相粒子の長大化、共晶相の低減化とろう付け性との両立を図るために、低Siのろう材と心材とを組み合わせ、加熱処理し、ろう材から心材へのSi拡散を促進させ、心材近傍のろう材の液相化を抑制することによって、ろう付け後の残存ろう材の組織を改良することが可能となる。ここで、低Siのろう材とは、ろう付け温度で液相率が80%以下となるような、Si含有量が低いろう材を意味する。低Siのろう材と組み合わせる心材には、Si含有量が低い心材が好ましい。

[0031] 図3は、本実施形態の特徴とする加熱処理を行わない比較例のブレージングシートのろう付け後の構成を示す模式的断面図であり、図4は、当該比較例のブレージングシートのろう付け後に、さらに腐食試験を行った後の構成を示す模式的断面図である。当該比較例のブレージングシートのろう付け後のろう材30は、比較的径の小さな複数の α 相粒子4と、その隙間に存在する共晶相5とから構成されている。このブレージングシートは腐食試験を行った後、 α 相粒子4と共晶相5との界面が腐食されて、空間が生じる。そのため、 α 相粒子4の一部は脱落して、表面に大きな凹みが生じている。また、心材2の表面と平行な α 相粒子4と共晶相5との間に隙間が存在するため、この空間を通じて、腐食がさらに進行するおそれがある。

[0032] 図5は、本実施形態のブレージングシートのろう付け後の構成を示す模式的断面図であり、図6は、本実施形態のブレージングシートのろう付け後に

、さらに腐食試験を行った後の構成を示す模式的断面図である。本実施形態のブレージングシートのろう付け後のろう材30は、比較的径の大きな複数の α 相粒子4と、その隙間に存在する共晶相5とから構成されている。 α 相粒子4はほぼすべて、心材2の表面付近に接している。このブレージングシートは腐食試験を行った後、共晶相5の一部が腐食されて、共晶相5の残存量が低減し、共晶相5の一部に小さな凹みが生じることがある。しかし、 α 相粒子4が脱落することはほとんどなく、図4のような凹みが生じることはない。

[0033] 本実施形態において、本実施形態が規定する心材と当該心材の少なくとも一方の面に本実施形態が規定するろう材を有するブレージングシートであれば、他の構成は特に制約されない。すなわち、本実施形態のろう材／心材、本実施形態のろう材／心材／犠牲材または本実施形態のろう材／心材／犠牲材／従来型ろう材等の構成であっても構わない。

[0034] 心材2の厚さは、特に限定されないが、例えば、熱交換器として組み立てる際の成形性、機械的強度または熱交換器に要求される重量等を考慮して、好ましくは $50\mu\text{m} \sim 1.2\text{mm}$ である。

[0035] 次に、本実施形態のブレージングシートを構成する材料について説明する。

[0036] [心材]

本実施形態のブレージングシートの心材は、Al-Mn系合金またはAl-Mn-Cu系合金のAl合金からなる。これらのAl合金であれば、自動車用熱交換器等の用途に使用されるブレージングシートとして、機械的強度等の物性の面で十分に使用し得るものである。

[0037] 本実施形態の心材は、Al以外の元素としてMn、Cuを含有している。またSiを含有することがある。さらに他の元素を含有することがある。これらの元素の効果および含有量について、以下に説明する。

[0038] (心材のMn)

Mnは、ろう付け後強度を向上させる効果があり、含有量の増加によって

、ろう付け後強度を高めることができる。また、電位を貴にする働きがあるため、耐食性を向上させる。Mnの含有量が2.0質量%を超えると粗大なAl-Mn系金属間化合物が形成され、成形性の低下し、耐食性低下を起こしやすい。したがって、心材におけるMnの含有量は好ましくは2.0質量%以下（0質量%を含まず）であり、より好ましくは0.5～1.8質量%である。

[0039]（心材のCu）

Cuは、電位を貴にする効果があり、耐食性を向上させる。また、ろう付け後強度を向上させる。Cuの含有量が2.5質量%以上になると、融点の低下に伴ってバーニングが発生する可能性がある。ここで、バーニングとは、例えばろう材からの拡散Siなどによって局部的に合金元素濃度が増加した結果、その周辺で（心材マトリックスの融点より低い温度で）溶融する現象である。従って、心材におけるCuの含有量は、好ましくは2.5質量%未満（0質量%を含まず）であり、より好ましくは2.0質量%以下（0質量%を含まず）であり、さらに好ましくは0.2～1.0質量%である。

[0040]（心材のSi）

Siは、ろう付け後強度を向上させる効果があり、特にMgまたはMnと共存させた場合に、Mg-Si系金属間化合物またはAl-Mn-Si系金属間化合物の形成により、さらにろう付け後強度を高めることができる。しかし、Siの含有量が1.7質量%を超えると心材の融点低下および低融点相増加により、心材の溶融が生じる。したがって、心材におけるSiの含有量は、好ましくは1.7質量%以下（0質量%を含まず）である。

[0041] 一方、心材とろう材のSiの濃度差が大きいほど、ろう材から心材へのSi拡散が容易かつ増量するため、心材のSi濃度は低い方が望ましい。心材合金がSi固溶限度以上のSiを含有する場合に、ろう材から心材合金へのSi拡散は起こり難い。

[0042] さらに、Siの含有量が0.5質量%を超えるときは、Siを拡散させるために高温または長時間で加熱処理をする必要があるが、その際に他の元素

拡散までも進行し、耐食性など他の材料特性に悪影響が及ぶこととなる。そのため、心材のS i含有量は、好ましくは0.5質量%以下（0質量%を含まず）であり、より好ましくは0.3質量%以下（0質量%を含まず）である。

[0043]（その他の元素）

T iは、A l合金中でT i－A l系化合物を形成して層状に分散する。T i－A l系化合物は電位が貴であるため、腐食形態を層状化し、深さ方向への腐食（孔食）を進展し難くする効果がある。0.35質量%を超えると粗大な金属間化合物形成により、加工性および耐食性が低下する。したがって、心材はT iを0.35質量%以下であれば含有してもよい。

M gは、ろう付け後強度を向上させる効果があり、一方でM gはフラックスろう付け性を低下させる作用がある。そのため、0.5質量%を超えると、ろう付けの際にろう材までM gが拡散してろう付け性が著しく低下する。したがって、心材はM gを0.5質量%以下（より好ましくは0.3質量%以下）であれば含有してもよい。

また、上記以外に添加する合金としては、以下のようなものが挙げられる。心材には耐食性（電位の）調整を目的として、S nおよびI nを含有量の合計で0.1質量%以下であれば含有してもよい。また、心材の電位貴化および強度向上のため、C r、N iまたはZ r、F eをそれぞれ0.3質量%以下であれば含有してもよい。

[0044]（残部、不可避的不純物）

心材は、前記の各組成成分以外は、残部がA lおよび不可避的不純物からなるものである。不可避的不純物は、本発明の効果を妨げない範囲内であれば含有していてもよい。不可避的不純物は、合計量で概ね1.0質量%未満であれば許容される。

[0045] [ろう材]

本実施形態のブレイジングシートのろう材は、S i：2～8質量%およびZ n：1～9質量%を含有するA l－S i－Z n系合金のA l合金からなる

。

[0046] 本実施形態のろう材は、Al以外の元素としてSiおよびZnを含有している。またその他の元素を含有することがある。これらの元素の効果および含有量について、以下に説明する。

[0047] (ろう材のSi)

Siは、Al合金の融点低下、ろう付け温度での液相率および流動性を高める作用がある。Si含有量が2質量%未満では、ろう付け時にろうの量が不足してろう付け性が低下する。一方、8質量%を超えるとろう流動量が過剰になり、板厚の減少による接合不良の他、余剰量による浸食などのろう付け不良が発生する。したがって、ろう材におけるSiの含有量は、2～8質量%とする。ろう材におけるSiの含有量は、好ましくは3.5～7質量%である。

[0048] (ろう材のZn)

Znは、Al合金の電位を卑にする作用があり、また融点の低下および液相率を増加させる作用がある。Zn含有量が1質量%未満では、ろう付け後の表面に残留するZnは極少量であるため、耐食性の向上はほとんど認められない。一方、9質量%を超えると、流動ろう材に含有されるZn濃度が増大し、フィレットなどの優先腐食の原因となる。したがって、ろう材におけるZnの含有量は、1～9質量%とする。ろう材におけるZnの含有量は、好ましくは2～7質量%である。

[0049] なお、SiとZnのいずれにもAl合金の融点を低下させ、液相率Xを増加させる作用があるため、SiとZnの各添加量は、特に、後記する式(1)が満たされるように、熱力学的計算を行って決定し、その上で、厚さYを前記した式(2)及び式(3)が満たされるように、決定することが望ましい。

[0050] (その他の元素)

また、ろう材には、上記合金成分の他、Al合金の電位を卑にするInまたはSnなどを適宜添加しても良い。

[0051] (残部、不可避免の不純物)

