

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-102394

(P2012-102394A)

(43) 公開日 平成24年5月31日(2012.5.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 1/05 (2006.01)	C 2 2 C 1/05 B	4 K 0 1 8
B 2 2 F 3/15 (2006.01)	B 2 2 F 3/15 M	
B 2 2 F 3/17 (2006.01)	B 2 2 F 3/17 C	
B 2 2 F 3/20 (2006.01)	B 2 2 F 3/20 C	
C 2 2 C 1/02 (2006.01)	C 2 2 C 1/02 5 0 3 E	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-189256 (P2011-189256)
 (22) 出願日 平成23年8月31日 (2011. 8. 31)
 (31) 優先権主張番号 12/923, 056
 (32) 優先日 平成22年11月12日 (2010. 11. 12)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 507021931
 エフエムダブリュー コンポジットシステムズ, インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国, 26330 ウェストヴァージニア州, ブリッジポート, ダブリュー, ベネダム インダストリアル ドライブ 1200
 (74) 代理人 110000338
 特許業務法人原謙三国際特許事務所
 (72) 発明者 セシャチャリユール, タミリサカンダーラ
 アメリカ合衆国, オハイオ州 45434, ビーバークリーク, トマス ジェファソン ドライブ 2634
 Fターム(参考) 4K018 AA06 AB04 AC01 AC04 BA03
 EA11 EA31 EA41

(54) 【発明の名称】 多成分チタン合金の熱特性および電気特性を変更する方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】チタン合金の機械的特性に悪影響を及ぼすことなく、熱伝導率、導電率を向上させる。

【解決手段】チタン合金の中にホウ素0.01~18.4%を導入して、TiB沈殿物を生成し、その後、TiB沈殿物を高温金属加工によって、金属流の方向に整列させる工程により熱伝導率、導電率の向上したチタン合金を得る。前記工程はホウ素を含有した熔融チタン合金を不活性ガスにより粉碎し針状TiB沈殿物を含む合金粉末を生成し、HIP処理により圧密し、熱間鍛造、ないし熱間押出の高温金属加工を行う事より成る。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チタン合金の熱伝導率を上昇させると共に電気抵抗率を低減させる方法であって、上記チタン合金の中にホウ素を導入して、TiB沈殿物を生成する工程と、上記TiB沈殿物を、高温金属加工によって、金属流の方向に整列させる工程とを含む方法。

【請求項 2】

上記TiB沈殿物を、鑄造、鑄造および鍛錬処理、または粉末冶金技術によって生成する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

上記高温金属加工は、鍛造、圧延、または押出である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

上記チタン合金は、Ti-6Al-4VまたはTi-6Al-2Sn-4Zr-2Moといった多成分材料である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

上記ホウ素は、上記チタン合金の重量の約 0.01% ~ 18.4% である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

上記ホウ素を、溶融したチタン合金に加え、結果として生じる溶融した液体を、不活性ガスによって粉砕して、均一に且つ不揃いな方向に分布された針状のTiB沈殿物を含むチタン合金粉末を生成する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

上記チタン合金粉末を、高温静水圧プレス処理によって圧密する、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

上記高温金属加工は、約 1750 ~ 2000 °F の温度および約 40 インチ / 分のラム速度における、圧縮粉の鍛造である、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 9】

上記高温金属加工は、約 2000 °F の温度および約 100 インチ / 分のラム速度における、圧縮粉の押出プロセスである、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 10】

上記チタン合金は、延性が低下しない、または金属疲労しない、請求項 1 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

[発明の背景]

1. 発明の分野

本発明は、チタン合金の物理的特性を改善する方法に関し、より詳細にいうと、チタンベースの組成物から成る物品の熱伝導率を上昇させると共に電気抵抗率を低減させる方法に関する。

