

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6170159号
(P6170159)

(45) 発行日 平成29年7月26日 (2017. 7. 26)

(24) 登録日 平成29年7月7日 (2017. 7. 7)

(51) Int. Cl.

F I

F 0 4 D 29/38 (2006. 01)
B 2 3 K 1/19 (2006. 01)
B 2 3 K 1/00 (2006. 01)
B 2 3 K 1/008 (2006. 01)
B 2 3 K 31/02 (2006. 01)

F 0 4 D 29/38 G
 B 2 3 K 1/19 L
 B 2 3 K 1/00 3 3 O P
 B 2 3 K 1/008 B
 B 2 3 K 31/02 3 1 O C

請求項の数 17 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-533291 (P2015-533291)
 (86) (22) 出願日 平成25年9月25日 (2013. 9. 25)
 (65) 公表番号 特表2016-500136 (P2016-500136A)
 (43) 公表日 平成28年1月7日 (2016. 1. 7)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2013/061571
 (87) 国際公開番号 W02014/099067
 (87) 国際公開日 平成26年6月26日 (2014. 6. 26)
 審査請求日 平成27年3月23日 (2015. 3. 23)
 (31) 優先権主張番号 13/625, 956
 (32) 優先日 平成24年9月25日 (2012. 9. 25)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 590005449
 ユナイテッド テクノロジーズ コーポレ
 イション
 UNITED TECHNOLOGIES
 CORPORATION
 アメリカ合衆国, コネチカット, ファーミ
 ントン, ファーム スプリングス ロード
 1 0
 (74) 代理人 100086232
 弁理士 小林 博通
 (74) 代理人 100092613
 弁理士 富岡 潔
 (72) 発明者 ベイルズ, ダニエル エー.
 アメリカ合衆国, コネチカット, エイヴ
 オン, スコンセット ブラフ 2
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中空チタンファンブレードのアルミニウムろう付け

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ファンブレードであって、

第 1 および第 2 のチタン部分が、マンガンを含むアルミニウム合金ろう付け材で相互に固定されており、前記第 1 のチタン部分が、リブと、根元と、前記ファンブレードの外側エアfoil輪郭の少なくとも一部分とを含み、前記第 2 のチタン部分が、前記外側エアfoil輪郭の別の部分を含み、前記リブが、前記アルミニウム合金ろう付け材で前記第 2 のチタン部分に固定されていることを特徴とするファンブレード。

【請求項 2】

前記第 1 のチタン部分が鍛造によって提供されることを特徴とする請求項 1 に記載のファンブレード。

【請求項 3】

前記リブが、機械加工によって提供され、該リブが、弓形形状を有するアンダーカットを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のファンブレード。

【請求項 4】

前記第 2 のチタン部分が、カバーを提供するシートであり、該シートが、熱間成形によって提供されることを特徴とする請求項 1 に記載のファンブレード。

【請求項 5】

前記ファンブレードが、前記第 1 のチタン部分によって画定されるブレード先端を有することを特徴とする請求項 2 に記載のファンブレード。

10

20

【請求項 6】

前記カバーが前記エアfoilの一側面を提供することを特徴とする請求項 4 に記載のファンブレード。

【請求項 7】

前記第 1 のチタン部分が、前記ファンブレードの前縁および後縁を画定する、対向する第 1 および第 2 の縁部を含むことを特徴とする請求項 6 に記載のファンブレード。

【請求項 8】

ファンブレードを製造する方法であって、

第 1 および第 2 のチタン部分を提供し、

前記第 1 および第 2 のチタン部分のうちの少なくとも 1 つにアルミニウム合金ろう付け材を適用し、

前記第 1 のチタン部分に溝部を機械加工して、該溝部には前記アルミニウム合金ろう付け材がなく、前記アルミニウム合金ろう付け材を有する合せ面を有するリブを提供し、

前記ファンブレードを加熱して、前記アルミニウム合金ろう付け材を溶融させ、前記第 1 および第 2 のチタン部分を相互に結合して、エアfoil外側輪郭を持つファンブレードを提供する、

