

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4659454号
(P4659454)

(45) 発行日 平成23年3月30日(2011.3.30)

(24) 登録日 平成23年1月7日(2011.1.7)

(51) Int.Cl.	F 1		
B22D 7/00	(2006.01)	B 22 D	7/00
B22D 1/00	(2006.01)	B 22 D	1/00
B22D 21/00	(2006.01)	B 22 D	21/00
C22C 1/00	(2006.01)	C 22 C	1/00
F02C 7/00	(2006.01)	F 02 C	7/00

請求項の数 12 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-524579 (P2004-524579)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成15年7月9日(2003.7.9)	ゼネラル・エレクトリック・カンパニー	GENERAL ELECTRIC COMPANY
(65) 公表番号	特表2005-533660 (P2005-533660A)	アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ	クタディ、リバーロード、1番
(43) 公表日	平成17年11月10日(2005.11.10)	(74) 代理人	100137545
(86) 國際出願番号	PCT/US2003/021433	弁理士	荒川 聰志
(87) 國際公開番号	W02004/011685	(74) 代理人	100105588
(87) 國際公開日	平成16年2月5日(2004.2.5)	弁理士	小倉 博
審査請求日	平成18年7月7日(2006.7.7)	(74) 代理人	100108541
(31) 優先権主張番号	10/206,608	弁理士	伊藤 信和
(32) 優先日	平成14年7月25日(2002.7.25)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国(US)	弁理士	黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非金属前駆体化合物の還元及び融解によって金属物品を製造する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属成分元素を含みかつ化学的欠陥の低減した金属物品(20)を製造する方法であって、

前記金属成分元素を含む非金属前駆体化合物を準備する段階と、
前記非金属前駆体化合物を化学的に還元して、0.025mm(0.001インチ)～
1.2.7mm(0.5インチ)の粒度を有する複数の初期金属粒子(22)を該初期金属
粒子(22)を融解させずに生成させる段階と、

前記初期金属粒子(22)を融解及び凝固させて、該初期金属粒子(22)の機械的
粉碎なしに金属物品(20)を製造する段階と、
を含む方法。

【請求項 2】

前記金属物品(20)が、チタンと少なくとも1種類の他の合金化元素とを含むチタン合
金からなる、請求項1記載の方法。

【請求項 3】

前記非金属前駆体化合物を準備する段階が、少なくとも2種類の異なる前記非金属前駆体
化合物の混合物を準備する段階を含む、請求項1又は請求項2に記載の方法。

【請求項 4】

前記初期金属粒子(22)が、0.51mm(0.020インチ)～1.02mm(0.
040インチ)の粒度を有する、請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 5】

前記融解及び凝固させる段階が、前記初期金属粒子（22）に対して何らの金属合金化元素も添加せずに該初期金属物品（22）を融解及び凝固させて、金属物品（20）を製造する段階を含む、請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 6】

前記融解及び凝固させる段階が、前記初期金属粒子（22）が融解されている間に該初期金属粒子（22）に対して金属合金化元素を添加する段階を含む、請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 7】

前記化学的に還元する段階が、固相還元によって前記非金属前駆体化合物の混合物を化学的に還元する段階を含む、請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の方法。 10

【請求項 8】

前記化学的に還元する段階が、気相還元によって前記非金属前駆体化合物の混合物を化学的に還元する段階を含む、請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 9】

前記融解及び凝固させる段階が、前記金属物品（20）を鋳造物品（20）として凝固させる段階を含む、請求項1乃至請求項8のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 10】

前記融解及び凝固させる段階が、前記金属物品（20）を鋳造物品（20）として凝固させる段階を含んでおり、前記方法が、前記融解及び凝固させる段階の後に、前記鋳造インゴットをピレットに転換処理する付加的段階を含む、請求項1乃至請求項8のいずれか1項に記載の方法。 20

【請求項 11】

前記金属物品（20）がガスタービンエンジンの部品である、請求項1乃至請求項10のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 12】

前記金属物品（20）がガスタービンエンジンディスクである、請求項1乃至請求項10のいずれか1項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