【0002】

2. 背景技術の説明

チタン合金は、物理的特性と機械的特性との魅力的な組み合わせを提供し、航空宇宙産業や宇宙産業などの様々な産業において、著しい軽量化を提供するものである。しかし、チタン合金の熱伝導率は、鋼およびアルミニウムといった他の構造の金属と比べて低い。チタン合金の熱伝導率が低いことは、加熱速度と、加工および熱処理の後に得られる冷却速度とに影響を与える。チタン合金の他の欠点は、電気抵抗率が、鋼およびアルミニウムと比べて高いことである。電気抵抗率が高いことは、チタン合金の導体としての使用を制限する。従って、従来 Ti-6Al-4V としたチタン合金について、機械特性、特

10

20

30

40

50

に、引張伸びおよび金属疲労に悪影響を及ぼすことなく、熱伝導率を上昇させると共に電気抵抗率を低減する、新規且つ改善された方法が求められている。本発明の方法は、この需要を満たすものである。

【0003】

[発明の概要]

本発明の新規且つ改善された方法によれば、ホウ化チタン(TiB)沈殿物をチタン合金の中に混入し、その後、チタン合金を制御しながら変形させて、TiB沈殿物を任意の方向に方向付け、熱特性および電気特性の改善を実現する。チタン合金を制御しながら変形させてTiB沈殿物を方向付けることは、高温金属加工によって行われる。

【0004】

鑄造法、鑄造および鍛錬処理、並びに、ガスアトマイズ法および素粉末混合法(blended elemental approach)などの粉末冶金技術といった任意の好適な方法によって、チタン合金組成物の中にホウ素を導入して、TiB沈殿物を生成する。TiB沈殿物を金属流の方向に沿って整列させることは、鍛造、圧延、および押出といった高温金属加工作業を用いて実現可能である。

【0005】

具体的な一実施例として、本発明の方法を用いて、Ti-6Al-4V(Ti-64)およびTi-6Al-2Sn-4Zr-2Mo(Ti-6242)といった多成分チタン合金の熱伝導率を上昇させると共に電気抵抗率を低減させることが可能である。

【0006】

[図面の簡単な説明]

図1は、TiBが混入されたチタン合金物品を製造するための、プレアロイ粉末冶金プロセスのフローチャートである。

【0007】

図2aは、Ti-6Al-4V-1Bの微細構造を示す図であり、粉碎された(アトマイズされた)状態のプレアロイ粉粒子の断面を示している。

【0008】

図2bは、高温静水圧プレス処理による粉体圧密化の後の、Ti-6Al-4V-1Bの微細構造を示す図である。

【0009】

図3は、Ti-6Al-4V-1B鍛造物品の様々な位置における、微細構造を示す図である。

【0010】

図4aは、Ti-6Al-4V-1Bのプレアロイ粉から成る押出物品の微細構造を示す図であり、押出軸に沿って整列したTiB沈殿物(暗段階)が示されている。

【0011】

図4bは、図4aを横方向から見た顕微鏡写真であり、TiB沈殿物の六角形の断面が示されている。

【0012】

図5は、(ナノTi-64と表示される)Ti-6Al-4V-1B鍛造物品および押出物品の熱伝導率と、Ti-6Al-4V物品の熱伝導率とを比較したグラフである。

【0013】

図6は、Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-1B鍛造物品の熱伝導率と、ベースラインTi-6Al-2Sn-4Zr-2Mo物品の熱伝導率とを比較したグラフである。

【0014】

図7は、(ナノTi-64と表示される)Ti-6Al-4V-1B鍛造物品の電気抵抗率と、Ti-6Al-4V物品の電気抵抗率とを比較したグラフである。

【0015】

図8は、Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-1B鍛造物品の電気抵抗率と、ベー

10

20

30

40

50

スライントイ - 6 A 1 - 2 S n - 4 Z r - 2 M o 物品の電気抵抗率とを比較したグラフである。

【 0 0 1 6 】

[発明の詳細な説明]

