

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3592425号
(P3592425)

(45) 発行日 平成16年11月24日(2004.11.24)

(24) 登録日 平成16年9月3日(2004.9.3)

(51) Int.CI.⁷

F 1

B 23 K 35/24
C 22 C 28/00
C 22 C 45/00B 23 K 35/24 31 O
C 22 C 28/00 A
C 22 C 45/00

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平8-19854
 (22) 出願日 平成8年2月6日(1996.2.6)
 (65) 公開番号 特開平8-276291
 (43) 公開日 平成8年10月22日(1996.10.22)
 審査請求日 平成14年11月26日(2002.11.26)
 (31) 優先権主張番号 特願平7-19484
 (32) 優先日 平成7年2月7日(1995.2.7)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000005326
 本田技研工業株式会社
 東京都港区南青山二丁目1番1号
 (74) 代理人 100071870
 弁理士 落合 健
 (74) 代理人 100097618
 弁理士 仁木 一明
 (72) 発明者 細江 光矢
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内
 (72) 発明者 野崎 勝敏
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
 社本田技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】希土類合金ろう材

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

希土類元素REの含有量がRE 50原子%、Cuの含有量が18原子% Cu < 40原子% および他の合金元素AEの含有量がAE 20原子%であり、前記合金元素AEはFe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Ag、Au、Zn、B、Al、Ga、In、C、Si、Ge、Sn、Pb、P、SbおよびBiから選択される少なくとも一種であることを特徴とする希土類合金ろう材。

【請求項2】

前記希土類元素REの含有量が57原子% RE < 80原子%であり、また前記合金元素AEがAlである、請求項1記載の希土類合金ろう材。 10

【請求項3】

前記希土類元素REはNdであって、Ndの含有量が68原子% Nd 70原子%、Cuの含有量が22原子% Cu 30原子% およびAlの含有量が2原子% Al 8原子%である、請求項2記載の希土類合金ろう材。

【請求項4】

前記希土類元素REはPrであって、Prの含有量が60原子% Pr 70原子%、Cuの含有量が20原子% Cu 30原子% およびAlの含有量が5原子% Al 20原子%である、請求項2記載の希土類合金ろう材。

【請求項5】

液相発生温度Tmが380 Tm 600 である、請求項1, 2, 3または4記載の 20

希土類合金ろう材。

【請求項 6】

非晶質合金である、請求項 1，2，3，4 または 5 記載の希土類合金ろう材。

【請求項 7】

永久磁石素材の接合に用いられる、請求項 1，2，3，4，5 または 6 記載の希土類合金ろう材。

【請求項 8】

超磁歪合金部材の接合に用いられる、請求項 1，2，3，4，5 または 6 記載の希土類合金ろう材。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は希土類合金ろう材、例えば永久磁石素材、超磁歪合金部材等の接合材として好適な、希土類合金よりなるろう材に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば、希土類元素を含む永久磁石素材は、非常に脆いため機械加工性が悪く、また高温下に曝されると、金属組織が変化するためそれに伴い磁石特性が影響を受ける、といった性質を有する。

【0003】

20

そのため、例えば永久磁石素材をモータのロータ用鉄心に取付ける場合、あり差し構造、ねじ止め、溶接等の取付手段を採用することができないので、従来は接着剤が用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、接着剤を用いると、永久磁石素材の濡れ性が悪いため接合強度が低く、また温度上昇に伴いその接合強度が著しく低下する、といった問題を生ずる。このような状況下ではモータの高速回転化の要請に到底対応することはできない。

【0005】

【課題を解決するための手段】

30

本発明は前記に鑑み、比較的液相発生温度が低く、永久磁石素材等の各種被接合部材の接合材として好適な前記希土類合金ろう材を提供することを目的とする。

【0006】

前記目的を達成するため本発明によれば、希土類元素 RE の含有量が RE 50 原子%、Cu の含有量が 18 原子% Cu < 40 原子% および他の合金元素 AE の含有量が AE 20 原子% であり、前記合金元素 AE は Fe、Co、Ni、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Pt、Ag、Au、Zn、B、Al、Ga、In、C、Si、Ge、Sn、Pb、P、Sb および Bi から選択される少なくとも一種である希土類合金ろう材が提供される。

【0007】

希土類元素 RE、Cu および合金元素 AE の含有量を前記のように特定すると、加熱下において希土類元素 RE と、Cu および合金元素 AE とが共晶反応を行うため、希土類合金ろう材の液相発生温度 Tm は比較的低くなる、つまり易融化が達成される。そして、希土類合金ろう材より生じた液相は高活性であることから、液相状態または固液共存状態の希土類合金ろう材は種々の材質の被接合部材に対し良好な濡れ性を発揮して拡散現象を現出する。また希土類合金ろう材は、加熱下において固相状態でも種々の材質の被接合部材に対して良好な拡散性を発揮する。このような希土類合金ろう材を用いることによって、比較的低温下で両被接合部材を強固にろう接することが可能であり、したがって、このろう材は永久磁石用素材等の各種被接合部材の接合材として好適である。

【0008】

Cu を含有する希土類合金は、例えば液体急冷法の適用下で非晶質化する。この希土類合

40

金に前記合金元素 A E を特定量含有させると、その非晶質化が促進されると共に薄帯状に成形する場合の連続性が改善されるので、単ロール法の適用下で、肉厚が約 10 ~ 約 100 μm で、且つ均質化を達成された、非晶質合金よりなる薄帯を容易に得ることができる。

