

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-520180
(P2025-520180A)

(43)公表日 令和7年7月1日(2025.7.1)

(51)国際特許分類

F I

C 2 2 C 14/00 (2006.01)

C 2 2 C 14/00

Z

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全18頁)

(21)出願番号	特願2024-571181(P2024-571181)	(71)出願人	502255911
(86)(22)出願日	令和5年6月1日(2023.6.1)		サフラン
(85)翻訳文提出日	令和7年1月31日(2025.1.31)		フランス国 7 5 0 1 5 パリ ブールヴ
(86)国際出願番号	PCT/FR2023/050772		アール デュジェネラル マルシャル ヴ
(87)国際公開番号	WO2023/233114		アラン 2
(87)国際公開日	令和5年12月7日(2023.12.7)	(71)出願人	517153077
(31)優先権主張番号	2205372		ティメ・サボワ
(32)優先日	令和4年6月3日(2022.6.3)		フランス国、7 3 4 0 0 ・ユジーヌ、ア
(33)優先権主張国・地域又は機関	フランス(FR)		ブニュ・ポール・ジロ・6 2
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV	(71)出願人	501089863
	最終頁に続く		サントル ナシオナル ドゥ ラ ルシェル
			シェ サイアンティフィク
			フランス国、エフー7 5 0 1 6 パリ,
			リュ ミッシェル アンジュ3
		(71)出願人	512079439
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 チタン合金

(57)【要約】

本発明は、質量基準の含有率で、

- － 4 . 0 % ～ 5 . 0 % のアルミニウム；
- － 3 . 5 0 % ～ 4 . 5 0 % のスズ；
- － 1 . 0 % ～ 4 . 0 % のジルコニウム；
- － 2 . 0 % ～ 5 . 2 5 % のモリブデン；
- － 1 . 0 % ～ 2 . 5 0 % のニオブ；
- － 0 . 1 0 % ～ 0 . 2 5 % のケイ素；
- － 0 . 1 0 % ～ 0 . 1 8 % の酸素；

を含み、残りはチタンと不可避不純物からなるチタン合金に関し、この合金は、さらに、「質量基準でのアルミニウム当量含有率」を称されるA l e q基準が8 . 5 %以下であるようなものであり、A l e q基準は、

$$A l e q = [A l] + [S n] / 3 + [Z r] / 6 + 1 0 * [O]$$

(式中、[A l]、[S n]、[Z r] 及び [O] は、それぞれ、アルミニウム、スズ、ジルコニウム及び酸素の合金中の質量含有率である。)

として定義される。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

質量基準の含有率で、

- － 4.0 %～5.0 %のアルミニウム；
- － 3.50 %～4.50 %のスズ；
- － 1.0 %～4.0 %のジルコニウム；
- － 2.0 %～5.25 %のモリブデン；
- － 1.0 %～2.50 %のニオブ；
- － 0.10 %～0.25 %のケイ素；
- － 0.10 %～0.18 %の酸素；

10

を含み、残りはチタンと不可避不純物からなり、

A l e qと表され、以下の式：

$$A l e q = [A l] + [S n] / 3 + [Z r] / 6 + 10 * [O]$$

(式中、[A l]、[S n]、[Z r]及び[O]は、それぞれ、アルミニウム、スズ、ジルコニウム及び酸素の合金中の質量含有率である。)

