

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-508877

(P2017-508877A)

(43) 公表日 平成29年3月30日(2017.3.30)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)		
<b>C 2 2 C</b>	<b>19/05</b>	<b>(2006.01)</b>	C 2 2 C	19/05	L	4 K 0 1 8		
<b>B 2 2 F</b>	<b>3/105</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 2 F	3/105				
<b>B 2 2 F</b>	<b>3/16</b>	<b>(2006.01)</b>	B 2 2 F	3/16				
<b>B 3 3 Y</b>	<b>70/00</b>	<b>(2015.01)</b>	B 3 3 Y	70/00				

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2016-542676 (P2016-542676)  
 (86) (22) 出願日 平成26年12月9日 (2014.12.9)  
 (85) 翻訳文提出日 平成28年8月23日 (2016.8.23)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2014/077060  
 (87) 国際公開番号 W02015/096980  
 (87) 国際公開日 平成27年7月2日 (2015.7.2)  
 (31) 優先権主張番号 13199285.1  
 (32) 優先日 平成25年12月23日 (2013.12.23)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 515322297  
 ゼネラル エレクトリック テクノロジー  
 ゲゼルシャフト ミット ベシュレンク  
 テル ハフツング  
 General Electric Te  
 chnology GmbH  
 スイス国 バーデン ブラウン ボヴェリ  
 シュトラーセ 7  
 Brown Boveri Strass  
 e 7, CH-5400 Baden,  
 Switzerland  
 (74) 代理人 100114890  
 弁理士 アイゼル・フェリックス＝ライ  
 ンハルト

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粉末に基づく付加製造プロセスにおいて使用されるガンマブライム析出強化ニッケル基超合金

(57) 【要約】

本出願は、選択的レーザー溶融 ( S L M ) 又は電子ビーム溶解 ( E B M ) などの粉末に基づく付加製造による三次元物品の製造技術に関する。特に、本出願は、変性された化学組成を有する I N 7 3 8 L C に基づく N i 基超合金粉末を含有する高耐酸化性の高ガンマブライム ( ' ) 析出物について言及する。かかる粉末は、以下の化学組成 ( 質量 % ) : 1 5 . 7 ~ 1 6 . 3 の C r 、 8 . 0 ~ 9 . 0 の C o 、 1 . 5 ~ 2 . 0 の M o 、 2 . 4 ~ 2 . 8 の W 、 1 . 5 ~ 2 . 0 の T a 、 3 . 2 ~ 3 . 7 の A l 、 2 . 2 ~ 3 . 7 の T i 、 0 . 6 ~ 1 . 1 の N b 、 0 . 0 9 ~ 0 . 1 3 の C 、 0 . 0 0 7 ~ 0 . 0 1 2 の B 、 0 . 0 0 4 Z r < 0 . 0 3 、 0 . 0 0 1 S i < 0 . 0 3 、 残部の N i 及び不可避の残留元素を有し、更に 1 0 μ m ~ 1 0 0 μ m の間の粉末粒径分布及び球状形態を有する。利点として、ほぼクラックのない三次元物品を、より生産的なプロセスパラメータで、且つ付加製造プロセスの複雑で時間消費のバリエーション ( 例えば、予熱 ) 及び / 又は後処理 ( 例えば、熱間静水圧成形 H I P ) なしで製造することができる。

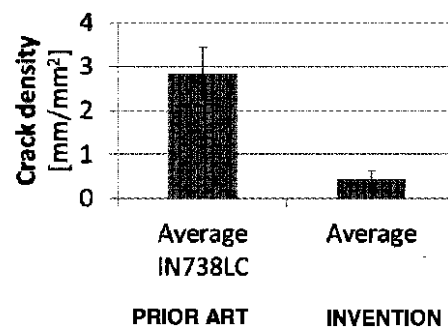


Fig. 3

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

三次元物品の付加製造のための高ガンマブライム析出含有率を有するニッケル基超合金粉末であって、以下の化学組成（質量％）：15.7～16.3のCr、8.0～9.0のCo、1.5～2.0のMo、2.4～2.8のW、1.5～2.0のTa、3.2～3.7のAl、2.2～3.7のTi、0.6～1.1のNb、0.09～0.13のC、0.007～0.012のB、0.004 Zr<0.03、0.001 Si<0.03、残部のNi及び不可避の残留元素を有し、且つ10 $\mu$ m～100 $\mu$ mの粉末粒径分布及び球状形態を有することを特徴とする、前記ニッケル基超合金粉末。