【 0 0 0 9 】

このような薄帯より希土類合金ろう材を得ることが可能である。この場合、前記薄帯は高韌性であるから、それに打抜き加工等の切り出し加工を施してろう材を所望形状に形成することができる。またろう材は、それに酸化の起点となる粒界層がないので優れた耐酸化性を有する。その上、ろう接に当っては、ろう材としての必要厚さの調節を、単に薄片を積層することによって行うことが可能であり、またろう接中に、不純物となる酸化物が、ろう材より形成された接合層内に混在することもない。

【 0 0 1 0 】

薄帯の厚さは、冷却ロールの周速、溶湯の噴射圧、その溶湯温度等によって調節され、その厚さは、インゴットから切出す場合の 1 / 2 ~ 1 / 10 である。

【 0 0 1 1 】

ただし、希土類合金ろう材において、希土類元素 R E の含有量が R E < 50 原子% では液相発生温度 T m が上昇傾向となり、また接合強度が低下する。C u の含有量が C u < 18 原子% では非晶質化を達成することが困難となり、一方、C u 40 原子% では液相発生温度 T m が上昇する。合金元素 A E の含有量が A E > 20 原子% では、非晶質合金よりなる薄帯の連続性および均質性が悪化する。

【 0 0 1 2 】

【 発明の実施の形態 】

希土類合金ろう材は希土類元素 R E 、 C u および他の合金元素 A E より構成される。希土類元素 R E の含有量は R E 50 原子% に、 C u の含有量は 18 原子% C u < 40 原子% に、合金元素 A E の含有量は A E 20 原子% にそれぞれ設定される。

【 0 0 1 3 】

希土類元素 R E は S c 、 Y およびランタノイド、つまり 17 種の元素から選択される少なくとも一種であり、それらは単体、または混合物である M m (ミッシュメタル) 若しくは D i (ジジミウム) の形態で用いられる。また合金元素 A E は F e 、 C o 、 N i 、 R u 、 R h 、 P d 、 O s 、 I r 、 P t 、 A g 、 A u 、 Z n 、 B 、 A l 、 G a 、 I n 、 C 、 S i 、 G e 、 S n 、 P b 、 P 、 S b および B i から選択される少なくとも一種である。

【 実施例 1 】

この実施例では N d - C u - A E 系希土類合金ろう材について述べる。

【 0 0 1 4 】

純度 99.9 % の N d と、純度 99.9 % の C u と、純度 99.9 % の C とを、 N d₇₀ C u₂₀ C₁₀ 合金 (数値の単位は原子%、以下の例において同じ) が得られるように秤量し、次いでその秤量物を真空溶解炉を用いて溶解し、その後鋳造を行ってインゴットを得た。

【 0 0 1 5 】

このインゴットから約 50 g の原料を採取し、これを石英ノズルで高周波溶解して溶湯を調製し、次いで溶湯を石英ノズルのスリットから、その下方で高速回転する C u 製冷却ロール外周面にアルゴンガス圧により噴出させて超急冷し、幅 30 mm 、厚さ 20 μm の N d₇₀ C u₂₀ C₁₀ 合金よりなる薄帯を得た。この薄帯は均質であると共に連続性も良く、したがって前記組成の合金は薄帯形成性が良好である。

【 0 0 1 6 】

この場合の製造条件は次の通りである。即ち、石英ノズルの内径 40 mm 、スリットの寸法 幅 0.25 mm 、長さ 30 mm 、アルゴンガス圧 1.0 kgf/cm² 、溶湯温度 800 °C 、スリットと冷却ロールとの距離 1.0 mm 、冷却ロールの周速 33 m/sec 、溶湯の冷却速度 約 10⁵ K/sec である。

【 0 0 1 7 】

10

20

30

40

50

図1は薄帯のX線回折結果を示し、この薄帯においては231°に幅広のハローパターンが観察され、このことから薄帯の金属組織は非晶質単相組織であることが判明した。このNd₇₀Cu₂₀C₁₀合金の結晶化温度Txは190.7であった。また薄帯の液相発生温度Tmは540.3であって易融化が図られていた。さらに薄帯は、高い韌性を有するので、180°密着曲げが可能であり、また変色もなく優れた耐酸化性を備えていた。さらにまた前記製造条件において、冷却ロールの周速のみを変えて薄帯の厚さを20μmから400μmまで変化させ、非晶質単相組織が得られる薄帯の臨界厚さを求めたところ、その臨界厚さは270μmであることが判明した。

【0018】

次に、厚さ100μmの薄帯に打抜き加工を施して、図2に示すように縦10mm、横10mmで非晶質の薄片状ろう材1を作製し、このろう材1を用いて次のような方法でろう接を行った。

【0019】

一方の被接合部材として、縦10mm、横10mm、厚さ3mmのNdFeB系永久磁石素材（住友特殊金属社製、商品名NEOMAX-28UH、キュリー点310）2を選定し、また他方の被接合部材として、厚さ0.3mmの冷間圧延鋼板4を積層してなり、且つ縦10mm、横10mm、長さ15mmの直方体状の積層体3を選定した。この場合、各鋼板4の接合にはかしめ手段5が用いられている。