以下に、トイ - 6 A 1 - 4 V (トイ - 6 4) およびトイ - 6 A 1 - 2 S n - 4 Z r - 2 M o (トイ - 6 2 4 2) などの多成分チタン合金の熱伝導率を上昇させると共に、電気抵抗率を低減する方法を記載する。これらの方法は、二つの重要な要素、すなわち、

- 1) チタン合金マトリクスの中にトイ B 沈殿物を混入する工程、および、
- 2) 高温金属加工によって、トイ B 沈殿物を任意の方向に整列させる工程を含む。

【 0 0 1 7 】

チタン合金組成物の中にホウ素を導入してトイ B 沈殿物を生成することは、異なる幾つかの方法、例えば、鑄造、鑄造および鍛錬処理、粉末冶金技術（ガスアトマイズ法および素粉末混合法）によって、実現可能である。ホウ素は、液体状態で、チタン合金に加えてよく、この場合、ホウ素は、液状チタン合金中に完全に溶解する。粉末冶金技術を用いる場合には、ホウ素は、固形の粉末を混合することによって、チタン合金に加えることが可能である。ホウ素をチタン合金に加えるために用いるプロセスとは無関係に、ホウ素を、元素状態で存在するホウ素であるトイ B₂として、または、任意の好適なマスター合金を含有するホウ素として、加えてもよい。ホウ素は、0.01重量%～18.4重量%の範囲の量で加えてよい。より好ましくは、ホウ素は、チタン合金組成物に応じて、0.01重量%～2重量%の範囲の量でチタン合金に加えてよい。

【 0 0 1 8 】

鍛造、圧延、および押出などの高温金属加工作業を用いて、トイ B 沈殿物を、金属流の方向に沿って整列させることを実現することが可能である。

【 0 0 1 9 】

本方法は、図 1 に示されるガスアトマイズ粉末冶金プロセスのフローチャートによって実施可能である。ホウ素を、溶融したチタン合金に加え、溶融した液体を、不活性ガスによって粉砕し（不活性ガスアトマイズし）、チタン合金粉末を得る。各粉粒子は、均一に且つランダムな方向に分布された針状のトイ B 沈殿物を含む。6 体積%のトイ B（暗い相）を含有するトイ - 6 A 1 - 4 V - 1 B 粉粒子断面の典型的な微細構造が、図 2 a に示されている。チタン合金粉末を、高温静水圧プレス処理（HIP）などの従来技術を用いて、圧密して、十分に高密度の圧縮粉を得る。圧縮された状態では、トイ B 沈殿物は、チタン合金マトリクスにおいて、依然としてランダムな方向に、均一に分布されている。HIP後のトイ - 6 A 1 - 4 V - 1 B 粉の典型的な微細構造が、図 2 b に示されている。

【 0 0 2 0 】

その後、圧縮粉に、鍛造、圧延、または押出といった金属加工作業を施す。チタン合金物品を生成するために一般的に用いられる高温加工パラメータにより、金属流の方向に沿ってトイ B 沈殿物を所望の通り整列できることが分かった。具体的な一実施例として、高温加工パラメータは次の通りである。

【 0 0 2 1 】

温度範囲 1750～2200 °F およびラム速度 40 インチ/分において、高さ 16 インチ×直径 3.5 インチの圧縮粉を、高さ 3 インチ×直径 8 インチのディスクに鍛造することによって形成されたトイ - 6 A 1 - 4 V - 1 B 物品の異なる箇所における顕微鏡写真が、図 3 に示されている。図 3 では、鍛造の後に、トイ B 針状の沈殿物（暗い相）が径方向に沿って整列していることが明らかである。2000 °F およびラム速度 100 インチ/分において、直径 3 インチの圧縮粉を直径 0.75 インチの棒に押出するプロセスによって生成されたトイ - 6 A 1 - 4 V - 1 B 物品の別の典型的な微細構造が、図 4 に示されている。図 4 は、トイ B 沈殿物（暗い相）が押出軸に沿って整列していることを示している。

