

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 3 部門第 4 区分

【発行日】令和 2 年 10 月 22 日 (2020.10.22)

【公表番号】特表 2019-533081 (P2019-533081A)

【公表日】令和 1 年 11 月 14 日 (2019.11.14)

【年通号数】公開・登録公報 2019-046

【出願番号】特願 2019-515444 (P2019-515444)

【国際特許分類】

C 2 5 C 3/36 (2006.01)

C 2 2 B 5/04 (2006.01)

C 2 2 B 34/12 (2006.01)

B 2 2 F 9/04 (2006.01)

C 2 2 C 1/04 (2006.01)

C 2 2 C 1/02 (2006.01)

C 2 2 C 14/00 (2006.01)

B 2 2 F 3/11 (2006.01)

C 2 5 C 3/28 (2006.01)

【 F I 】

C 2 5 C 3/36

C 2 2 B 5/04

C 2 2 B 34/12 1 0 2

B 2 2 F 9/04 C

C 2 2 C 1/04 E

C 2 2 C 1/02 5 0 3 E

C 2 2 C 14/00 Z

B 2 2 F 3/11 C

C 2 5 C 3/28

【手続補正書】

【提出日】令和 2 年 9 月 14 日 (2020.9.14)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) 化学ブレンドを加熱する工程であって、前記化学ブレンドは、チタン含有鉱石とバナジウム含有鉱石との混合物；

前記チタン及びバナジウム含有鉱石混合物を粗製チタン - アルミニウム - バナジウム合金生成物へと還元するように構成された、A 1 還元剤；及び粘性剤、を含む、工程；

(b) 前記化学ブレンド中で抽出反応を開始して、(1) 粗製チタン - アルミニウム - バナジウム合金生成物、及び(2) 残留スラグを形成する工程であって、前記抽出された生成物は、少なくとも 3 . 0 質量 % の酸素を含む、工程；及び

(c) 前記残留スラグを前記粗製チタン - アルミニウム - バナジウム合金生成物から分離する工程であって、前記化学ブレンド比により、前記粘性剤は、前記反応中に、前記粗製チタン - アルミニウム - バナジウム合金生成物が前記残留スラグから効率的に分離されて 2 層になるように前記スラグ粘度を調節する、工程；

(d) 前記抽出反応で得られた前記粗製チタン - アルミニウム - バナジウム合金生成物を電解セルのアノードとして構成する工程であって、前記電解セルは電解質と共に構成される、工程；

(e) 前記電解質を 600 ~ 900 の温度に加熱して、熔融電解質をもたらす工程であって、前記熔融電解質は反応容器内に保持され、前記アノード及びカソードと接触し、

i . 電流を、前記アノードから前記熔融電解質浴を通して前記カソードへと向け；

ii . 精錬チタン - アルミニウム - バナジウム合金生成物を前記カソード上に析出させ；及び

iii . 前記精錬チタン - アルミニウム - バナジウム合金生成物を前記反応容器から回収する工程、ここで前記精錬チタン - アルミニウム - バナジウム合金生成物は、少なくとも 85 質量 % のチタン及び 5 . 0 質量 % のアルミニウム及び 3 . 0 質量 % のバナジウムを含む；

を含む、方法。

【請求項 2】

前記加熱工程は、前記化学ブレンドを、1 ~ 125 / 分の昇温速度で加熱することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記加熱工程は、前記化学ブレンドを、1500 ~ 1800 の温度に加熱することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記熱抽出方法は、前記反応工程後に、前記粗製チタン - アルミニウム - バナジウム生成物及び残留スラグを 1500 ~ 1600 の温度まで冷却することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記チタン含有鉱石は酸化チタンを含み、前記バナジウム含有鉱石は酸化バナジウムを含み、前記還元剤はアルミニウムを含み、前記粘性剤はフッ化カルシウムを含み、更に、チタン含有鉱石とバナジウム含有鉱石と還元剤と粘性剤との比は、次式に相当し：

$$3(TiO_2 + xV_2O_5) + (4 + y)Al + zCaF_2$$

式中、 $0.04 < x < 0.08$ かつ $0.3 < y < 1.2$ かつ $2.0 < z < 3.0$ である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記精錬チタン - アルミニウム - バナジウム金属合金生成物は、繊維質である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記チタン - バナジウム含有鉱石混合物は、200 μm 未満の粒径を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