## 【請求項 2】

Si含有率が最大0.02質量％であることを特徴とする、請求項1に記載のニッケル基超合金粉末。

## 【請求項 3】

Zr含有率が最大0.02質量％であることを特徴とする、請求項1に記載のニッケル基超合金粉末。

## 【請求項 4】

請求項1から3までのいずれか1項に記載のニッケル基超合金粉末を用いる三次元物品の付加製造のためのSLMプロセスであって、物品の層ごとの積層の間のレーザー出力 $P_L$ 、走査速度 $V_s$ 及びレーザービーム径 $D_B$ が、レーザー領域エネルギー密度 $E_D$ が0.5～10 J/mm<sup>2</sup>の範囲にあるように適用されることを特徴とする、前記SLMプロセス。

## 【請求項 5】

レーザー領域エネルギー密度 $E_D$ が0.8～5 J/mm<sup>2</sup>であることを特徴とする、請求項4に記載のSLMプロセス。

## 【請求項 6】

レーザー領域エネルギー密度 $E_D$ が1～3.5 J/mm<sup>2</sup>であることを特徴とする、請求項5に記載のSLMプロセス。

## 【請求項 7】

層を、0.01～0.1 mmの範囲のそれぞれの層の厚さで適用することを特徴とする、請求項4に記載のSLMプロセス。

## 【請求項 8】

層を、0.02～0.05 mmの範囲のそれぞれの層の厚さで適用することを特徴とする、請求項7に記載のSLMプロセス。

## 【請求項 9】

層を、0.03～0.04 mmの範囲のそれぞれの層の厚さで適用することを特徴とする、請求項8に記載のSLMプロセス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

発明の背景

本発明は、選択的レーザー溶融（SLM）又は電子ビーム溶解（EBM）などの粉末に基づく付加製造による三次元物品の製造技術に関する。特に、本発明は、ほぼクラックのない部品を製造するための変性された化学組成を有するIN738LCに基づくNi基超合金粉末を含有する高耐酸化性の高ガンマブライム（ $\gamma'$ ）析出物について言及する。

## 【0002】

従来技術

約5質量％を上回るAl及びTiの組み合わせたフラクションを有するガンマブライム（ $\gamma'$ ）析出強化ニッケル基超合金は、それらのマイクロクラック感受性のために溶接することが非常に困難であることが知られている。IN738LC、MAR-M247又はCM247LCなどのこれらの超合金の溶接の間のマイクロクラックは、その後の熱処

10

20

30

40

50

理における熱影響部 ( H A Z ) における沈殿物又は低融点共晶の液化、延性低下割れ ( ductility dip cracking ) ( D D C ) 又は歪時効割れ ( strain-age cracking ) に起因する。

#### 【 0 0 0 3 】

文献 : B. Geddes, H. Leon, X. Huang: Superalloys, Alloying and performance, ASM International, 2010, 71~72頁では、著者らは、およそ 6 . 0 より小さい [ 2 倍の A l 濃度 ( 質量 % ) + T i 濃度 ( 質量 % ) ] のような超合金のウェルドライン ( weldability line ) について記載しており、これは 6 質量 % を上回る [ 2 倍の A l ( 質量 % ) + T i ( 質量 % ) ] を有する N i 基超合金が材料を溶融するのに困難なものとして定義されていることを意味する。凝固割れ及び結晶粒界液化割れは、溶接プロセス中に発生するが、溶接後熱処理は、多くの場合、ガンマプライム N i <sub>3</sub> ( A l , T i ) 析出強化合金における歪時効割れにつながる。