の適用により計算される質量基準でのアルミニウム当量含有率が8.5 %以下である、チタン合金。

【請求項 2】

質量基準でのアルミニウム当量含有率が6.5 %～8.0 %である、請求項 1 に記載のチタン合金。

20

【請求項 3】

質量基準でのアルミニウム当量含有率が4.0 %～4.8 %である、請求項 1 又は 2 に記載のチタン合金。

【請求項 4】

質量基準でのモリブデン含有率が4.50 %～5.25 %である、請求項 1～3 のいずれか一項に記載のチタン合金。

【請求項 5】

質量基準でのケイ素含有率が0.1 %～0.15 %である、請求項 1～4 のいずれか一項に記載のチタン合金。

【請求項 6】

30

質量基準でのジルコニウム含有率が1.0 %～2.0 %である、請求項 1～5 のいずれか一項に記載のチタン合金。

【請求項 7】

請求項 1～6 のいずれか一項に記載の合金を含むターボ機械部品。

【請求項 8】

前記部品が、コンプレッサーブレード、コンプレッサーディスク、コンプレッサーインペラ、ターボ機械ケーシング又はターボ機械ノズルから選択される、請求項 7 に記載のターボ機械部品。

【請求項 9】

請求項 7 又は 8 に記載の部品を含むターボ機械。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は金属合金の分野に関し、より詳細には、航空産業で使用される合金に関する。

【背景技術】**【0002】**

汚染排出物の低減は航空産業にとって主要な課題である。これらの排出物を低減するためにしばしば提唱されているアプローチは、使用される推進システムの効率を高めることである。しかしながら、これらのシステムの効率は、それらの動作温度によって制限され、それ自体、推進システムの構成材料によって制限される。

50

【0003】

さらに、推進システムの構成材料は、推進システム、特に航空用ターボ機械への適用に十分な良好な耐熱性及び機械的特性、特に機械的強度、耐酸化性及び耐疲労性の点で十分な良好な耐熱性及び機械的特性も有していなければならない。

【0004】

チタン合金の使用は、コンプレッサーディスク、コンプレッサーブレード、コンプレッサーインペラー又はターボ機械ノズルの製造に関して知られている。

【0005】

ディスク、ブレード、インペラー又はターボ機械ノズル用のチタン合金は、化学組成において著しい発展を遂げており、特に、これらの合金が使用される温度でのそれらの機械的強度、及びこれらの合金が使用される環境に対するそれらの耐性を向上させることを目的として、化学組成において著しい発展を遂げてきた。これらの合金の化学組成の複雑さは、それらの最適な微細構造の不安定化につながるおそれがあるため、添加元素とその含有量の選択は自明ではない。

10

【0006】

これらの材料の主な利点は、高い機械的強度、ニッケル基超合金の密度の2分の1である低い密度、及び酸化と腐食に対する適度な耐性のすべてを550℃未満の温度で兼ね備えることである。

【0007】

この点について、チタン合金は、550℃未満の温度では銅やニッケル基超合金と比較して競争力がある。しかしながら、ターボ機械の動作温度の上昇は、特に市販のチタン合金に関して、耐熱性の増加を強いる。

20

【0008】

より詳細には、航空産業で最も使用されているチタン合金は、非常に大きな分率のコンパクトな六方晶 α 相を含むいわゆる「ニア α 」合金であり、後者は、一般的に、温度に対して良好な耐性を有する。例えば、Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo合金はこのファミリーの代表的なものである。

【0009】

しかし、ニア α チタン合金は、いくつかの理由から、550℃より高い温度での用途には競争力がない。

30

【0010】

第一に、これらの合金はいわゆる「Dwell疲労」に対して敏感である。この疲労は、応力下での数分間の保持段階が関与する室温から観察されるクリープに類似した疲労の一種であると説明できる。

【0011】

現在、ニア α 合金の耐用年数は、Dwell疲労に対するそれらの感受性によって制限されている。より具体的には、Dwell疲労は高温では観察されないが、それにもかかわらずエンジン冷却サイクル中に出現することがある。Dwell疲労に対するそれらの耐性に加えて、航空推進システムの動作温度を高めるという要望は、使用される材料の耐酸化性及び機械的強度の向上を伴わなければならない。

40

【0012】

より具体的には、動作温度の上昇は、腐食による、特に酸化によるチタン合金の劣化を促進する。さらに、機械的特性は、温度と共に低下し、550℃より高い目標温度では、公知のニア α 合金は将来の用途で要求される耐性を有しない。