ろう材は、前記の各組成成分以外は、残部が A I および不可避免の不純物からなるものである。不可避免の不純物は、本発明の効果を妨げない範囲内であれば含有していてもよい。不可避免の不純物は、合計量で概ね 1.0 質量%未満であれば許容される。

なお、製造工程およびろう付け処理において心材に含有される合金元素がろう材に拡散するため、ろう付け後のろう材はこれらの合金元素を不可避免の不純物として含有する。

[0052] (ろう付け温度での液相率 X、ろう材厚さ Y)

本実施形態において、ろう材のろう付け温度における液相率 X (%) とろう材厚さ Y (μm) とは、下記式 (1) ~ (3) を満足する。

$$(1) \quad 30 \leq X \leq 80、$$

$$(2) \quad Y \geq 25、$$

$$(3) \quad 1000 \leq X \times Y \leq 24000$$

[0053] ろう材が薄い場合、製造工程 (焼鈍) およびろう付け処理における S i の拡散によって、ろう材中の S i が著しく低下するためにろう付け性が大きく低下する。さらにろう材量も少ないため、ろう材厚さ Y が 25 μm 未満では十分にろう付けすることが難しい。したがって、ろう材厚さ Y は、25 μm 以上とする。ろう材厚さ Y は好ましくは 40 μm 以上である。ろう材厚さ Y の上限値は、板厚、接合点密度などによるため、特に限定されないが、好ましくは板厚の 1/2 である。

[0054] ろう材のろう付け温度における液相率 X を低減させることによって、溶融し流動するろう材の量を低減させることが可能である。そのため、ろう材厚さに伴って増大するろう材量を、フィン等とのろう付けに適切な量に調整することが可能となる。ろう材の液相率 X が 30% 未満ではろう材流動性が低下するため、十分なろう付け性を確保できない。ろう材の液相率 X が 80% を超える場合はろう材流動量が過剰になり、板厚の減少による部材間の接合不良の他、余剰量による浸食などのろう付け不良が発生する。したがって

、ろう材のろう付け温度における液相率 X は30～80%とする。液相率 X は好ましくは45～75%である。液相率 X の単位である“%”は、一般的に“mol %”である。

なお、ろう材のろう付け温度における液相率 X (%) は、クラッドに使用するろう材の材料成分から、標準的な熱力学計算ソフト（例えば、サーモカルク）によって算出される値である。

[0055] ブレージングシートを用いて熱交換器を組み立てる場合には、ろう材に前記した量の Zn が含まれていれば、前記式(1)～(3)が満たされていることによって、ろう付け後表面に十分な量の Zn が残存する。これによって、ろう付け後表面から板材中央部に向かって電位を貴とすることができる。したがって、ろう材が腐食環境に配置されるようにブレージングシートを用いると、犠牲防食効果が顕著に発揮される。

[0056] また、前記式(1)～(3)が満たされていることによって、ろう付け処理の際に生成する流動ろう材の絶対量を適正化できるため、良好なろう付け性を得ることができる。

これによって、例えば、フィン等とのろう付け処理においては、適切な絶対量の流動ろう材の生成が確保され、十分なろう付け性を得るとともに、適切な絶対量の残存ろう材が確保されて、残存ろう材に起因する犠牲防食効果が十分に発揮される。

[0057] 液相率 X とろう材厚さ Y の積が1000未満では、流動ろう材の絶対量が少なくなるために、十分なろう付け性を確保することができない。例えば、フィレットの形成が不十分となって、接合強度が低下する。一方、液相率 X とろう材厚さ Y の積が24000を超えると、流動ろう材の絶対量が多くなるため、ろう付け処理の前後におけるブレージングシートの板厚の変化が大きくなって部材間の接合不良が発生し、また、過剰に生成した流動ろう材による心材の浸食等が発生し、耐食性が低下する。したがって、液相率 X とろう材厚さ Y の積($X \times Y$)は、1000～24000とする。また、液相率 X とろう材厚さ Y の積($X \times Y$)は、好ましくは1500～15000であ

る。

[0058] (心材上に残存する α 相の平均長)

本実施形態において、ろう付け後の心材上に残存する α 相の平均長が、残存ろう材厚さの80%以上および70 μ m以上の少なくとも一方を満足する。

残存ろう材層の腐食は、残存 α 相と共晶相との界面で進行するため、残存 α 相サイズを大きくすることで腐食の進行を低減し、 α 相粒子の脱落を抑制することが可能となる。

残存ろう材厚さが70 μ m未満と薄い場合は、 α 相粒子の平均長が残存ろう材厚さの80%と同等かそれ以上に大きくなれば、残存 α 相と共晶相との界面が十分に減少し、腐食の抑制効果を得ることができる。

また、 α 相の平均長が70 μ m以上になれば、 α 相粒子は十分に大きいため、脱落に至るまでに必要とされる腐食経路が増大するため、脱落が十分に抑制される。

従って、ろう付け後の心材上に残存する α 相の平均長が、残存ろう材厚さの80%以上および70 μ m以上の少なくとも一方を満足するようにする。より好ましくは、残存ろう材厚さの90%以上および80 μ m以上の少なくとも一方を満足する。

[0059] なお、 α 相の平均長は、ブレイジングシートの断面像において α 相の粒子を正方形として求めた一辺の平均長さとして定義して、下記式(4)にて算出される。

$$\alpha \text{相の平均長} (\mu\text{m}) = \sqrt{\text{残存ろう材面積} / \alpha \text{相粒子数}} \quad \cdots (4)$$

ここで、残存ろう材面積は、5視野の和として求める。 α 相の粒子数は、5視野においてカウントした和として求める。

[0060] 残存ろう材の断面形態から、 α 相は概ね四角形であり、直方体または正方形としてサイズを定義するのが実際に即している。正方形の一辺として径を定義した場合、平均径が残存ろう材厚と同等以上であれば、ほとんどの α 相

が単層として配置することになり、腐食による脱落は大幅に低減する。

[0061] [ブレイジングシートの製造方法]

本実施形態のブレイジングシートの製造方法について、その具体例を説明する。

なお、ここではろう材+心材の実施形態に準じて説明するが、心材のもう一方の面に、犠牲材をクラッドしたり、犠牲材を設けた上にさらにろう材をクラッドしたり、内張材を設けたり、ろう材の種類を変えたりする場合も同様である。

[0062] 本実施形態のブレイジングシートの製造方法は、心材と当該心材の少なくとも一方の面にろう材を有するアルミニウム合金のブレイジングシートの製造方法であって、前記ろう材のろう付け温度における液相率 X （％）とろう材厚さ Y （ μm ）とが、下記式（１）～（３）を満足し、

$$(1) \quad 30 \leq X \leq 80、$$

$$(2) \quad Y \geq 25、$$

$$(3) \quad 1000 \leq X \times Y \leq 24000、$$

心材用材料を $\text{Al}-\text{Mn}$ 系合金または $\text{Al}-\text{Mn}-\text{Cu}$ 系合金によって形成する心材形成工程と、ろう材用材料を $\text{Si} : 2 \sim 8$ 質量％および $\text{Zn} : 1 \sim 9$ 質量％を含有する $\text{Al}-\text{Si}-\text{Zn}$ 系合金によって形成するろう材形成工程と、心材用材料の少なくとも一方の面にろう材用材料を配置し、心材用材料とろう材用材料とを重ね合わせて、熱間圧延および冷間圧延によって圧着する圧延工程と、冷間圧延の途中段階および冷間圧延後の少なくともいずれか一つ以上の段階において、 410°C 以上で、 570°C 以下またはろう材の固相線温度以下の温度で、 10 分間以上で 20 時間以下で、加熱処理する加熱工程を含んでいる。

[0063] まず、ブレイジングシートに要求される耐食性能から、ろう材含有 Zn 濃度、残存ろう材厚さ、流動ろう材量を決定し、それらに基づいて、ろう材厚さ Y およびろう付け温度での液相率 X を上記式（１）～（３）を満足するように決定する。また、心材用アルミニウム合金とろう材用アルミニウム合金

の組成を決定する。

[0064] このような設計の後、実際の製造プロセスにおいては、まず、心材用アルミニウム合金およびろう材用アルミニウム合金をそれぞれ、連続鋳造にて溶解および鋳造し、必要に応じて面削し、均質化熱処理して、心材用鋳塊（心材用材料）およびろう材用鋳塊を得る。ろう材用鋳塊を熱間圧延または切断によってそれぞれ所定の厚さにして、ろう材用材料を製造する。

[0065] 心材用鋳塊の一方の面にろう材用材料を配置し（必要に応じて心材用鋳塊の他方の面にろう材、内張材または犠牲陽極材などを配置してもよい）、所定のクラッド率になるように重ね合わせ、400℃以上の温度で加熱した後、熱間圧延により圧着して、板材とする。その後、冷間圧延—中間焼鈍—冷間圧延を行うことによって、所定の板厚とする。最終の冷間加工率は30～60%となるようにすることが好ましい。最終の板厚とした後、成形加工性を考慮して仕上げ焼鈍を実施してもよい。仕上げ焼鈍によって、材料が軟化し、伸びが向上するため、加工性を高めることができる。