【0020】

図2に示すように、1つの積層体3の鋼板端面よりなる接合面6上に1つのろう材1を、またろう材1の上に永久磁石素材2を、さらに永久磁石素材2の上にもう1つのろう材1を、さらにまたろう材1の上にもう1つの積層体3をその接合面6を下向きにしてそれぞれ重ね合わせて重ね合せ物を作製した。次いで、その重ね合せ物を真空加熱炉内に設置し、加熱温度T=550、加熱時間15分間の加熱工程、それに次ぐ炉冷よりなる冷却工程を行って、図3に示すように2つの積層体3により永久磁石素材2を挟むようにそれら2,3をろう材1より形成された結晶質の接合層7を介しろう接した接合体8を得た。このろう接においては、加熱温度TがT=550であって、ろう材1の液相発生温度Tm=540.3を超えており、ろう材1は固液共存状態となる。なお、両積層体3に存する貫通孔9は引張り試験においてチャックとの連結に用いられる。

【0021】

比較のため、前記同様の永久磁石素材2と前記同様の2つの積層体3とをエポキシ樹脂系接着剤（日本チバガイギ社製、商品名アラルダイト）を介し重ね合せて前記同様の重ね合せ物を作製した。次いで、その重ね合せ物を乾燥炉内に設置して、加熱温度200、加熱時間60分間の加熱工程、それに次ぐ炉冷よりなる接合処理を行って、2つの積層体3と永久磁石素材2とをエポキシ樹脂系接着剤を介して接合した前記同様の接合体を得た。

【0022】

ろう材1を用いた接合体8、およびエポキシ樹脂系接着剤を用いた接合体について室温下で引張り試験を行ったところ、表1の結果を得た。

【0023】

【表1】

10

20

30

40

接合体	引張強さ (kg f / mm ²)
ろう材を使用した場合	4.2
接着剤を使用した場合	1.5

10

【0024】

表1から明らかなように、ろう材1を用いた接合体8は、エポキシ樹脂系接着剤を用いた接合体に比べて接合強度が高く、またそのばらつきも小さかった。この接合強度の向上には、非晶質のろう材1が優れた耐酸化性を有すると共に均質であること、接合層内に酸化物が混在しないこと等も寄与している。

【0025】

NdFeB系永久磁石素材、SmCo系永久磁石素材等の希土類元素を含む永久磁石素材2は、ろう接時の加熱温度TがT > 650 になると、その磁石特性、特に保磁力_IH_C（磁化の強さI = 0）が低下傾向となる。ただし、残留磁束密度B_rおよび保磁力_BH_C（磁束密度B = 0）は殆ど変わらず、したがって最大磁気エネルギー積(BH)m_axは略一定である。前記ろう接においては、その加熱温度TがT = 550 であってT = 650 であるから、永久磁石素材2の磁石特性を変化させることはない。

20

【0026】

また前記永久磁石素材2の濡れ性の悪さは、その結晶粒界に希土類元素濃度、この実施例ではNd濃度の高い相が存在していることに起因する。前記ろう接において、そのろう材1は液相状態となっており、そのNdを主成分とするNd_{7.0}Cu_{2.0}C_{1.0}合金より生じた液相は、高活性であると共に前記結晶粒界に存するNd濃度の高い相と主成分を共通にすることから永久磁石素材2に対して優れた濡れ性を発揮し、また前記高活性化に伴い鋼板4よりなる積層体3に対する濡れ性も極めて良好である。

30

【0027】

したがって、前記のようなろう材1を用いることによって、永久磁石素材2の磁石特性に影響を与えることなく、その永久磁石素材2と積層体3とを強固に接合することができる。

【0028】

前記接合技術は、回転電機としてのモータにおいて、ロータ用成層鉄心に対する永久磁石素材2のろう接に適用され、回転数が10000 rpm以上である高速回転モータの実現を可能にするものである。

【0029】

次に、前記同様の単ロール法を採用して各種組成を持つ非晶質の薄帯を製造し、また各薄帯についてX線回折等を行い、さらに前記同様のろう接および接合体に関する引張り試験を行った。表2は、その結果を示す。この場合、ろう接時の加熱温度Tは前記同様に550に設定され、したがってろう材1は液相状態または固液共存状態となる。表2には、前記Nd_{7.0}Cu_{2.0}C_{1.0}合金よりなる薄帯およびろう材1に関するデータも例(20)として記載されている。

40

【0030】

【表2】

組成 : Nd₇₀Cu₂₀AE₁₀

ろう材 の例	薄 帯				接合体の 引張強さ (kgf/mm ²)
	A E	液相発生温度 T m (°C)	結晶化温度 T x (°C)	臨界厚さ (μm)	
(1) A l	473.9	144.8	250	4.4	10
(2) G a	422.4	126.5	250	4.6	
(3) A g	436.2	107.5	75	4.2	
(4) C o	481.9	150.4	150	4.5	
(5) P b	491.8	127.4	70	4.2	
(6) A u	501.6	113.6	100	4.3	
(7) S n	512.5	110.5	80	4.2	
(8) Z n	515.2	120.1	120	4.3	
(9) S i	520.7	208.7	100	4.4	20
(10) I n	521.7	109.5	90	4.3	
(11) P	521.9	119.8	250	4.3	
(12) N i	522.4	174.3	160	4.4	
(13) G e	522.5	198.3	150	4.3	
(14) B	523.9	119.5	75	4.4	
(15) R h	525.1	133.7	110	4.4	
(16) P t	527.9	206.2	300	4.4	30
(17) P d	530.2	211.4	300	4.3	
(18) B i	531.6	135.9	70	4.1	
(19) S b	535.2	146.3	70	4.2	
(20) C	540.3	190.7	270	4.2	
(21) F e	501.1	117.6	120	4.3	
(22) O s	529.3	186.1	60	4.1	
(23) R u	531.8	140.2	100	4.3	40
(24) I r	538.1	141.9	75	4.2	