30

【0001】

本発明は、融解に関連した化学的欠陥の存在を最小限にした金属物品の製造に関し、より具体的には、航空機用ガスタービン部品のようなチタン合金物品の製造に関する。

【背景技術】**【0002】**

金属物品は、その金属及び物品の性質に適したものとすることができる多くの方法の何れかによって製造される。1つの一般的な方法では、金属含有鉱石を精錬して金属を產生する。金属は、必要に応じて望ましくない微量元素量を除去又は低減するためにさらに精錬することができる。望ましい合金化元素を添加することによって、精錬した金属の組成を改質することもできる。これら精錬及び合金化段階は、初期融解工程の間或いは凝固及び再融解後に行うことができる。所望の組成の金属が產生された後に、金属は、幾つかの合金組成物（つまり、鋳造合金）に適した鋳放し形態で使用するか、或いはさらに加工して該金属を他の合金組成物（つまり、鍛造合金）に適した所望の形状に形成することができる。いずれの場合においても、熱処理、機械加工、表面被覆などのような更なる処理を採用することができる。 40

【0003】

航空機用ガスタービンエンジンにおける材料の最も厳しい用途の1つは、その上にタービンブレード又は圧縮機ブレードが支持されるディスク（「ロータ」と呼ぶこともある）である。ガスタービンが作動している時、ディスクは高温環境において毎分何千回転もの回転数で回転する。これらの運転条件の下では、ディスクは所要の機械的特性を示さなけ 50

ればならない。

【0004】

一部のディスクのようなガスタービンエンジン部品の或る種のものは、チタン合金で製作される。ディスクは一般的に、選択したチタン合金の金属成分を準備する段階と、その成分を融解する段階と、チタン合金のインゴットを鋳造する段階とによって製造される。鋳造インゴットは次に、ビレットに転換処理される。ビレットはさらに、典型的には鍛造によって機械的に処理される。処理したビレットはその後、すえ込み鍛造され、次いで機械加工されてチタン合金部品を製造する。

【0005】

最終ディスク内の小さな機械的又は化学的欠陥は、実使用中にディスクに早期に破損を引き起こすおそれがある。機械的欠陥には、例えば割れ及び空隙が含まれる。化学的欠陥には、例えば硬質欠陥（低密度介在物と呼ぶこともある）及び高密度介在物が含まれる。例えばその開示内容を参考文献として特許文献1及び特許文献2に記載されている硬質欠陥は、厳しいガスタービンエンジン用途及び航空機構造体のような他の厳しい用途において使用する高品質 - 及びチタン合金において特に厄介である。化学的欠陥は、エンジン実使用中に早期に割れ発生を引き起こすおそれがある。これら欠陥により生じる破損は、ガスタービンエンジンに対して、また可能性としては航空機に対して壊滅的なものとなるおそれがある。

【特許文献1】特開昭61-221357号

【特許文献2】米国特許第6019812号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従って、そのような欠陥の存在を最小限にするように、また望ましくは除去するように十分に注意してガスタービンエンジンディスクを製作することが必要であり、また欠陥が存在する場合にそのような欠陥を検出する超音波検査を可能にするような方法でディスクを製造することが必要である。製造工程はまた、ディスクに必要な機械的特性及び物理的特性の所望の組合せを示す微細組織を最終物品中に生成しなければならない。

【0007】

取付けたディスク内の化学的欠陥の存在及び大きさを適正な低レベルまで減少させることは、既存の融解、鋳造及び転換処理法を使用することによってこれまで可能であった。しかしながら、そのような化学的欠陥の発生率をさらに減少させ、それによって作動の安全マージンを向上させたディスク及び他の部品を製造する製造方法に対する要望及び必要性が常に存在している。本発明は、この改善した方法に対する必要性を満たし、さらに関連した利点を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、許容不能な大きな化学的欠陥の発生率を低減した金属物品を製造する方法を提供する。また、欠陥を減少させることは、ガスタービンエンジンの製造及び運転における経済的改善をも可能にする。本方法は、特に、ファン及び圧縮機ディスクが一例であるガスタービンエンジン部品のようなチタン合金物品を製作するのに適しており、該チタン合金物品は、初期金属材料の準備、インゴットの鋳造、インゴットのビレットへの転換処理、ビレットの機械的処理、ビレットの機械加工及びビレットの超音波検査によって製作される。得られた金属物品は、望ましい微細組織及び機械的特性を有すると同時に、それが存在する場合には実使用中に物品の早期破損を招く可能性がある許容不能な大きな化学的欠陥の発生率が低下している。