【 0 0 2 2 】

トイ B が混入された幾つかのチタン合金物品（表 1 に示される化合物）の熱特性および

10

20

30

40

50

電気特性を評価した。比較のために、TiB沈殿物を有さないチタン合金に同じ試験を行った。熱伝導率の試験を、標準試験方法であるASTM E1461に従って行い、電気抵抗率を、標準的方法であるASTM B84によって測定した。

【0023】

【表1】

試験した、チタン合金物品の組成(重量パーセント)

S.No.	合金	形態	組成物(重量パーセント)													
			Al	B	C	Fe	H	N	O	Mo	Ni	Si	Sn	V	Zr	Ti
1	Ti-64	棒状	6.05	<0.005	0.004	0.153	0.0033	0.0031	0.115					4.18		平衡
2	ナノTi-64	鍛造品	6.04	0.91	0.051	0.05	0.011	0.009	0.139					3.8		平衡
3	ナノTi-64	押出品	6.1	1.06	0.046	0.051	0.0042	0.016	0.122					4.2		平衡
4	Ti-6242	棒状	6.1	<0.005	0.019	0.048	0.0051	0.027	0.132	2.08	0.037	0.066	1.76		4.16	平衡
5	ナノTi-6242	鍛造品	6.11	1.03	0.109	0.046	0.0049	0.0068	0.108	2.11	0.045	0.1	1.88		4.43	平衡

10

【0024】

図5では、(ナノTi-64と表示される)Ti-64-1B鍛造物品および押出物品の熱伝導率が、Ti-64物品の熱伝導率と比較されている。温度範囲70~1250°Fにおいて、ナノTi-64鍛造品の径方向における熱伝導率、および、ナノTi-64

20

【0025】

図6では、Ti-6242-1B鍛造物品の熱伝導率データが、ベースラインTi-6242物品の熱伝導率データと比較されている。この材料システムでも、熱伝導率は、ベースラインよりも高いことが明らかである。最大35%の熱伝導率の上昇が、試験方向に沿って整列したTiB沈殿物を有する物品において、記録されている。

【0026】

図7では、(ナノTi-64と表示される)Ti-64-1B鍛造物品の電気抵抗率が、Ti-64物品の電気抵抗率と比較されている。温度範囲70~1500°Fにおいて、ナノTi-64鍛造品の径方向における電気抵抗率が、ベースラインTi-64よりも低いことが明らかである。図8では、Ti-6242-1B鍛造物品の電気抵抗率データが、ベースラインTi-6242物品の電気抵抗率データと比較されている。この材料システムでも、電気抵抗率は、ベースラインよりも低いことが明らかである。最大20%の熱伝導率の低減が、試験方向に沿って整列したTiB沈殿物を有する物品において、記録されている。

30

【0027】

熱特性および電気特性の改善に加えて、TiBが混入されたチタン合金は、延性および金属疲労に悪影響することなく、機械特性に幾つかの利点を提供する。例えば、表2において、(ナノバージョンと称される)ハウ素修飾されたチタン合金物品の室温引張特性が、ベースラインチタン合金の室温引張特性と比較されている。ナノチタン合金において、引張耐力および引張極限強さは25%高く、弾性率は20%高いが、引張伸びは、そのベースラインチタン合金と等しい状態を維持している。

40

【0028】

【表 2】

ナノ合金と称される杵素修飾されたチタン合金物品の典型的な室温引張特性。TYS:引張耐力、UTS:最大抗張力、TE:引張伸び、および、TM:引張り係数(引張弾性率)

S.No.	合金	物品	方向付け	TYS, ksi	UTS, ksi	TE, %	TM, Msi
1	Ti-64	棒状	軸方向	120	130	13	16.9
2	ナノ Ti-64	鍛造品	径方向	140	154	13	18.6
3	ナノ Ti-64	押出品	軸方向	152	163	10	19.9
4	Ti-6242	棒状	軸方向	131	141	13	16.5
5	ナノ Ti-6242	鍛造品	径方向	161	170	9	19.1