後記する加熱工程は、上記工程において、冷間圧延の途中段階および冷間圧延後の少なくともいずれか1つ以上の段階において実施することが望ましい。

[0066] （加熱工程）

本実施形態において、加熱工程における加熱処理は、ろう付け処理に先立って、またはろう付け処理の前段階として行われるものである。そして、ろう材中の α 相を大粒径化し、 α 相を取り囲む共晶相を減少させ、ろう材中のSi濃度分布を制御するために実施するものである。加熱処理温度が高いほど、加熱処理時間が長いほど拡散量は多くなる。しかし、同加熱処理によって他の添加元素（例えば、心材Cu、ろう材Zn）も同時に拡散するため、過度の加熱処理は耐食性に悪影響を及ぼす（具体的には、犠牲防食作用に必要な電位差を維持できなくなる）。

従って、加熱条件としては、410℃以上で、570℃以下またはろう材の固相線温度以下の温度で、10分間以上で20時間以下の時間とすること

が必要である。好ましくは、 $420^{\circ}\text{C} \sim 480^{\circ}\text{C}$ の温度で、1～6時間である。

[0067] 本実施形態の加熱処理は、通常行われる中間焼鈍および／または仕上げ焼鈍を兼ねるものとして同時に行うことができる。また、加熱処理は、複数回行ってもよい。具体的な工程の例を挙げると、

- (i) 熱間圧延→冷間圧延→加熱処理（中間焼鈍）→仕上げ圧延→仕上げ焼鈍、
- (ii) 熱間圧延→冷間圧延→中間焼鈍→仕上げ圧延→加熱処理（仕上げ焼鈍）、
- (iii) 熱間圧延→冷間圧延→加熱処理（中間焼鈍）→仕上げ圧延→加熱処理（仕上げ焼鈍）、等がある。

ここで、本実施形態の加熱処理は、前記したように、 410°C 以上で行うものである。そのため、上記の(ii)における中間焼鈍は 410°C 未満で行われるものであり、上記の(i)と(iii)における加熱処理（中間焼鈍）は 410°C 以上で行われるものである。同様に、上記の(i)における仕上げ焼鈍は 410°C 未満で行われるものであり、上記の(ii)と(iii)における加熱処理（仕上げ焼鈍）は 410°C 以上で行われるものである。

[0068] また、加熱処理は、拡散係数 D (m^2 / sec) と加熱時間 t (sec) の積の平方根の積算値である $Z = \sum (\sqrt{D \times t})$ が、 $1 \text{E} - 4 \leq Z \leq 1 \text{E} - 2$ の関係式を満足するように行うことが好ましい。 $\sqrt{D \times t}$ は、ろう材のAl合金中のSiの拡散距離の代表値であり、拡散の程度を示す指標となる。また、拡散係数 D はアルミニウム合金ブレージングシートの温度 T ($^{\circ}\text{C}$) の関数であり、下記式(5)から求められる。

$$D = (3.5 / 100000) \times \text{EXP} [-124 \times 1000 / \{8.31 \times (T + 273.15)\}] \quad \dots (5)$$

[0069] また、 $Z = \sum (\sqrt{D \times t})$ は、 350°C 以上の温度域で上式(5)によって1秒毎に、その温度での D を計算し、それらの平方根($\sqrt{D}$)を積算して算出するものである。

[0070] 拡散係数Dに関する上式(5)は、下記の拡散係数に関する一般式(6)に、Bergnerによって求められたAl-Si合金中のSiの拡散に係る材料の固有値を当てはめることによって導かれたものである(平野賢一、軽金属、vol.29、No.6、P.249~262(1979)参照)。

$$D = D_0 \times \exp \left[-Q / \{ R \times (T + 273.15) \} \right] \quad \dots (6)$$

ここで、 D_0 は拡散定数(振動因子)であり、 Q は拡散の活性化エネルギーであり、 R は気体定数であり、 T は摂氏温度である。

適用される温度範囲は、 $618 \sim 904^\circ \text{K}$ ($344 \sim 631^\circ \text{C}$)であり、本実施形態の加熱処理の温度範囲が包含される。

[0071] $Z = \Sigma (\sqrt{D \times t})$ が上記範囲である $1 \text{E} - 2$ を超えると、拡散が過剰となり、ろう材中のSiが減少する。そのため、流動するろう材の量が減少して、ろう付け性が低下する傾向となる。また、ZnおよびCu等の拡散が過剰に進行するため、電位差が減少して、耐食性が低下する傾向となる。但し、 α 相の平均長は増大するため、 α 相粒子の脱落は低下する。

一方、 $Z = \Sigma (\sqrt{D \times t})$ が上記範囲である $1 \text{E} - 4$ 未満であると、拡散が不足し、ろう材中のSiが欠乏する層が薄くなり、流動するろう材の量が増大する。 α 相の平均長は減小するため、 α 相粒子の脱落が増大し、耐食性が低下する傾向にある。但し、ZnおよびCu等の拡散は進行するため、電位差は増大する。

したがって、 $Z = \Sigma (\sqrt{D \times t})$ が上記の $1 \text{E} - 4 \leq Z \leq 1 \text{E} - 2$ の関係式を満足すると、ろう材中にSiが拡散されない層が適度に形成され、ろう材は適度に流動し、 α 相粒子の脱落は抑制され、ZnおよびCu等が適度に拡散されて、耐食性が良好なものとなる。

[0072] 加熱処理とろう付け処理との関係について、図7および図8を参照しつつ説明する。図7と図8は、ブレージングシートの加熱処理とろう付け処理の温度と時間との関係を示す図である。Hは熱処理時間を示す。Bはろう付け処理時間を示す。

[0073] 図7は、加熱処理後に一旦冷却してからろう付け処理を行うときの温度と時間との関係を示している。図8は、加熱処理後に冷却することなく、連続してろう付け処理を行うときの温度と時間との関係を示している。加熱処理は、いずれの条件に従って行ってもよい。ここで、ろう付け処理時のろう付け温度は、ろう材の融点、すなわち共晶相の融点以上の温度を意味する。また、ろう付け処理とは、ろう材の固相線温度以上に維持することを意味する。

[0074] 本実施形態で得られたブレージングシートは、その後、所定形状に成形し、組み立て、ろう付け処理をすることによって、熱交換器が製造される。

実施例

[0075] 以上、本発明を実施するための形態について述べてきたが、以下に、本発明の効果を確認した実施例を、本発明の構成要件を満たさない比較例と比較して具体的に説明する。但し、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0076] (供試材の作製)

表1に示す組成を有する心材と表2に示す組成を有するろう材について、上記の心材形成工程、ろう材形成工程の製造方法に準じて、心材用材料とろう材用材料を作製した。記載のない工程、方法および条件については公知のものを用いた。

[0077] 次に、表3～表7に示す各種心材とろう材の組合せで重ね合わせた。これを450℃において熱間圧延してクラッドし、粗鈍を行うことなく冷間圧延にて所定の板厚(0.4mm t、0.6mm t、0.8mm t、2.0mm t)とした。

[0078] その後、供試材N0.1～47については、0.6mm tのクラッド材に表3～表4に記載の条件で中間焼鈍としての加熱処理を施した。さらに所定の加工率で冷間圧延を行うことによって、板厚400μmの供試材を作製した。

供試材N0.48～77については、所定の加工率で冷間圧延を行うこと

によって、板厚400 μ mのクラッド材を作製した。その後表4～表5に記載の条件で仕上げ焼鈍としての加熱処理を施して、板厚400 μ mの供試材を作製した。

[0079] 供試材N0. 78～81については、0.6mm tまたは0.8mm tのクラッド材に表5に記載の条件で中間焼鈍としての加熱処理を施した。その後必要に応じて所定の加工率で冷間圧延を行って、0.6mm tのクラッド材とした。さらに表5に記載の条件で中間焼鈍としての2回目の加熱処理を施した。さらに所定の加工率で冷間圧延を行うことによって、板厚400 μ mの供試材を作製した。

供試材N0. 82と83については、0.6mm tまたは0.8mm tのクラッド材に表5に記載の条件で中間焼鈍としての加熱処理を施した。その後所定の加工率で冷間圧延を行って、0.4mm tのクラッド材とした。さらに表5に記載の条件で仕上げ焼鈍としての2回目の加熱処理を施して、板厚400 μ mの供試材を作製した。

[0080] 供試材N0. 84～117については、0.6mm tまたは2.0mm tのクラッド材に表6に記載の条件で中間焼鈍としての加熱処理を施した。さらに所定の加工率で冷間圧延を行うことによって、板厚400 μ mの供試材を作製した。

