

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2024-543844

(P2024-543844A)

(43)公表日 令和6年11月26日(2024.11.26)

| (51)国際特許分類 | | F I | | テーマコード(参考) | |
|-----------------------------------|--|---------|-------------------------|------------|-----------|
| C 2 2 C | 38/00 (2006.01) | C 2 2 C | 38/00 | 3 0 2 Z | 4 K 0 1 8 |
| C 2 2 C | 38/28 (2006.01) | C 2 2 C | 38/28 | | |
| B 2 2 F | 1/00 (2022.01) | B 2 2 F | 1/00 | T | |
| B 2 2 F | 5/12 (2006.01) | C 2 2 C | 38/00 | 3 0 4 | |
| C 2 2 C | 33/02 (2006.01) | B 2 2 F | 5/12 | | |
| 審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全17頁) 最終頁に続く | | | | | |
| (21)出願番号 | 特願2024-527706(P2024-527706) | (71)出願人 | 591098101 | | |
| (86)(22)出願日 | 令和4年11月10日(2022.11.10) | | カンタール・アクチボラゲ | | |
| (85)翻訳文提出日 | 令和6年6月27日(2024.6.27) | | スウェーデン国・エス - 7 3 4 0 1・ | | |
| (86)国際出願番号 | PCT/SE2022/051052 | | ハルスタハマル・ボックス・5 0 2 | | |
| (87)国際公開番号 | WO2023/086006 | (74)代理人 | 110002077 | | |
| (87)国際公開日 | 令和5年5月19日(2023.5.19) | | 園田・小林弁理士法人 | | |
| (31)優先権主張番号 | 2130303-7 | (72)発明者 | ハットストランド, マツ | | |
| (32)優先日 | 令和3年11月11日(2021.11.11) | | スウェーデン国 8 1 1 8 1 サンドヴィ | | |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | スウェーデン(SE) | | ーケン, シー/オー アレイマ イーエ | | |
| (81)指定国・地域 | AP(BW,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,A T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR ,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC, | (72)発明者 | ベリルント, ロゲル | | |
| | 最終頁に続く | | スウェーデン国 7 3 4 2 7 ホールスタ | | |
| | | (72)発明者 | ハンマル, ボックス 5 0 2, シー/ | | |
| | | | オー カンタール アクチボラゲ | | |
| | | (72)発明者 | エストランド, マルティン | | |
| | | | 最終頁に続く | | |

(54)【発明の名称】 フェライト系鉄 - クロム - アルミニウム粉末、及び当該粉末から製造されるシームレス管

(57)【要約】

本開示は、フェライト系鉄 - クロム - アルミニウム (FeCrAl) 粉末に関し、当該粉末のシームレス管は、良好な成形性、形状安定性、良好な耐酸化性及びクリープ耐性の組み合わせを有する。本開示はまた、FeCrAl合金を含むシームレス管に関する。FeCrAl粉末は、重量%で以下の元素：残部のFe及び不可避不純物、Al 4.0~6.0、Y 0.01~0.10、Hf 0.05~0.25、O 0.01~0.04、Cr 19.0~23.0、Ta 0.01~0.40、Ti 0.01~0.15、C 0.01~0.05、N 0.01~0.10、Si 最大0.50、Mn 最大0.30、Zr 0.05~0.20を含み、 $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という条件を満たし、ここで[Y]及び[O]の数は、原子%である。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

重量%で以下の元素：

残部の Fe 及び不可避不純物、

Al 4.0 ~ 6.0

Y 0.01 ~ 0.10

Hf 0.05 ~ 0.25

O 0.01 ~ 0.04

Cr 19.0 ~ 23.0

Ta 0.01 ~ 0.40

Ti 0.01 ~ 0.15

C 0.01 ~ 0.05

N 0.01 ~ 0.10

Si 最大 0.50

Mn 最大 0.30

Zr 0.05 ~ 0.20

を含む、FeCrAl 粉末であって、 $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という要件（ここで [Y] 及び [O] の数は、原子%である）を満たす、FeCrAl 粉末。