【0031】

表2において、ろう材1の液相発生温度T mは422.4 T m 540.3 であり、このことから各例において易融化が図られていることが判る。

【0032】

また結晶化温度T xは非晶質相が結晶質相に変化する温度であるから、この結晶化温度T xが高い程非晶質相が安定して存在する、と言える。

10

20

30

40

50

【0033】

さらに臨界厚さは希土類合金の非晶質相形成能の程度を示し、この臨界厚さが大きい程非晶質相形成能が高く、したがって非晶質薄帯を安定して製造することが可能である。

〔実施例2〕

この実施例ではNd-Cu-Al系希土類合金ろう材について述べる。

【0034】

純度99.9%のNdと、純度99.9%のCuと、純度99.9%のAlとを、Nd₇₀Cu₂₅Al₅合金が得られるように秤量し、次いでその秤量物を真空溶解炉を用いて溶解し、その後鋳造を行ってインゴットを得た。

【0035】

このインゴットから約50gの原料を採取し、これを石英ノズル内で高周波溶解して溶湯を調製し、次いで溶湯を石英ノズルのスリットから、その下方で高速回転するCu製冷却ロール外周面にアルゴンガス圧により噴出させて超急冷し、幅30mm、厚さ100μmのNd₇₀Cu₂₅Al₅合金よりなる薄帯を得た。

【0036】

この場合の製造条件は次の通りである。即ち、石英ノズルの内径40mm、スリットの寸法幅0.25mm、長さ30mm、アルゴンガス圧1.0kgf/cm²、溶湯温度670、スリットと冷却ロールとの距離1.0mm、冷却ロールの周速13m/sec、溶湯の冷却速度約10⁵K/secである。

【0037】

図4は薄帯のX線回折結果を示し、この薄帯においては232°に幅広のハローパターンが観察され、このことから薄帯の金属組織は非晶質単相組織であることが判明した。また薄帯は高い韌性を有し、180°密着曲げが可能であった。

【0038】

Nd、CuおよびAlの配合量を種々変更し、前記と同様の方法で各種組成の薄帯を製造した。

【0039】

各薄帯について、その80%以上が液相となる溶融温度、金属組織、薄帯形成性および耐酸化性の有無を調べたところ、表3の結果を得た。表3には前記Nd₇₀Cu₂₅Al₅合金よりなる薄帯に関するデータも例(11)として記載されている。金属組織の欄において、「A」は非晶質単相組織であることを示し、これは以下同じである。また「A+C」は非晶質相Aと結晶質相Cとの混相組織であることを示す。

【0040】

【表3】

10

20

30

薄帯 の例	化学成分(原子%)			溶融温度 (°C)	金属組織	薄帯形 成性	耐酸化性
	Nd	Cu	Al				
(1)	60	30	10	613.4	A	良	良
(2)	60	20	20	666.3		可	
(3)	65	30	5	609.1		良	
(4)	68	30	2	513.6	A	良	良
(5)	68	28	4	509.5			
(6)	68	26	6	507.8			
(7)	68	24	8	511.7			
(8)	70	28	2	506.7			
(9)	70	27	3	506.6			
(10)	70	26	4	504.4			
(11)	70	25	5	506.7			
(12)	70	24	6	508.4			
(13)	70	22	8	509.1			
(14)	70	20	10	576.5	A	良	良
(15)	72	26	2	506.9	A+C	可	可
(16)	72	24	4	510.5			

【0041】

表3から明らかなように、Nd-Cu-Al系希土類合金薄帯において、易融化を図り、また非晶質化を達成し、さらに薄帯形成性および耐酸化性を良好にするためには、図5にも示すとく例(4)～(13)のように、Ndの含有量を68原子% Nd 70原子%に、Cuの含有量を22原子% Cu 30原子%に、Alの含有量を2原子% Al 8原子%にそれぞれ設定すれば良い。

【0042】

次に、Nd₇₀Cu₂₅Al₅合金よりなる非晶質の薄帯の例(11)に打抜き加工を施して、図2に示すように縦10mm、横10mm、厚さ100μmで非晶質の薄片状ろう材1を作製し、このろう材1を用いて次のような方法でろう接を行った。

【0043】

一方の被接合部材として、実施例1と同様に、縦10mm、横10mm、厚さ3mmのNdFeB系永久磁石素材(住友特殊金属社製、商品名NEOMAX-28UH、キュリー

10

20

30

40

50

点310) 2を選定し、また他方の被接合部材として、実施例1と同様に、厚さ0.3mmの冷間圧延鋼板4を積層してなり、且つ縦10mm、横10mm、長さ15mmの直方体状の積層体3を選定した。