供試材N0. 118～127については、0.4mm tまたは0.6mm tのクラッド材に表6に記載の条件で仕上げ焼鈍としての加熱処理を施して、板厚400 μ mまたは板厚600 μ mの供試材を作製した。

[0081] 供試材N0. 128～137については、0.6mm tのクラッド材に表7に記載の条件で中間焼鈍としての加熱処理を施した。さらに所定の加工率で冷間圧延を行うことによって、板厚400 μ mの供試材を作製した。

供試材N0. 138～147については、0.4mm tのクラッド材に表7に記載の条件で仕上げ焼鈍としての加熱処理を施して、板厚400 μ mの供試材を作製した。

[0082] 作製した供試材について、以下の特性の評価を行った。

(液相率X)

ろう材のろう付け温度における液相率X (%)は、サーモカルク (Thermo-Calc) を使用して算出する。ここで、サーモカルクとは、スウェーデンの王立工科大学で開発された熱力学計算ソフトウェアを指す。

[0083] (ろう材厚さY)

ろう材厚さY (μm) は、ろう付け処理前のアルミニウム合金ブレージングシートの断面観察を行い、5点の平均値として求める。

[0084] (拡散係数D)

拡散係数Dは、Bergnerによって求められたAl-Si合金中のSiの拡散係数であり、アルミニウム合金ブレージングシートの温度T ($^{\circ}\text{C}$) の関数であり、下記式(5)から求められる。

$$D = (3.5 / 100000) \times \text{EXP} [-124 \times 1000 / \{8.31 \times (T + 273.15)\}] \cdots (5)$$

[0085] (α 相の平均長)

作製した各供試材のろう材表面に市販の非腐食性のフラックスを3 g/m²で塗布し、治具を用いて吊り下げて、露点が -40°C 、酸素濃度が200 ppm以下の窒素雰囲気中において、 $590 \sim 600^{\circ}\text{C}$ で2分間保持することによって、ろう付け加熱を行い、ろう付け処理材を作製した。この試料を光学顕微鏡を用いて、断面観察を行った。必要に応じてケラーエッチングを行い、任意の5点の断面像(倍率50倍)を得た。

α 相の平均長(μm)は、各断面像において α 相の粒子を正方形として求めた一辺の平均長さとして定義して、下記式(4)にて算出し、5点の平均値を求めた。

$$\alpha \text{相の平均長} (\mu\text{m}) = \sqrt{(\text{残存ろう材面積} / \alpha \text{相粒子数})} \cdots (4)$$

ここで、残存ろう材面積は、5視野の和として求めた。 α 相の粒子数は、5視野においてカウントした和として求めた。

[0086] (ろう付け性)

図10は、ろう付性を評価するための隙間充填試験機の斜視図である。図11は隙間充填試験機の正面図である。

供試材から幅25mm×長さ60mmのサイズの試験片を切り出し、その試験片のろう材面に市販の非腐食性のフラックスを5g/m²塗布して乾燥させた。図10に示すように、フラックスを塗布したろう材面が上向きとなるように試験片（下板12）を載置し、その上にφ2mmのステンレス製の丸棒をスペーサ13として挟んで、厚さ1mm、幅25mm×長さ55mmの3003合金板（上板11）を試験片に対し鉛直に立ててワイヤ14で固定した。このとき、スペーサ13の位置は試験片の一端から50mmの距離とした。これらに、ろう付を模擬した条件で熱処理（露点が−40℃、酸素濃度が200ppm以下の窒素雰囲気中で、590～600℃で2分間保持）を行った。図11に示すように、試験片（下板12）と3003合金板（上板11）とのすき間に充填されたフィレット15の隙間充填長Lを測定した。隙間充填長Lが30mm以上のものをろう付性が良好と判定した。

[0087] （耐食性）

上記のα相サイズの評価と同じ方法で得られたろう付け熱処理材から、60mm×50mmの試験材を切り出し、ろう材面が試験面となるように、ろう材面の反対の面及び端面をシールテープによりシールして、CASS試験（JIS Z 2371：2000）を1000時間実施した。試験後、最大腐食深さを測定し、心材腐食深さ（＝最大腐食深さ－ろう付け後残存ろう材厚さ）（μm）を算出した。この耐食性試験の合格基準は、心材腐食深さが100μm以下である。

なお、腐食深さは、心材表面を基準として表示される。すなわち、腐食が残存ろう材を抜けて、心材内部まで腐食しているとき、その腐食深さは、プラスの値として、○○μmと表示される。一方、腐食が残存ろう材内で留まり、心材表面にまで到達していないときは、マイナスの値として、－○○μmと表示される。

[0088] 脱粒の抑制に関しては、上記と同様にして、CASS試験を500時間実

施した試験材を用いた。C A S S 試験後の試験材の任意の断面の倍率 1 0 0 倍の光学顕微鏡観察像 1 0 視野において、共晶相での腐食による脱落部長さを観察した。図 9 は脱落抑制の判定をする際に用いる模式的測定図である。A は試験材の長さであり、a はそのうち脱落した部分の長さ（脱粒発生部）を示している。図 9 において、脱粒発生部の比率は、 $(100 \times a / A)$ の数値（％）として求められる。この耐食性試験の合格基準は、脱粒発生部の比率が 5 0 ％以下である。

[0089] 評価結果を表 3 ～表 7 に示した。表 6 において「－」で示された欄は測定ができなかったことを示している。

[0090] [表1]

心材 番号	心材組成（質量％） 残部：Al＋不可避的不純物		
	Mn	Cu	Si
C1	1.6	0.8	－
C2	1.6	0.8	0.1
C3	1.6	0.8	0.2
C4	1.6	0.8	0.5
C5	1.6	0.8	0.7
C6	1.6	0.8	1.3
C7	1.6	2.0	0.0

[0091]

[表2]

ろう材 番号	ろう材組成 (質量%) 残部: Al + 不可避免の不純物		液相率X (%)	ろう材厚さY (μm)	X $\times$ Y
	Si	Zn			
F1	6	3	69.3	100	6930
F2	4	5	59.4	100	5940
F3	7	2	78.7	100	7870
F4	2	1	12.5	100	1250
F5	2	9	30.1	100	3010
F6	8	1	87.7	100	8770
F7	8	9	100.0	100	10000
F8	6	3	69.3	200	13860
F9	6	3	69.3	25	1733
F10	6	3	69.3	10	693
F11	4	5	59.4	10	594
F12	7	2	78.7	10	787
F13	2	1	12.5	200	2500
F14	2	9	30.1	10	301
F15	8	1	87.7	10	877
F16	8	9	100.0	10	1000
F17	2	9	30.1	25	753
F18	4	5	59.4	500	29700

[0092]

[表3]

供試材 No.	ろう材 番号	心材 番号	加熱工程 加熱タイミング (厚さ(mm))	加熱工程 加熱条件	$Z = \sum (\sqrt{D \cdot t})$ (m)	残存ろう α 相 平均長 (μm)	残存ろう 厚さ (μm)	残存ろう α 相平均長 /厚さ (%)	ろう付け 隙間 充填長 (mm)	耐食性 心材腐 食深さ (μm)	耐食性 脱粒 発生部 (%)
1	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	92	92	100	43	-3	29
2	F1	C2	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	90	93	97	44	2	29
3	F1	C3	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	91	91	100	44	-2	31
4	F1	C4	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	87	90	97	43	-3	32
5	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	86	90	96	44	3	32
6	F1	C6	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	86	88	98	44	1	33
7	F1	C7	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	91	93	98	44	5	34
8	F2	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	95	95	100	38	-12	26
9	F2	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	89	93	96	41	-18	30
10	F3	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	90	89	101	43	11	30
11	F3	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	87	86	101	44	8	35
12	F5	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	94	87	108	37	-3	27
13	F5	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	90	85	106	36	-5	29
14	F8	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	102	165	62	44	-20	25
15	F8	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	98	162	60	45	-12	23
16	F9	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	28	24	117	32	41	21
17	F9	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	25	21	119	33	37	27
18	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 10m	9.01E-05	77	94	82	40	-1	34
19	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 1h	4.68E-04	78	92	85	42	-1	32
20	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 3h	1.37E-03	83	93	89	41	2	31
21	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 7h	3.19E-03	84	93	90	43	1	29
22	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 20h	9.07E-03	87	97	90	44	0	28
23	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 10m	1.48E-04	83	95	87	44	-1	36
24	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 1h	7.39E-04	85	93	91	40	-1	34
25	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	92	94	98	43	-3	29
26	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 7h	4.99E-03	93	96	97	40	-2	28
27	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 20h	1.42E-02	97	96	101	39	1	26
28	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 10m	3.01E-04	82	92	89	38	3	34
29	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 1h	1.45E-03	90	94	96	37	2	29
30	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 3h	4.19E-03	94	94	100	37	-1	28
31	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 7h	9.69E-03	97	91	107	36	-2	29

[0093]

[表4]