【0009】

金属成分元素を含みかつそうでなければ - 及びチタン合金のような硬質相の形成を生じやすい組成の金属物品を製造する方法を提供する。本方法は、金属成分元素を含む非金属前駆体化合物を準備する段階と、非金属前駆体化合物を化学的に還元して初期金

10

20

30

40

50

属粒子を該初期金属粒子を融解せずに產生する段階と、初期金属粒子を融解及び凝固させて金属物品を製造する段階とを含む。初期金属粒子の機械的粉碎は全くない。非金属前駆体化合物を準備する段階は、合金の異なる金属元素を供給する2つ又はそれ以上の非金属前駆体化合物を準備する段階を含むことができる。任意選択的に、融解段階の間に初期金属粒子の材料に金属合金化元素を添加することができ、或いは融解段階の間にそのような添加が全くなくてもよい。

【0010】

金属物品が金属合金であるような別の状況では、非金属前駆体化合物は、互いに合金の成分を含む少なくとも2つの異なる非金属前駆体化合物の混合物として準備することができる。最も関心のある用途では、非金属前駆体化合物はチタンを含み、その結果、非金属前駆体化合物は、チタン及び少なくとも1つの他の金属元素を含むようになる。

10

【0011】

非金属前駆体化合物は、微細化した固体の形態、液体の形態又は気体の形態で準備することができる。化学的還元は、一例は固相還元、溶融塩電解、プラズマ急冷又は気相還元法である任意の実施可能な方法によって達成することができる。

【0012】

特に関心のある方法では、気体の形態の非金属前駆体化合物は、液体アルカリ金属及び/又は液体アルカリ土類金属と接触させることによって、化学的に還元される。このような方法では、酸素又は窒素のような非金属改質元素を非金属前駆体化合物中に混合して、最終金属材料の所望のレベルを生成することができる。このような化学的還元は、極めて迅速に、好ましくは約10秒未満の時間で行って、硬質相又は高融点介在物のような化学的欠陥が形成される可能性がある時間を最小限にする。

20

【0013】

融解及び凝固させる段階は、所望の金属組成の铸造物品又はインゴットを形成するために使用される。铸造インゴットの場合では、铸造インゴットはその後、熱機械的処理によってビレットに転換処理することができる。このビレットはさらに、機械的処理され、また最終機械加工されてガスタービンエンジンディスクのような物品になる。被加工物は、一般的にビレットとしてまた機械加工した物品として超音波検査される。

【0014】

本方法の1つの特徴は、初期金属粒子を、その初期金属粒子を融解せずに、また、好ましくは約12.7mm(0.5インチ)よりも大きくない、より好ましくは約6.35mm(0.25インチ)よりも大きくない、さらに好ましくは約1.78mm(0.070インチ)よりも大きくない、もっと好ましくは約1.02mm(0.040インチ)よりも大きくない、そして最も好ましくは約0.51mm(0.020インチ)～約1.02mm(0.040インチ)の粒度範囲にある比較的小さな粒度を有するように調製することである。粒度は、0.025mm(0.001インチ)よりも小さくないのが望ましい。好ましい実施形態における最大粒度が小さいので、初期金属粒子における化学的欠陥の最大寸法も同様に小さい。その結果、その後の融解段階で、化学的欠陥を分解して、化学的欠陥が除去され、铸造した材料中に存在しないようにすることができる。従って、その後に製造した金属物品は化学的欠陥の発生率が低下し、また許容不能な大きな寸法の化学的欠陥の発生率が低下する。化学的欠陥の減少により、そのような欠陥に起因する早期破損を生じ難いより信頼性のある最終金属物品が得られる。この特質は、ガスタービンディスクのような破壊致命物品にとって特に重要である。