【請求項 2】

残部の Fe 及び不可避不純物、

Al 4.0 ~ 6.0

Y 0.01 ~ 0.10

Hf 0.05 ~ 0.25

O 0.01 ~ 0.03

Cr 19.0 ~ 23.0

Ta 0.01 ~ 0.20

Ti 0.01 ~ 0.10

C 0.01 ~ 0.05

N 0.01 ~ 0.10

Si 最大 0.50

Mn 最大 0.30

Zr 0.05 ~ 0.20

の組成を有し、 $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という要件（ここで [Y] 及び [O] の数は、原子%である）を満たす、請求項 1 に記載の粉末。

【請求項 3】

Cr 含有量が 20 ~ 22 重量%である、請求項 1 又は 2 に記載の粉末。

【請求項 4】

Al 含有量が 4.5 ~ 5.5 重量%である、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の粉末。

【請求項 5】

Y の含有量が最大 0.07 重量%、例えば 0.05 重量%である、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の粉末。

【請求項 6】

N の含有量が 0.02 ~ 0.08 重量%、例えば 0.02 ~ 0.06 重量%である、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の粉末。

【請求項 7】

Ta の含有量が 0.01 ~ 0.20 重量%、例えば 0.01 ~ 0.10 重量%である、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の粉末。

【請求項 8】

$2 \times [Y] - 3 \times [O] < -0.10$ 、例えば < -0.15 である、請求項 1 から 7 の

10

20

30

40

50

いずれか一項に記載の粉末。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の元素範囲を有する合金を含む、物体。

【請求項 10】

前記物体が、管、例えばシームレス管である、請求項 9 に記載の物体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、フェライト系鉄 - クロム - アルミニウム (F e C r A l) 粉末に関し、当該粉末から構成される物品は、良好な成形性、形状安定性、耐酸化性及びクリープ耐性の組み合わせを有する。本開示はまた、当該粉末から製造された F e C r A l 合金を含むシームレス管に関する。

10

【背景技術】

【0002】

クロム (C r) 含有量が 15 ~ 25 重量%、アルミニウム (A l) 含有量が 3 ~ 6 重量%という組成を有する F e C r A l 粉末から製造される鉄 - クロム - アルミニウム (F e C r A l) 合金は、900 ~ 1300 の間の温度にさらされたとき、保護性の - アルミナ (A l ₂ O ₃)、酸化アルミニウムスケールを形成する能力でよく知られている。これらの合金は、良好な耐酸化性が必要な用途では、良好である。

【0003】

しかしながら、これらの粉末組成物の管を得ることが可能ではあるものの、クラックがないシームレス管を得るプロセスは、その成形性が問題となって、非常に厄介である。

20

【0004】

よって本開示の態様は、物体 (例えばシームレス管) を製造する方法で使用されると、良好な成形性、形態安定性、耐酸化性及びクリープ耐性の組み合わせを有する物体をもたらすとともに、これにより製造プロセス中のクラック形成が低減される又はさらに排除される、F e C r A l 粉末を提供することである。

【0005】

発明の概要

よって本開示により、物体 (例えば管、例えばシームレス管) を優れた機械的特性、良好なクリープ強度、良好な耐酸化性でもたらすのに最適化された組成を有するとともに、これにより、製造プロセス中に実質的にクラックが形成されない、フェライト系鉄 - クロム - アルミニウム (F e C r A l) 粉末が提供される。これが可能になるのは、本粉末により、優れた延性 (例えば優れた高温延性及び低温延性の双方)、またこれにより優れた成形性を備える当該粉末製の物体がもたらされるからである。

30

【0006】

本開示による F e C r A l 粉末は、以下の組成 (重量%) :

残部の F e 及び不可避不純物、

A l 4 . 0 ~ 6 . 0

Y 0 . 0 1 ~ 0 . 1 0

H f 0 . 0 5 ~ 0 . 2 5

O 0 . 0 1 ~ 0 . 0 4

C r 1 9 . 0 ~ 2 3 . 0

T a 0 . 0 1 ~ 0 . 4 0

T i 0 . 0 1 ~ 0 . 1 5

C 0 . 0 1 ~ 0 . 0 5

N 0 . 0 1 ~ 0 . 1 0

S i 最大 0 . 5 0

M n 最大 0 . 3 0

Z r 0 . 0 5 ~ 0 . 2 0

40

50

を有し、 $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という要件（ここで $[Y]$ 及び $[O]$ の数は、原子 % (at%) である）を満たす、ことを特徴とする。