ことを含むことを特徴とする、ファンブレードを製造する方法。

【請求項 9】

ファンブレードを製造する方法であって、

リブを有する第 1 のチタン部分を鍛造し、

第 2 のチタン部分を押圧して、エアfoilの側面を提供するカバーを作製し、

前記第 1 および第 2 のチタン部分のうちの少なくとも 1 つにアルミニウム合金ろう付け材を適用し、

前記ファンブレードを加熱して、前記アルミニウム合金ろう付け材を溶融させ、前記第 1 および第 2 のチタン部分を相互に結合して、エアfoil外側輪郭を持つファンブレードを提供する、

ことを含み、

前記第 2 のチタン部分が、前記リブにおいて前記第 1 のチタン部分に結合されることを特徴とする、ファンブレードを製造する方法。

【請求項 10】

前記カバーを酸洗いするステップを含むことを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記カバーを酸洗いした後に、前記アルミニウム合金ろう付け材を適用するステップを含むことを特徴とする請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記加熱ステップを行う前に、前記第 1 および第 2 のチタン部分をバッグに入れるステップを含むことを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 13】

前記加熱ステップの前に、前記バッグをパージするステップを含むことを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記加熱ステップ中に、前記バッグを真空に引くステップを含むことを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

前記第 1 のチタン部分が、根元、先端、ならびに前記エアfoil外側輪郭の前縁および後縁を提供することを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 16】

前記アルミニウム合金ろう付け材が、マンガン含有することを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 17】

前記アルミニウム合金ろう付け材が、マンガンを含むことを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、中空ファンブレード、およびそのろう付け方法に関する。

【背景技術】

【0002】

チタン基合金は、航空宇宙産業における構造用途に広く使用される。これらの合金は、アルミニウム合金と比較して、優れた疲労特性、侵食の便益を提供し、鋼、ステンレス鋼、ニッケル合金と比較して軽量である。大幅な軽量化は中実チタン部品を用いて達成することができるが、より一層の軽量化が中空構造を使用して達成することができる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

複雑なエアfoil形状、特に中空ファンブレード(hollow fan blade)(HFB)を創作することは困難である。中空チタンファンブレードは、典型的には、中立軸上で2枚の機械加工された空洞を含むプレートを広散接合し、接合アッセンブリを熱間成形し、膨張させ、複雑な金型内でその最終形状を実現し、最後に、ブレードの表面を後熱処理して、どのような表面汚染をも除去することによって、作製される。部品経費の多くが、複雑な接合および成形工程によって発生する。

20

【0004】

中空のチタン構造を結合するための慣行は、チタン-ニッケル-銅合金でのろう付け、または広散接合による。アルミニウムでのチタンのろう付けは何十年も使用されるが、必要とされる時間および温度の範囲は非常に限られている。これは、(工業生産)ラインおよび温度が適切に制御されていない場合、アルミニウムおよびチタンが、結合界面で脆弱な金属間化合物相を形成するという事実起因する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

例示的な一実施例では、ファンブレードは、アルミニウム合金ろう付け材で相互に固定された第1および第2のチタン部分を含む。

30

【0006】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、第1のチタン部分は、鍛造によって提供される。

【0007】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、第1のチタン部分は、機械加工されたりブを含む。

【0008】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、機械加工されたりブは弓形形状を有するアンダーカットを含む。

40

【0009】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、第2のチタン部分は、カバーを提供する熱間成形シートである。

【0010】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、ファンブレードは、第1のチタン部分によって画定されるブレード根元を有する。

【0011】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、ファンブレードは、第1のチタン部分によって画定されるブレード先端を有する。

【0012】

50

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、カバーは、エアフォイルの一側面を提供する。

【0013】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、第1のチタン部分は、ファンブレードの前縁および後縁を画定する、対向する第1および第2の縁部を含む。

