

【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】平成25年3月14日(2013.3.14)

【公表番号】特表2012-518080(P2012-518080A)

【公表日】平成24年8月9日(2012.8.9)

【年通号数】公開・登録公報2012-031

【出願番号】特願2011-549461(P2011-549461)

【国際特許分類】

C 2 2 C	1/05	(2006.01)
C 0 1 B	31/02	(2006.01)
B 0 1 J	23/88	(2006.01)
C 2 2 C	49/06	(2006.01)
C 2 2 C	49/11	(2006.01)
C 2 2 C	49/04	(2006.01)
C 2 2 C	47/14	(2006.01)
B 2 2 F	3/02	(2006.01)
B 2 2 F	3/15	(2006.01)
B 2 2 F	1/00	(2006.01)
C 2 2 C	21/00	(2006.01)
C 2 2 C	23/00	(2006.01)
C 2 2 C	23/02	(2006.01)
C 2 2 C	9/00	(2006.01)
C 2 2 C	9/01	(2006.01)
C 2 2 C	14/00	(2006.01)
F 1 6 B	35/00	(2006.01)
F 1 6 B	19/04	(2006.01)
C 2 2 C	101/10	(2006.01)

【F I】

C 2 2 C	1/05	C
C 0 1 B	31/02	1 0 1 F
B 0 1 J	23/88	M
C 2 2 C	49/06	
C 2 2 C	49/11	
C 2 2 C	49/04	
C 2 2 C	47/14	
B 2 2 F	3/02	P
B 2 2 F	3/15	F
B 2 2 F	1/00	E
C 2 2 C	21/00	N
C 2 2 C	23/00	
C 2 2 C	23/02	
C 2 2 C	9/00	
C 2 2 C	9/01	
C 2 2 C	14/00	Z
F 1 6 B	35/00	J
F 1 6 B	19/04	
C 2 2 C	101:10	

【手続補正書】

【提出日】平成25年1月25日(2013.1.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

上述の目的を満たすよう、金属、とりわけAl、Mg、Cu、Tiまたはそれらを1つ以上含む合金のような軽金属により作製される結合手段が提供され、該結合手段が、ナノ粒子、とりわけCNTによって強化された前記金属の複合材料により作製され、強化された金属が、ナノ粒子によって少なくとも部分的に分離される金属微結晶(または金属結晶とも言う、metal crystallite)を含む微細構造を有する。ここで、複合材料は、1nmから100nmの範囲のサイズ、好ましくは、10nmから100nmの範囲のサイズ、または100nmより大きくかつ200nm以下の範囲のサイズを有する金属微結晶を好適に含む。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

本願発明のいくつかの実施形態では、ナノ粒子はCNTによって互いに部分的に分離されるだけでなく、いくつかのCNTも、また、結晶中に含まれるか、または埋め込まれる(または組み込まれる、embedded)。これは、結晶から「髪の毛(hair)」のように突き出たCNTとして考えることができる。これらの埋め込まれたCNTは、粒成長および内部緩和を防ぐ、すなわち、複合材料を圧縮する際に圧力および/または熱の形態でエネルギーが与えられる場合に転位密度の減少を防ぐ点において重要な役割を果たすと考えられている。以下に記載する種類のメカニカルアロイング法を用いて、埋め込まれたCNTを有する、100nm以下のサイズの結晶を作製できる。いくらかの例では、CNTの直径によって、100nmと200nmの間の範囲のサイズの結晶にCNTを埋め込むことがより容易であろう。とりわけ、埋め込まれたCNTのための付加的な安定化効果により、ナノ安定化は、また、100nmと200nmとの間のサイズの結晶にとっても非常に効果的であることが見出されている。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

本願発明は、また、第1の部品と、第2の部品と、第1の部品と第2の部品とを結合する結合手段とを含む材料結合を提供し、前記第1および第2の部品の少なくとも1つが、金属または金属合金を含む。多くの状況では、結合手段は、それによって結合される第1および第2の部品と比較して、異なる機械的特性、とりわけ優れた機械的特性を有することが必要であろう。従来から、このことは、例えば結合される2つの部品の異なる熱膨張係数等を補うように、結合手段が第1および/または第2の部品の金属または金属合金と異なる、所望の機械的特性を有する金属または金属合金である可能性があることを示唆している。しかしながら、第1の部品と第2の部品との間の化学電位と、結合手段の化学電位とが、概して異なるので、結合手段は、部品に対してガルバニック要素(galvanic element)として働き、従って電解質の存在下で接触腐食を生ずるであろう。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

上述したように、本願発明の1つの様態によれば、第1および第2の部品を結合する結合手段の機械的特性は、異なる金属成分を用いる必要なしに、しかし代わりにナノ粒子の含有量をえることによってとりわけ適応できる。金属または金属合金と、ナノ粒子とを含む複合材料により作製できる第1および第2の部品であって、異なるナノ粒子含有量に起因して機械的特性が異なる第1および第2の部品自体にもまた、当然、同じ原理が適用できる。好ましい実施形態では、第1および第2の部品のナノ粒子の数値は、重量で(または重量値、numerical value by weight)、少なくとも10%異なり、好ましくは、前記数値の一方よりも高く、少なくとも20%異なる。従って、ナノ粒子の重量パーセントが第1の部品で5%、第2の部品で4%である場合に、重量パーセントの数値は、前記数値の一方よりも高く、20%異なるであろう。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0052】