【0013】

したがって、航空推進システムの効率を高めることができるようにするためには、チタン合金の新しい組成を開発することが必要である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

50

本発明は、まさにこの必要性に応えることを目的とし、この目的のために、最高 650℃までの動作温度で航空用ターボ機械での使用に適合する耐 Dwell 疲労性、耐腐食性及び機械的強度を提供するように最適化された組成を有する合金を提案する。

【課題を解決するための手段】

【0015】

この目的のために、本発明は、質量基準の含有率で、

- － 4.0%～5.0%のアルミニウム；
- － 3.50%～4.50%のスズ；
- － 1.0%～4.0%のジルコニウム；
- － 2.0%～5.25%のモリブデン；
- － 1.0%～2.50%のニオブ；
- － 0.10%～0.25%のケイ素；
- － 0.10%～0.18%の酸素；

を含み、残りはチタンと不可避不純物からなり、

Aleqと表され、以下の式：

$$Aleq = [Al] + [Sn] / 3 + [Zr] / 6 + 10 * [O]$$

(式中、[Al]、[Sn]、[Zr]及び[O]は、それぞれ、アルミニウム、スズ、ジルコニウム及び酸素の合金中の質量含有率である。)

の適用により計算される質量基準でのアルミニウム当量含有率が8.5%以下である、チタン合金に関する。

【0016】

この合金は、例えばディスク、ブレード、インペラー又は排気ノズルなどのターボ機械部品の製造を意図している。

【0017】

本出願を通じて、また特に示されていない限り、元素について与えられた含有率は質量基準での含有率である。

【0018】

本発明者らは殊勝にも、記載された合金組成に到達し、その挙動は、上記課題に対応できることを見出した。実際に、数ある特性の中で、本発明の合金は以下の特性を有する：

- － 既存のチタン合金と同程度の含有密度；
- － ターボ機械の環境に適合する耐腐食性及び耐酸化性であり、少なくとも650℃までの温度において、現在市販されている合金の耐腐食性及び耐酸化性よりも高い；
- － 機械的強度、特にDwell疲労に対する耐性が既存の合金よりも高い；
- － 使用温度範囲、特に650℃までの温度範囲において、適切なミクロ構造安定性；
- － 使用温度範囲、特に少なくとも650℃までの温度範囲において、例えばω相などの有害な相の形成に対する感受性が低い。

【0019】

本発明者らは、特に、鉄、クロム及びニッケルが合金の耐クリープ性を低下させることを見出した。従って、高温用途では、本発明による合金の場合のように、これらの元素の存在を避けることが好ましい。

【0020】

さらに、本発明者らは、8.5%以下、あるいはさらに8.0%以下の質量基準でのアルミニウム当量含有率が、合金中のα₂相の分率を制限することを可能に見出した。質量基準でのアルミニウム当量含有率が記載されたものよりも大きい合金の場合に出現しうるα₂相の大きな分率は、合金の望ましくない脆化の原因となる。さらに、質量基準でのアルミニウム当量含有率がより大きい合金の場合には、α相の変態速度が大きすぎて、Dwell疲労に対する合金の感度の増大をもたらすことを見出した。Dwell疲労に対する合金の感度の増大は、まさに本発明の合金が防止することを目指していることである。

【0021】

本発明者らは、一方では、存在する現象に対する重要な基準として質量基準でのアルミニウム当量含有率の基準の重要性を特定することに成功し、他方では、動作温度が少なくとも550℃になる航空用ターボ機械において使用可能な合金の技術仕様を満たすために他の元素の含有量を正確に調整することによって、この最適化を提案することに成功した。

