

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第4234589号  
(P4234589)

(45) 発行日 平成21年3月4日(2009.3.4)

(24) 登録日 平成20年12月19日(2008.12.19)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 2 D 19/00 (2006.01)	B 2 2 D 19/00 W
B 2 2 D 15/00 (2006.01)	B 2 2 D 15/00 Z
B 2 2 D 19/04 (2006.01)	B 2 2 D 19/04
B 2 2 D 27/04 (2006.01)	B 2 2 D 27/04 E
B 2 2 D 17/00 (2006.01)	B 2 2 D 17/00 Z

請求項の数 17 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2003-517329 (P2003-517329)	(73) 特許権者	503326823
(86) (22) 出願日	平成14年7月31日 (2002.7.31)		リキッドメタル テクノロジーズ, インコ
(65) 公表番号	特表2004-537417 (P2004-537417A)		ーボレイティド
(43) 公表日	平成16年12月16日 (2004.12.16)		アメリカ合衆国, フロリダ 33602,
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/024427		タンパ, スイート 3150, ノース タ
(87) 国際公開番号	W02003/012157		ンパ ストリート 100
(87) 国際公開日	平成15年2月13日 (2003.2.13)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成17年7月25日 (2005.7.25)		弁理士 青木 篤
(31) 優先権主張番号	60/309,767	(74) 代理人	100077517
(32) 優先日	平成13年8月2日 (2001.8.2)		弁理士 石田 敬
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋳造の機械的接合を利用した他の金属へのアモルファス金属の接合

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

バルク凝固アモルファス合金材料を非アモルファス金属材料に接合する方法であり、該バルク凝固アモルファス合金材料の溶融温度が該非アモルファス材料の溶融温度よりも高い接合方法であって、

該バルク凝固アモルファス合金材料から作製される予備成形されたピースを提供すること、

該非アモルファス金属材料から作製される第2ピースを、該予備成形されたピースと接合する関係で以って、該非アモルファス金属材料の溶融温度よりも高い鋳込温度で鋳造して、単一の一体化された製品を形成すること、並びに、

該単一の一体化された製品を、該バルク凝固アモルファス合金材料がアモルファスのままであるのを確実にするのに十分な速度で冷却すること、  
を含んで成る、バルク凝固アモルファス合金材料を非アモルファス金属材料に接合する方法。

【請求項 2】

ヒートシンクが、前記バルク凝固アモルファス合金のガラス転移温度未満に前記予備成形されたピースの温度を維持するようさらに提供された、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

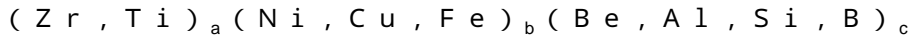
バルク凝固アモルファス合金材料から作製される予備成形されたピースを提供すること、

該予備成形されたピースと接合する関係で以って、非アモルファス材料の溶融温度よりも高い鑄込温度で該非アモルファス材料から第2ピースを鑄造すること、並びに、

該第2ピースを該バルク凝固アモルファス合金材料の少なくとも臨界冷却速度で冷却して、単一の一体化された製品を形成すること、  
を含んで成る、バルク凝固アモルファス合金材料を非アモルファス金属材料に接合する方法。

【請求項4】

前記バルク凝固アモルファス合金材料が以下の式、即ち、



で記載され、式中、原子百分率において、aが30～75の範囲にあり、bが5～60の範囲にあり、cが0～50の範囲にある、請求項3に記載の方法。

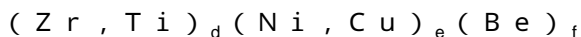
10

【請求項5】

前記バルク凝固アモルファス合金材料が、20原子パーセントまでの少なくとも1つの付加的な遷移金属を含む、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記バルク凝固アモルファス合金材料が以下の式、即ち、

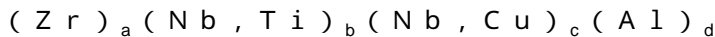


で記載され、式中、原子百分率において、dが40～75の範囲にあり、eが5～60の範囲にあり、fが5～50の範囲にある、請求項3に記載の方法。

20

【請求項7】

前記バルク凝固アモルファス合金材料が以下の式、即ち、



で記載され、式中、原子百分率において、aが45～65の範囲にあり、bが0～10の範囲にあり、cが20～40の範囲にあり、dが7.5～15の範囲にある、請求項3に記載の方法。