【0044】

図2に示すように、1つの積層体3の鋼板端面よりなる接合面6上に1つのろう材1を、またろう材1の上に永久磁石素材2を、さらに永久磁石素材2の上にもう1つのろう材1を、さらにまたろう材1の上にもう1つの積層体3をその接合面6を下向きにしてそれぞれ重ね合わせて重ね合せ物を作製した。次いで、その重ね合せ物を真空加熱炉内に設置し、加熱温度T=510、加熱時間30分間の加熱工程、それに次ぐ炉冷よりなる冷却工程を行って、図3に示すように2つの積層体3により永久磁石素材2を挟むようにそれら2,3をろう材1より形成された結晶質の接合層7を介しろう接した接合体8を得た。このろう接においては、加熱温度Tが510であって、ろう材1の前記溶融温度506.7を超えているので、ろう材1は液相状態となる。

【0045】

比較のため、Nd₇₀Cu₃₀合金よりなる厚さ100μmの非晶質の薄帯に打抜き加工を施して縦10mm、横10mmのろう材を作製し、このろう材を用いて前記と同様の方法で図3に示す接合体8と同一構造の接合体を得た。この場合、Nd₇₀Cu₃₀合金は共晶合金であり、その共晶点は520であることから、加熱温度Tは530に設定された。

【0046】

Nd₇₀Cu₂₅Al₅合金ろう材1を用いた接合体8およびNd₇₀Cu₃₀合金ろう材を用いた接合体について室温下および150の加熱下で引張り試験を行ったところ、表4の結果を得た。

【0047】

【表4】

接合体	加熱温度T (°C)	引張強さ (kgf/mm ²)	
		室温	150°C
Nd ₇₀ Cu ₂₅ Al ₅ 合金ろう材使用	510	4.4	4.4
Nd ₇₀ Cu ₃₀ 合金ろう材使用	530	4.5	4.4

【0048】

表4から明らかなように、Nd₇₀Cu₂₅Al₅合金ろう材1を用いた接合体8は、ろう接時の加熱温度Tが510であって、Nd₇₀Cu₃₀合金ろう材を用いた場合の530に比べて20も低く設定されているにも拘らず、室温下および150の加熱下において、Nd₇₀Cu₃₀合金ろう材を用いた場合と略同等の接合強度を有する。これはNd₇₀Cu₂₅Al₅合金において易融化が図られていることに因る。

〔実施例3〕

この実施例ではRE-Cu-Al系希土類合金について述べる。

(1) 純度99.9%のPrと、純度99.9%のCuと、純度99.9%のAlとを、Pr_{6.8}Cu_{2.7}Al₅合金が得られるように秤量し、次いでその秤量物を真空溶解

10

20

30

40

50

炉を用いて溶解し、その後鋳造を行ってインゴットを得た。

【0049】

このインゴットから約50gの原料を採取し、これを石英ノズル内で高周波溶解して溶湯を調製し、次いで溶湯を石英ノズルのスリットから、その下方で高速回転するCu製冷却ロール外周面にアルゴンガス圧により噴出させて超急冷し、幅30mm、厚さ100μmのPr_{6.8}Cu_{2.7}Al₅合金よりなる薄帯を得た。

【0050】

この場合の製造条件は次の通りである。即ち、石英ノズルの内径40mm、スリットの寸法幅0.25mm、長さ30mm、アルゴンガス圧1.0kgf/cm²、溶湯温度580、スリットと冷却ロールとの距離1.0mm、冷却ロールの周速13m/sec、溶湯の冷却速度約10⁵K/secである。

10

【0051】

図6は薄帯のX線回折結果を示し、この薄帯においては232°に幅広のハローパターンが観察され、このことから薄帯の金属組織は非晶質単相組織であることが判明した。また薄帯は高い韌性を有し、180°密着曲げが可能であった。

【0052】

Pr、CuおよびAlの配合量を変更して、前記と同様の方法で各種組成を有し、且つ前記と同一寸法の非晶質薄帯を製造した。

【0053】

各薄帯について、その80%以上が液相となる溶融温度、金属組織、薄帯形成性および耐酸化性の有無を調べたところ、表5の結果を得た。表5には前記Pr_{6.8}Cu_{2.7}Al₅合金よりなる薄帯に関するデータも例(4)として記載されている。

20

【0054】

【表5】

薄帯の例	化学成分(原子%)			溶融温度(°C)	金属組織	薄帯形成性	耐酸化性
	Pr	Cu	Al				
(1)	60	20	20	488	A	良	良
(2)	60	25	15	454			
(3)	60	30	10	513			
(4)	68	27	5	427.3			
(5)	70	20	10	431			

30

【0055】

またMm(58原子%Ce、24原子%La、13原子%Nd、5原子%Pr)、CuおよびAlの配合量を変更して、前記と同様の方法で各種組成を有し、且つ前記と同一寸法の非晶質薄帯を製造した。

40

【0056】

各薄帯について、その80%以上が液相となる溶融温度、金属組織、薄帯形成性および耐酸化性の有無を調べたところ、表6の結果を得た。

【0057】

50

【表6】

薄帯 の例	化学成分(原子%)			溶融温度 (°C)	金属組織	薄帯形 成性	耐酸 化性
	Mm	Cu	Al				
(1)	5.7	28	15	513	A	良	良
(2)	6.2	28	10	390			
(3)	6.7	28	5	374			
(4)	6.7	23	10	373			
(5)	7.2	23	5	385.4			
(6)	6.2	18	20	467			
(7)	5.7	23	20	487			