【0022】

一実施形態では、質量基準でのアルミニウム当量含有率は6.5%~8.5%、さらには6.5%~8.0%であることができる。

【0023】

一実施形態において、本発明の合金は、4.0%~4.8%、さらには4.0%~4.7%の質量基準でのアルミニウム含有率を有する。

10

【0024】

本発明者らは、アルミニウム含有率についてのこの追加的な制限により、合金の大きすぎる分率の α_2 相の析出を回避することが可能になり、合金の機械的強度を、特にその延性を増加させることによって、改善することを見出した。

【0025】

一実施形態において、本発明の合金は、4.50%~5.25%の質量基準でのモリブデン含有率を有する。

【0026】

モリブデンは、合金の β 相を安定化させ、固溶による強化に寄与する。 β 相は合金の延性の増加に寄与し、したがってその成形性に寄与する。

20

【0027】

一実施形態において、合金の質量基準でのケイ素含有率は0.1%~0.15%であることができる。

【0028】

実際に、ケイ素は固溶による強化に寄与し、ケイ化物、特に化学量論的に M_3Si 及び M_5Si_3 を有するケイ化物の形成に寄与する。ここで、Mは他の元素、例えばチタン、ジルコニウム、モリブデン又はニオブを表す。これらのケイ化物は合金の耐クリープ性にとって有益であるが、ケイ素含有率が高すぎると、逆にケイ化物の過剰な析出をもたらす、これはひいては合金の延性に害を及ぼし、また、合金の早期劣化につながる亀裂の起点になりうる。

30

【0029】

提案されるケイ素の範囲は、これら2つの効果の間で最適が得られるものである。

【0030】

一実施形態では、質量基準でのジルコニウム含有率は1.0%~2.0%であることができる。

【0031】

ジルコニウムは、合金の耐酸化性を向上させることを意図している。しかしながら、ジルコニウムの過剰な添加は、 α_2 相を安定化させ、その分率が高すぎると合金の延性を低下させるため、提案される値は、2つの効果の間で見出された最適値である。

40

【0032】

本発明の別の態様は、上述したような合金を含むターボ機械部品に関する。

【0033】

一実施形態において、かかる部品は、コンプレッサーブレード、コンプレッサーディスク、コンプレッサーインペラ、ターボ機械ケーシング又はターボ機械ノズルであることができる。

【0034】

本発明の別の態様は、上述したような1つ以上のターボ機械部品を含むターボ機械に関する。

【発明を実施するための形態】

50

【0035】

次に、本発明の特定の実施形態を例示するための説明的な目的を有する実施例によって本発明を説明する。所与の実施例は、本発明を限定するものと解釈されてはならない。

【0036】

本発明の特定の具体的な合金の特性を特徴付けるために、本発明者らは数値シミュレーションの結果を使用することを選択した。より詳細には、本発明による11個の合金と3個の比較用合金を、合金に期待される能力を生じるそれらの能力を決定するために、予測的測定の対象とした。

【0037】

当該合金の組成は以下の表1に示されている。3つの比較例は、航空産業で頻繁に使用されているニア α チタン合金である。

【0038】

比較用合金1、comp1は、いわゆるTi6242S合金に相当する。

【0039】

比較用合金2、comp2は、いわゆるTi6246合金に相当する。

【0040】

比較用合金3、comp3は、いわゆるIMI-834合金に相当し、これは、例えば、TIMETから商品名TIMETAL（登録商標）834で市販されている。

【0041】

【表1】

[表1]