更に、前記電解質は、
アルカリ金属のハロゲン化物塩；
アルカリ土類金属のハロゲン化物塩；又は
アルカリ金属のハロゲン化物塩とアルカリ土類金属のハロゲン化物塩との組み合わせから本質的になる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

(a) 化学ブレンドを 1500 ~ 1800 の温度に加熱する工程であって、前記化学ブレンドは、

酸化チタン (TiO_2) を含むチタン含有鉱石と酸化バナジウム (V_2O_5) を含むバナジウム含有鉱石との混合物；

前記チタン及びバナジウム含有鉱石混合物を、粗製チタン - アルミニウム - バナジウム生成物へと還元するように構成された、Al 還元剤；及び

C a F₂ 粘性剤；

を含み、前記鉍石混合物中の前記酸化チタン及び酸化バナジウム成分と前記還元剤と粘性剤との比は、次式に相当し：

$$3(TiO_2 + xV_2O_5) + (4 + y)Al + zCaF_2$$

式中：0.04 < x < 0.08 かつ 0.3 < y < 1.2 かつ 2.0 < z < 3.0 であり、かつ、以下の比に相当する：

前記鉍石混合物中に3モルの前記酸化チタン及び0.12～0.24モルの前記酸化バナジウム成分、0.6～0.7のAl還元剤、及び1.0～1.6の前記CaF₂粘性剤

(b) 前記化学ブレンドにおいて抽出反応を開始し、(a)粗製チタン-アルミニウム-バナジウム生成物、及び(b)残留スラグを形成する工程であって、前記抽出生成物は、少なくとも66.0質量%のチタン、11.0質量%のアルミニウム、6.0質量%のバナジウム及び3.0質量%の酸素を含む、工程；並びに

(c) 前記残留スラグを前記粗製チタン-アルミニウム-バナジウム生成物から分離する工程であって、前記化学ブレンド比により、前記CaF₂粘性剤は、前記反応中に、前記チタン生成物が前記残留スラグから効率的に分離されて2層になるように前記スラグ粘度を調節する、工程；

(d) 前記抽出反応で得られた前記チタン生成物を電解セルのアノードとして構成する工程であって、前記電解セルは電解質と共に構成される、工程；

(e) アルカリ金属のハロゲン化物塩、アルカリ土類金属のハロゲン化物塩、及びこれらの組み合わせからなる電解質を、600～900の温度に加熱して、熔融電解質をもたらす工程であって、前記熔融電解質は反応容器内に保持され、前記アノード及びカソードと接触し；

i. 電流を、前記アノードから前記熔融電解質浴を通して前記カソードへと向け；

ii. 精錬チタン-アルミニウム-バナジウム合金を前記カソード上に析出させ；及び

iii. 前記精錬チタン-アルミニウム-バナジウム合金生成物を前記反応容器から回収する工程であって、前記精錬チタン-アルミニウム-バナジウム合金は、少なくとも85.0質量%のチタン、5.0質量%のアルミニウム及び3.0質量%のバナジウムを含む、工程

を含む、方法。

【請求項10】

(a) チタン-含有鉍石とバナジウム含有鉍石のブレンドに熱抽出方法を適用する工程であって、前記熱抽出方法は：

化学ブレンドを加熱して抽出反応を開始する工程であって、前記化学ブレンドはチタン含有鉍石、バナジウム含有鉍石、及び還元剤を含む、工程；

前記化学ブレンドを反応させて、(1)チタン-アルミニウム-バナジウム生成物、及び(2)残留スラグを形成する工程であって、前記粘性剤により、前記チタン-アルミニウム-バナジウム生成物が前記残留スラグから分離されて2層になる工程；