10

【 0 0 2 9 】

本発明を、現在、最も典型的および好ましい実施形態と見なされるものに関連して、説明してきたが、本発明は、開示された実施形態に限定されるべきではなく、逆に、本発明の原理および添付の特許請求の範囲に含まれる様々な変形および同様の構成を網羅することを意図するものと理解されるべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 0 】

【 図 1 】 Ti B が混入されたチタン合金物品を製造するための、プレアロイ粉末冶金プロセスのフローチャートである。

20

【 図 2 a 】 Ti - 6 A l - 4 V - 1 B の微細構造を示す図であり、粉碎された（アトマイズされた）状態のプレアロイ粉粒子の断面を示している。

【 図 2 b 】 高温静水圧プレス処理による粉体圧密化の後の、Ti - 6 A l - 4 V - 1 B の微細構造を示す図である。

【 図 3 】 Ti - 6 A l - 4 V - 1 B 鍛造物品の様々な位置における、微細構造を示す図である。

【 図 4 a 】 Ti - 6 A l - 4 V - 1 B のプレアロイ粉から成る押出物品の微細構造を示す図であり、押出軸に沿って整列したTi B 沈殿物（暗い相）が示されている。

【 図 4 b 】 図 4 a を横方向から見た顕微鏡写真であり、Ti B 沈殿物の六角形の断面が示されている。

30

【 図 5 】 （ナノTi - 6 4 と表示される）Ti - 6 A l - 4 V - 1 B 鍛造物品および押出物品の熱伝導率と、Ti - 6 A l - 4 V 物品の熱伝導率とを比較したグラフである。

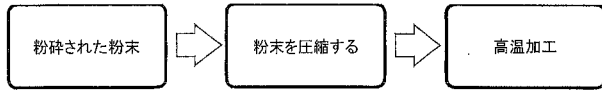
【 図 6 】 Ti - 6 A l - 2 S n - 4 Z r - 2 M o - 1 B 鍛造物品の熱伝導率と、ベースラインTi - 6 A l - 2 S n - 4 Z r - 2 M o 物品の熱伝導率とを比較したグラフである。

【 図 7 】 （ナノTi - 6 4 と表示される）Ti - 6 A l - 4 V - 1 B 鍛造物品の電気抵抗率と、Ti - 6 A l - 4 V 物品の電気抵抗率とを比較したグラフである。

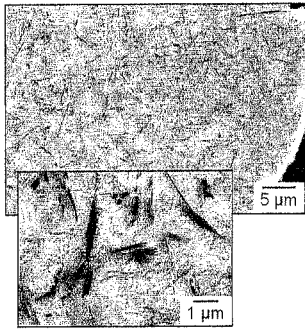
【 図 8 】 Ti - 6 A l - 2 S n - 4 Z r - 2 M o - 1 B 鍛造物品の電気抵抗率と、ベースラインTi - 6 A l - 2 S n - 4 Z r - 2 M o 物品の電気抵抗率とを比較したグラフである。