レファレンス	Al	Sn	Zr	Mo	Nb	Si	O	その他
実施例1	5.0	4.0	2.0	2.0	1.9	0.1	0.12	-
実施例2	4.0	4.0	2.0	2.0	1.9	0.1	0.12	-
実施例3	4.8	4.5	2.0	2.0	1.9	0.1	0.12	-
実施例4	4.8	4.0	4.0	2.0	1.9	0.1	0.12	-
実施例5	4.8	4.0	2.0	2.0	1.0	0.1	0.12	-
実施例6	4.8	4.0	2.0	2.0	2.5	0.1	0.12	-
実施例7	4.8	4.0	2.0	2.0	1.9	0.25	0.12	-
実施例8	4.7	3.7	3.3	2.7	1.9	0.13	0.11	-
実施例9	4.7	3.7	3.3	2.7	1.9	0.22	0.11	-
実施例10	4.6	4.1	1.5	4.5	1.9	0.13	0.13	-
実施例11	4.6	4.1	1.5	5.25	1.9	0.13	0.13	-
Comp1	6.0	2.0	4.0	2.0	-	0.10	0.11	-
Comp2	6.0	2.0	4.0	6.0	-	-	0.11	-
Comp3	5.8	4.0	3.5	0.5	0.7	0.35	0.12	0.06C

【0042】

この後続く実施例と成し得たそれらの結論を理解するには、合金はその特性のすべてについて評価されなければならない、1つの特性を単独で評価してはならないことに留意すべきである。

【0043】

したがって、例えば密度だけを見れば、合金comp3が最も有望であるという印象を与えるであろうが、これは、表2及び5を読むことで明らかのように、その α_2 相含有率から明らかにDwell疲労に対する耐性が低すぎる、及び β トランザスでの α 分率勾配が高すぎることから、この合金を高温で使うことができないことを考慮していな

いことになる。

【0044】

特定の合金の最適化と選択は、常に異なる特性間の折衷の結果であり、技術的問題を解決するための本発明の合金の特定の利点を理解するには、以下に示す重要なパラメータのすべてを考慮することが非常に重要である。

【0045】

以下に示す実施例は、本発明による種々の実施例間の比較を提供することを目的とし、これらの実施例はいずれも比較用合金よりも優れた特性を有することを示すものであるが、これらの合金はいずれも550℃～650℃の動作温度を有する航空用ターボ機械の従来の条件下での使用には適していない。

10

【0046】

本発明者らは、まず各種合金の密度を決定した。

【0047】

密度は、混合物の法則を用いて、各元素の密度をその含有率で重み付けし、全体を2.5%減少させた。したがって、合金の密度 ρ は、 w_i が元素 i の質量%、 ρ_i がその密度である以下の式に従って記述することができる。

【0048】

【数1】

[数1]

20

$$\rho = 0.975 \times \sum_i \omega_i \rho_i$$

【0049】

この式は、比較例comp1～comp3について、許容できると判断される1%のオーダーの誤差を与える。

【0050】

実施例及び比較例の密度を表2に示す。

30

【0051】

40

50

【表 2】

[表2]

レファレンス	ρ (g.cm ⁻³)
実施例 1	4.64
実施例 2	4.65
実施例 3	4.65
実施例 4	4.68
実施例 5	4.60
実施例 6	4.66
実施例 7	4.64
実施例 8	4.70
実施例 9	4.69
実施例 10	4.77
実施例 11	4.82
Comp1	4.53
Comp2	4.75
Comp3	4.51

10

20

【0052】

種々の合金が、上記合金の密度に匹敵する密度を有するが、非常に多くの場合、より低い密度を有する。

【0053】

本発明による合金と先行技術の合金との比較のための第2の要素は、 k_p と表される650℃でのそれらの放物線酸化速度定数である。

【0054】

この定数は、合金の酸化動力学（質量増加）を定量化する。この値が大きいほど、表面酸化物がより速く形成されることを意味し、これは、酸素の合金中への拡散がより速いことを意味する。従って、目標とする用途では、このパラメータをできるだけ低くすることが望ましい。

30

【0055】

表3に実施例及び比較例の放物線酸化速度定数を示す。本発明による実施例及び比較例について、定数 k_p は、実験データの収集及び利用に基づく回帰モデルを使用して得られた。

【0056】

40

50

【表 3】

[表3]