(b) 電気化学的分離方法において、前記熱抽出方法から得られた前記チタン-アルミニウム-バナジウム生成物を精錬する工程であって、前記電気化学的分離方法は、

i. アルカリ金属のハロゲン化物塩、アルカリ土類金属のハロゲン化物塩、又はこれらの組み合わせから本質的になる電解質を600～900の温度に加熱して熔融電解質をもたらす工程であって、前記電解質は反応容器内に保持される、工程；

ii. アノードとカソードの間に電位差を適用してチタンをカソード上に析出させる工程であって、前記アノード及びカソードは、前記反応容器内で前記電解質と接触して構成される、工程；

iii. 精錬チタン-アルミニウム-バナジウム生成物を前記反応容器から回収する工程であって、前記精錬チタン-アルミニウム-バナジウム生成物は、少なくとも85質量%のチタン及び5質量%のアルミニウム及び3質量%のバナジウムを含み、更に、前記精錬チタン生成物は、(a)及び(b)により、繊維質のウール様形態として構成される、工程；を含む、及び

(c) 前記精錬チタン生成物をモールド中で圧縮して、ニアネットシェイプチタン部品を形成する工程を含む、方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0046】

(00142) 実施例3

(00143) 225.0gの市販のTi-6Al-4V片(分析; 6.0質量%のAl、4.0質量%のV、0.2質量%のO及び残部Ti)を、実施例2に記載の実験条件に従って精錬した。6.0Aで40.0時間の電解後に、142.0gのウールが分析用に回収された。分析は、組成は3.2%Al、1.0%V、0.38%O及び95.3%Tiであることを示した。

(00144) 本発明の特定の実施形態を詳細に説明してきたが、当業者は、それらの詳細に対する種々の修正及び代替策を上記の開示の全体的教示に照らして展開できることを理解するであろう。従って、開示した特定の構成は、例示のみであって、本発明の範囲に関する限定を意味するものではない; 本発明の範囲は、特許請求の全体的範囲及びそのあらゆる等価物を与えられるべきである。

本発明のまた別の態様は、以下のとおりであってもよい。

〔1〕(a) 化学ブレンドを加熱する工程であって、前記化学ブレンドは、

チタン含有鉱石とバナジウム含有鉱石との混合物;

前記チタン及びバナジウム含有鉱石混合物を粗製チタン-アルミニウム-バナジウム合金生成物へと還元するように構成された、Al還元剤; 及び粘性剤、を含む、工程;

(b) 前記化学ブレンド中で抽出反応を開始して、(1)粗製チタン-アルミニウム-バナジウム合金生成物、及び(2)残留スラグを形成する工程であって、前記抽出された生成物は、少なくとも3.0質量%の酸素を含む、工程; 及び

(c) 前記残留スラグを前記粗製チタン-アルミニウム-バナジウム合金生成物から分離する工程であって、前記化学ブレンド比により、前記粘性剤は、前記反応中に、前記粗製チタン-アルミニウム-バナジウム合金生成物が前記残留スラグから効率的に分離されて2層になるように前記スラグ粘度を調節する、工程;

(d) 前記抽出反応で得られた前記粗製チタン-アルミニウム-バナジウム合金生成物を電解セルのアノードとして構成する工程であって、前記電解セルは電解質と共に構成される、工程;

(e) 前記電解質を600 ~ 900 の温度に加熱して、熔融電解質をもたらす工程であって、前記熔融電解質は反応容器内に保持され、前記アノード及びカソードと接触し、

i. 電流を、前記アノードから前記熔融電解質浴を通して前記カソードへと向け;

ii. 精錬チタン-アルミニウム-バナジウム合金生成物を前記カソード上に析出させ; 及び

iii. 前記精錬チタン-アルミニウム-バナジウム合金生成物を前記反応容器から回収する工程、ここで前記精錬チタン-アルミニウム-バナジウム合金生成物は、少なくとも85質量%のチタン及び5.0質量%のアルミニウム及び3.0質量%のバナジウムを含む;