供試材 No.	ろう材 番号	心材 番号	加熱工程 加熱タイミング (厚さ(mm))	加熱工程 加熱条件	$Z = \sum (\sqrt{D \cdot t})$ (m)	残存ろう α 相 平均長 (μ m)	残存ろう 厚さ (μ m)	残存ろう α 相平均長 ／厚さ (%)	ろう付け 隙間 充填長 (mm)	耐食性 心材腐 食深さ (μ m)	耐食性 脱粒 発生部 (%)
32	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 20h	2.75E-02	100	94	106	36	3	27
33	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 10m	9.01E-05	77	94	82	43	0	34
34	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 1h	4.68E-04	77	95	81	44	-3	36
35	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 3h	1.37E-03	84	94	89	44	1	35
36	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 7h	3.19E-03	82	93	88	43	1	33
37	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	420°C × 20h	9.07E-03	90	93	97	44	-1	31
38	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 10m	1.48E-04	83	91	91	44	0	34
39	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 1h	7.39E-04	84	96	88	42	3	33
40	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	89	94	95	43	-3	29
41	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 7h	4.99E-03	91	95	96	41	-1	29
42	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 20h	1.42E-02	93	93	100	41	0	28
43	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 10m	3.01E-04	83	90	92	39	4	32
44	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 1h	1.45E-03	89	91	98	39	-2	32
45	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 3h	4.19E-03	90	96	94	38	1	27
46	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 7h	9.69E-03	94	94	100	38	-1	30
47	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	500°C × 20h	2.75E-02	97	94	103	37	5	29
48	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 10m	9.01E-05	82	91	90	41	-1	32
49	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 1h	4.68E-04	83	95	87	42	0	34
50	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 3h	1.37E-03	87	92	95	40	0	35
51	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 7h	3.19E-03	86	94	91	39	5	28
52	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 20h	9.07E-03	90	91	99	37	7	27
53	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 10m	1.48E-04	84	90	93	40	1	33
54	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 1h	7.39E-04	89	93	96	39	-2	31
55	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 3h	2.16E-03	93	94	99	38	-2	27
56	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 7h	4.99E-03	94	92	102	38	1	26
57	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 20h	1.42E-02	95	92	103	37	3	24
58	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 10m	3.01E-04	86	95	91	35	7	33
59	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 1h	1.45E-03	90	95	95	34	5	32
60	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 3h	4.19E-03	97	91	107	34	3	27
61	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 7h	9.69E-03	98	91	108	36	5	27
62	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 20h	2.75E-02	100	92	109	33	1	25

[0094]

[表5]

供試材 No.	ろう材 番号	心材 番号	加熱工程 加熱タイミング (厚さ(mm))	加熱工程 加熱条件	$Z = \sum (\sqrt{D \cdot t})$ (m)	残存ろう α 相 平均長 (μm)	残存ろう 厚さ (μm)	残存ろう α 相平均長 / 厚さ (%)	ろう付け 隙間 充填長 (mm)	耐食性 心材腐 食深さ (μm)	耐食性 脱粒 発生部 (%)
63	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 10m	9.01E-05	81	95	85	35	2	32
64	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 1h	4.68E-04	83	92	90	34	-1	33
65	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 3h	1.37E-03	86	93	92	34	3	36
66	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 7h	3.19E-03	89	94	95	38	2	34
67	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	420°C × 20h	9.07E-03	91	90	101	35	4	33
68	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 10m	1.48E-04	84	89	94	41	-5	31
69	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 1h	7.39E-04	87	91	96	39	0	32
70	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 3h	2.16E-03	92	95	97	39	-3	31
71	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 7h	4.99E-03	91	93	98	38	0	27
72	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 20h	1.42E-02	36	92	39	38	-2	26
73	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 10m	3.01E-04	84	91	92	36	3	30
74	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 1h	1.45E-03	87	94	93	35	1	31
75	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 3h	4.19E-03	91	93	98	36	5	28
76	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 7h	9.69E-03	94	89	106	35	2	28
77	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	500°C × 20h	2.75E-02	98	95	103	35	6	29
78	F1	C1	中間焼鈍(0.6t) → 中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h → 450°C × 1h	2.90E-03	95	91	104	42	-1	28
79	F1	C1	中間焼鈍(0.8t) → 中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h → 450°C × 1h	2.90E-03	98	96	102	43	3	27
80	F1	C1	中間焼鈍(0.6t) → 中間焼鈍(0.6t)	420°C × 1h → 450°C × 3h	2.63E-03	99	95	104	42	4	28
81	F1	C1	中間焼鈍(0.8t) → 中間焼鈍(0.6t)	420°C × 1h → 450°C × 3h	2.63E-03	94	94	100	44	2	29
82	F1	C1	中間焼鈍(0.6t) → 仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 1h → 420°C × 1h	1.21E-03	91	93	98	42	3	30
83	F1	C1	中間焼鈍(0.8t) → 仕上焼鈍(0.4t)	450°C × 1h → 420°C × 1h	1.21E-03	92	92	100	40	1	29

[0095]

[表6]

供試材 No.	ろう材 番号	心材 番号	加熱工程 加熱タイミング (厚さ(mm))	加熱工程 加熱条件	$Z = \Sigma (\sqrt{D \cdot t})$ (m)	残存ろう α 相 平均長 (μm)	残存ろう 厚さ (μm)	残存ろう α 相平均長 ／厚さ (%)	ろう付け 隙間 充填長 (mm)	耐食性 心材腐 食深さ (μm)	耐食性 脱粒 発生部 (%)
84	F4	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	74	92	80	22	1	32
85	F4	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	73	93	78	23	-2	33
86	F6	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	17	25	68	47	117	35
87	F6	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	13	23	57	43	118	38
88	F7	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	—	—	—	47	102	—
89	F7	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	—	—	—	44	105	—
90	F10	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	9	10	90	21	70	25
91	F10	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	8	9	89	17	51	21
92	F11	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	10	9	111	22	65	23
93	F11	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	9	8	113	24	43	25
94	F12	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	8	10	80	27	117	19
95	F12	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	7	10	70	25	125	35
96	F13	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	105	175	60	20	1	25
97	F13	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	103	163	63	17	-3	21
98	F14	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	10	10	100	21	27	23
99	F14	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	9	9	100	22	-3	19
100	F15	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	9	9	100	19	109	15
101	F15	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	8	8	100	23	115	24
102	F16	C1	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	—	—	—	47	112	—
103	F16	C5	中間焼鈍(0.6t)	450°C × 3h	2.16E-03	—	—	—	42	117	—
104	F17	C1	中間焼鈍(2.0t)	450°C × 3h	2.16E-03	23	24	96	23	30	23
105	F17	C5	中間焼鈍(2.0t)	450°C × 3h	2.16E-03	21	23	91	25	0	28
106	F18	C1	中間焼鈍(2.0t)	450°C × 3h	2.16E-03	120	465	26	50	—	21
107	F18	C5	中間焼鈍(2.0t)	450°C × 3h	2.16E-03	114	450	25	55	—	22
108	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 10m	3.17E-05	53	90	59	42	-1	61
109	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 1h	1.44E-04	54	92	59	42	2	59
110	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 3h	4.13E-04	56	96	58	41	3	57
111	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 7h	9.50E-04	55	94	59	40	-2	52
112	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 20h	2.70E-03	55	93	59	37	-4	53
113	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 10m	3.17E-05	52	97	54	43	0	54
114	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 1h	1.44E-04	54	89	61	44	-1	52
115	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 3h	4.13E-04	53	88	60	43	4	52
116	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 7h	9.50E-04	54	91	59	41	-3	53
117	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	350°C × 20h	2.70E-03	52	95	55	38	-3	54
118	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	350°C × 10m	3.17E-05	51	92	55	39	4	56
119	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	350°C × 1h	1.44E-04	52	94	55	37	1	55
120	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	350°C × 3h	4.13E-04	52	95	55	38	-1	53
121	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	350°C × 7h	9.50E-04	53	91	58	38	3	54
122	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	350°C × 20h	2.70E-03	54	93	58	37	-2	52
123	F1	C5	仕上焼鈍(0.6t)	350°C × 10m	3.17E-05	53	94	56	40	2	51
124	F1	C5	仕上焼鈍(0.6t)	350°C × 1h	1.44E-04	52	92	57	39	0	51
125	F1	C5	仕上焼鈍(0.6t)	350°C × 3h	4.13E-04	54	91	59	38	1	52
126	F1	C5	仕上焼鈍(0.6t)	350°C × 7h	9.50E-04	51	89	57	39	5	53
127	F1	C5	仕上焼鈍(0.6t)	350°C × 20h	2.70E-03	53	89	60	39	0	51

[0096]

[表7]