10

#### 【 0 0 0 4 】

従って、主に固体 - 溶液強化 ( 例えば、 I N 6 2 5 ) 又は少量の A l 及び T i を有するガンマプライム強化ニッケル基超合金 ( 例えば、 I N 7 1 8 ) はこれまで S L M 又は E B M によって処理されている。

#### 【 0 0 0 5 】

文献 D E 1 0 2 0 0 9 0 5 0 5 6 3 A 1 号は、 0 . 3 ~ 1 . 2 質量 % の規定された T i 含有率及び / 又は 2 . 5 ~ 5 . 7 質量 % の A l 含有率、 2 . 8 質量 % ~ 5 . 0 質量 % の範囲の T i 及び A l の好ましい合計含有率を有する、付加製造、好ましくはレーザー溶融に使用される N i 基超合金を記載している。

20

#### 【 0 0 0 6 】

ガンマプライム析出強化ニッケル基超合金の溶接を行うのに困難な一般的な方法では、粉末床を高温に加熱することで溶接プロセスに起因する残留応力を低減している。しかしながら、完成部品を粉末床から除去できる前に、これを周囲温度まで冷却しなければならない。粉末床の低い熱伝導率のために、粉末床の加熱と冷却は、 S L M プロセスの生産性の大幅な低下をもたらす多くの時間を必要としている。また、高価な加熱装置及び分離並びにプロセスチャンバの適応が必要とされている。

#### 【 0 0 0 7 】

E P 2 5 8 9 4 4 9 A 1 号は、溶接が困難なガンマプライム析出強化ニッケル基超合金で作られた亀裂のない緻密な三次元物品を製造するための S L M プロセスであって、レーザー出力、焦点スポットの焦点直径及び前記集束レーザービームの走査速度を調整することで放熱溶接を得る、前記プロセスを開示している。

30

#### 【 0 0 0 8 】

一般的に、 S L M から生じる物品は、同じ合金の材料をキャストするために比較される様々な微細構造を有する。これは主に粉末に基づく層ごとの物品の生産及びこれらのプロセスにおける高エネルギービーム / 材料の相互作用による固有の高い冷却速度に起因する。 S L M の間の極めて局所的な溶融及び結果として起こる急速凝固のために、合金元素の分離及び析出物の形成が大幅に低減されるので、その結果、従来のビルドアップ溶接技術に比べて低下したクラッキングの感受性がもたらされる。

40

#### 【 0 0 0 9 】

S L M プロセス用の市販の I N 7 3 8 L C 粉末を使用することで、残念なことに、マイクロクラックがなお製造された物品中に存在する。これは、例えば、レーザー技術についてのフラウンホーファー研究所によるプレゼンテーション ( J. Risse, C. Golebiewski, W. Meiners, K. Wissenbach: Influence of process management on crack formation in nickel-based alloy parts (IN738LC) manufactured by SLM, RapidTech, 14./15.05.2013, Erfurt ) で確認された。そこでは、クラックのない物品は、広範囲にわたる予熱でしか製造できないことが記載されていた。

#### 【 0 0 1 0 】

しかしながら、出願人は、調整された化学物質と一緒に I N 7 3 8 L C を使用すること

50

によって、SLMが、材料の溶接が困難なこのニアネットシェイプ加工を可能にすることを発見した。高いAl及びTi含有率のガンマプライム（ $\gamma'$ ）析出強化ニッケル基超合金は、クラッキングの主な理由ではなく、SLM加工されたIN738LCの高温クラッキング感受性は、従来の溶接性チャートによって予測することができない。

