

自己評価報告書

平成23年 4月27日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20613012

研究課題名（和文） 新しい相構成の低Nb含有量B添加軽量耐熱O相基チタン合金

研究課題名（英文） Boron-modified O phase-based titanium alloy with new phase constitution and reduced niobium content.

研究代表者

萩原 益夫 (HAGIWARA MASUO)

九州工業大学・先端エコフィッシング技術研究開発センター・研究職員

研究者番号：80354182

研究分野：材料工学

科研費の分科・細目：構造・機能材料

キーワード：O相基合金、軽量耐熱、ボロン添加、組成制御、微視組織制御、機械的特性

1. 研究計画の概要

Ti₂AlNb 相(O相と呼ばれている)基質中に高温度域でも高い強度を維持するα₂相(D0₁₉構造)を組み入れた(O+α₂)型 Ti-27.5Al-13Nb 合金は、報告者が以前の研究において開発した新しいタイプの軽量耐熱合金である。しかし本開発合金は、希少金属である高価な Nb を未だ13%と多量に含む、室温延性が皆無である、などの欠点を持つ。

そこで下記の二つの研究を行った。

- (1) 組成制御に関する研究: 本開発合金中の Nb 量の低減を目的に、Nb の一部を Fe などの安価な bcc 元素で置換する。
- (2) 微視組織制御に関する研究: 優れた室温延性の付与を目的に、微量のボロン(B)を添加して結晶粒及び粒内組織を微細化する。

2. 研究の進捗状況

(1) 組成制御に関する研究: 置換に際しては、置換前の合金の Nb 当量と置換後の合金のそれとは等しいというガイドラインを設けた。これにより置換後もO相を主体とした(O+α₂)型の合金が得られると考えられた。各 bcc 元素の Nb 当量は、具体的には、Fe=7.5at.%Nb, Mo=4.2 at.%Nb などである。これらの式を Ti-27.5Al-13Nb 合金に適用して、本研究では、Ti-27.5Al-8.7Nb-1Mo、Ti-27.5Al-5.5Nb-1Fe 及び Ti-27.5Al-4.9Nb-1Mo-0.5Fe の3種類の組成制御合金を「低Nb含有量(O+α₂)型のO相基合

金」として選択した。

(2) 微視組織制御に関する研究: Ti-27.5Al-13Nbを含めてこれら4種類の合金にB2単相域溶体化処理を行った際の粒径及び引張り延性に及ぼす微量(0.1重量%)B添加の影響を調べた。その結果、B無添加材ではB2結晶粒は500μm程度と粗大化するのに対して、微量B添加材では結晶粒は80μm程度と著しく微細化した。またB無添加の場合にはいずれの合金も早期破断を起こしたが、B添加材では2%程度の室温伸びが得られた。

2%程度の室温伸びは、工業用材料の信頼性確保の観点からは不十分である。さらに延性を向上させるためには結晶粒及び粒内微視組織のより一層の微細化が必要である。そこで次にこれらの4種類の合金に対して、(B2+α₂)二相域で鍛造・圧延後、1150℃の(B2+α₂)二相域に保持し冷却するという加工熱処理を適用してみた。その結果、等軸状O相の周りを微細なO相コロニーが囲むという著しく微細化した複相微視組織が得られた。これにより Ti-27.5Al-13Nb及びTi-27.5Al-8.7Nb-1Mo-0.1Bでは、全伸びが、それぞれ、6%及び5%という工業用材料としては十分な室温延性が確保できた。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

○相基合金において Nb 量の大幅な減量が達成され、また十分な室温延性も確保されたので、本研究の目的はおおむね達成できたと考えている。最後の一年(平成23年度)の研究では、特に Ti-27.5Al-8.7Nb-1Mo-0.1B 合金に注目し、クリープ、高温引張り特性などの高温特性を詳細に評価する予定である。またこれらの結果に基づいて、本合金の使用上限温度の明確化を試みる。