供試材 No.	ろう材 番号	心材 番号	加熱工程 加熱タイミング (厚さ(mm))	加熱工程 加熱条件	$Z = \sum (\sqrt{D \cdot t})$ (m)	残存ろう α 相 平均長 (μm)	残存ろう 厚さ (μm)	残存ろう α 相平均長 ／厚さ (%)	ろう付け 隙間 充填長 (mm)	耐食性 心材腐 食深さ (μm)	耐食性 脱粒 発生部 (%)
128	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 10m	6.41E-05	53	92	58	42	-2	57
129	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 1h	3.84E-04	56	91	62	43	-6	53
130	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 3h	9.95E-04	55	93	59	44	1	58
131	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 7h	2.31E-03	57	91	63	42	2	55
132	F1	C1	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 20h	6.58E-03	59	89	66	44	-5	56
133	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 10m	6.41E-05	51	89	57	43	-1	53
134	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 1h	3.84E-04	53	93	57	44	-5	54
135	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 3h	9.95E-04	56	91	62	42	2	54
136	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 7h	2.31E-03	55	91	60	43	-1	52
137	F1	C5	中間焼鈍(0.6t)	400°C × 20h	6.58E-03	57	92	62	41	-2	52
138	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 10m	6.41E-05	54	95	57	42	4	54
139	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 1h	3.84E-04	57	89	64	41	3	52
140	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 3h	9.95E-04	55	91	60	41	2	53
141	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 7h	2.31E-03	58	92	63	40	1	54
142	F1	C1	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 20h	6.58E-03	58	95	61	39	5	52
143	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 10m	6.41E-05	52	91	57	43	3	58
144	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 1h	3.38E-04	54	90	60	40	2	57
145	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 3h	9.95E-04	55	93	59	42	1	58
146	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 7h	2.31E-03	56	91	62	41	-2	54
147	F1	C5	仕上焼鈍(0.4t)	400°C × 20h	6.58E-03	56	89	63	41	6	56

[0097] 表3～表7の結果から、以下のことが分かる。供試材No. 1～83は、本発明の構成によるものである。いずれも、ろう付け後の心材上のろう材中に残存する α 相平均長が70 μm 以上であるか、残存ろう材厚さの80%以上である。いずれも、ろう付け性（隙間充填長）、耐食性（心材腐食深さ、脱粒発生部の比率）において優れた性能を有していた。

[0098] 一方、供試材No. 84～107は、ろう材の組成が本発明の構成から外れるものである。ろう付け後の心材上のろう材中に残存する α 相平均長が70 μm 未満であるか、残存ろう材厚さの80%未満のものが多くあった。いずれも、ろう付け性（隙間充填長）、耐食性（心材腐食深さ、脱粒発生部の比率）のうちのいずれか1つ以上の性能において、劣っていた。供試材No. 106と107は、ろう材が厚く、 $X \times Y$ の数値が過大なものである。流動ろう材の絶対量が多くなるため、ろう付け処理の前後におけるブレージングシートの板厚の変化が大きくなり、また、残存ろう材中の α 相の平均長が短くなり、心材腐食深さの数値のばらつきが大きくなり、測定が困難であった。

[0099] 供試材N o. 88、89、102および103は、ろう材の液相率が100%であって、ろう材が流動し易いものであり、残存ろう材中に α 相が生成し難く、 α 相の平均長を測定することが困難であった。また脱粒発生部の測定も困難であった。

供試材N o. 108～147は、加熱処理の条件が本発明の構成から外れるものである。いずれも、加熱処理の温度が低いために、ろう付け後の心材上のろう材中に残存する α 相の平均長が70 μ m未満であり、かつ残存ろう材厚さの80%未満であった。そのため、脱粒発生部の比率が大きく、耐食性に劣っていた。

[0100] 本出願は、出願日が2015年7月29日である日本国特許出願、特願第2015-150043号を基礎出願とする優先権主張を伴う。特願第2015-150043号は参照することにより本明細書に取り込まれる。

符号の説明

- [0101] 1、10 ブレージングシート
2 心材
3、30 ろう材
4 α 相
5 共晶相

請求の範囲

- [請求項1] 心材と当該心材の少なくとも一方の面にろう材を有するアルミニウム合金ブレイジングシートであって、
前記心材がAl-Mn系合金またはAl-Mn-Cu系合金からなり、
前記ろう材がSi：2～8質量%およびZn：1～9質量%を含有するAl-Si-Zn系合金からなり、
前記ろう材のろう付け温度における液相率X（%）とろう材厚さY（ μm ）とが、下記式（1）～（3）を満足し、
（1） $30 \leq X \leq 80$ 、
（2） $Y \geq 25$ 、
（3） $1000 \leq X \times Y \leq 24000$ 、
ろう付け後の前記心材上のろう材中に残存する α 相の平均長が、残存ろう材厚さの80%以上および70 μm 以上の少なくとも一方を満足することを特徴とするアルミニウム合金ブレイジングシート。
- [請求項2] 前記心材が、Al-Mn系合金またはAl-Mn-Cu系合金からなり、Mn：2.0質量%以下（0質量%を含まず）を含有し、Cu：2.5質量%未満（0質量%を含まず）およびSi：1.7質量%以下（0質量%を含まず）のうちの少なくとも一種以上を含有する請求項1に記載のアルミニウム合金ブレイジングシート。
- [請求項3] 前記心材が、Al-Mn系合金またはAl-Mn-Cu系合金からなり、Si：0.5質量%以下（0質量%を含まず）を含有する請求項2に記載のアルミニウム合金ブレイジングシート。
- [請求項4] 心材と当該心材の少なくとも一方の面にろう材を有するアルミニウム合金ブレイジングシートの製造方法であって、
前記ろう材のろう付け温度における液相率X（%）とろう材厚さY（ μm ）とが、下記式（1）～（3）を満足し、
（1） $30 \leq X \leq 80$ 、

(2) $Y \geq 25$ 、

(3) $1000 \leq X \times Y \leq 24000$ 、

前記心材用材料をAl-Mn系合金またはAl-Mn-Cu系合金によって形成する心材形成工程と、

前記ろう材用材料をSi：2～8質量%およびZn：1～9質量%を含有するAl-Si-Zn系合金によって形成するろう材形成工程と、

前記心材用材料の少なくとも一方の面に前記ろう材用材料を配置し、前記心材用材料と前記ろう材用材料とを重ね合わせて、熱間圧延および冷間圧延によって圧着する圧延工程と、

前記冷間圧延の途中段階および前記冷間圧延後の少なくともいずれか1つ以上の段階において、410℃以上で、570℃以下または前記ろう材の固相線温度以下の温度で、10分間以上で20時間以下で、加熱処理する加熱工程を含むアルミニウム合金ブレイジングシートの製造方法。

[請求項5]

前記心材が、Al-Mn系合金またはAl-Mn-Cu系合金からなり、Mn：2.0質量%以下（0質量%を含まず）、Cu：2.5質量%未満（0質量%を含まず）およびSi：1.7質量%以下（0質量%を含まず）のうちの少なくとも一種以上を含有する請求項4に記載のアルミニウム合金ブレイジングシートの製造方法。

[請求項6]

前記加熱処理を、拡散係数D（ m^2/sec ）と加熱時間t（sec）の積の平方根の積算値である $Z = \sum (\sqrt{D \times t})$ が、 $1 \times 10^{-4} \leq Z \leq 1 \times 10^{-2}$ の関係式を満足するように行うことを特徴とする請求項4に記載のアルミニウム合金ブレイジングシートの製造方法。

ここで、拡散係数Dはアルミニウム合金ブレイジングシートの温度T（℃）の関数であり、下記式から求められる。

$$D = 3.5 / 100000 \times \exp \left[-124 \times 1000 / \{ 8.31 \times (T + 273.15) \} \right]$$

[請求項7] 前記加熱処理を、拡散係数 D (m^2/s) と加熱時間 t (s) の積の平方根の積算値である $Z = \sum (\sqrt{D \times t})$ が、 $1 \times 10^{-4} \leq Z \leq 1 \times 10^{-2}$ の関係式を満足するように行うことを特徴とする請求項5に記載のアルミニウム合金ブレイジングシートの製造方法。

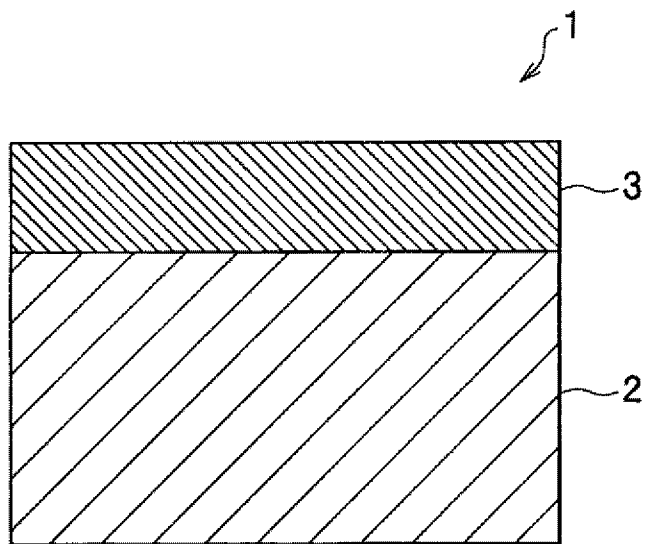
ここで、拡散係数 D はアルミニウム合金ブレイジングシートの温度 T ($^{\circ}\text{C}$) の関数であり、下記式から求められる。

$$D = 3.5 \times 10^{-10} \times \exp \left[-124000 / \{ 8.31 \times (T + 273.15) \} \right]$$