30

【0015】

本方法は、処理段階をほとんど必要とせず、従って従来の方法に比べて金属材料の中間取扱い段階をほとんど必要としない。化学的欠陥を招く可能性がある化学的汚染物質が導入される主な原因の1つは、多数回の金属融解のような処理段階の間の金属材料の取扱い及び汚染である。処理段階の数を減少させることによって、中間取扱いの量、従って汚染の機会が少なくなる。材料がスponジ材料又は過度に大きな粒子のような大きな断片の形態になっている場合、他の可能性がある汚染の原因是、融解段階で使用するより小さな粒

40

50

子を產生するための圧壊加工又は剪断加工によるような材料の粉碎である。その好ましい実施形態では、本方法は、そのような粉碎を回避し、それによって化学的欠陥を招く汚染の発生を減少させる。

【0016】

本発明の他の特徴及び利点は、一例として本発明の原理を示す添付図面に関連してなされた、好ましい実施形態の以下のより詳細な説明から明らかになるであろう。しかしながら、本発明の技術的範囲は、この好ましい実施形態に限定されるものではない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本方法は、広範な様々の最終物品20を製造するために使用することができる。図1は、特に関心のある1つのそのような物品20、すなわち - 又は チタン合金ガスタービンエンジンディスク20を示す。しかしながら、本方法は、図1に示したような物品の製造に限定されるものではない。本方法を用いて製造することができるガスタービンエンジン部品の他の幾つかの例には、スプール、ブリスト、シャフト、ブレード、ベーン、ケース、リング及び鋳造品は勿論のこと、例えば機体の鋳造及び鍛造部品のようなガスタービンエンジン以外の用途の構造部品がある。 - 、近 及び チタン合金のような金属合金は、硬質 欠陥を潜在的に形成しやすい。本方法は、そのような欠陥の発生率を減少させる。

【0018】

図2は、主成分金属及び1つ又はそれ以上の合金化元素の物品を製作する好ましい方法を示す。この方法は、1つ又はそれ以上の化学的に還元可能な非金属前駆体化合物を準備する段階30を含む。「非金属前駆体化合物」は、最終的に金属物品20を構成する金属の非金属化合物である。あらゆる実施可能な非金属前駆体化合物を使用することができる。還元可能な金属酸化物は、固相還元における好ましい非金属前駆体化合物であるが、硫化物、炭化物、ハロゲン化物及び窒化物のような他の種類の非金属化合物もまた実施可能である。還元可能な金属ハロゲン化物は、気相還元における好ましい非金属前駆体化合物である。

【0019】

単一の非金属前駆体化合物は、単一の金属元素を供給することができる。より一般的には、最終金属材料は、主成分金属及び少なくとも1つの金属合金化元素を含む2つ又はそれ以上の金属元素の合金である。主成分金属は、重量による百分率がその合金中のあらゆる他の元素よりも大きい形で存在する金属である。この主成分金属前駆体化合物は、後で説明する化学的還元の後にあらゆる他の元素よりも多くの主成分金属が金属合金中に存在するような量で存在する。好ましい場合では、この主成分金属は、チタンであり、またチタンを供給する前駆体化合物は、酸化チタンTiO₂（固相還元の場合）又は四塩化チタン（気相還元の場合）である。合金化元素は、化学的に還元可能な適当な前駆体化合物の形態で入手可能なあらゆる元素とすることができます。幾つかの例示的な例には、鉄、クロム、タングステン、モリブデン、アルミニウム、ニオブ、シリコン、錫、ジルコニウム、マンガン及びバナジウムがある。

【0020】

金属合金を準備する場合、非金属前駆体化合物は、最終金属物品における必要な金属を供給するように選択され、かつ金属物品においてそれら金属の必要な比率を生じるような適当な比率で互いに混合される。例えば、最終物品が重量比率で90:6:4のチタン、アルミニウム及びバナジウムの特定比率を有することになる場合、非金属前駆体化合物は、固相還元の場合には酸化チタン、酸化アルミニウム及び酸化バナジウムであり、或いは気相還元の場合には四塩化チタン、塩化アルミニウム及び塩化バナジウムであることが好ましい。最終金属物品における1つ以上の金属の供給源として機能する非金属前駆体化合物を使用することもできる。これらの前駆体化合物は、前駆体化合物の混合物におけるチタン:アルミニウム:バナジウムの比率が最終物品において金属合金を形成するために必要な比率（この例においては重量で90:6:4）となるような正確な比率で供給されか