を含む、方法。

〔2〕前記化学ブレンド中での前記抽出反応を、開始、持続及び制御することを更に含む、前記〔1〕に記載の方法。

〔 3 〕前記化学ブレンドは、前記鈹石混合物中の酸化チタン及び酸化バナジウム成分の前記還元剤中の還元金属に対する質量比 1 . 7 ~ 2 . 3 に相当する、前記チタン及びバナジウム含有鈹石混合物対還元剤の比を含む、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 4 〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを、 1 ~ 1 2 5 / 分の昇温速度で加熱することを更に含む、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 5 〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを、 1 5 0 0 ~ 1 8 0 0 の温度に加熱することを更に含む、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 6 〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを外部加熱して、 1 6 0 0 ~ 1 8 0 0 の反応温度で 5 ~ 3 0 分維持することを更に含む、前記〔 5 〕に記載の方法。

〔 7 〕前記熱抽出方法は、前記反応工程後に、前記粗製チタン - アルミニウム - バナジウム生成物及び残留スラグを 1 5 0 0 ~ 1 6 0 0 の温度まで冷却することを更に含む、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 8 〕前記チタン含有鈹石は酸化チタンを含み、前記バナジウム含有鈹石は酸化バナジウムを含み、前記還元剤はアルミニウムを含み、前記粘性剤はフッ化カルシウムを含み、更に、チタン含有鈹石とバナジウム含有鈹石と還元剤と粘性剤との比は、次式に相当し：

$$3(TiO_2 + xV_2O_5) + (4 + y)Al + zCaF_2 \rightarrow 3Ti_yAl_6xV + 4Al_2O_3 + zCaF_2$$

式中、 $0.04 < x < 0.08$ かつ $0.3 < y < 1.2$ かつ $2.0 < z < 3.0$ である、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 9 〕前記粘性剤は CaF_2 であり、前記チタン含有鈹石は酸化チタン (TiO_2) を含み、前記バナジウム含有鈹石は酸化バナジウム (V_2O_5) を含み、前記鈹石混合物中の酸化チタン及び酸化バナジウム成分と前記還元剤と粘性剤との比は：

前記鈹石混合物中に 3 モルの前記酸化チタン及び 0 . 1 2 ~ 0 . 2 4 モルの前記酸化バナジウム成分、 0 . 6 ~ 0 . 7 の前記 Al 還元剤、及び 1 . 0 ~ 1 . 6 の前記 CaF_2 粘性剤、に相当する、

前記〔 8 〕に記載の方法。

〔 1 0 〕 $0.05 < x < 0.07$ かつ $0.4 < y < 1.1$ である、前記〔 8 〕に記載の方法。

〔 1 1 〕 $x = 0.06$ かつ $y = 1.0$ である、前記〔 8 〕に記載の方法。

〔 1 2 〕前記チタン - バナジウム含有鈹石混合物は、酸化チタン (TiO_2) 及び酸化バナジウム (V_2O_5) を含み、前記鈹石混合物中の前記酸化チタン対前記酸化バナジウムの質量比は、 5 . 5 ~ 1 1 の比に相当する、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 1 3 〕粘性剤を更に含む、前記粘性剤はフッ化カルシウム (CaF_2) を含み、前記チタン及びバナジウム含有鈹石混合物対前記粘性剤 CaF_2 の比は、前記鈹石混合物中の酸化チタン及び酸化バナジウム成分対粘性剤 CaF_2 の質量比 1 . 1 ~ 1 . 8 に相当する、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 1 4 〕前記熱抽出チタン - アルミニウム - バナジウム - 酸素合金生成物は、少なくとも 6 6 . 0 質量%のチタン、 1 1 . 0 質量%のアルミニウム、 6 . 0 質量%のバナジウム及び 3 . 0 質量%の酸素を含む、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 1 5 〕前記熱抽出粗製チタン - アルミニウム - バナジウム生成物の収率は、 8 5 . 0 % ~ 9 5 . 0 % である、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 1 6 〕前記精錬チタン - アルミニウム - バナジウム金属合金生成物は、繊維質である、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 1 7 〕前記精錬チタン - アルミニウム - バナジウム金属合金生成物は、ウール様形態を有する、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 1 8 〕精錬チタン - アルミニウム - バナジウム金属合金生成物を、結合剤なしで圧縮して、ニアネットシェイプ圧粉体にする工程を更に含む、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 1 9 〕前記精錬チタン生成物は、チタン - アルミニウム - バナジウム金属合金ウールを含む、前記〔 1 〕に記載の方法。