【0058】

さらにAlの配合量を5原子%（一定）とし、また希土類元素REの種類およびその配合量ならびにCuの配合量を変更して、前記と同様の方法で各種組成を有し、且つ前記と同一寸法の非晶質薄帯を製造した。

【0059】

各薄帯について、その液相発生温度Tm、金属組織、薄帯形成性および耐酸化性の有無を調べたところ、表7の結果を得た。

【0060】

【表7】

薄帯 の例	組成	液相発生温度 Tm (°C)	金属組織	薄帯 形成性	耐酸 化性
(1)	Ce ₇₂ Cu ₂₃ Al ₅	386.3	A	良	良
(2)	La ₇₁ Cu ₂₄ Al ₅	414.7			
(3)	Sm ₇₁ Cu ₂₄ Al ₅	565.6			

【0061】

表5～7から明らかなように、各薄帯、したがってRE-Cu-Al合金において液相発生温度Tmは380～Tm600の範囲にあって易融化が図られている。この易融化達成のためには、希土類元素REの含有量を5.7原子% RE<8.0原子%に、Cuの含有量を18原子% Cu<40原子%に、Alの含有量をAl20原子%にそれぞれ

設定し、希土類元素R EとしてLa、Ce、Pr、NdおよびSmから選択される少なくとも一種を用いればよい。なお、Ndを含む薄帯は表3の例(11)に示されている。

【0062】

特に、Pr-Cu-Al系希土類合金薄帯において、易融化を図り、また非晶質化を達成し、さらに薄帯形成性および耐酸化性を良好にするためには、表5に示すように、Prの含有量を60原子% Pr 70原子%に、Cuの含有量を20原子% Cu 30原子%に、Alの含有量を5原子% Al 20原子%にそれぞれ設定すれば良い。

(2)-1. 表5に示した、 $Pr_{6.8}Cu_{2.7}Al_5$ 合金よりなる非晶質の薄帯の例(4)に打抜き加工を施して、図2に示すように縦10mm、横10mm、厚さ100μmで非晶質の薄片状ろう材1を作製し、このろう材1を用いて次のような方法でろう接を行った。

【0063】

一方の被接合部材として、実施例1と同様に、縦10mm、横10mm、厚さ3mmのNdFeB系永久磁石素材(住友特殊金属社製、商品名NEOMAX-28UH、キュリー点310°C)2を選定し、また他方の被接合部材として、実施例1と同様に、厚さ0.3mmの冷間圧延鋼板4を積層してなり、且つ縦10mm、横10mm、長さ15mmの直方体状の積層体3を選定した。

【0064】

図2に示すように、1つの積層体3の鋼板端面よりなる接合面6上に1つのろう材1を、またろう材1の上に永久磁石素材2を、さらに永久磁石素材2の上にもう1つのろう材1を、さらにまたろう材1の上にもう1つの積層体3をその接合面6を下向きにしてそれ重ね合わせて重ね合せ物を作製した。次いで、その重ね合せ物を真空加熱炉内に設置し、加熱温度T=440°C、加熱時間15分間の加熱工程、それに次ぐ炉冷よりなる冷却工程を行って、図3に示すように2つの積層体3により永久磁石素材2を挟むようにそれら2,3をろう材1より形成された結晶質の接合層7を介しろう接した接合体8の例(1)を得た。このろう接においては、加熱温度Tが440°Cであって、ろう材1の前記溶融温度427.3°Cを超えており、ろう材1は液相状態となる。

【0065】

比較のため、永久磁石素材2に代えて、それと同一寸法の各種被接合部材を用い前記同様のろう接を行って接合体8の例(2)~(6)を得た。さらに永久磁石素材2に代えて、縦10mm、横10mm、厚さ25μmのFeSiB系非晶質薄片(アライド社製、商品名260SS-2)を用いると共に前記ろう材1として厚さ20μmのもの($Pr_{6.8}Cu_{2.7}Al_5$ 合金)を用い前記同様のろう接を行って接合体8の例(7)を得た。

【0066】

各接合体8の例(1)~(7)について室温下にて引張り試験を行ったところ、表8の結果を得た。

【0067】

【表8】

接合体 の例	被接合部材の種類	引張強さ (kg f / mm ²)
(1)	NdFeB系永久磁石素材	4.4
(2)	鉄鋼部材 (JIS SCM432)	15.2
(3)	ステンレス鋼部材 (JIS SUS416)	14.6
(4)	Ni合金部材 (ハスティロイB)	12.5
(5)	銅部材 (無酸素銅)	17.3
(6)	TbDyFe系超磁歪合金部材 (Etrema Products社製、 商品名 Terfenol D)	3.9
(7)	FeSiB系非晶質薄片	14.1

10

20

30

【0068】

表8において、例(2)～(5)、(7)の場合は接合層7にて破断を生じていたが、例(1)の場合は永久磁石素材2が破断し、また例(6)の場合は超磁歪合金部材が破断していた。表8より、加熱温度Tが440といつたように低いにも拘らず、大きな接合強度が得られることが判る。