【請求項8】

前記非アモルファス材料が、アルミニウム合金、マグネシウム合金、及び銅合金から成る群より選択された、請求項3に記載の方法。

【請求項9】

前記非アモルファス材料が、鋼、ニッケル合金、チタン合金、及び銅合金から成る群より選択された、請求項3に記載の方法。

30

【請求項10】

前記予備成形されたピースと前記第2ピースが、前記単一の一体化された製品において機械的に固定されるよう設計された、請求項3に記載の方法。

【請求項11】

前記予備成形されたピースが、前記バルク凝固アモルファス合金材料の臨界冷却速度の少なくとも2倍の速度で冷却される、請求項3に記載の方法。

【請求項12】

冷却段階が、前記予備成形されたピースと前記第2ピースの両方を積極的に急冷することを含む、請求項3に記載の方法。

40

【請求項13】

冷却速度が500 K / 秒以下である、請求項3に記載の方法。

【請求項14】

鑄造段階が、射出鑄造、ダイカスト及び金型鑄造から成る群より選択された、請求項3に記載の方法。

【請求項15】

鑄造される材料の溶融温度が、前記予備成形されたピース材料の溶融温度未満である、請求項3に記載の方法。

【請求項16】

請求項3に記載の方法に従って作製された製品。

50

## 【請求項 17】

前記予備成形されたピースと前記第 2 ピースが機械的に固定され、単一の一体化されたピースを形成した、請求項 16 に記載の製品。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本出願は、2001 年 8 月 2 日付け出願の米国の暫定的な出願番号 60 / 309 , 767 号に関して優先権を主張しており、その内容は参照により本明細書に含まれる。

## 【0002】

本発明は、バルク凝固アモルファス合金を非アモルファス金属と接合する方法に関する 10

## 【背景技術】

## 【0003】

バルク凝固アモルファス合金は、溶融された状態から以前の通常のアモルファス合金よりも相当に遅い冷却速度、約 500 K / 秒以下で冷却でき、それでもなお、そのアモルファス原子構造を実質的に保持できるアモルファス合金の系統群である。したがって、該バルク凝固アモルファス合金は、アモルファスの形態で、かつ非常により速い冷却速度を必要とする以前のアモルファス合金に関して可能であるよりも相当に厚い 1 ミリ以上の厚さで作製できる。バルク凝固アモルファス合金は、例えば、米国特許第 5 , 288 , 344 号明細書、同第 5 , 368 , 659 号明細書、同第 5 , 618 , 359 号明細書、及び同 20  
第 5 , 735 , 975 号明細書に記載されており、その開示は参照により含まれる。

## 【0004】

最も興味深いバルク凝固合金の系統群は、分子式  $(Zr, Ti)_a(Ni, Cu, Fe)_b(Be, Al, Si, B)_c$  で表すことができ、式中、原子百分率において、a は約 30 ~ 約 75 の範囲にあり、b は約 5 ~ 約 60 の範囲にあり、c は 0 ~ 約 50 の範囲にある。これらの合金は、約 20 原子パーセントまでの相当量の他の遷移金属、好ましくは Nb、Cr、V 及び Co などの金属を収容できる。好ましい合金の系統群は  $(Zr, Ti)_d(Ni, Cu)_e(Be)_f$  であり、式中、原子百分率において、d は約 40 ~ 約 75 の範囲にあり、e は約 5 ~ 約 60 の範囲にあり、f は約 5 ~ 約 50 の範囲にある。さらにより好ましい組成物は、原子百分率で  $Zr_{41}Ti_{14}Ni_{10}Cu_{12.5}Be_{22.5}$  である。バルク凝固アモルファス合金は、何ら永久変形又は破損することなく、約 1.5 % まで又はそれ以上の歪み量に耐えることができ、約 10 k i s - s q r t ( i n ) 以上 ( s q r t は平方根を表す)、好ましくは 20 k i s - s q r t ( i n ) 以上の高い破壊靱性を有し、4 G P a 以上、好ましくは 5.5 G P a 以上の高い硬度値を有するので望ましい。望ましい機械的性質に加えて、バルク凝固アモルファス合金はまた非常に良好な耐腐食性を有する 30