レファレンス	650°Cでの kp ($\times 10^{13} \text{ g}^2/\text{cm}^4/\text{s}$)
実施例 1	1.68
実施例 2	1.68
実施例 3	1.53
実施例 4	1.68
実施例 5	2.26
実施例 6	1.34
実施例 7	1.14
実施例 8	1.60
実施例 9	1.32
実施例 10	1.49
実施例 11	1.49
Comp1	3.56
Comp2	4.35
Comp3	1.52

10

20

【0057】

表 3 は、本発明の合金が、比較例 c o m p 1 及び c o m p 2 よりも、650°Cで優れた耐酸化性を有することを示している。

【0058】

さらに、それらの値は、最も優れた耐酸化性を有する第3番目の比較例と少なくとも同等であることに留意すべきである。

【0059】

本発明による合金を、室温及び所定温度での機械的特性について、再び比較例と比較した。

30

【0060】

この目的のために、引張強さ R m を合金の密度で割った値を表 4 に示す。表 4 には、20°Cでの破断点伸び A % も含まれる。

【0061】

40

50

【表 4】

[表4]

レファレンス	20°Cでの Rm/ ρ (MPa.g ⁻¹ .cm ³)	650°Cでの Rm/ ρ (経時状態 – MPa.g ⁻¹ .cm ³)	20°Cでの A% (%)
実施例 1	224	111	8.4
実施例 2	213	95	13.2
実施例 3	227	110	8.4
実施例 4	229	114	7.7
実施例 5	224	109	9.0
実施例 6	221	107	9.0
実施例 7	232	118	6.7
実施例 8	227	111	7.5
実施例 9	233	117	6.0
実施例 10	252	110	5.7
実施例 11	261	112	4.6
Comp1	214	119	9.3
Comp2	264	128	2.6
Comp3	233	140	5.6

10

20

【0062】

表 4 に報告されている値は、実験データの収集と利用に基づいて回帰モデルによって得られた。

【0063】

上記の望ましい用途では、機械的強度の値及び伸びの値が可能な限り高いことが好ましい。

【0064】

表 4 は、本発明による合金が、室温及び所定温度において、先行技術の合金の機械的強度と少なくとも同じオーダーの機械的強度を有することを示している。

30

【0065】

表 4 は、また、本発明による合金が、先行技術の合金ではアクセスできない特性の折衷を可能にすることを示す。例えば、たとえ本発明による合金のいずれも合金 comp 3 よりも高い 650°C での機械的強度を有しないとしても、ほとんど全てが高い破断点伸びを有する。

【0066】

最後に、良好な耐熱性を確保することを可能にする本発明の合金の特定の熱力学的特性も、数値シミュレーションによって評価した。

40

【0067】

このシミュレーションは、市販の熱力学データベース TCTI3 (Thermo-Calc Software AB、スウェーデン) を使用して、CALPHAD 法によって実行される熱力学平衡計算によって実施した。

【0068】

このようにして評価した種々の熱力学的特性は、以下の表 5 に示されている。

【0069】

50

【表 5】

[表5]

レファレンス	β トランザス (°C)	$\Delta \alpha$ (%mol.)	650°Cでの α_2 相の分率 (%mol.)	650°Cでのケイ 化物の分率 (%mol.)	β トランザスで の α 分率の 勾配(%mol/°C)
実施例 1	955	1.7	-	0.4	-0.41
実施例 2	938	1.8	-	0.6	-0.37
実施例 3	950	1.9	0.2	0.4	-0.34
実施例 4	944	1.6	-	0.6	-0.89
実施例 5	959	1.6	-	0.4	-0.47
実施例 6	946	1.8	-	0.4	-0.36
実施例 7	951	1.8	-	1.1	-0.42
実施例 8	942	1.5	-	0.8	-0.63
実施例 9	942	1.6	-	1.5	-0.63
実施例 10	976	2.1	-	0.6	-0.12
実施例 11	986	2.5	-	0.6	-0.09
Comp1	998	0.7	-	0.4	-1.34
Comp2	965	2.5	-	-	-0.58
Comp3	992	1.8	15.0	1.6	-1.05