【0007】

これらの元素範囲及び上記要件をともに満たすことにより、酸素に対するイットリウムの過剰が回避され、これにより不利な相（例えば $Fe_{17}Y_2$ 、これは高温延性にとって不利となる）の形成が回避される。さらに、この要件が満たされれば、当該粉末から得られる物体は、高温延性及び低温延性のいずれにも優れることが判明した。

【0008】

詳細な説明

本開示は、以下の組成（重量%）：

残部の Fe 及び不可避不純物、

Al 4.0 ~ 6.0

Y 0.01 ~ 0.10

Hf 0.05 ~ 0.25

O 0.01 ~ 0.04

Cr 19.0 ~ 23.0

Ta 0.01 ~ 0.40

Ti 0.01 ~ 0.15

C 0.01 ~ 0.05

N 0.01 ~ 0.10

Si 最大 0.50

Mn 最大 0.30

Zr 0.05 ~ 0.20

を有し、 $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という要件（ここで $[Y]$ 及び $[O]$ の数は、原子 % である）を満たす、ことを特徴とする、FeCrAl 粉末に関する。

【0009】

本開示はまた、以下の組成（重量%）：

残部の Fe 及び不可避不純物、

Al 4.0 ~ 6.0

Y 0.01 ~ 0.10

Hf 0.05 ~ 0.25

O 0.01 ~ 0.03

Cr 19.0 ~ 23.0

Ta 0.01 ~ 0.20

Ti 0.01 ~ 0.10

C 0.01 ~ 0.05

N 0.01 ~ 0.10

Si 最大 0.50

Mn 最大 0.30

Zr 0.05 ~ 0.20

を有し、 $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という要件（ここで $[Y]$ 及び $[O]$ の数は、原子 % である）を満たす、ことを特徴とする、FeCrAl 粉末に関する。

【0010】

本開示はまた、以下の組成（重量%）：

残部の Fe 及び不可避不純物、

Al 4.0 ~ 6.0

Y 0.01 ~ 0.10

Hf 0.05 ~ 0.25

O 0.01 ~ 0.04

Cr 19.0 ~ 23.0

10

20

30

40

50

T a 0 . 0 1 ~ 0 . 4 0

T i 0 . 0 1 ~ 0 . 1 5

C 0 . 0 1 ~ 0 . 0 5

N 0 . 0 1 ~ 0 . 1 0

S i 最大 0 . 5 0

M n 最大 0 . 3 0

Z r 0 . 0 5 ~ 0 . 2 0

を有し、 $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という要件（ここで [Y] 及び [O] の数は、原子 % である）を満たす、合金を含む物体に関する。

【 0 0 1 1 】

本開示はまた、以下の組成（重量 %）：

残部の F e 及び不可避不純物、

A l 4 . 0 ~ 6 . 0

Y 0 . 0 1 ~ 0 . 1 0

H f 0 . 0 5 ~ 0 . 2 5

O 0 . 0 1 ~ 0 . 0 3

C r 1 9 . 0 ~ 2 3 . 0

T a 0 . 0 1 ~ 0 . 2 0

T i 0 . 0 1 ~ 0 . 1 0

C 0 . 0 1 ~ 0 . 0 5

N 0 . 0 1 ~ 0 . 1 0

S i 最大 0 . 5 0

M n 最大 0 . 3 0

Z r 0 . 0 5 ~ 0 . 2 0

を有し、 $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という要件（ここで [Y] 及び [O] の数は、原子 % である）を満たす、合金を含む物体に関する。

【 0 0 1 2 】

当該物体は、管、例えばシームレス管であり得る。

【 0 0 1 3 】

本発明者らは意外なことに、 $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という要件が満たされることが必須であることを見出した。なぜならば、この要件が、上記元素範囲とともに満たされると、イットリウムに対して酸素が過剰に存在することになり、これによって、物体、又は前記粉末から製造された物体が、低温でも高温でも優れた延性を有することが保証されるからである。これにより、物体（例えばシームレス管）の製造が、非常に容易になる。これは当該物体が、良好な成形性と形状安定性との組み合わせを有するからであり、さらに、得られた物体には、実質的にクラックがなく、また良好な耐酸化性とクリープ耐性を有することにもなる。