【0014】

別の例示的な実施例では、ファンブレードを製造する方法は、第1および第2のチタン部分を提供し、第1および第2のチタン部分のうちの少なくとも1つにアルミニウム合金ろう付け材を適用し、ファンブレードを加熱して、アルミニウム合金ろう付け材を溶融させ、第1および第2の部分を相互に結合して、エアフォイル外側輪郭を持つファンブレードを提供する、ことを含む。

10

【0015】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、方法は、第1のチタン部分を鍛造するステップを含む。

【0016】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、方法は、第1のチタン部分を機械加工するステップを含む。

【0017】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、方法は、機械加工ステップの前に、アルミニウム合金ろう付け材を適用するステップを含む。

20

【0018】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、方法は、第2のチタン部分を押圧して、エアフォイルの側面を提供するカバーを作製するステップを含む。

【0019】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、方法は、カバーを酸洗いするステップを含む。

【0020】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、方法は、カバーを酸洗いした後で、アルミニウム合金ろう付け材を適用するステップを含む。

【0021】

30

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、方法は、加熱ステップを行う前に、第1および第2のチタン部分をバッグに入れるステップを含む。

【0022】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、方法は、加熱ステップの前に、バッグをパージするステップを含む。

【0023】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、方法は、加熱ステップ中に、バッグを真空に引くステップを含む。

【0024】

上記のうちのいずれかのさらなる実施例では、第1のチタン部分は、根元、先端、ならびにエアフォイル外側輪郭の前縁および後縁を提供する。

40

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】例示的なろう付けしたチタンファンブレードの斜視図。

【図2A】線2A-2Aに沿った、図1に示すファンブレードの断面図。

【図2B】図2Aに示すファンブレードの一部分の分解拡大図。

【図3】ファンブレードのための例示的な製造方法を示す流れ図。

【図4】ろう付け工程を概略的に示す図。

【発明を実施するための形態】

【0026】

50

本開示は、添付の図面に関連して考慮する場合に、次の詳細な説明を参照することによってさらに理解することができる。

【0027】

ファンブレード10を図1および図2に概略的に示す。ファンブレード10は、先端16に延在するエアfoil14を支持する根元12を含む。第1のチタン部分18および第2のチタン部分20を相互にろう付けして、ファンブレード10の外側輪郭22を提供する。

【0028】

実施例では、材料24を除去するために機械加工した鍛造済み素材によって第1のチタン部分18を提供する。ファンブレードの構造的完全性を提供し、ブレードの疲労寿命を確保し、かつエアfoilカバー20を支持しながらも軽量化するために、弓形形状を持ち、かつ第1のチタン部分18の内部にあるアンダーカット28を有するリブ26を提供する。第1のチタン部分18によって、根元12およびエアfoil14の一側面、併せて先端16を提供する。また第1の部分18によって、ファンブレードの前縁17および後縁19を画定する第1および第2の縁部を提供する。

【0029】

第2のチタン部分20によって、ろう付け材34で第1のチタン部分18の内部上に固定されたカバーを提供する。チタンカバーは、チタン鍛造物とのその熱膨張整合、アルミニウムと比較して秀でているその耐食性、アルミニウムと比較して向上したその剛性、アルミニウムと比較して向上したその耐侵食性、およびアルミニウムと比較して向上したその異物破片/衝撃耐性のために使用されることになる。

【0030】

第1のチタン部分18および第2のチタン部分20によってそれぞれ得られる、第1の合せ面30および第2の合せ面32のうちの1つまたは両方の上へろう付け材34を提供する。一実施例では、ろう付け材34は、3重量%未満の銅および5重量%未満のマンガンを含み、1175°F~1225°Fの固相線液相線範囲を有する、Al-Cu-Mnなどのアルミニウム合金である。ろう付け用に選ばれるアルミニウムまたはアルミニウム合金は、フォトリソエッチングされる予備成形物としてチタンカバーかチタン鍛造物かのどちらかの上に事前に置くこともできるし、チタンカバーまたはチタン鍛造物上に直接陰極アーク堆積させることもできる。一実施例では、結合する領域でのみろう付け材料を提供するように、鍛造物を機械加工する前、またはチタンカバーを選択的にエッチングする前に、ろう付けするカバーの側面またはろう付けする鍛造物の側面の全表面に陰極アーク堆積させることもできる。