4. 今後の研究の推進方策

本合金は高温用途であるので、高温特性の中でもとりわけクリープ特性が優れていることが必須の条件である。しかしながら本合金系に関して、クリープ特性と結晶粒径、粒内組織(特にラメラ組織形態)の関係は全く不明確である。

そこで今後は、加工熱処理条件を変えて粒径と粒内組織が異なる種々な微視組織を出現させ、延性、高サイクル疲労特性、恒温加工性、定常クリープ速度などに及ぼすこのような微視組織の影響を実験的に調べる。結果より、室温特性と高温特性とがバランスよく優れるような最適微視組織を明確にする。また高温特性に及ぼす Al 量の影響についても調べる。

さらに高温機械的特性の向上の機構、高温変形機構、結晶粒の微細化の機構などを検討する必要がある。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計4件)

- ① 北浦知之, 萩原益夫, Ti-22Al-11Nb-2Mo-1Fe 合金の高サイクル疲労特性に及ぼす微量B添加の影響, *日本学術振興会耐熱金属材料第123委員会研究報告*, **51**, 113-120, (2010). <査読なし>
- ② M. Hagiwara and T. Kitaura, Effect of Trace Boron Addition on the Microstructure and Tensile Elongation of Ti₂AlNb-Based Orthorhombic Titanium Alloys, *Materials Science Forum*, **638-642**, 1439-1444 (2010). <査読あり>
- ③ T. Kitaura and M. Hagiwara, Tensile Behavior and Hot Formability of Orthorhombic Ti-22Al-11Nb-2Mo-1Fe Alloy with Trace Boron Addition, *Proc. Processing and Fabrication of Advanced Materials-XVIII*, **2**, 805-814, (2009). <査読あり>

- ④ 北浦知之, 萩原益夫, 微量の TiB 化合物の分散によるチタン合金の金属組織制御と特性向上, *日本学術振興会耐熱金属材料第123委員会研究報告*, **50**, 325-330 (2009). <査読なし>

[学会発表] (計6件)

- ① M. Hagiwara, T. Kitaura, Y. Ono, T. Yuri, and T. Ogata, Improving Properties of Titanium Alloys and Titanium Intermetallic Alloys by Minor Addition of boron, *11th IUMRS Int'l Conf. in Asia*, 2010.9.25-28, Qingdao (China)
- ② 北浦知之, 萩原益夫, 佐田鉄哉, (O+B2)型 Ti₂AlNb 基合金の金属組織制御による室温および高温強度特性の高性能化, *日本鉄鋼協会第160回秋季講演大会*, 2010.9.25-27, 北海道大学(札幌)
- ③ 佐田鉄哉, 北浦知之, 萩原益夫, (O+α₂)型 Ti-27.5Al-13Nb 合金の金属組織と引張特性に及ぼす B 添加と熱処理の影響, *日本鉄鋼協会第160回秋季講演大会*, 2010.9.25-27, 北海道大学(札幌)
- ④ M. Hagiwara, T. Kitaura, Y. Ono, T. Yuri, and T. Ogata, Improved Properties of Boron-Modified Titanium Alloys, *7th Pacific Rim Int'l Conf. on Advanced Materials and Processing*, 2010.8.2-6, Cairns (Australia)
- ⑤ 北浦知之, 萩原益夫, 微量の TiB 化合物の分散によるチタン合金の金属組織制御と特性向上, *第158回日本鉄鋼協会秋季講演大会*, 2009.9.16日, 京都大学(京都)
- ⑥ 萩原益夫, 北浦知之, 江村 聡, 軽量耐熱 Ti₂AlNb 基合金の開発, *第144回日本金属学会春期講演大会*, 2009.3.28, 東京工業大学(東京)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: ○相基耐熱チタン合金及びその製造方法

発明者: 北浦知之, 萩原益夫,

権利者: 九州工業大学

種類: 特許権

番号: 特願 2009-199407

出願年月日: 2009年9月27日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ

<http://www.lsse.kyutech.ac.jp/~ecofitting>