## 【0005】

バルク凝固アモルファス合金の特性は、構造のいくつかの部分には必要とされない場合があり、多くの場合、アルミニウム合金、マグネシウム合金、鋼及びチタン合金などの非アモルファス材料に比べて比較的高価であるので、バルク凝固アモルファス合金は、典型的には全構造を作製するのには用いられない。それゆえ、バルク凝固アモルファス合金の構造部分を、非アモルファス凝固合金の構造部分に接合することが必要である。 40

## 【0006】

いくつかの異なる接合方法が、機械的な固定具、接着剤、並びに最後にろう付け及び溶接を含めて調査された。機械的な固定具はいくつかの場合には使用できるが、バルク凝固アモルファス合金と接触する場合に、耐腐食性などの物理的性質及び機械的性質の両方において不利を有し、接着剤は、接着剤がその強度を保持するよう十分低い使用温度の場合にしか使用できず、ろう付け及び溶接は可能であるが、アモルファス材料のろう付け及び溶接に申し分ない技術及び材料は開発されていない。

## 【発明の開示】

**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

したがって、安価であるが丈夫に、アモルファス材料を非アモルファス材料に接合する方法が必要とされる。

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

本発明は、バルク凝固アモルファス合金と非アモルファス材料との間に鑄造の機械的接合を形成することを含む、バルク凝固アモルファス材料を非アモルファス材料に接合する方法に向けられる。

**【0009】**

第1の実施態様においては、接合は、非アモルファス及びバルク凝固アモルファス合金（アモルファス金属）の溶融点を調節することによって形成される。1つのこのような実施態様においては、非アモルファス金属はアモルファス金属の溶融点よりも高い溶融点を有し、非アモルファス金属は適切に成形され、バルク凝固アモルファス合金は溶融されて、射出鑄造又はダイカストなどの技術により予備成形された非アモルファス金属のピースに対して鑄造される。別のこのような実施態様においては、非アモルファス金属はアモルファス金属の溶融点よりも低い溶融点を有し、非アモルファス合金を溶融して、射出鑄造又はダイカストによるように、固体のままである適切に成形かつ構成されたバルク凝固アモルファス合金のピースに対して鑄造することによって、非アモルファス材料をバルク凝固アモルファス合金に接合できる。

**【0010】**

第2の実施態様においては、接合は、非アモルファス及びアモルファス金属の冷却速度を調節することによって形成される。1つのこのような実施態様においては、非アモルファス金属は、予備成形されたバルク凝固アモルファス合金のピースに対して鑄造され、バルク凝固アモルファス合金の少なくとも臨界冷却速度付近の速度で、非アモルファス合金の鑄込温度からバルク凝固アモルファス合金のガラス転移温度未満に冷却される。

**【0011】**

上記の実施態様の何れかにおいて、ヒートシンクなどのシステムが、予備成形されたアモルファス金属、又は予備成形された非アモルファス金属何れかの温度を常にバルク凝固アモルファス合金のガラス転移温度未満に抑えることを確実にするのに提供できる。

**【0012】**

さらに別の実施態様においては、バルク凝固アモルファス合金及び非アモルファス金属のピース形状は、最終的なピースの機械的なかみ合いを作り出すよう選択される。

**【0013】**

本発明のこれら及び他の特徴並びに利点は、以下の詳細な説明、特許請求の範囲、及び添付図面より明らかである。

**【発明を実施するための最良の形態】****【0014】**

本発明は、バルク凝固アモルファス合金を非アモルファス金属に接合する方法に向けられる。

**【0015】**

バルク凝固アモルファス合金は、溶融された状態から以前の通常のアモルファス合金よりも相当に遅い冷却速度、約500K/秒以下で冷却でき、それでもなお、そのアモルファス原子構造を実質的に保持できるアモルファス合金の系統群である。したがって、該バルク凝固アモルファス合金は、アモルファスの形態で、かつ非常により速い冷却速度を必要とする以前のアモルファス合金に関して可能であるよりも相当に厚い1ミリ以上の厚さで作製できる。バルク凝固アモルファス合金は、例えば、米国特許第5,288,344号明細書、同第5,368,659号明細書、同第5,618,359号明細書、及び同第5,735,975号明細書に記載されており、その開示は参照により含まれる。