#### 【0011】

##### 発明の概要

本発明の課題は、低下した高温クラッキング傾向を有する三次元物品の付加製造（SLM、EBM）のための高ガンマプライム析出含有率を有するニッケル基超合金粉末を提供し、かかる物品の製造に適したプロセスパラメータを開示することである。本発明による粉末の変性された組成は、以下の特性（質量％）を有する公知の市販のInconel 738（IN738LC）粉末に基づく：15.7～16.3のCr、8.0～9.0のCo、1.5～2.0のMo、2.4～2.8のW、1.5～2.0のTa、3.2～3.7のAl、2.2～3.7のTi、0.6～1.1のNb、0.09～0.13のC、0.007～0.012のB、0.03～0.08のZr、最大0.3のSi、残部のNi及び不可避の残留元素（不純物）。

10

#### 【0012】

この課題は、10 $\mu\text{m}$ ～100 $\mu\text{m}$ の間の粉末の粒度分布及び球状形態を有する請求項1に記載の粉末組成物によって実現される。

#### 【0013】

本発明のコアは、上記の粒度分布及び粉末の形態を有するIN738LC合金粉末における特定の少量/微量の元素（0.004 Zr < 0.03質量％及び0.001 Si < 0.03質量％）の厳格な制御及び改質により、クラックのない又は少なくともほぼクラックのない部品を予熱なしでSLMによって製造することができることである。市販のIN738LC粉末の場合、最大0.3質量％のSi及び最大0.08質量％のZrの既知の制限は、この粉末の、SLM又はEBMなどの粉末に基づく付加製造における使用には高すぎることを判明した。最新の知識とは対照的に、（Al + Ti）含有率ではなく、わずかな濃度のSi及びZrが加工性を制限している。

20

#### 【0014】

好ましい実施態様では、粉末のSi含有率は最大0.02質量％であり及び/又はZr含有率は最大0.02質量％である。

30

#### 【0015】

SLMプロセスパラメータは、SLMプロセスの間のレーザー領域のエネルギー密度 $E_D$ が本発明によって0.5～10 J/mm<sup>2</sup>の範囲にあるように選択される。 $E_D$ は以下のように計算される：

#### 【数1】

$$E_D = \frac{P_L}{V_s \cdot D_B}$$

（式中、

$P_L$ ：レーザー出力 [ W ]

40

$V_s$ ：走査速度 [ mm / s ]

$D_B$ ：レーザービーム径 [ mm ] )。

#### 【0016】

本発明の好ましい実施態様によれば、レーザー領域のエネルギー密度は、0.8～5 J/mm<sup>2</sup>、好ましくは1～3.5 J/mm<sup>2</sup>である。

#### 【0017】

本発明の別の実施態様によれば、各SLM層の層厚さは、0.01～0.1 mmの範囲、好ましくは0.02～0.05 mm、最も好ましくは0.03～0.04 mmの範囲にある。その後、ほぼクラックのない部品、例えば、ガスタービン部品を製造することができる。

50

## 【0018】

本発明は、ここで異なる実施態様によって及び添付の図面を参照してより厳密に説明されるべきである。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0019】

【図1】高密度のマイクロクラックを有する標準のIN738LC粉末（従来技術）から作られたSLM試験プローブの微細構造を示す図

【図2】図1と比較して低下した密度のマイクロクラックを有する本発明の第1の実施態様による変性した粉末から作られたSLM試験プローブの微細構造を示す図

【図3】従来技術の粉末の使用及び本発明による複数の実施態様の使用に関する平均クラック密度を詳細に示す図

【図4】試験した粉末中のZr含有率へのクラック密度依存性を示す図

【図5】試験した粉末中のSi含有率へのクラック密度依存性を示す図

## 【0020】

発明の様々な実施態様の詳細な説明

上記のように、ガンマプライム（ $\gamma'$ ）析出強化ニッケル基超合金の高Al及びTi含有率は、クラッキングの主な理由ではなく、SLM加工されたIN738LC粉末の高温クラッキング感受性は従来の溶接性チャートによって予測できないことが判明した。対照的に、特定の少量/微量の元素（Zr、Si）の厳密な制御だけでなく、 $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の粉末粒度分布及び球状形態を有する粉末を使用することも必要である。