【0069】

炭素鋼、合金鋼およびステンレス鋼より構成された部材は焼入処理により硬化されるが、750～900に加熱されると焼なまされて軟化し、また希土類系超磁歪合金部材の場合、900以上に加熱されると金属組織が変化するため磁気特性が影響を受ける、といった不具合を生じるが、前記ろう材1によるろう接では加熱温度Tが低いので、前記不具合の発生を回避することができる。

(2)-2. 表6に示したMm₇Cu₂Al₅合金よりなる非晶質の薄帯の例(5)より前記同様の方法でろう材1を作製し、このろう材1を用い前記同様のろう接を行って、前記同様の接合体8の例(1)～(6)を得た。また前記同様の方法で前記同様の接合体8の例(7)を得た。ただし、加熱温度Tは420に設定された。

【0070】

表9は各接合体8の例(1)～(7)に関する引張り試験結果を示す。

【0071】

【表9】

40

50

接合体 の例	被接合部材の種類	引張強さ (kg f / mm ²)
(1)	NdFeB系永久磁石素材	4.4
(2)	鉄鋼部材 (JIS SCM432)	16.1
(3)	ステンレス鋼部材 (JIS SUS416)	13.9
(4)	Ni合金部材 (ハスティロイB)	12.8
(5)	銅部材 (無酸素銅)	16.5
(6)	TbDyFe系超磁歪合金部材 (Etrema Products社製、 商品名 Terfenol D)	3.9
(7)	FeSiB系非晶質薄片	14.2

10

20

30

【0072】

表9において、前記同様に例(2)～(5)，(7)の場合は接合層7にて破断を生じていたが、例(1)の場合は永久磁石素材2が破断し、また例(6)の場合は超磁歪合金部材が破断していた。表9より、加熱温度Tが420 といったように低いにも拘らず、大きな接合強度が得られることが判る。

(2)-3. 表5に示した、Pr_{6.8}Cu_{2.7}Al₅ 合金よりなる非晶質の薄帯の例(4)に打抜き加工を施して、図7に示すように直径6mm、厚さ100μmで非晶質の薄片状ろう材1を作製し、このろう材1を用いて次のような方法でろう接を行った。

【0073】

40

一方の被接合部材として、直径6mm、長さ20mmの超磁歪合金(Fe_{6.6}Sm_{3.3}Yb₁ 合金)部材10を選定し、また他方の被接合部材として、直径6mm、長さ20mmのステンレス鋼(JIS SUS410)部材11を選定した。

【0074】

超磁歪合金部材10とステンレス鋼部材11との間にろう材1を介在させて、それら1, 10, 11を所定の治具により固定した。次いで、このように固定された20個の組合せ物を真空加熱炉内に設置し、加熱温度T=445、加熱時間5分間の加熱工程、それに次ぐ炉冷よりなる冷却工程を行って、図8に示すように超磁歪合金部材10とステンレス鋼部材11とをろう材1より形成された結晶質の接合層7を介しろう接した20個の接合体8を得た。このろう接においては、加熱温度Tが445 であって、ろう材1の前記溶

50

融温度 427.3 を超えているので、ろう材 1 は液相状態となる。

【0075】

次いで、各接合体 8 について J I S R 1601 に則って 4 点曲げ試験を行った。即ち、接合体 8 の両端部をそれぞれ支点で支え、また接合層 7 の両側にそれぞれ荷重点を設け、クロスヘッド速度 0.5 mm / min にて荷重を付与した。その結果、各接合体 8 はその超磁歪合金部材 10 において破断し、平均曲げ強さは 6.5 kgf / mm² であった。これにより加熱温度 T が 445 といったように低いにも拘らず、大きな接合強度が得られることが判る。

【0076】

【発明の効果】

10

本発明によれば、特定の希土類元素 R E、Cu および特定の合金元素 A E を特定量含有させることにより、易融化を達成され、各種被接合部材の接合材として好適な希土類合金ろう材を提供することができる。

【0077】

また市販の軟ろうは融点が 390 以下であり、一方、硬ろうは融点が 570 以上である。本発明によれば、このような軟ろうおよび硬ろうでは達成し得ない温度範囲、つまり 390 ~ 570 においてろう接を行うことが可能な希土類合金ろう材を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 Nd₇₀Cu₂₀C₁₀ 合金の X 線回折図である。