**【0016】**

最も興味深いバルク凝固合金の系統群は、分子式  $(Zr, Ti)_a(Ni, Cu, Fe)_b(Be, Al, Si, B)_c$  で表すことができ、式中、原子百分率において、 $a$  は約 30 ~ 約 75 の範囲にあり、 $b$  は約 5 ~ 約 60 の範囲にあり、 $c$  は 0 ~ 約 50 の範囲にある。これらの合金は、約 20 原子パーセントまでの相当量の他の遷移金属、好ましくは Nb、Cr、V 及び Co などの金属を収容できる。好ましい合金の系統群は  $(Zr, Ti)_d(Ni, Cu)_e(Be)_f$  であり、式中、原子百分率において、 $d$  は約 40 ~ 約 75 の範囲にあり、 $e$  は約 5 ~ 約 60 の範囲にあり、 $f$  は約 5 ~ 約 50 の範囲にある。さらにより好ましい組成物は、原子百分率で  $Zr_{41}Ti_{14}Ni_{10}Cu_{12.5}Be_{22.5}$  である。別の好ましい合金の系統群は  $(Zr)_a(Nb, Ti)_b(Nb, Cu)_c(Al)_d$  であり、式中、原子百分率において、 $a$  は 45 ~ 65 の範囲にあり、 $b$  は 0 ~ 10 の範囲にあり、 $c$  は 20 ~ 40 の範囲にあり、 $d$  は 7.5 ~ 15 の範囲にある。バルク凝固アモルファス合金は、何ら永久変形又は破損することなく、約 1.5 % まで又はそれ以上の歪み量に耐えることができる。該合金は、約  $10 \text{ kis-sqrt(in)}$  以上 ( $\text{sqrt}$  は平方根を表す)、好ましくは  $20 \text{ kis-sqrt(in)}$  以上の高い破壊靱性を有する。さらに該合金は、4 GPa 以上、好ましくは 5.5 GPa 以上の高い硬度値を有する。望ましい機械的性質に加えて、バルク凝固アモルファス合金はまた非常に良好な耐腐食性を有する。

【0017】

バルク凝固アモルファス合金の別の組は、鉄合金 (Fe, Ni, Co) に基づいた組成物である。このような組成物の例は、米国特許第 6,325,868 号明細書; (A. Inoue らの Appl. Phys. Lett., Volume 71, 464 頁 (1997)); (Shen らの Mater. Trans., JIM, Volume 42, 2136 頁 (2001)); 及び特願 2001-26277 号明細書 (特開 2001-303218 号公報) に開示されており、それらすべてはその参照により本明細書に含まれる。このような合金の 1 つの例示的な組成物は、 $Fe_{72}Al_5Ga_2P_{11}C_6B_4$  である。このような合金の別の例示的な組成物は、 $Fe_{72}Al_7Zr_{10}Mo_5W_2B_{15}$  である。これらの合金組成物は Zr 基合金系の程度には加工できないが、それでもなお、それらは本発明で利用されるのに十分な約 1.0 mm 以上の厚さに加工できる。

【0018】

一般に、バルク凝固アモルファス合金の結晶性析出は、合金の特性、特にはこのような合金の靱性及び強度にとって非常に有害であり、したがって、これらの析出物の体積分率を可能な限り最小限に抑えることが一般に好ましい。しかしながら、延性のある結晶相が、バルク凝固アモルファス合金を加工する間にその位置で析出する場合があります、それはバルク凝固アモルファス合金の特性、特に靱性及び延性にとって実に有益である。このような有益な析出物を含んで成るこのようなバルク凝固アモルファス合金もまた、本発明に包含される。1 つの例示的なケースは、(C. C. Hays らの Phys. Rev. Lett., Vol. 84, 2901 頁, 2000) に開示されており、その開示は参照により本明細書に含まれる。