40

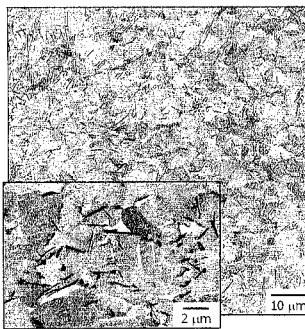
【図 1】



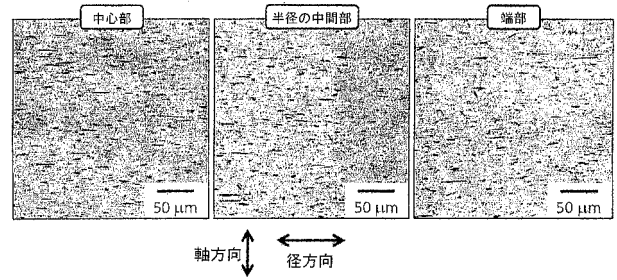
【図 2 a】



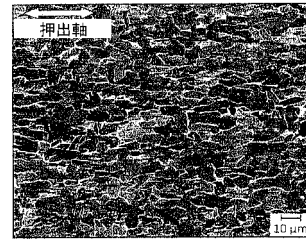
【図 2 b】



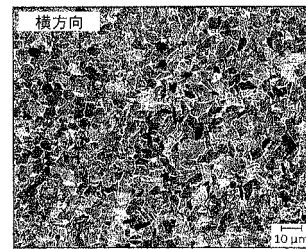
【図 3】



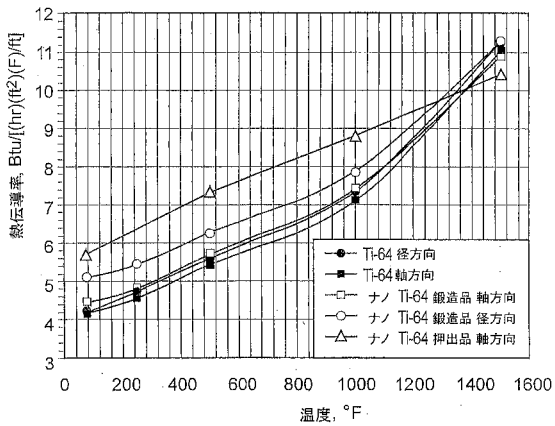
【図 4 a】



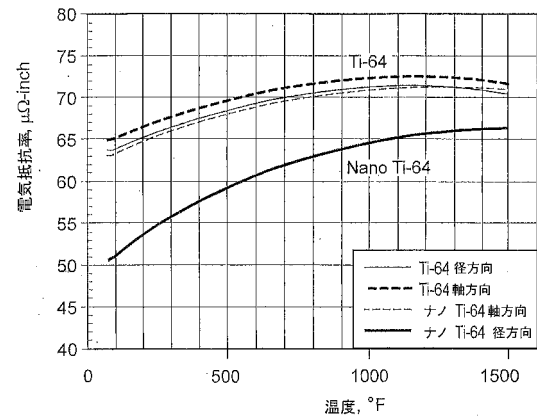
【図 4 b】



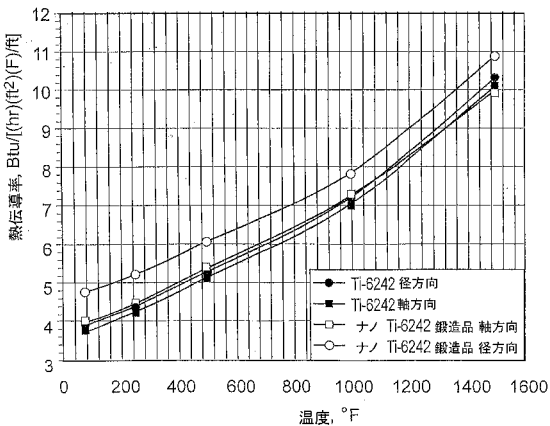
【図 5】



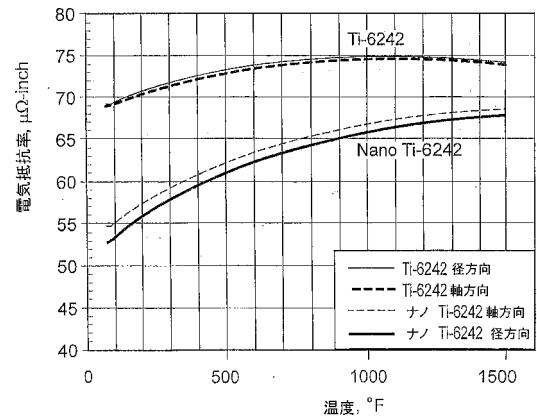
【図 7】



【図 6】



【図 8】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
C 2 2 C 14/00	(2006.01)		C 2 2 C 14/00		Z	