【0070】

表 5 において、記号「-」は、得られた値に有意性がなく、数値結果を 0 とみなせることを意味する。

【0071】

β トランザス温度は、 β 相の安定性範囲を特徴付ける。 β トランザス温度がより低いほど、 β ドメインはより安定である。

【0072】

$\Delta \alpha$ の列は、700°Cでの平衡における α 相分率と650°Cでの平衡における α 相分率との間の差の絶対値を表す。これらの2つの温度間の合金の構成の変化の大きさを示すこの指標は、意図された使用温度に近いこれらの温度における合金の安定性を証明するものである。その目的は、小さい変動 $\Delta \alpha$ を維持することであり、本発明の合金はすべて、比較例 Comp 2 の値よりも小さい $\Delta \alpha$ の値を有することに留意されたい。

【0073】

表 5 には、650°Cでの平衡状態での α_2 相含有率を示す列も含まれている。

【0074】

たとえ α_2 相の含有率がゼロであることが望ましいとしても、低い含有率は、しかしながら、禁止されない。というのは、この相が、析出による強化に寄与することが観察されることがあるからである。

【0075】

表 5 には、ケイ化物の含有率も示されている。合金中のケイ化物の存在は、析出によるある種の強化を確保し、かかる強化は、望ましく、さらに、本発明による合金の全てについて観察される。

【0076】

最後に、表 5 には、 β トランザスでの α 分率勾配が記載されている。この値は、冷却時の β 相の変態動力学の指標である。高すぎる値（絶対値で）は、 α 析出物が Dwell 疲労に対する合金の感受性を高める形態を有する合金に関連することが見出された。

【0077】

さらに、合金 c o m p 1 及び c o m p 3 は、この種の疲労に敏感であることが知られており、 β トランザスでの α 勾配の値が比較的高い（絶対値で）。

【0078】

逆に、合金 c o m p 2 は、D w e l l 疲労を受けにくいことが知られている。本発明による合金についての値は、合金 c o m p 2 の勾配の値に比較的近く、いずれにしても合金 c o m p 1 又は c o m p 3 の値よりも（絶対値で）大幅に下回るため、本発明による合金は D w e l l 疲労に対して良好な耐性を有することが期待される。

【0079】

上掲の実施例から、特に、比較例の合金 c o m p 1 及び c o m p 2 は、考慮した他の合金と比較して、非常に高い放物線酸化速度定数を有するが、比較用合金 c o m p 3 及び c o m p 1 は、D w e l l 疲労に対して満足な感受性を有しないことが分かる。

【0080】

他方、本発明の合金は、上述の重要な変数の各々について許容可能な挙動を有することができ、特に、

- － それらの酸化挙動は、放物線酸化速度定数 k_p が合金 c o m p 1 及び c o m p 2 の酸化速度定数 k_p よりもかなり小さいことから明らかなように、先行技術の合金 c o m p 1 及び c o m p 2 の酸化挙動よりも許容可能である；

- － それらの機械的挙動は、先行技術の合金、特に破断点伸びが比較例の合金の破断点伸びよりも高いことが多い先行技術の合金の定数 R_m / ρ に実質的に近い定数 R_m / ρ によって定義され；

- － 先行技術の合金 c o m p 3 （及び c o m p 1 ）と比較して、 β トランザスでの α 分率勾配の値によって証明されるように、D w e l l 疲労に対する抵抗性が高い。

【0081】

その結果、本発明の合金は、少なくとも1つの特性が高温でのそれらの使用を許容しない先行技術の合金よりも優れた折衷を提供するため、先行技術の合金よりも高温用途のためのより優れた候補である。