〔 2 0 〕前記精錬チタン - アルミニウム - バナジウム合金生成物は、少なくとも 8 8 . 0

質量%のチタン、5.0質量%のアルミニウム、及び3.0質量%のバナジウムを含む、前記〔1〕に記載の方法。

〔21〕精錬チタン-アルミニウム-バナジウム金属合金生成物を粉碎及び/又は球状化して粉末にする工程を更に含む、前記〔1〕に記載の方法。

〔22〕前記金属合金粉末は、少なくとも90質量%のチタン及び5.5質量%のアルミニウム及び3.5質量%のバナジウムを含む、前記〔1〕に記載の方法。

〔23〕前記チタン-バナジウム含有鉱石混合物は、50 μ m～200 μ mの粒径を有する、前記〔1〕に記載の方法。

〔24〕前記チタン-バナジウム含有鉱石混合物は、80 μ m未満の粒径を有する、前記〔1〕に記載の方法。

〔25〕バナジウム含有鉱石は、前記化学ブレンドから除外されてもされなくともよく、適量のアルミニウム、鉄、クロム、銅、マンガン、ケイ素、ジルコニウム、モリブデン、銀、バナジウム、ニッケル、コバルト、スズ、希土類、又はその他の鉱石を使用して、所望の組成の合金を製造する、前記〔1〕に記載の方法。

〔26〕前記電位差が、0.5ボルト～2.5ボルトである、前記〔1〕に記載の方法。

〔27〕前記電流密度は、0.01A/cm²～1.0A/cm²である、前記〔1〕に記載の方法。

〔28〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを1～10 / 分の昇温速度で加熱することを更に含む、前記〔1〕に記載の方法。

〔29〕更に、前記電解質は、

アルカリ金属のハロゲン化物塩；

アルカリ土類金属のハロゲン化物塩；又は

アルカリ金属のハロゲン化物塩とアルカリ土類金属のハロゲン化物塩との組み合わせ

から本質的になる、前記〔1〕に記載の方法。

〔30〕(a)化学ブレンドを1500～1800 の温度に加熱する工程であって、前記化学ブレンドは、

酸化チタン(TiO₂)を含むチタン含有鉱石と酸化バナジウム(V₂O₅)を含むバナジウム含有鉱石との混合物；

前記チタン及びバナジウム含有鉱石混合物を、粗製チタン-アルミニウム-バナジウム生成物へと還元するように構成された、Al還元剤；及び

CaF₂粘性剤；

を含み、前記鉱石混合物中の前記酸化チタン及び酸化バナジウム成分と前記還元剤と粘性剤との比は、次式に相当し：

$$3(TiO_2 + xV_2O_5) + (4 + y)Al + zCaF_2 \rightarrow 3Ti_yAl_{6-x}V + 4Al_2O_3 + zCaF_2,$$

式中：0.04 < x < 0.08かつ0.3 < y < 1.2かつ2.0 < z < 3.0であり、かつ、以下の比に相当する：

前記鉱石混合物中に3モルの前記酸化チタン及び0.12～0.24モルの前記酸化バナジウム成分、0.6～0.7のAl還元剤、及び1.0～1.6の前記CaF₂粘性剤

(b)前記化学ブレンドにおいて抽出反応を開始し、(a)粗製チタン-アルミニウム-バナジウム生成物、及び(b)残留スラグを形成する工程であって、前記抽出生成物は、少なくとも66.0質量%のチタン、11.0質量%のアルミニウム、6.0質量%のバナジウム及び3.0質量%の酸素を含む、工程；並びに

(c)前記残留スラグを前記粗製チタン-アルミニウム-バナジウム生成物から分離する工程であって、前記化学ブレンド比により、前記CaF₂粘性剤は、前記反応中に、前記粗製チタン生成物が前記残留スラグから効率的に分離されて2層になるように前記スラグ粘度を調節する、工程；