## 【0021】

図1は、以下の特性（質量%）を有する基準IN738LC粉末（市販の従来技術）から作られたSLM試験プローブ（三次元物品）の微細構造を示す：15.7~16.3のCr、8.0~9.0のCo、1.5~2.0のMo、2.4~2.8のW、1.5~2.0のTa、3.2~3.7のAl、2.2~3.7のTi、0.6~1.1のNb、0.09~0.13のC、0.007~0.012のB、0.03~0.08のZr、最大0.3のSi、残部のNi及び不可避の残留元素（不純物）。IN738LCは高耐酸性であり且つ高含有率のガンマプライム（ $\gamma'$ ）析出物を有する。詳細は、Zr含有率について0.06質量%、及びSi含有率について0.085質量%である。図1では、従来技術によるプローブが高密度のマイクロクラックを有することが分かる。

## 【0022】

本発明のコアは、上記の粒度分布及び粉末の形態を有するIN738LC合金粉末における特定の少量/微量の元素（ $0.004 \leq \text{Zr} < 0.03$ 質量%及び $0.001 \leq \text{Si} < 0.03$ 質量%）の厳格な制御及び改質により、クラックのない又は少なくともほぼクラックのない部品（三次元物品）を予熱なしでSLMによって製造することができることである。市販のIN738LC粉末の場合、最大0.3質量%のSi及び最大0.08質量%のZrの既知の制限は、この粉末の、SLM又はEBMなどの粉末に基づく付加製造における使用には高すぎることを判明した。最新の知識とは対照的に、（Al+Ti）含有率ではなく、わずかな濃度のSi及びZrが加工性を制限している。

## 【0023】

従って、15.7~16.3のCr、8.0~9.0のCo、1.5~2.0のMo、2.4~2.8のW、1.5~2.0のTa、3.2~3.7のAl、2.2~3.7のTi、0.6~1.1のNb、0.09~0.13のC、0.007~0.012のB、 $0.004 \leq \text{Zr} < 0.03$ 、 $0.001 \leq \text{Si} < 0.03$ 、残部のNi及び不可避の残留元素の化学組成及び $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ の粉末粒径分布及び球状形態を有する複数のニッケル基粉末を、三次元物品の付加製造のために試験した。

## 【0024】

図2は本発明の第1の実施態様を示す。物品は、本発明のよる粉末（ここで $\text{Zr} < 0.03$ 質量%及び $\text{Si} = 0.0176$ 質量%を有する）を用いてSLMによって製造された。物品の層ごとの積層の間、レーザー粉末 $P_L$ 、走査速度 $V_s$ 及びSLMのレーザービー

10

20

30

40

50

ム径を、レーザー領域エネルギー密度  $E_D$  が  $0.5 \sim 10 \text{ J/mm}^2$  の範囲であり、ここで詳細には  $E_D$  が  $1.8 \text{ J/mm}^2$  であるように、選択/適用した。レーザー領域エネルギー密度の好ましい範囲は  $0.8 \sim 5 \text{ J/mm}^2$ 、更に好ましくは  $1 \sim 3.5 \text{ J/mm}^2$  である。

【0025】

図2では、本発明によるプローブが、図1と比較して非常に低いマイクロクラック密度を有することが分かる。

【0026】

図3には、従来技術の粉末の使用及び本発明による複数の実施態様の使用に関する平均クラック密度が詳細に示される。元素  $Si$  及び  $Zr$  の厳密な制御は、SLM又はEBMの間の高温クラッキングを大幅に低減し、その結果、市販のIN738LCと比較して6倍低い欠陥密度が得られる。

10

【0027】

従って、より生産的なプロセスパラメータで、且つ付加製造プロセスの複雑で時間消費のバリエーション(例えば、予熱)及び/又は後処理(例えば、熱間静水圧成形HIP)なしで、ほぼクラックのない三次元物品を製造することができる。