【 0 0 1 4 】

本開示による合金元素について、以下でより詳細に説明する。「重量 %」と「w t %」は、互換可能に使用される。また、特定の元素について言及された特性又は寄与の列挙は、網羅的であるとみなされるべきではない。

【 0 0 1 5 】

鉄（F e）

F e C r A l 粉末における鉄の主な機能は、組成物の残部をなすことである。

【 0 0 1 6 】

クロム（C r）1 9 . 0 ~ 2 3 . 0 重量 %

クロムは、耐食性を改善させるとともに、引張強度及び降伏強度を増大させるので、重要な元素である。クロムはさらに、いわゆる第三元素効果（すなわち、遷移酸化段階にある酸化クロム形成）により、表面における A l ₂ O ₃ の形成を容易にする。クロムの量が少なすぎると、耐食性が失われることになる。よって、クロムは少なくとも 1 9 . 0 重量

10

20

30

40

50

%、例えば少なくとも20.0重量%の量で存在するのが望ましい。クロムが多すぎると、 γ' 分解及び475脆化につながり、フェライト構造に対する固溶体硬化効果の増加にもつながる。よって、クロムの最大含有率は、23.0重量%、例えば最大22.0重量%に設定される。複数の実施態様によれば、Crの含有率は、19~23重量%、例えば20~22重量%である。

【0017】

アルミニウム (Al) 4.0~6.0重量%

アルミニウムは、高温で酸素にさらされると、稠密で薄い Al_2O_3 層（これにより、その下にある表面が、さらなる酸化から保護される）を表面に形成するので、重要な元素である。アルミニウムはさらに、電気抵抗を増大させる。アルミニウムの量が少なすぎると、電気抵抗が減少し、 Al_2O_3 層の形成能力が失われ、これにより耐酸化性も減少することになる。よってアルミニウムは、少なくとも4.0重量%、例えば少なくとも4.5重量%の量で存在するのが望ましい。アルミニウムの含有量が多すぎると、低温での脆性につながり、また不所望の脆いアルミナイド (aluminides) の形成が促進される。よって、アルミニウムの最大量は、6.0重量%、例えば最大5.5重量%に設定される。複数の実施態様によれば、Al含有量は、4.0~6.0重量%、例えば4.5~5.5重量%である。

10

【0018】

チタン (Ti) 0.01~0.15重量%

チタンは、遊離した炭素又は窒素と結合させるために添加される。その含有量は、0.01~0.15重量%、例えば0.01~0.10重量%である。

20

【0019】

窒素 (N) 0.01~0.10重量%

窒素は、析出硬化により強度を高めるために、含まれている。窒素の水準が高すぎると、耐食性に不利な影響を与え得る。よって窒素の最大量は、0.10重量%である。本開示によれば、Nの含有量は、0.02~0.08重量%、例えば0.02~0.06重量%である。

【0020】

ジルコニウム (Zr) 0.05~0.20重量%

ジルコニウムは、ZrC又はZrN析出物の形成によりC及びNの活性を減少させるので、重要な元素である。ジルコニウムは、高温クリープ強度を改善することもできる。Zrの量が少なすぎると、不所望の炭化物が形成されるリスクが高まる。よってジルコニウムは、少なくとも0.05重量%、例えば少なくとも0.08重量%、例えば少なくとも0.10重量%の量で存在するのが望ましい。一方で、ジルコニウムの含有量が高すぎると、 Al_2O_3 の形成に不利な影響を与え得る。これらの理由から、ジルコニウムの最大含有量は、0.20重量%、例えば最大0.17重量%に設定される。

30

【0021】

イットリウム (Y) 0.01~0.10重量%

イットリウムは、耐酸化性を改善するために添加される。しかしながら、イットリウムの含有量が多すぎると、高温脆化 (hot embrittlement) につながる。さらに、イットリウムの含有量が多すぎると、酸化イットリウムクラスターの形成を促進することになり、これは脆性につながるため、高温及び低温での成形性が悪くなる。結果的に、イットリウムの最大含有量は、0.10重量%、例えば最大0.07重量%、例えば最大0.06重量%、例えば最大0.05重量%に設定される。