10

20

30

40

50

つ互いに混合される。この例においては、最終金属物品は、重量であらゆる他の元素よりも多くのチタンを有するチタン基合金である。

【0021】

合金の場合における单一の非金属前駆体化合物又は非金属前駆体化合物の混合物は、化学的に還元されて、初期金属粒子を該初期金属粒子を融解せずに產生する（段階32）。本明細書で使用する場合、「融解せずに」、「融解が全くない」及び関連した概念は、材料が、液化してその形状を失うほどに、長時間にわたって肉眼で見えるほど又はひどく融解されないことを意味する。例えば、低融点元素融解物として局在化し、融解して融解しない高融点元素と拡散的に合金化する幾つかの僅かな量が存在するか、或いは10秒未満の間の極めて短時間の融解が存在する場合もある。そのような場合においてさえも、材料の全体形状は、変化しない状態に保たれる。

10

【0022】

非金属前駆体化合物が蒸気又は気体相として供給されるので気相還元と呼ばれる好ましい還元方法では、化学的還元は、液体アルカリ金属又は液体アルカリ土類金属を使用して主成分金属及び合金化元素のハロゲン化物の混合物を還元することによって行われる。例えば、四塩化チタン及び合金化元素のハロゲン化物が、気体として供給される。適当量のこれら気体の混合物は、溶融ナトリウムに接触し、その結果、金属ハロゲン化物は、金属形態に還元される。金属合金は、ナトリウムから分離される。この還元は、金属合金の融点以下の温度で行われる。この方法は、その開示内容を参考文献として本明細書に組入れた特表平10-502418号により詳しく記載されている。

20

【0023】

段階32における気相還元は、気体状非金属前駆体化合物と液体アルカリ金属又は液体アルカリ土類金属との間の反応時間が短いので好ましい。約10秒未満であるのが望ましいこの短い反応時間では、得られた還元金属中には大きな化学的欠陥が形成されることはない。

【0024】

より高い温度ではなくてより低い温度での還元が好ましい。還元は、600°C又はそれ以下、好ましくは500°C又はそれ以下の温度で行われるのが望ましい。それに比較して、チタン及び他の金属合金を準備する従来の方法は、多くの場合900°C又はそれ以上の温度に達する。より低温の還元ほど、より制御可能であり、かつ後で化学的欠陥を招くおそれがある汚染物質の金属合金中への導入が少なくなる。さらに、より温度が低いことにより、還元段階の間における粒子の相互焼結の発生が少なくなる。

30

【0025】

この気相還元方法では、気体の形態で供給された非金属改質元素又は化合物は、その液体アルカリ金属又は液体アルカリ土類金属との反応に先立って、気体状非金属前駆体化合物中に混合することができる。1つの例では、酸素又は窒素を気体状非金属前駆体化合物と混合して、初期金属粒子中のそれぞれ酸素又は窒素のレベルを増大させることができる。例えば、最終金属物品を強化するために、初期金属粒子及び最終金属物品の酸素含有量は重量で約1200~2000ppmであることが望ましい場合もある。従来の融解法によって產生されたチタン基合金の場合に時々実施されるように酸素を固体二酸化チタン粉末の形態で添加するのではなくて、酸素は、混合を促進しました最終物品において硬質相が形成される傾向を最小限にする気体の形態で添加される。酸素が従来の融解法における二酸化チタン粉末の形態で添加される場合、粉末の集塊は、完全には溶解せず、化学的欠陥を構成する微粒子が最終金属物品中に残る可能性がある。本方法は、その可能性を回避する。

40

【0026】

非金属前駆体化合物が固体として供給されるので固相還元と呼ばれる別の還元方法では、化学的還元は、溶融塩電解によって行うことができる。溶融塩電解は、公知の方法であり、この方法は、例えばその開示内容の全てを参考文献として本明細書に組入れた特表2002-517613号に記載されている。簡単に言えば、溶融塩電解では、微細化した