【0028】

SLM又はEBMプロセス内で適用されるそれぞれの層は  $0.01 \sim 0.1 \text{ mm}$  の範囲、好ましくは  $0.02 \sim 0.05 \text{ mm}$  の範囲の厚さを有する。更に好ましい範囲は  $0.03 \sim 0.04 \text{ mm}$  である。

20

【0029】

図4では、IN738LC粉末で作られた様々なSLMプローブの例として、試験された粉末中の  $Zr$  含有率へのクラック密度依存性が示され、図5では、試験された粉末中の  $Si$  含有率へのクラック密度依存性が示される。

【0030】

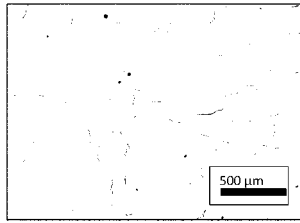
大きく低減されたクラック密度は、 $0.004 \text{ 質量\% } Zr < 0.03 \text{ 質量\%}$  及び  $0.001 \text{ 質量\% } Si < 0.03 \text{ 質量\%}$  の開示された範囲(質量%)の場合に受け入れられる。ほぼマイクロクラックのない微細構造のために、最大  $0.02 \text{ 質量\%}$  の  $Zr$  及び/又は最大  $0.02 \text{ 質量\%}$  の  $Si$  が好ましい。

【0031】

当然ながら、本発明は上記の実施態様に限定されない。例えば、開示されたニッケル基超合金粉末は、SLM製造プロセスだけでなく、上記の利点を有するEBM製造プロセスにも適用可能であることが予想される。

30

【 図 1 】



(従来技術)

【 図 2 】

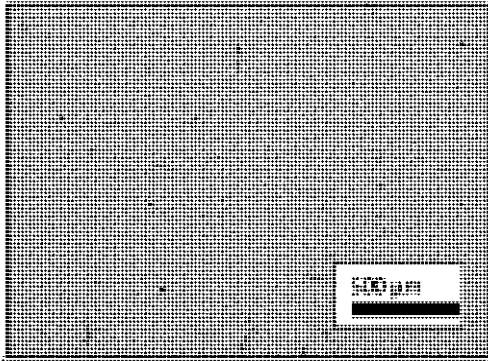
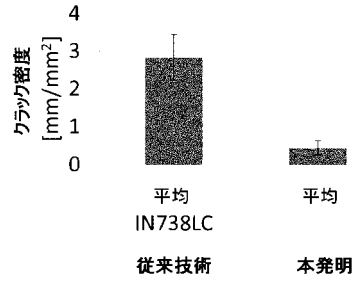
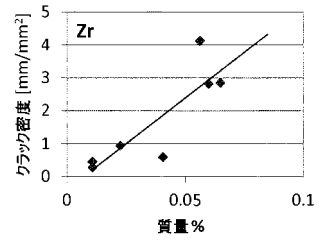


Fig. 2

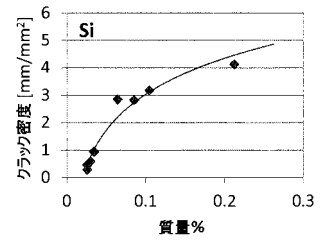
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2014/077060
---

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. B22F1/00 B22F3/00 B23F3/00 C22C19/05 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22F B23F C22C		
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, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	C.Y SU ET AL: "Activated diffusion brazed repair for IN738 hot section components of gas turbines", JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, vol. 115, no. 3, 26 August 1999 (1999-08-26), pages 326-332, XP055108216, ISSN: 0924-0136, DOI: 10.1016/S0924-0136(01)00831-7 page 326, left-hand column, lines 5-17 page 327, left-hand column, paragraph 2.1; table 1 ----- -/--	1-3
<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 : "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 27 February 2015		Date of mailing of the international search report 23/03/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Nikolaou, Ioannis