40

【0022】

炭素 (C) 0.01~0.05重量%

炭素は、析出硬化により強度を高めるために添加される。炭素の含有量が多すぎると材料の成形が困難になることがあり、耐食性にも不利な影響を与え得る。よって、その最大量は、0.05重量%である。

【0023】

50

ケイ素 (S i) 0 . 5 0 重量 %

ケイ素は、電気抵抗を増大させるため、また耐食性を向上させるために、0 . 5 0 重量 % の水準で存在する。しかしながらこの水準を超えると、硬度が増大し、また低温で脆くなる。

【 0 0 2 4 】

酸素 (O) 0 . 0 1 ~ 0 . 0 4 重量 %

酸素は、酸化物の形態で存在する。許容される最大量は、0 . 0 4 重量 % である。複数の実施態様によれば、酸素の最大含有量は、0 . 0 3 重量 % である。本発明者らは、驚くべきことに、Y に対して酸素を過剰にすることにより、脆性相の形成が減少し、これにより高温延性が改善されることを見出した。

10

【 0 0 2 5 】

ハフニウム (H f) 0 . 0 5 ~ 0 . 3 0 重量 %

ハフニウムは、遊離した窒素又は炭素と結合させるために粉末中に含まれており、ハフニウムが含まれていないと、耐食性に不利な影響をもたらされる。複数の実施態様によれば、H f の含有率は、0 . 0 5 ~ 0 . 3 0 重量 %、例えば 0 . 0 5 ~ 0 . 2 5 重量 %、例えば 0 . 1 5 ~ 0 . 2 5 重量 % である。

【 0 0 2 6 】

タンタル (T a) 0 . 0 1 ~ 0 . 3 0 重量 %

タンタルは、遊離した窒素又は炭素と結合させるために含まれており、タンタルが含まれていないと、耐食性に不利な影響をもたらすことになりかねない。複数の実施態様によれば、T a の含有率は、0 . 0 1 ~ 0 . 2 0 重量 %、例えば 0 . 0 1 ~ 0 . 2 0 重量 % である。

20

【 0 0 2 7 】

マンガン (M n) 最大 0 . 3 0 重量 %

マンガンは、任意選択的な合金元素である。M n の含有量が多すぎると、アルミナ層の形成が減少する。よって M n の含有量は、最大 0 . 3 0 重量 % に設定される。

【 0 0 2 8 】

さらに、本発明者らは、本発明による粉末が、 $2 \times Y - 3 \times O < 0$ (ここですべての値は原子 % である) という条件も満たすことが重要であることを見出した。この要件が満たされることにより、イットリウムに対して酸素が過剰になるので、この要件は重要である。この過剰量により、高温でも低温でも、優れた延性が保証される。これによってさらに、物体において酸化イットリウムのクラスター及びストリンガーが形成されるリスクが低減する。実施態様によれば、 $2 \times Y - 3 \times O < - 0 . 1 0$ 、例えば $< - 0 . 1 5$ である。

30

【 0 0 2 9 】

複数の実施態様によれば、当該粉末又は物体は、以下の不純物元素 (例示に過ぎず、これらに限られない) のうち 1 又は複数について微量な画分を含み得る: マグネシウム (M g)、ニッケル (N i)、セリウム (C e)、カルシウム (C a)、リン (P)、タングステン (W)、コバルト (C o)、硫黄 (S)、モリブデン (M o)、ニオブ (N b)、バナジウム (V)、及び銅 (C u)。不純物元素とは、製造方法に起因して、及び / 又は製造プロセスで使用される材料に起因して存在するものの、特性に影響を与えないほどわずかな量で存在するものを意味する。

40

【 0 0 3 0 】

さらに、先に又は以下で規定される F e C r A l 粉末又は F e C r A l 物体は、ここで言及された合金元素を、ここで言及されたあらゆる範囲で含み得る。1 つの実施態様によれば、本粉末又は物体は、ここで言及されたあらゆる範囲にある、ここで言及されたすべての合金元素からなる。