【0019】

異なる組成を有しかつ金属の場合に通常結晶金属であるという点で、通常は非アモルファスであるので、本明細書で“非アモルファス”金属と一般に称される第 2 金属は、例えば、アルミニウム合金、マグネシウム合金、鋼、ニッケル基合金、銅合金及びチタン基合金等を含む、任意の好適な非アモルファス金属から選択できる。

【0020】

本発明は、第一にバルクアモルファス合金を非アモルファス金属に接合する方法に向けられる。図 1 及び図 2 で示されるように、金属の関連する物理的性質に応じて 2 つの異なる方法がある。

【0021】

第 1 の例示的な実施態様においては、図 1 に示されるように、方法は、より高い溶融点を有する非アモルファス金属を、比較的より低い溶融点を有するバルク凝固アモルファス合金に接合するために準備する。アモルファス材料は、結晶金属と同じようには溶融現象

10

20

30

40

50

を受けないが、観察者にとって該材料が溶融された固体としてふるまうほど、該材料の粘度が低くなる“溶融点”を示すと便利である。アモルファス金属の溶融点又は溶融温度は、材料の粘度が約  $10^2$  ポアズ未満に下がる温度とみなすことができる。あるいはまた、アモルファス金属の溶融温度として、バルク凝固アモルファス合金組成物の結晶相の溶融温度を採用することが便利な場合がある。

#### 【0022】

例えば、鋼、ニッケル基合金、及びほとんどのチタン基合金の溶融点は、ほとんどのバルク凝固アモルファス合金の溶融点よりも高い。この場合には、非アモルファス金属が適切に成形かつ構成され、固体のままであり（段階1）、バルク凝固アモルファス金属が溶融され（段階2）、予備成形された非アモルファス金属のピースに対して射出鑄造又はダイカストなどの技術により鑄造される（段階3）。バルク凝固アモルファス合金が溶融される金属である場合には、該合金はまた、加工の完了時にアモルファスの状態を達成するために十分速く冷却されなければならないが、このような冷却は、このような鑄造技術で達成できる範囲にある。急速冷却は、任意の実施可能なアプローチによって達成できる。1つの例においては、溶融されたバルク凝固アモルファス合金の急速冷却は、該合金が非アモルファス金属と鑄型とに接触している場合に十分である。他の場合には、封入された金属を有する鑄型全体が、鑄造に続いて急速に冷却できる。

#### 【0023】

さらに好ましい他の実施態様においては、破線のボックス（随意的段階3a）で示されるように、非アモルファスの部品に蓄積された熱によって、鑄造プロセスの間又はその後アモルファス合金が流動又は結晶化することのないよう、非アモルファス金属の予備成形された部品がバルク凝固アモルファス合金ピースのガラス転移温度（ $T_g$ ）を超えないことを確実にするために、更なるヒートシンク又は同様の温度保持システムが該部品に与えられる。ヒートシンクは、予備成形された非アモルファス金属の部品がヒートシンクそれ自体であるほど十分大きい場合のように消極的なものであることができる。あるいはまた、ヒートシンクは、予備成形された非アモルファス金属の部品と密接な又は緊密な接触を有する、鑄型又はダイの壁などの積極的な（又は外部の）ものであることができる。最後に、ヒートシンクは、（予備成形された非アモルファス金属の部品と密接又は緊密に接触している）バルク凝固アモルファス合金の鑄造ピースを積極的に冷却することによって達成できる。この積極的な冷却は鑄型又はダイの壁を通して達成することもできる。

#### 【0024】

図2のフローチャートに表される第2の例示的な方法においては、非アモルファス金属は、アモルファス金属の溶融点よりも低い溶融点を有する。

#### 【0025】

1つの例においては、上記のバルク凝固アモルファス合金は、アルミニウム合金のような低溶融点の非アモルファス金属に接合される。上記の典型的なアモルファス金属の溶融点は800程度である。ほとんどのアルミニウム合金の溶融点は約650以下である。このような例示的な実施態様においては、図2に示されるように、アルミニウム合金（又はマグネシウム合金のような他の低溶融点合金）のピースは、バルク凝固アモルファス合金のピース（段階1）に、該アルミニウム合金を溶融して（段階2）、射出鑄造又はダイカストによるように、固体のままである適切に成形かつ構成されたバルク凝固アモルファス合金のピースに対して、該アルミニウム合金を鑄造すること（段階3）によって接合できる。