50

固体の形態で供給された非金属前駆体化合物の混合物は、電解セル内で、非金属前駆体化合物を形成する金属の融解温度以下の温度にある塩化物のような溶融塩電解液中に浸漬される。非金属前駆体化合物の混合物は、不活性陽極との間で、電解セルの陰極になる。酸化物非金属前駆体化合物の好ましい場合における酸素のような、非金属前駆体化合物中の金属と結合した元素は、化学的還元（つまり、化学的酸化の逆）によって部分的に又は完全に混合物から除去される。この反応は、酸素又は他の気体の陰極から離れる拡散を加速するために、高温で行われる。陰極電位は、溶融塩の分解のような他の起こりうる化学反応ではなくて、非金属前駆体化合物の還元が確実に生じることになるように制御される。電解液は塩、好ましくは精製している金属の等価塩よりもさらに安定しており、理想的には酸素又は他の気体を所望の低レベルまで除去するのに極めて安定している塩である。バリウム、カルシウム、セシウム、リチウム、ストロンチウム及びイットリウムの塩化物及び該塩化物の混合物が好ましい。化学的還元は、必ずというのではないが、非金属前駆体化合物が完全に還元されるように、完了まで実行されるのが好ましい。完了まで工程を実行しない場合には、產生した金属の酸素含有量を制御する方法になる。

【0027】

「急速プラズマ急冷」還元と呼ばれる別の還元方法では、塩化チタンのような前駆体化合物は、4500°Cを超える温度にあるプラズマアーク中に解離される。前駆体化合物は、急速加熱され、解離され、そして冷却される。その結果、微細金属粒子となる。金属粒子の全ての融解は、10秒又はそれ以下の程度の極めて短時間であり、本明細書で使用しているような「融解せずに」及び同様な表現の範囲内にある。

【0028】

段階32において使用する還元法が何であれ、得られたものは複数の初期金属粒子22であり、その1つを、望ましくは約0.5インチよりも大きくない、より好ましくは0.25インチよりも大きくない、さらに好ましくは約0.070インチよりも大きくない粒度を有する自由流動粒子として図3に概略的に示している。粒度は、利用できる処理設備で用いる場合、約0.25~0.5と同程度の大きさとすることができます。粒子22は、形状がほぼ等軸であるのが好ましいが、完全に等軸である必要はない。僅かに非等軸の粒子は、等軸の粒子よりも容易に互いにぎっしり詰まる傾向があるので、好ましい。図3においてDとして示した寸法は、粒子22の最小寸法（粒度）である。他の場合では、粒子22は、互いに凝集して図4に示すように、凝集体24を形成する。凝集粒子24の場合、寸法Dは、集塊24の最小寸法である。

【0029】

粒度Dは、好ましくは約0.5インチよりも大きくない、より好ましくは約0.25インチよりも大きくない、さらに好ましくは約0.070インチよりも大きくない、もっと好ましくは0.040インチよりも大きくない、最も好ましくは約0.020インチ~約0.040インチの粒度範囲にある。より大きな粒子及び集塊が還元工程中に形成される場合があるが、この粒子及び集塊は、より大きな粒子及び集塊を除去するために篩い分けされる。この篩い分けは、粒子の粉碎を伴わず、大きな粒子の集団から特定粒度範囲内の粒子を選び出すのみである。

【0030】

この小さいが調整した粒度は、本発明の望ましい特徴である。- 及び チタン合金のような合金の従来の処理では、硬質 相（その中に侵入型元素を有する 相）の広い領域及び高密度介在物のような大きな化学的欠陥が形成される可能性がある。一旦形成されたならば、この大きな化学的欠陥は、その後の融解及び再融解段階において分解及び除去するのが非常に困難である。本方法では、そのような化学的欠陥の起こり得る大きさは、化学的欠陥の大きさが粒度よりも大きくなり得ないので、粒子の粒度を制限することによって制限される。さらに、この小さな粒度は、還元工程中で用いた揮発性成分及び反応剤又は反応生成物を取込む傾向を減少させる。さらに、小さな製造したままの金属粒子を使用することによって、より大きな粒子、スポンジ又は他の物理的材料形態を圧壊、剪断又は他の方法で粉碎する必要性を回避する。このような粉碎作業は、粉碎機械による粒子の

10

20

30

40

50

表面汚染を引き起こす可能性があり、この汚染が、硬質欠陥又は他の種類の化学的欠陥の生成を招くおそれがある。粉碎処理によって発生した熱は、粒子の燃焼を引き起こす可能性があり、このことが、次に硬質欠陥の形成を招くおそれがある。これら粉碎の有害な影響は、本方法によって回避される。