【 0 0 3 1 】

さらに、本開示の別の態様は、良好な機械的特性を有するとともに、実質的にクラックがない管 (例えばシームレス管) であって、圧延により製造可能なものを提供することで

50

ある。しかしながら、先に又は以下に規定する本粉末は、ワイヤ又はシート又はストリップなどを製造するためにも使用することができる。

【0032】

先に又は以下で規定される FeCrAl 粉末は、様々な方法によって製造することができる、例えば、

ガス噴霧により直接、

先に又は以下で言及する範囲にあるすべての合金元素を含む粉末を加熱、

先に又は以下で言及する範囲にあるすべての合金元素を含む粉末を混合、により製造可能だが、これらに限られない。

【0033】

物体、例えば管又はシームレス管は、従来の方法（熱間及び冷間加工の工程含む）により製造される。熱間及び冷間加工する工程の前に、ピレットが、例えば熱間等方加圧（HIP）により製造される。

【0034】

先に又は以下で規定される FeCrAl 粉末から得られるシームレス管及びその他の物体は、1250 までの高温で良好に稼働する。さらに、本発明による物体は、高温耐食性に優れており、酸化、硫化及び浸炭に対する耐性が高い。加えて、当該管は、高温クリープ強度及び形状安定性に優れており、電気抵抗及び延性が高い。当該管は特に、電気加熱素子として、又は高温用途における構成要素として有用である。

【0035】

本開示によれば、管は、熱間加工された管、又は熱間加工され、冷間加工された管であってよく、例えば熱間圧延され、冷間圧延された管であり得る。

【0036】

本発明をさらに、以下の非限定的な実施例により説明する。

【実施例】

【0037】

表 1 に記載の化学組成（重量％）を有する粉末（表 1 A）を、ガス噴霧により製造し、その後、750 μm 未満の粒径を有する粉末が得られるように、適切な画分にふるい分けした。粉末 1 及び 2 は、本開示の範囲内の粉末である。

【0038】

10

20

30

40

50

表 1 A

| | 粉末 1 | 粉末 2 | 参照粉末 | |
|-----------|-------|-------|-------|----|
| C | 0.031 | 0.034 | 0.035 | |
| Si | 0.29 | 0.24 | 0.36 | |
| Mn | 0.16 | 0.16 | 0.18 | 10 |
| Cr | 21.17 | 20.93 | 20.82 | |
| Ni | 0.19 | 0.16 | 0.16 | |
| Ti | 0.03 | 0.08 | 0.03 | |
| Al | 4.90 | 4.84 | 5.08 | |
| Mo | 0.03 | 0.01 | 2.94 | 20 |
| Fe | 残部 | 残部 | 残部 | |
| Ta | 0.09 | 0.03 | 0.19 | |
| Nb | 0.01 | 0.01 | 0.02 | |
| Zr | 0.16 | 0.11 | 0.12 | |
| Y | 0.06 | 0.02 | 0.15 | 30 |
| Hf | 0.19 | 0.19 | 0.23 | |
| O | 0.025 | 0.020 | 0.025 | |
| N | 0.054 | 0.056 | 0.054 | |

【 0 0 3 9 】

表 1 B : $2 \times [Y] - 3 \times [O] < 0$ という条件

| | Y [at%] | O [at%] | $2 \times [Y] - 3 \times [O]$ | < 0 |
|------|---------|---------|-------------------------------|-----|
| 粉末 1 | 0.033 | 0.080 | -0.17 | 満たす |
| 粉末 2 | 0.012 | 0.065 | -0.17 | 満たす |
| 参照粉末 | 0.089 | 0.082 | -0.07 | 満たす |

40

【 0 0 4 0 】

これらの粉末（表 1 A 参照）を、1150 及び 100 MPa の圧力で 3 時間保持する

50

ことによりHIP処理し、続いて、寸法が0121mmの押出ビレットへとゆっくり冷却した。押出ビレットから、グリーンブル試験（表2参照）で使用するための試料片を取った。

【0041】

グリーンブル試験は、以下のように行った：

引張試験体を、グリーンブルシステム（グリーンブル機器）における熱電対で測定される特定の加熱プロファイル/速度で設定温度に加熱する。所望の温度への加熱（ONH）、又は高温からの冷却（ONC）により、設定温度に到達させることができる。所望の温度で特定の時間保持した後、長さ40mmの縮小断面を有する円筒形試験体に50mm/秒の引張変位速度（tensile displacement rate）をかけることによって、引張試験を行