#### 【0026】

本発明のこの実施態様においては、バルク凝固アモルファス合金が固体のままであることを確実にするために、バルク凝固アモルファス合金をその転移ガラス温度（ $T_g$ ）未満の温度で保つヒートシンクが提供される。ヒートシンクは、予備成形されたバルク凝固アモルファス合金の部品がヒートシンクそれ自体であるほど十分大きい場合などの消極的なものであることができる。あるいはまた、ヒートシンクは、予備成形されたバルク凝固アモルファス合金のピースと密接又は緊密に接触している、鑄型又はダイの壁などの積極的な

(又は外部の)ものであることもできる。最後に、ヒートシンクは、(予備成形されたバルク凝固アモルファス合金のピースと密接又は緊密に接触している)非アモルファス金属の鑄造物を積極的に冷却することによって達成することもできる。この冷却は鑄型又はダイの壁を通して達成することもできる。

#### 【0027】

上記の実施態様は、アモルファス及び非アモルファス金属の物理的性質、即ち、熔融温度に依存しているが、熔融又は鑄造金属の冷却速度を調節することで、このような制限が要求されないと解されるべきである。具体的には、鑄造金属の冷却速度を調節してアモルファス金属の結晶化を防ぐことで、何れの金属もその関連する熔融温度に関係なく“鑄造金属”として利用できる。

10

#### 【0028】

バルク凝固アモルファス合金の結晶化挙動は、それが熔融液からその平衡熔融点  $T_{melt}$  未満まで過冷却される場合には、時間 - 温度 - 変態 (“TTT”) 線図を用いて図式的に説明でき、説明的な TTT - 線図が図3に示される。アモルファス金属の温度が熔融温度未満に下げられる場合、経過時間が臨界値  $t_x(T)$  を超える前にガラス転移温度まで急冷されなければ、合金が最終的に結晶化することは周知である。この臨界値は TTT - 線図によって与えられ、過冷却される温度に依存する。したがって、最初に、バルク凝固アモルファス合金は、材料の TTT - 線図の“ノーゼ領域” ( $T_{nose}$ 、最小の時間で合金の結晶化が起こる温度を表す) をバイパスして、(図3の矢印で示されるように) 結晶化を回避するほど十分速く、上記の熔融点からガラス転移温度 ( $T_g$ ) 未満まで十分急速に冷

20

#### 【0029】

図4に示されるフローチャートにまとめられる、このようなプロセスの1つの例示的な実施態様においては、非アモルファス金属が、予備成形されたバルク凝固アモルファス合金のピースに対して鑄造される。この実施態様においては、非アモルファス金属は、バルク凝固アモルファス合金の臨界冷却速度よりも速い速度で、非アモルファス金属の鑄込温度からバルク凝固アモルファス合金のガラス転移温度未満に冷却される。鑄造される非アモルファス金属の冷却速度を調節することで、予備成形されたバルクアモルファス金属のピースは、非結晶化領域(図3)において、その TTT - 線図の左側部分にある。このような実施態様においては、好ましくは、非アモルファス金属は、アモルファス金属ピースの部分が全く結晶化されないのを確実にするために、バルク凝固アモルファス合金の臨界冷却速度の2倍を超える速度で、非アモルファス金属の鑄込温度からバルク凝固アモルファス合金のガラス転移温度未満に冷却される。

30

#### 【0030】

いくつかの鑄造方法が、十分な冷却速度を提供するために実施できる。例えば、(特に、アルミニウム合金、亜鉛合金、マグネシウム合金のための) 金型鑄造、ダイカストなど。この方法は2つの金属の熔融温度から独立して実施できるが、それはバルク凝固アモルファス合金が非アモルファス金属よりも高い熔融温度を有する場合に好ましい。冷却速度と熔融温度の両方を調節することで、バルクアモルファス合金の粘度及び活性が低減されたレベルで保たれ、それによって、不要な金属間化合物が冶金反応により2つの材料の界面で形成するのを防ぐように、バルクアモルファス合金の温度が鑄造の間常にその熔融温度未満にあることを確実にする。