20

【図 2】 ろう材、永久磁石素材および積層体の重ね合せ関係を示す斜視図である。

【図 3】 接合体の一例を示す斜視図である。

【図 4】 Nd₇₀Cu₂₅Al₅ 合金の X 線回折図である。

【図 5】 Nd - Cu - Al 系合金の組成図である。

【図 6】 Pr_{6.8}Cu_{2.7}Al₅ 合金の X 線回折図である。

【図 7】 ろう材、超磁歪合金部材およびステンレス鋼部材の重ね合せ関係を示す斜視図である。

【図 8】 接合体の他例を示す正面図である。

【符号の説明】

1 ろう材

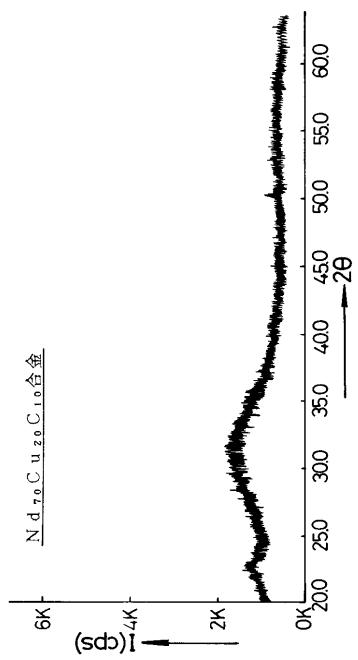
30

2 永久磁石

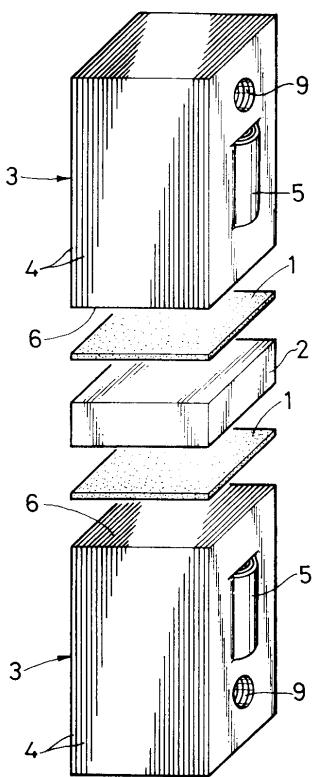
3 積層体

8 接合体

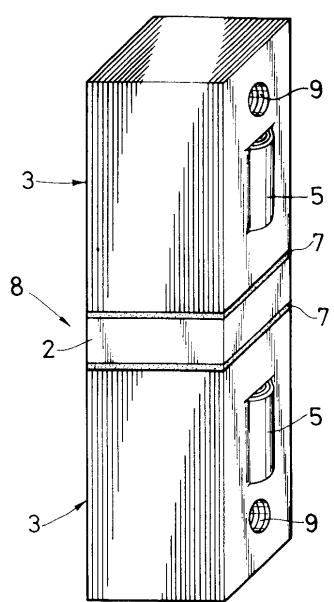
【図1】



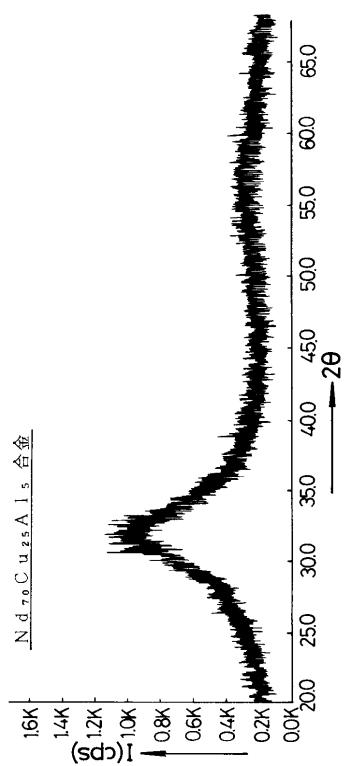
【図2】



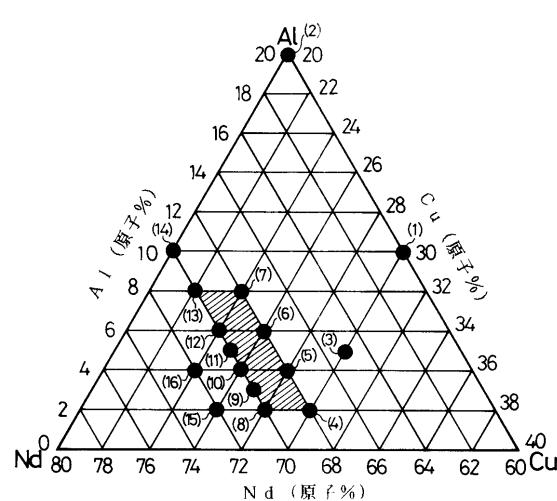
【図3】



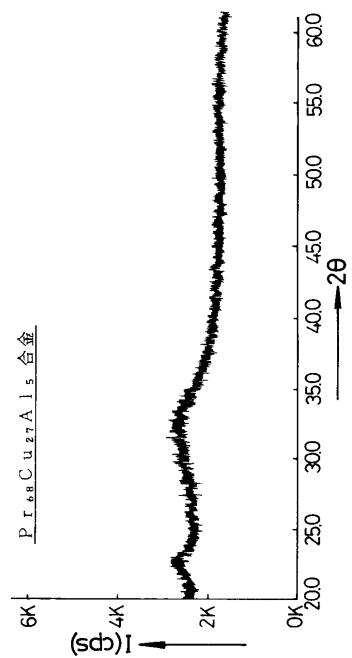
【図4】



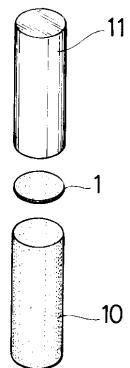
【図5】



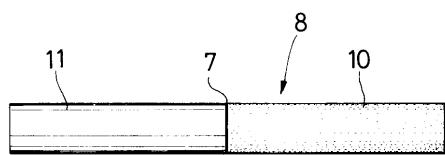
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 木村 直正
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 鈴木 毅

(56)参考文献 特開昭59-126739(JP,A)
特開昭60-040687(JP,A)
特開平03-075344(JP,A)
特開平03-087338(JP,A)
特開平06-015463(JP,A)
特開平08-118066(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B23K 35/24 - 35/32