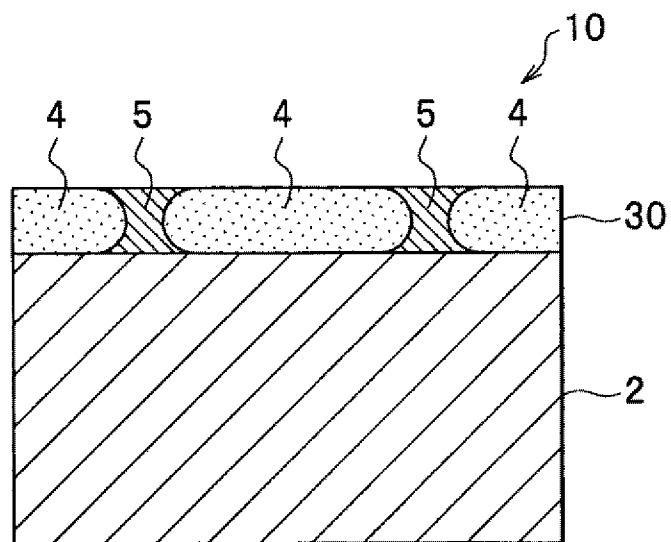
[請求項8] 請求項1～3のいずれか1項に記載のアルミニウム合金ブレイジングシートを成形し、組み立て、ろう付け処理をすることによって製造されることを特徴とする熱交換器。

[請求項9] 請求項4～7のいずれか1項に記載のアルミニウム合金ブレイジングシートの製造方法によって得られたアルミニウム合金ブレイジングシートを成形し、組み立て、ろう付け処理をすることによって製造されることを特徴とする熱交換器。

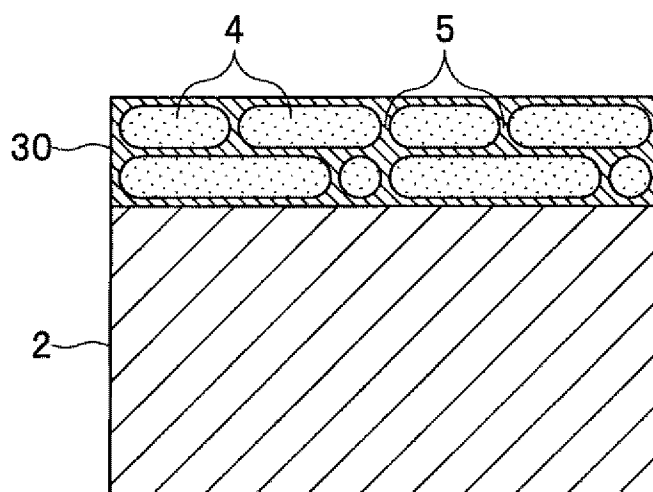
[図1]



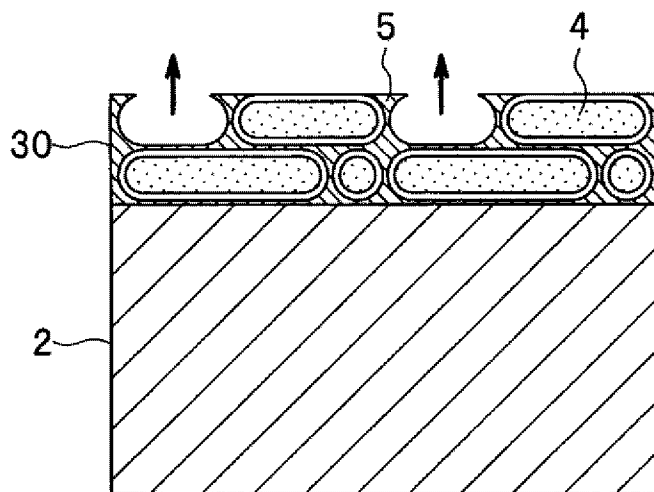
[図2]



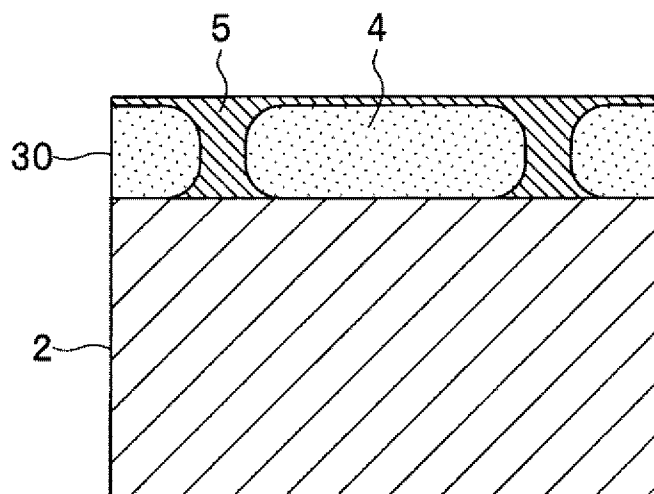
[図3]



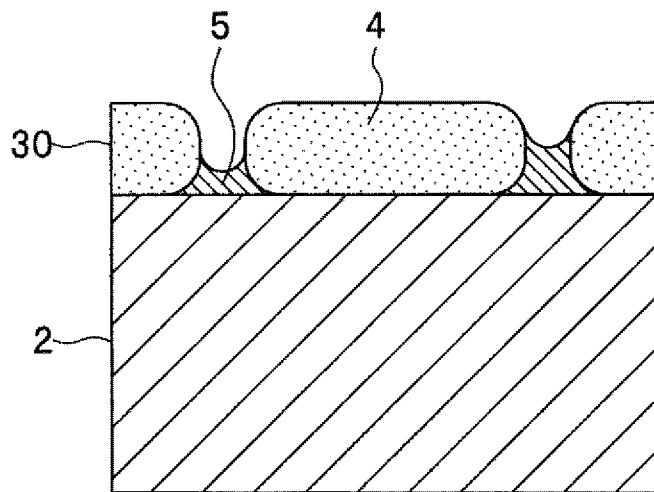
[図4]



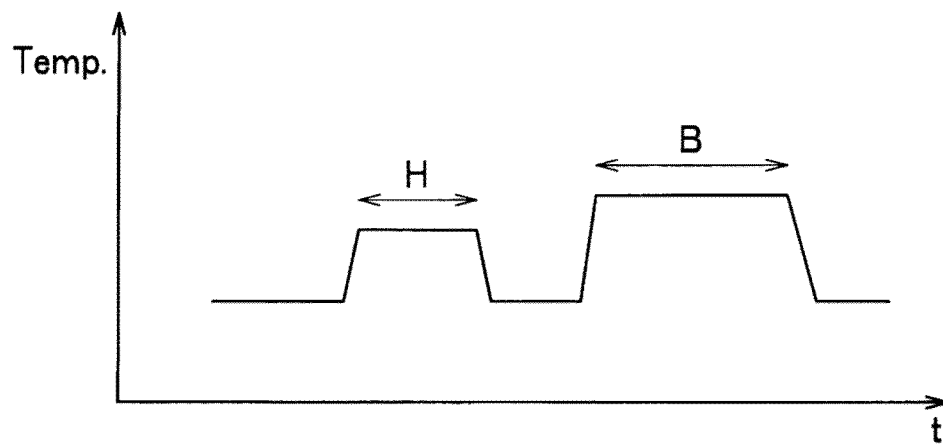
[図5]



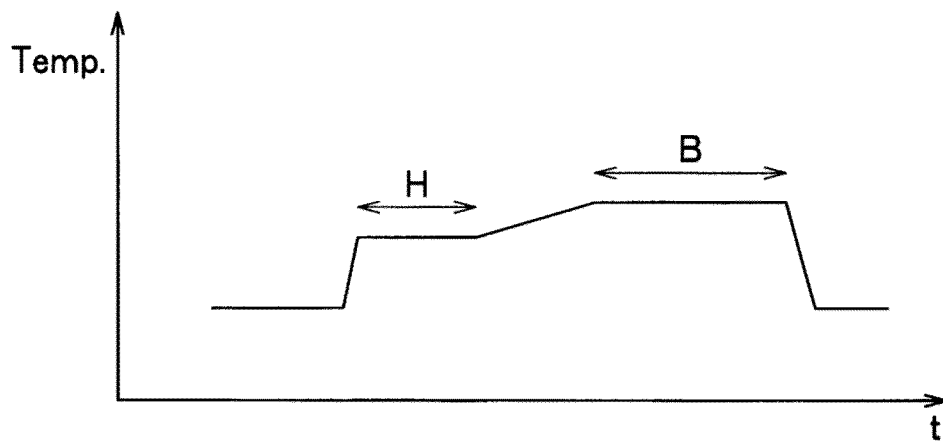
[図6]