【0031】

ファンブレード10を形成する方法40を図4で概略的に示す。ブロック42によって示すように、チタン鍛造物(第1のチタン部分18)を提供する。提案する製造方法は、認定機械特性を持つニアネットシェイプチタン鍛造物を使用する。

【0032】

ブロック46に示すようにチタン鍛造物を機械加工して、例えば図1および図2に示すものと類似の構造を提供する。ファンブレードの設計は、内部発泡体インサートを必要としないであろうように調整することができるが、所望であればインサートを使用してもよい。機械加工前に(金属発泡体インサートを使用していない場合)、ブロック48に示すように、アルミニウム合金ろう付け材を適用してもよい。したがって、機械加工後に、ろう付け材を隆起表面上のみに提供し、それにより第1の合せ面30を提供する。

【0033】

ブロック44に示すようにチタンカバー(第2のチタン部分20)を提供してもよい。チタンカバーは、接合のための所望の形状を実現しながら、その認定機械特性を維持していることを確実にする加工条件で熱間成形してもよい。あるいは、またはそれに加えて、ブロック50に示す酸洗い後に、ブロック52で示すようにアルミニウム合金ろう付け材をチタンカバーに適用してもよい。酸洗いによって、汚染物質のないカバー表面を提供す

る。

【 0 0 3 4 】

第 1 の合せ面 3 0 および第 2 の合せ面 3 2 が相互に係合するように、チタン鍛造物上にカバーを配置する。ブロック 5 4 に示すように、組み立てたファンブレード 1 0 をバッグ 6 4 (図 4) に挿入する。バッグは、例えばステンレス鋼またはニッケル合金箔から構成され得る、密封可能な金属製のバッグである。

【 0 0 3 5 】

一実施例では、バッグに入れ密封したファンブレードを、図 4 に示す発熱体 6 6 を有する真空圧縮ろう付け炉 6 2 に装入する。ブロック 5 6 に示すように、バッグ内の酸素および窒素を排気し、バッグにアルゴンを再充填する。排気および再充填を複数回繰り返して、バッグ内およびファンブレードの内部空洞内の酸素および窒素を許容濃度まで減少させてもよい。最後の排気の後、密封したバッグ内で陰性の雰囲気を維持する。バッグの内部陰圧の大きさは、いかなるバッグ外部の陽圧または真空もが常に、全ての後続の加熱、ろう付け、および冷却中を通して、バッグ 6 4 内のチタンカバー 2 0 および機械加工したファンブレード 1 0 上に力を加えるようなものである。