40

#### 【0031】

さらに本発明は、上記の接合方法によって形成された製品にも向けられる。1つの例示的な実施態様においては、バルク凝固アモルファス合金及び非アモルファス金属のピース形状は、最終的なピースの機械的なかみ合いを作り出すよう選択される。図5及び図6はこのようなアプローチを図示している。図5及び図6において、金属Aは非アモルファス金属であり、金属Bはバルク凝固アモルファス合金である。

#### 【0032】

図5について言えば、金属Aが金属Bよりも低い熔融点を有する場合(上記の第1のケ

50

ース)、金属Bがかみ合い形状10を有するよう機械加工されるのを見ることができる。次いで金属Aが溶融され、金属Bに対して鑄造され、かみ合い形状10を満たし、それに適合させる。冷却すると、金属Aがかみ合い形状12に凝固し、2つのピース10及び12が互いに機械的に固定される。

【0033】

あるいはまた、図6に示されるように、非アモルファス金属Aがバルク凝固アモルファス金属Bよりも高い溶融点を有する場合(上記の第2ケース)、金属Aはかみ合い形状10を有するよう機械加工される。次いで金属Bが溶融され、金属Aに対して鑄造され、かみ合い形状10を満たし、それに適合させる。冷却すると、金属Bが凝固してかみ合い形状12を形成し、2つのピース金属A及び金属Bが互いに機械的に固定される。

10

【0034】

2つの異なるかみ合い形状のみが図5及び図6で示されるが、鑄造プロセスが完了した後、金属Aと金属Bの分離を妨げる機械的な干渉があるような任意の好適なかみ合い形状が、本発明で利用できると解されるべきである。

【0035】

本発明の方法は、金属が永続的に互いに機械的に固定されるよう設計されるが、このようなピースは、より低い溶融点を有する金属を該溶融点に溶融することで分離される。

【0036】

加えて、2つの独立したピースのみの接合が本発明において記載されるが、本発明の方法は、任意の数のバルク凝固合金及び非アモルファス金属製品を互いに接合するのに利用できると解されるべきである。

20

【0037】

特定の実施態様が本明細書で開示されるが、当業者は、字義通り又は均等論のもと特許請求の範囲内にある、バルク凝固アモルファス合金を非アモルファス金属に接合するための他の方法を設計でき及び設計するであろうことが期待される。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】本発明の第1の例示的な実施態様に従った方法のフローチャートである。