【0031】

粒子22は、極めて小さくできる。しかしながら、粒度Dは、約0.001インチよりも小さくないことが好ましい。チタン、マグネシウム及び幾つかの他の合金のより小さな粒子は、粒子の燃焼を引き起こし、そのことが次に火災を引き起こす危険性がある急速酸化を生じやすくなるおそれがある。この危険性は、約0.001インチ未満の粒度Dの粒子又は凝集体を使用しないことによって最小限にされる。

10

【0032】

粒子が約0.070インチ又はそれより大きい場合、例えばDが約0.25～0.5インチ程度の大きさである場合、本方法は、依然として最終材料の品質が改善される点で重要な利点をもたらす。還元処理は、比較的低温かつ短時間で実施され、化学的欠陥の生成を減少させる。マスタ合金及び混合を使用することは、多くの場合回避され、マスタ合金及び混合材料中に元から見られる化学的欠陥を回避する。しかしながら、上述のように、粒径が約0.070インチ未満の粒子を使用すると、より一層化学的欠陥の発生率が減少する。

【0033】

複数の初期金属粒子22を融解及び凝固させて金属物品を製造する（段階34）。融解及び凝固段階34は、その融解状態にある初期金属粒子に対して追加の金属合金化元素を全く添加せずに行うことができる。融解及び凝固段階34は、単一の段階で達成でき、或いは2つ又はそれ以上の融解及び凝固段階34があってもよい。融解段階は、任意の実行可能な方法によって行うことができ、チタン基合金の場合には、炉床融解、誘導スカル融解及び真空アーク融解が好ましい。

20

【0034】

融解作業のための原料として小さな初期金属粒子を使用すること及び粒子の粉碎がないことに関連して、融解及び凝固段階34は、凝固した金属物品における化学的欠陥の発生率を減少させかつその大きさを小さくすることになる。初期金属粒子中に見られる全ての欠陥は、初期金属粒子の小さな粒径故に、小さい。融解の間、これら小さな化学的欠陥はその融解物中に分解され、そのような化学的欠陥が除去されて、化学的欠陥が凝固した金属物品中に存在しないようになる。

30

【0035】

チタン合金における硬質欠陥の大きな原因は連続する融解段階の間の表面汚染であるので、殆どの用途にとって、段階34における金属の融解及び関連した凝固が1回しか存在しないことが好ましい。しかしながら、硬質欠陥が関心事ではないような、或いは汚染が別の方法で制御されるような他の状況においては、段階34内で複数の融解及び凝固のサブ段階を使用することができる。

【0036】

融解及び凝固段階34の間に融解物に対して意図的に金属及び他の添加物を加えることができる。そのような添加物は、マスタ合金、合金化添加物の混合又は他の任意の実施可能な方法を使用して加えることができる。そのような添加物が全くない場合、最終金属物品の組成は、還元段階32における金属粒子の組成によって決まる。

40

【0037】

段階34の凝固した金属物品は、その凝固したままの状態で、鋳造金属物品として使用できる。しかしながら、選択した金属材料又は合金が、機械的処理に適した鍛錬合金である場合、凝固した金属材料は、任意選択的にその微細組織を変え、その機械的特性を改良し及び/又はその形状を変更するために、さらに加工処理することができる。一つの実施では、段階34において金属を鋳造インゴットとして凝固させる。次に、鋳造インゴットは、熱間鍛造、すえ込み、押し出し、圧延などによるような機械的又は熱機械的処理によつ

50

て、ビレットに転換処理される（段階36）。これらの転換処理段階は、適当な中間熱処理を用いて多段階に行うことができる。

【0038】

その後、ビレットは、任意選択的に、任意の実施可能な方法によって最終金属物品に製作される（段階38）。一般的な製作方法38には、機械加工、成形加工、フォーミング加工、被覆加工などが含まれる。段階36及び38を使用して、図1に示すディスクのようなガスタービンエンジンディスクを製造する。