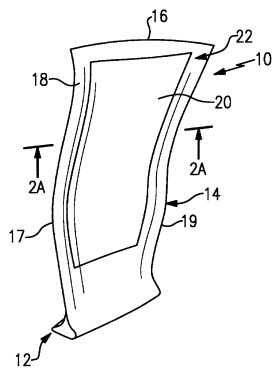
【 0 0 3 6 】

ろう付けは、アルゴンの陽圧を適用することができる真空炉内、アルゴンレトルト内、高真空を維持することができる炉内、またはアルゴンの分圧を維持することができる真空炉内で生じ得る。第 1 の実施例では、真空圧縮ろう付け炉 6 2 は、アルミニウム合金ろう付け材料を溶融するための加熱中、および後続の冷却中に、バッグに入れたファンブレード 1 0 にアルゴンの陽圧を適用することができる。アルゴンレトルト内でのろう付けの場合、そのような環境は、設計基準内で最終製品を作製するのに許容可能であるが特定の表面汚染要件を満たすまたはしのぐ程度に、酸素と窒素との両方を含まないものとしてすることができる。標準的な真空炉内の場合、 $1225^{\circ}\text{F} \sim 1290^{\circ}\text{F}$ の温度範囲内で 5×10^{-4} トール以下の圧力で、レトルトまたはその他の視線遮蔽物内で部品を加熱することによってろう付けを達成することになる。炉の選択に関係なく、加熱時の 1175°F と冷却時の 1175°F との間の時間を制御して、材料特性化試験およびファンブレード部品試験によって確立された冶金規格に準拠するろう付け材微細構造を得ることになる。そのような規格は、ろう付け材内の微粒子、チタンアルミナイド、および共晶金属間化合物構造の量を規制することになる。アルミニウムろう付け温度は、 $\text{Ti} - 6 - 4$ および $\text{Ti} - 6 - 2 - 4 - 2$ などのチタン合金に使用する焼なまし温度よりも低いため、事前のプレート/シート圧延、ファンブレード鍛造、および関連する後続の熱処理中に前もって創出したファンブレードカバー 2 0 およびファンブレード鍛造物 1 8 の認定機械特性は、全てのアルミニウムろう付け熱処理を通して維持される。その後ブロック 6 0 で示すように、ファンブレードを仕上げる。

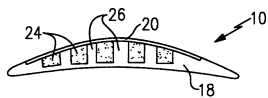
【 0 0 3 7 】

例示的な実施例を開示したが、当業者であれば、一定の改変が特許請求の範囲内に入り得ることを認識するであろう。そのため、次の特許請求の範囲は、それらの真の範囲および内容を決定するために検討されるべきである。

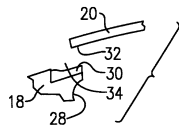
【図 1】



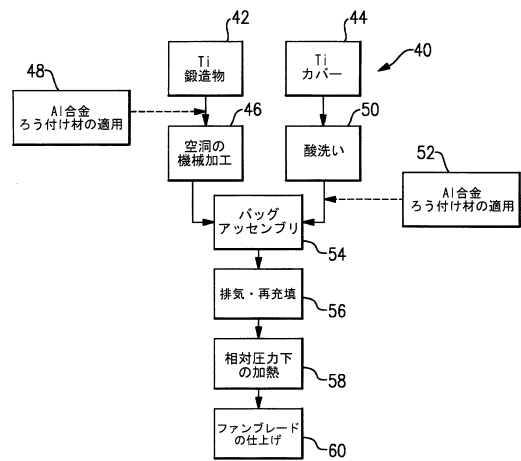
【図 2 A】



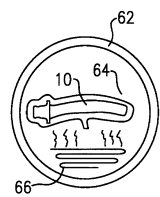
【図 2 B】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
B 2 3 K	1/20	(2006.01)	B 2 3 K	1/20	H
B 2 1 J	5/00	(2006.01)	B 2 1 J	5/00	E
B 2 1 K	3/04	(2006.01)	B 2 1 K	3/04	
F 0 1 D	25/00	(2006.01)	F 0 1 D	25/00	X
B 2 3 K	103/14	(2006.01)	B 2 3 K	103:14	

(72)発明者 ワトソン, トーマス ジェイ.
 アメリカ合衆国, コネチカット, サウス ウィンザー, ウッド ポンド ロード 139

審査官 富永 達朗

(56)参考文献 米国特許第06565989(US, B2)
 特開2005-325839(JP, A)
 特開平06-047569(JP, A)
 特開2012-026448(JP, A)
 特開昭57-062859(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 4 D 2 9 / 3 8
 B 2 1 J 5 / 0 0
 B 2 1 K 3 / 0 4
 B 2 3 K 1 / 0 0
 B 2 3 K 1 / 0 0 8
 B 2 3 K 1 / 1 9
 B 2 3 K 1 / 2 0
 B 2 3 K 3 1 / 0 2
 F 0 1 D 2 5 / 0 0
 B 2 3 K 1 0 3 / 1 4