(d)前記抽出反応で得られた前記チタン生成物を電解セルのアノードとして構成する工程であって、前記電解セルは電解質と共に構成される、工程；

(e)アルカリ金属のハロゲン化物塩、アルカリ土類金属のハロゲン化物塩、及びこれ

らの組み合わせからなる電解質を、600 ~ 900 の温度に加熱して、熔融電解質をもたらす工程であって、前記熔融電解質は反応容器内に保持され、前記アノード及びカソードと接触し；

i . 電流を、前記アノードから前記熔融電解質浴を通して前記カソードへと向け；

i i . 精錬チタン - アルミニウム - パナジウム合金を前記カソード上に析出させ；及び

i i i . 前記精錬チタン - アルミニウム - パナジウム合金生成物を前記反応容器から回収する工程であって、前記精錬チタン - アルミニウム - パナジウム合金は、少なくとも85.0質量%のチタン、5.0質量%のアルミニウム及び3.0質量%のパナジウムを含む、工程を含む、方法。

〔31〕前記化学ブレンド中での前記抽出反応を、開始、持続及び制御することを更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔32〕前記化学ブレンドは、前記鉱石混合物中の酸化チタン及び酸化バナジウム成分対前記還元剤中の還元金属の質量比1.8 ~ 2.2に相当する、前記チタン及びバナジウム含有鉱石混合物対前記還元剤の比を含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔33〕前記化学ブレンドは、前記鉱石混合物中の酸化チタン及び酸化バナジウム成分対前記還元剤中の還元金属の質量比1.9 ~ 2.1に相当する、前記チタン及びバナジウム含有鉱石混合物対前記還元剤の比を含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔34〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを、1 ~ 25 / 分の昇温速度で加熱することを更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔35〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを、26 ~ 50 / 分の昇温速度で加熱することを更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔36〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを、51 ~ 100 / 分の昇温速度で加熱することを更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔37〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを、101 ~ 125 / 分の昇温速度で加熱することを更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔38〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを外部加熱して、前記化学ブレンドを1600 ~ 1800 の反応温度で10 ~ 20分維持することを更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔39〕前記加熱工程は、前記化学ブレンドを外部加熱して、前記化学ブレンドを1600 ~ 1800 の反応温度で21 ~ 30分維持することを更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔40〕前記熱抽出方法は、前記反応工程後に、前記粗製チタン - アルミニウム - パナジウム生成物及び残留スラグを1500 ~ 1600 の温度まで冷却することを更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔41〕前記チタン - パナジウム含有鉱石混合物は、酸化チタン (TiO_2) 及び酸化バナジウム (V_2O_5) を含み、前記鉱石混合物中の前記酸化チタン対前記酸化バナジウム成分の質量比は、6.0 ~ 9.0の比に相当する、前記〔30〕に記載の方法。

〔42〕粘性剤を更に含み、前記粘性剤はフッ化カルシウム (CaF_2) を含み、前記チタン及びバナジウム含有鉱石混合物対前記粘性剤 CaF_2 の比は、前記鉱石混合物中の酸化チタン及び酸化バナジウム成分対粘性剤 CaF_2 の質量比1.2 ~ 1.6に相当する、前記〔30〕に記載の方法。

〔43〕前記熱抽出された粗製チタン - アルミニウム - パナジウム合金生成物は、66 ~ 76%のチタン、11 ~ 21%のアルミニウム、6 ~ 10%のパナジウム及び3 ~ 7%の酸素を含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔44〕前記熱抽出された粗製チタン - アルミニウム - パナジウム生成物の収率は、85.0% ~ 95.0%である、前記〔30〕に記載の方法。