【0039】

金属物品は、該金属物品が段階34において凝固した後には、任意の段階において超音波検査をすることができる。機械的及び/又は化学的欠陥の存在に敏感なガスタービンエンジンディスクのような物品を製造する場合には、金属物品は、一般に段階36及び38の間において多数回超音波検査される。

10

【0040】

本発明の特定実施形態を例示の目的で詳細に説明してきたが、本発明の技術思想及び技術的範囲から逸脱することなく様々な変更及び強化策を加えることができる。従って、本発明は特許請求の範囲によるものを除き、限定されるべきものではない。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本方法によって製作された金属物品の斜視図。

20

【図2】本発明を実施する方法のプロック流れ図。

【図3】初期非凝集金属粒子の平面図。

【図4】群になった初期凝集金属粒子の平面図。

【符号の説明】

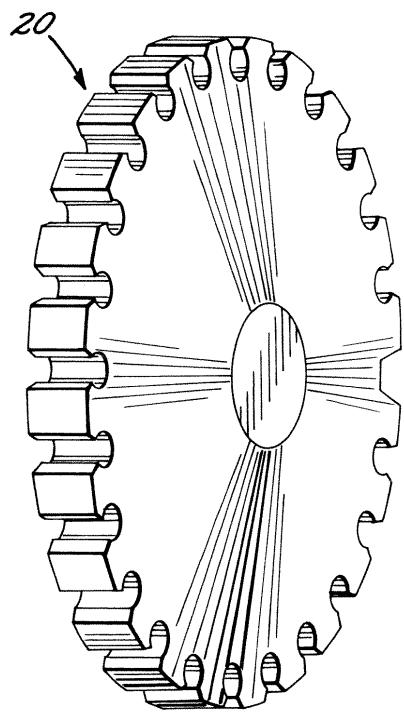
【0042】

20 金属物品

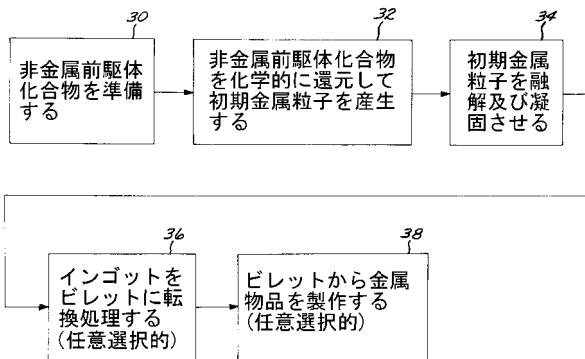
22 初期金属粒子

24 集塊

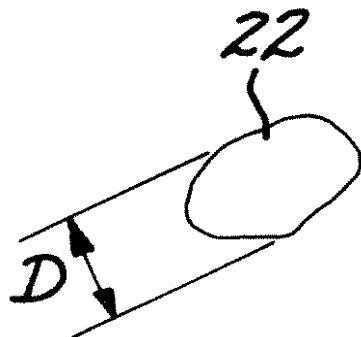
【図 1】



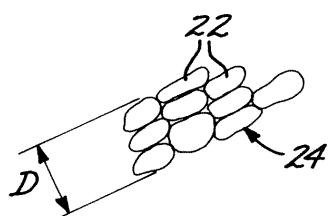
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(51)Int.CI.	F I
B 2 2 F 9/28 (2006.01)	B 2 2 F 9/28
B 2 2 F 9/30 (2006.01)	B 2 2 F 9/30
C 2 5 C 3/28 (2006.01)	C 2 5 C 3/28

(72)発明者 ウッドフィールド, アンドリュー・フィリップ
アメリカ合衆国、45243、オハイオ州、マデイラ、チェロキー・ドライブ、6245番
(72)発明者 シャンブレン, クリフォード・アール
アメリカ合衆国、45242、オハイオ州、シンシナティ、ランズフォード・ドライブ、9656
番
(72)発明者 オット, エリク・アレン
アメリカ合衆国、45241、オハイオ州、シンシナティ、メドウ・ヒルズ・ドライブ、9885
番

審査官 井上 猛

(56)参考文献 特開昭51-125607(JP, A)
特開昭63-238942(JP, A)
特開平01-092338(JP, A)
特開2001-212662(JP, A)

(58)調査した分野(Int.CI., DB名)

B22D 1/00-7/12

C22C 14/00