【0082】

本出願を通じて、特に言及しない限り、全ての値の範囲は上下限值を含むと理解されるべきである。

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2023/050772

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>C22C 14/00</i> (2006.01)i; <i>F01D 5/28</i> (2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C22C; F01D; C22F Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, CHEM ABS Data, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0851036 A1 (DAIDO STEEL CO LTD [JP]) 01 July 1998 (1998-07-01) claims 1-7 tables 1-2	1-9
A	Foltz John ET AL. "Introduction to Titanium and Its Alloys" In: Heat Treating of Nonferrous Alloys, ASM International , pages 481-497, 01 June 2016 (2016-06-01), ISBN: 978-1-62708-169-6. XP093011105 page 489; table 8 page 490; table 9B	1-9
A	JP H04202729 A (DAIDO STEEL CO LTD) 23 July 1992 (1992-07-23) claims 1-5 tables 2-3	1-9
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 14 August 2023		Date of mailing of the international search report 23 August 2023
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Neibecker, Pascal Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

10

20

30

40

50

International application No.

PCT/FR2023/050772

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	0851036	A1	01 July 1998	EP	0851036	A1	01 July 1998
				JP	3959766	B2	15 August 2007
				JP	H10195563	A	28 July 1998
				US	5922274	A	13 July 1999
				US	6284071	B1	04 September 2001
JP	H04202729	A	23 July 1992	JP	3049767	B2	05 June 2000
				JP	H04202729	A	23 July 1992

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2023/050772

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. C22C14/00 F01D5/28
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
C22C F01D C22F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, CHEM ABS Data, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 851 036 A1 (DAIDO STEEL CO LTD [JP]) 1 juillet 1998 (1998-07-01) revendications 1-7 tableaux 1-2	1-9
A	Foltz John ET AL: "Introduction to Titanium and Its Alloys" In: "Heat Treating of Nonferrous Alloys", 1 juin 2016 (2016-06-01), ASM International, XP093011105, ISBN: 978-1-62708-169-6 pages 481-497, DOI: 10.31399/asm.hb.v04e.a0006253, page 489; tableau 8 page 490; tableau 9B	1-9

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

14 août 2023

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/08/2023

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Neibecker, Pascal

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale n°
PCT/FR2023/050772

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	JP H04 202729 A (DAIDO STEEL CO LTD) 23 juillet 1992 (1992-07-23) revendications 1-5 tableaux 2-3 -----	1-9

1

10

20

30

40

50

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale n°

PCT/FR2023/050772

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0851036	A1	01-07-1998	EP 0851036 A1	01-07-1998
			JP 3959766 B2	15-08-2007
			JP H10195563 A	28-07-1998
			US 5922274 A	13-07-1999
			US 6284071 B1	04-09-2001

JP H04202729	A	23-07-1992	JP 3049767 B2	05-06-2000
			JP H04202729 A	23-07-1992

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

ユニベルシテ ドゥ ロレーヌ

フランス共和国 5 4 0 5 2 ナンシー セデ, ベペ 2 5 2 3 3, クール レオポルド, 3 4

(71)出願人 520165869

オフィス ナシオナル デテューデ エ ドゥ ルシェルシェ エロスパティアレ

フランス国, 9 1 1 2 0 パレゾー, シュマン ドゥ ラ ユニエール

(74)代理人 100099759

弁理士 青木 篤

(74)代理人 100123582

弁理士 三橋 真二

(74)代理人 100153729

弁理士 森本 有一

(74)代理人 100211177

弁理士 赤木 啓二

(72)発明者 エデルン マヌー

フランス国, 7 7 5 5 0 モワシークラマイエル, セントレ デクセレン プロプリエテ アンテ
レクチュル, セ／オ サフラン

(72)発明者 ジェローム デルフォッス

フランス国, 7 7 5 5 0 モワシークラマイエル, セントレ デクセレン プロプリエテ アンテ
レクチュル, セ／オ サフラン

(72)発明者 イボン ミレー

フランス国, 6 9 1 0 0 ビルールバンヌ, リュ デュ ノール 2 1