〔45〕前記精錬チタン - アルミニウム - パナジウム金属合金生成物は、繊維質である、前記〔30〕に記載の方法。

〔46〕前記精錬チタン - アルミニウム - パナジウム金属合金生成物は、ウール様形態を

有する、前記〔30〕に記載の方法。

〔47〕精錬チタン - アルミニウム - パナジウム金属合金生成物を、結合剤なしで圧縮して、ニアネットシェイプ圧粉体にする工程を更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔48〕前記精錬チタン生成物は、チタン - アルミニウム - パナジウム金属合金ウールを含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔49〕前記精錬チタン - アルミニウム - パナジウム合金生成物は、88 ~ 92 質量 % のチタン、5.0 ~ 7.0 質量 % のアルミニウム、3 ~ 5 質量 % のパナジウムを含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔50〕精錬チタン - アルミニウム - パナジウム金属合金生成物を粉砕して粉末にする工程を更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔51〕精錬チタン - アルミニウム - パナジウム金属合金生成物を粉砕及び / 又は球状化して粉末にする工程を更に含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔52〕前記金属合金粉末は、少なくとも 88.0 質量 % のチタン及び 5.0 質量 % のアルミニウム及び 3.0 質量 % のパナジウムを含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔53〕前記チタン - パナジウム含有鉱石混合物は、81 μm ~ 100 μm の粒径を有する、前記〔30〕に記載の方法。

〔54〕前記チタン - パナジウム含有鉱石混合物は、101 μm ~ 200 μm の粒径を有する、前記〔30〕に記載の方法。

〔55〕前記チタン - パナジウム含有鉱石混合物は、80 μm 未満の粒径を有する、前記〔30〕に記載の方法。

〔56〕パナジウム含有鉱石は、前記化学ブレンドから除外されてもされなくてもよく、適量のアルミニウム、鉄、クロム、銅、マンガン、ケイ素、ジルコニウム、モリブデン、銀、パナジウム、ニッケル、コバルト、スズ、希土類、又はその他の鉱石を使用して、所望の組成の合金を製造する、前記〔30〕に記載の方法。

〔57〕前記チタン - パナジウム含有鉱石混合物は、75 ~ 95 質量 % の酸化物成分を含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔58〕前記チタン - パナジウム含有鉱石混合物は、95 ~ 99 質量 % の酸化物成分を含む、前記〔30〕に記載の方法。

〔59〕前記電位差は、0.7 ボルト ~ 1.4 ボルトである、前記〔30〕に記載の方法。

〔60〕前記電位差は、1.5 ボルト ~ 2.0 ボルトである、前記〔30〕に記載の方法。

〔61〕前記電位差は、2.1 ボルト ~ 3.0 ボルトである、前記〔30〕に記載の方法。

〔62〕前記電流密度は、0.01 A / cm^2 ~ 0.06 A / cm^2 である、前記〔30〕に記載の方法。

〔63〕前記電流密度は、0.07 A / cm^2 ~ 1.0 A / cm^2 である、前記〔30〕に記載の方法。

〔64〕(a) チタン - 含有鉱石とパナジウム含有鉱石のブレンドに熱抽出方法を適用する工程であって、前記熱抽出方法は：

化学ブレンドを加熱して抽出反応を開始する工程であって、前記化学ブレンドはチタン含有鉱石、パナジウム含有鉱石、及び還元剤を含む、工程；

前記化学ブレンドを反応させて、(1) チタン - アルミニウム - パナジウム生成物、及び(2) 残留スラグを形成する工程であって、前記粘性剤により、前記チタン - アルミニウム - パナジウム生成物が前記残留スラグから分離されて 2 層になる工程；

(b) 電気化学的分離方法において、前記熱抽出方法から得られた前記チタン - アルミニウム - パナジウム生成物を精錬する工程であって、前記電気化学的分離方法は、

i. アルカリ金属のハロゲン化物塩、アルカリ土類金属のハロゲン化物塩、又はこれらの組み合わせから本質的になる電解質を 600 ~ 900 の温度に加熱して溶融電解質をもたらす工程であって、前記電解質は反応容器内に保持される、工程；

i i . アノードとカソードの間に電位差を適用してチタンをカソード上に析出させる工程であって、前記アノード及びカソードは、前記反応容器内で前記電解質と接触して構成される、工程；

i i i . 精錬チタン - アルミニウム - バナジウム生成物を前記反応容器から回収する工程であって、前記精錬チタン - アルミニウム - バナジウム生成物は、少なくとも 8 5 質量 % のチタン及び 5 質量 % のアルミニウム及び 3 質量 % のバナジウムを含み、更に、前記精錬チタン生成物は、(a) 及び (b) により、繊維質のウール様形態として構成される、工程；を含み、及び

(c) 前記精錬チタン生成物をモールド中で圧縮して、ニアネットシェイプチタン部品を形成する工程を含む、方法。