1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/077060

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	"ALLOY IN-738 TECHNICAL DATA", THE INTERNATIONAL NICKEL COMPANY INC, 1 January 2013 (2013-01-01), page 12pp, XP009177112, Retrieved from the Internet: URL:http://www.nipera.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/IN_738Alloy_PreliminaryData_497_.pdf table 1 -----	1-3
Y	EP 2 589 449 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 8 May 2013 (2013-05-08) cited in the application paragraphs [0011], [0019], [0035], [0042], [0048]; claims 1,6,9 -----	1-3
A		4-9
Y	M.F. CHIANG ET AL: "Induction-assisted laser welding of IN-738 nickel-base superalloy", MATERIALS CHEMISTRY AND PHYSICS, vol. 114, no. 1, 1 March 2009 (2009-03-01) , pages 415-419, XP055108208, ISSN: 0254-0584, DOI: 10.1016/j.matchemphys.2008.09.051 page 416, left-hand column, lines 1-12; figure 4; table 1 -----	1-3
Y	CHEN J ET AL: "Process-induced microstructural characteristics of laser consolidated IN-738 superalloy", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A: STRUCTURAL MATERIALS:PROPERTIES, MICROSTRUCTURE & PROCESSING, LAUSANNE, CH, vol. 527, no. 27-28, 25 October 2010 (2010-10-25), pages 7318-7328, XP027339252, ISSN: 0921-5093 [retrieved on 2010-08-10] page 7319, paragraph 2.1; table 1 -----	1-3
A		4-9
Y	E. F. Bradley: "Superalloys A Technical Guide", 1 August 1989 (1989-08-01), ASM International, United States of America, XP002722150, ISBN: 9780871703279 page 144 - page 147; figure 10.3; table 10.1 -----	1-3
	----- -/--	

1

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/077060

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>L. Rickenbacher ET AL: "High temperature material properties of IN738LC processed by selective laser melting (SLM) technology", Rapid Prototyping Journal, 1 April 2013 (2013-04-01), pages 282-290, XP055109051, Bradford DOI: 10.1108/13552541311323281 Retrieved from the Internet: URL:http://search.proquest.com/docview/1355328844 [retrieved on 2014-03-20] the whole document</p> <p>-----</p>	1-9
A	<p>MINLIN ZHONG ET AL: "Boundary liquation and interface cracking characterization in laser deposition of Inconel 738 on directionally solidified Ni-based superalloy", SCRIPTA MATERIALIA, vol. 53, no. 2, 1 July 2005 (2005-07-01), pages 159-164, XP055108323, ISSN: 1359-6462, DOI: 10.1016/j.scriptamat.2005.03.047 page 160, paragraph 2. Experimental procedures; table 1</p> <p>-----</p>	1-9
A	<p>OSAKADA ET AL: "Flexible manufacturing of metallic products by selective laser melting of powder", INTERNATIONAL JOURNAL OF MACHINE TOOL DESIGN AND RESEARCH, PERGAMON PRESS, OXFORD, GB, vol. 46, no. 11, 1 September 2006 (2006-09-01), pages 1188-1193, XP005572810, ISSN: 0020-7357, DOI: 10.1016/J.IJMACHTOOLS.2006.01.024 page 1189, right-hand column, lines 9-15; table 1</p> <p>-----</p>	4-9

1

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/077060

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2589449	A1	08-05-2013	CA 2794015 A1 04-05-2013
			CH 705662 A1 15-05-2013
			CN 103084573 A 08-05-2013
			EP 2589449 A1 08-05-2013
			ES 2525453 T3 23-12-2014
			US 2013228302 A1 05-09-2013
-----			

## フロントページの続き

(81)指定国 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, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100116403

弁理士 前川 純一

(74)代理人 100135633

弁理士 二宮 浩康

(74)代理人 100162880

弁理士 上島 類

(72)発明者 ローマン エンゲリ

スイス国 チューリッヒ ハーゲンホルツシュトラッセ 80

(72)発明者 トーマス エター

スイス国 ムーエン コアンヴェーク 18

(72)発明者 ホセイン メイダニ

スイス国 チューリッヒ アリアーネシュトラッセ 17

Fターム(参考) 4K018 AA09 BA04 BB04 CA44 EA51 EA60