10

【0042】

表2

| 温度 (°C) | モード | 参照粉末 面積減少 (%) | 粉末1 面積減少 (%) | 粉末2 面積減少 (%) |
|------------|-----|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1300 | ONH | 81.81 | 95.91 | 98.98 |
| 1250 | ONH | 84.17 | 92.52 | 97.24 |
| 1200 | ONC | 75.59 | 93.86 | 97.4 |
| 1150 | ONC | 72.44 | 92.52 | 96.54 |
| 1100 | ONC | 77.17 | 91.81 | 93.54 |
| 1050 | ONC | 72.36 | 88.43 | 92.05 |
| 1000 | ONC | 46.93 | 86.77 | 92.05 |
| 900 | ONC | 57.09 | 78.82 | 81.26 |
| 800 | ONC | 31.57 | 62.99 | 64.65 |
| 700 | ONC | 5.75 | 37.01 | 45.59 |
| 600 | ONC | | 16.77 | 31.26 |
| 500 | ONC | | 11.26 | 22.05 |
| 400 | ONC | | 3.86 | 24.41 |

20

30

40

【0043】

グリーンブルシステムで行った高温引張試験では一貫して、評価したすべての試験温度について、面積減少率の値について改善が示された。さらに、本発明による粉末1及び2は

50

、かなりの低温でも延性を保つ。これらの結果から、本発明による粉末 1 及び 2 の延性は、参照粉末と比較してかなり大きいと結論付けられる。これは非常に驚くべきことである。何らかの理論と結びつける意図はないが、これは、イットリウムと酸素との関係に起因すると考えられるからである。さらに、本発明による粉末 1 及び 2 は、不純物として痕跡量の Mo しか含んでいないものの、材料特性がなおも良好であることは、驚くべきことである。

10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/SE2022/051052

| | | |
|---|--|-----------------------|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: see extra sheet 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) IPC: C22C | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched SE, DK, FI, NO classes as above | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI data, Alloys | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | US 20070041862 A1 (HATTENDORF HEIKE ET AL), 22 February 2007 (2007-02-22); abstract; table 1, page 5 -- | 1-10 |
| A | JP 2002105606 A (NIPPON STEEL CORP), 10 April 2002 (2002-04-10); (abstract) Retrieved from: WPI database; Original document: table 1, page 7 -- | 1-10 |
| A | US 20200360978 A1 (RAVE FERNANDO ET AL), 19 November 2020 (2020-11-19); abstract -- | 1-10 |
| A | US 20110031235 A1 (HATTENDORF HEIKE), 10 February 2011 (2011-02-10); abstract; table 1, page 5 -- | 1-10 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: | "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 | |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance | "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 | |
| "D" document cited by the applicant in the international application | "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 | |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date | "&" document member of the same patent family | |
| "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 | | |
| Date of the actual completion of the international search 22-12-2022 | Date of mailing of the international search report 22-12-2022 | |
| Name and mailing address of the ISA/SE Patent- och registreringsverket Box 5055 S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. + 46 8 666 02 86 | Authorized officer Anna-Maj Magnusson Telephone No. + 46 8 782 28 00 | |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/SE2022/051052

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|---|--|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | US 20030089198 A1 (BERGLUND ROGER ET AL), 15 May 2003 (2003-05-15); abstract; paragraph [0026] -- | 1-10 |
| A | US 20040131493 A1 (HATTENDORF HEIKE ET AL), 8 July 2004 (2004-07-08); abstract; table 1, page 5 -- ----- | 1-10 |