【図2】本発明の第2の例示的な実施態様に従った方法のフローチャートである。

【図3】本発明によるアモルファス金属の図式的な時間-温度-変態(“TTT”)線図である。

30

【図4】本発明の第3の例示的な実施態様に従った方法のフローチャートである。

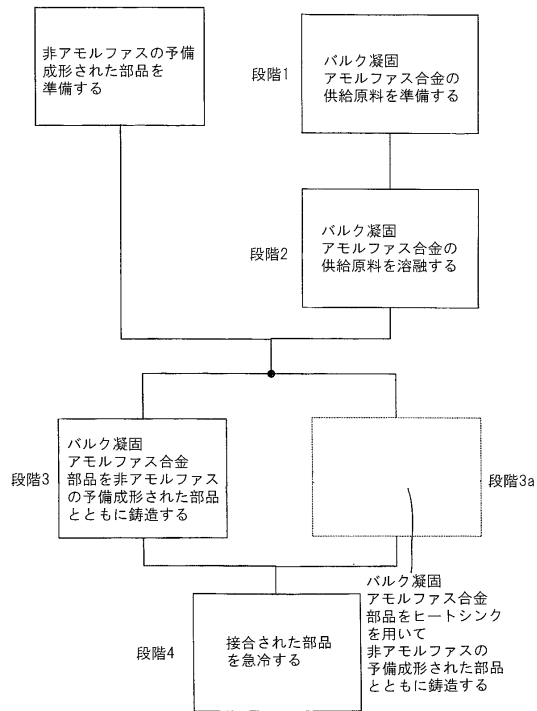
【図5】本発明に従った例示的な接合の概略図である。

【図6】本発明に従った例示的な接合の概略図である。



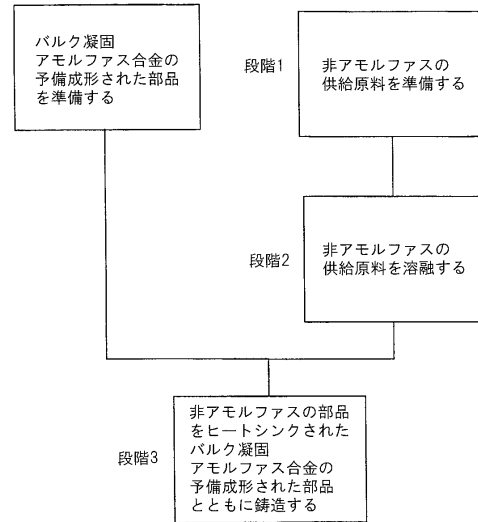
【図 1】

Figure 1



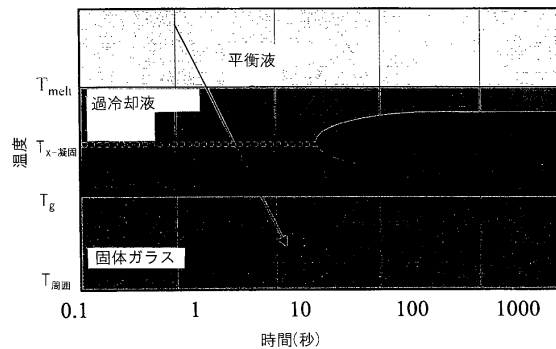
【図 2】

Figure 2



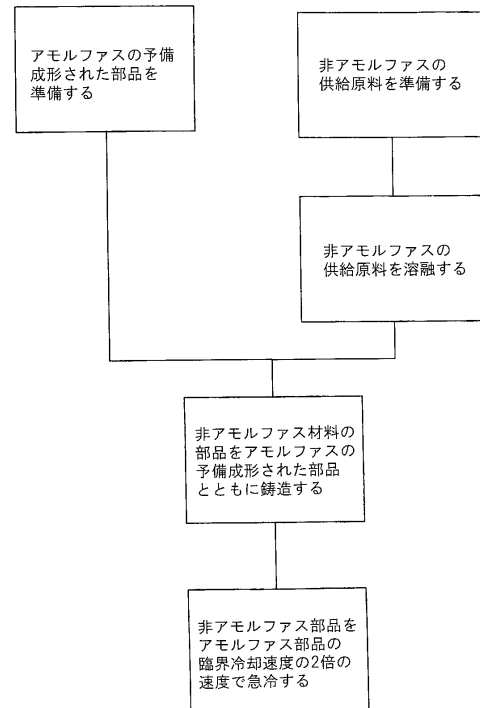
【図 3】

Figure 3



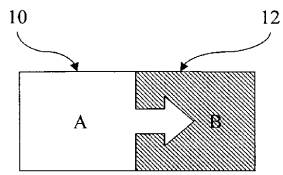
【図 4】

Figure 4



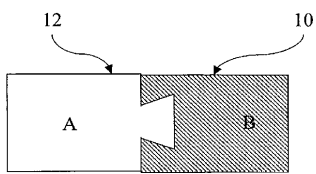
【図 5】

Figure 5



【図 6】

Figure 6



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
B 2 2 C 9/06 (2006.01) B 2 2 C 9/06 B  
C 2 2 C 45/00 (2006.01) C 2 2 C 45/00

(74)代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

(72)発明者 キム, チュンニユン ピー.

アメリカ合衆国, カリフォルニア 9 1 3 2 6, ノースリッジ, タートル リッジ レーン 1 9  
5 6 3

(72)発明者 ペーカー, アタカン

アメリカ合衆国, カリフォルニア 9 2 6 5 6, アリソ ビージョ, コーヒーベリー 1 7

審査官 福島 和幸

(56)参考文献 米国特許第 0 5 4 8 2 5 8 0 ( U S , A )

特開平 0 7 - 2 6 8 5 9 7 ( J P , A )

特開平 0 9 - 3 2 3 1 4 6 ( J P , A )

特開平 1 1 - 0 7 6 4 7 5 ( J P , A )

特開平 1 0 - 2 0 2 3 7 2 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

B22D 19/00-19/16

B22D 17/00-17/32

B22C 9/06

C22C 45/00