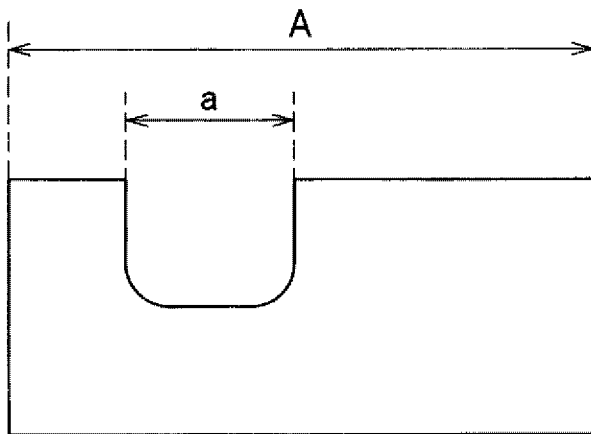
[図7]



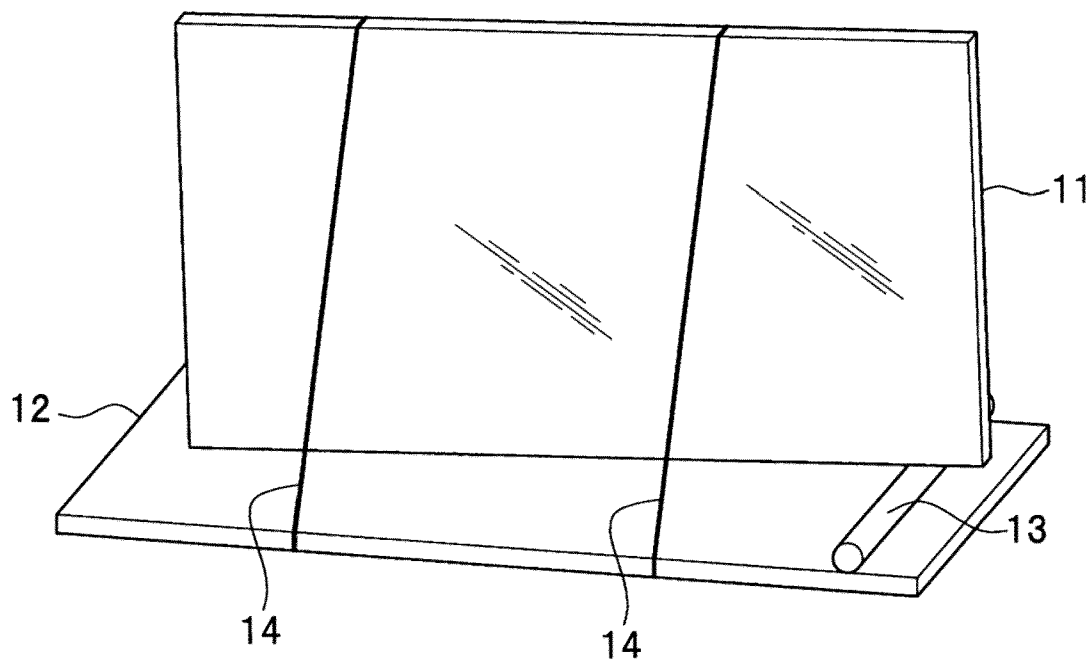
[図8]



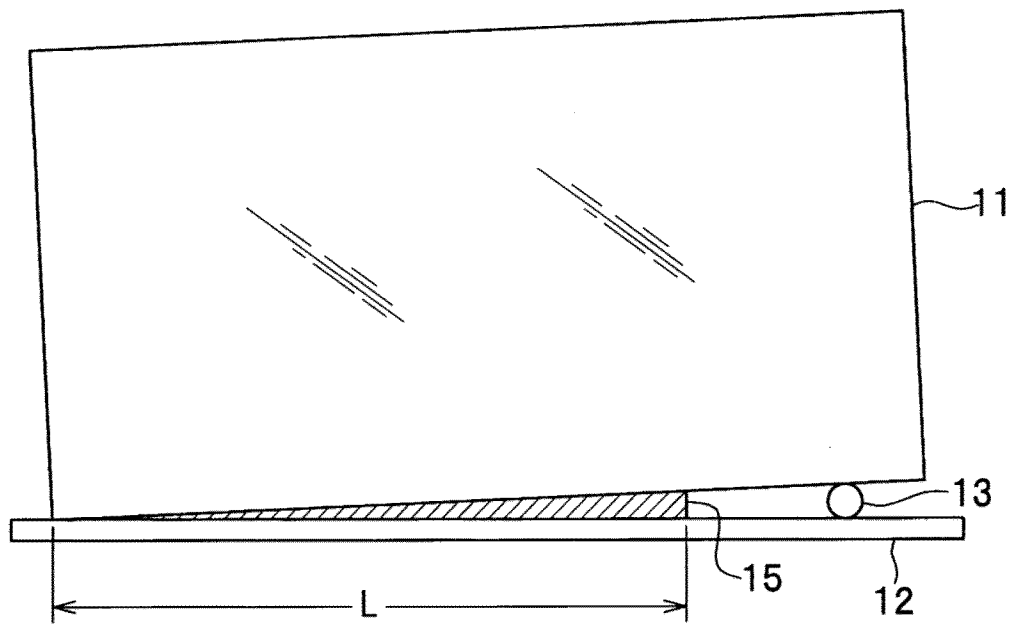
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/067891

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K35/28(2006.01)i, B23K35/40(2006.01)i, B32B15/20(2006.01)i, C22C21/02(2006.01)i, F28F21/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B23K35/00-35/40, B32B15/00-15/20, C22C21/00-21/18, F28F21/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-155673 A (Kobe Steel, Ltd.), 16 July 2009 (16.07.2009), claims; paragraphs [0065] to [0067] & US 2009/0162686 A1 claims; paragraphs [0078] to [0080] & EP 2075083 A1 & CN 101468535 A	1-9
A	WO 2010/137649 A1 (Kobe Steel, Ltd.), 02 December 2010 (02.12.2010), claims; paragraphs [0056] to [0059]; fig. 1 & US 2012/0045660 A1 claims; paragraphs [0079] to [0082]; fig. 1 & EP 2436791 A1 & CN 102414332 A & JP 2011-6784 A	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 September 2016 (08.09.16)

Date of mailing of the international search report
20 September 2016 (20.09.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/067891

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-36914 A (Kobe Steel, Ltd.), 24 February 2011 (24.02.2011), claims; paragraphs [0034] to [0039], [0079] to [0080]; tables 1 to 4; fig. 6 (Family: none)	1-9
A	JP 2011-224656 A (Kobe Steel, Ltd.), 10 November 2011 (10.11.2011), claims; paragraphs [0042] to [0047], [0049], [0052]; tables 1 to 3; fig. 2 & US 2011/0240280 A1 claims; paragraphs [0043] to [0048], [0050] to [0051]; table 1; fig. 2A to 2C & CN 102205676 A	1-9
A	JP 2014-54656 A (UACJ Corp.), 27 March 2014 (27.03.2014), claims; paragraphs [0053] to [0059], [0071] (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K35/28(2006.01)i, B23K35/40(2006.01)i, B32B15/20(2006.01)i, C22C21/02(2006.01)i, F28F21/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K35/00-35/40, B32B15/00-15/20, C22C21/00-21/18, F28F21/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-155673 A (株式会社神戸製鋼所) 2009.07.16, 特許請求の範囲, [0065] - [0067] & US 2009/0162686 A1, Claims, [0078]-[0080] & EP 2075083 A1 & CN 101468535 A	1 - 9
A	WO 2010/137649 A1 (株式会社神戸製鋼所) 2010.12.02, 請求の範囲, [0056] - [0059], 図1 & US 2012/0045660 A1, Claims, [0079]-[0082], Fig.1 & EP 2436791 A1 & CN 102414332 A & JP 2011-6784 A	1 - 9

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

08.09.2016

国際調査報告の発送日

20.09.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 毅

4 K

9154

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-36914 A (株式会社神戸製鋼所) 2011.02.24, 特許請求の範囲, [0034] - [0039], [0079] - [0080], 表1 - 表4, 図6 (ファミリーなし)	1 - 9
A	JP 2011-224656 A (株式会社神戸製鋼所) 2011.11.10, 特許請求の範囲, [0042] - [0047], [0049], [0052], 表1 - 表3, 図2 & US 2011/0240280 A1, Claims, [0043]-[0048], [0050]-[0051], Table1, Fig.2A-Fig.2C & CN 102205676 A	1 - 9
A	JP 2014-54656 A (株式会社UACJ) 2014.03.27, 特許請求の範囲, [0053] - [0059], [0071] (ファミリーなし)	1 - 9