10

20

30

40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/SE2022/051052

Continuation of: second sheet
International Patent Classification (IPC)
C22C 38/28 (2006.01)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/SE2022/051052

| | | | | | |
|----|----------------|------------|------|-----------------|------------|
| US | 20070041862 A1 | 22/02/2007 | AT | 423858 T | 15/03/2009 |
| | | | BR | PI0510484 A | 06/11/2007 |
| | | | CA | 2564651 A1 | 10/11/2005 |
| | | | DE | 102005016722 A1 | 09/02/2006 |
| | | | DE | 112005001627 A5 | 24/05/2007 |
| | | | DE | 502005006695 D1 | 09/04/2009 |
| | | | EP | 1740733 A2 | 10/01/2007 |
| | | | JP | 2007534845 A | 29/11/2007 |
| | | | KR | 20070000503 A | 02/01/2007 |
| | | | MX | PA06010897 A | 15/12/2006 |
| | | | RU | 2344192 C2 | 20/01/2009 |
| | | | RU | 2006141845 A | 10/06/2008 |
| | | | WO | 2005106061 A2 | 10/11/2005 |
| JP | 2002105606 A | 10/04/2002 | NONE | | |
| US | 20200360978 A1 | 19/11/2020 | CN | 111542628 A | 14/08/2020 |
| | | | EP | 3732311 A1 | 04/11/2020 |
| | | | JP | 2021508600 A | 11/03/2021 |
| | | | KR | 20200100661 A | 26/08/2020 |
| | | | WO | 2019129747 A1 | 04/07/2019 |
| US | 20110031235 A1 | 10/02/2011 | BR | PI0911429 A2 | 29/09/2015 |
| | | | CA | 2719363 C | 06/08/2013 |
| | | | CN | 101981218 A | 23/02/2011 |
| | | | DE | 102008018135 A1 | 29/10/2009 |
| | | | DK | 2283167 T3 | 26/11/2018 |
| | | | ES | 2692866 T3 | 05/12/2018 |
| | | | JP | 5490094 B2 | 14/05/2014 |
| | | | JP | 2011516731 A | 26/05/2011 |
| | | | KR | 101282804 B1 | 05/07/2013 |
| | | | KR | 20100133411 A | 21/12/2010 |
| | | | MX | 2010011129 A | 14/12/2010 |
| | | | TR | 201815862 T4 | 21/11/2018 |
| | | | US | 8580190 B2 | 12/11/2013 |
| | | | WO | 2009124530 A1 | 15/10/2009 |

10

20

30

40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/SE2022/051052

| | | | | | |
|----|----------------|------------|----|---------------|------------|
| US | 20030089198 A1 | 15/05/2003 | AT | 284288 T | 15/12/2004 |
| | | | AU | 774077 B2 | 17/06/2004 |
| | | | AU | 2718401 A | 16/07/2001 |
| | | | BR | 0016950 A | 10/09/2002 |
| | | | CA | 2392719 A1 | 12/07/2001 |
| | | | CN | 1261266 C | 28/06/2006 |
| | | | CN | 1414892 A | 30/04/2003 |
| | | | DE | 60016634 D1 | 13/01/2005 |
| | | | EP | 1257375 A1 | 20/11/2002 |
| | | | ES | 2234706 T3 | 01/07/2005 |
| | | | JP | 2003519284 A | 17/06/2003 |
| | | | JP | 2010065321 A | 25/03/2010 |
| | | | JP | 4511097 B2 | 28/07/2010 |
| | | | KR | 100584113 B1 | 30/05/2006 |
| | | | KR | 20020082477 A | 31/10/2002 |
| | | | MX | PA02005723 A | 14/10/2003 |
| | | | NZ | 519316 A | 31/10/2003 |
| | | | RU | 2245762 C2 | 10/02/2005 |
| | | | SE | 513989 C2 | 11/12/2000 |
| | | | SE | 0000002 L | 11/12/2000 |
| | | | UA | 73542 C2 | 15/08/2005 |
| | | | US | 6761751 B2 | 13/07/2004 |
| | | | WO | 0149441 A1 | 12/07/2001 |
| US | 20040131493 A1 | 08/07/2004 | DE | 10157749 A1 | 31/10/2002 |
| | | | DE | 50200904 D1 | 30/09/2004 |

10

20

30

40

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

C 2 2 C 33/02

B

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,N
 E,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,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,I
 T,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,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

スウェーデン国 8 1 1 8 1 サンドヴィーケン , シー / オー アレイマ イーエムイーエー アク
 ティエボラーグ

F ターム (参考) 4K018 AA32 BA16 CA02 EA11 EA31 FA01 HA03 KA07 KA58 KA70