以下において、本願発明の実施形態に記載の結合手段を製造するための処理戦略 (processing strategy) が要約されている。これに関して、構成材料を製造する方法および構成材料から複合材料を製造する方法が説明されるであろう。また、結合手段またはそのためのブランク (blank) を形成するように、複合材料を圧縮する別の方法も示されるであろう。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0053】

好ましい実施形態では、処理戦略は以下の工程を含む。

1.) 高品質のCNTの製造

2.) CNTの機能化

3.) 不活性雰囲気中への液体金属または液体合金の噴霧

4.) 金属粉末の高エネルギー・ミル粉碎

5.) メカニカルアロイングによる金属中のCNTの機械的分散

6.) 結合手段またはそのブランクを形成するための金属CNTの複合粉末の圧縮

7.) 圧縮した結合手段またはブランクの更なる処理

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0088

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0088】

6. 材料結合

図13は、第1の部品54と、第2の部品56と、第1の部品と第2の部品とを結合する結合手段58とを含む材料結合52を概略的に示す。例えば、第1の部品54はシリンダーブロックの部分、第2の部品56はシリンダー・ヘッドの部分であり、本発明の第2の

実施形態に記載の結合手段 5 8 によって互いに取り付けられる。このような用途では、理想の結合手段は、高い機械的強度、高い熱安定性および少ない重量を有するであろう。不幸にも、上述のように、従来技術の、高強度アルミニウム合金のような軽金属の合金は、少ない重量と高い機械的強度とを有するがしかし、熱安定性を提供できないであろう。また、このような高強度アルミニウム合金から結合手段を製造することは、上述の理由のために、困難であり、かつ高コストである。加えて、所望の機械的特性を有する、適切な金属の合金が見つけられる場合でさえ、結合手段と、第 1 および第 2 の部品のそれぞれとの間の電気化学的電位が異なり、適切な電解質の存在下で接触腐食を引き起こすであろう更なる問題がある。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0091

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0091】

更に、第 1 の部品 5 4 がエンジンブロックの一部であり、第 2 の部品 5 6 がシリンダーヘッドの一部であろう場合、それらを形成するのに適した軽金属材料は、A 1 5 × × × であろう。この場合、結合手段 5 8 、すなわち、結合するねじは、2 重量 % から 6 重量 % の C N T の一部を有しており同じ金属含有量を含む複合材料によって作製することができ、所望の引張強度を提供するであろう。さらに、上述のナノ安定化効果に起因して、結合手段 5 8 は、また、十分な熱安定性も有し、その結果、機械的特性は、高温環境下における長期の作動間でさえ、維持されるであろう。実際に、増加した熱安定性は、本願発明に記載の結合手段を高温が生ずる、エンジン、タービンまたは他の用途に良く合うようにする。更に、材料結合において、本願発明の結合手段に有益な用途は、超軽量構造物、高性能なスポーツ用品、航空機製造 (aviation) 、航空宇宙技術および歩行補助道具である。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0099】

好ましい例示的な実施形態は、添付図面および本明細書において、詳細に示され、および規定されているがしかし、これらは、純粹に例と見なされるべきであり、本願発明を制限するものとして見なされるべきではない。好ましい例示的な実施形態のみが示され、および規定されていること、ならびに全ての変形例と改良が、添付の請求項の保護の範囲内にあり、現在または将来において、保護されるべきであることに留意されたい。

本発明は以下の態様を含む。

[態様 1]

金属、とりわけ A l 、 M g 、 C u もしくは T i またはそれらを 1 つ以上含む合金より作られる結合手段 (5 8) であって、

該結合手段 (5 8) が、ナノ粒子、とりわけ C N T によって強化された前記金属の複合材料より作られ、前記強化された金属が、前記ナノ粒子によって少なくとも部分的に分離された金属微結晶を含む微細構造を有することを特徴とする結合手段 (5 8) 。

[態様 2]

前記結合手段 (5 8) が、ねじ、ブラケット、丁番またはリベットの 1 つであることを特徴とする態様 1 に記載の結合手段 (5 8) 。

[態様 3]

複合材料が、 1 n m から 1 0 0 n m の範囲のサイズ、好ましくは 1 0 n m から 1 0 0 n m の範囲のサイズ、または 1 0 0 n m よりも大きくかつ 2 0 0 n m 以下の範囲のサイズを有する金属微結晶を含むことを特徴とする態様 1 または 2 に記載の結合手段 (5 8) 。

[態様 4]

ナノ粒子が、また、前記微結晶の少なくともいくつかにも含まれることを特徴とする態様 1～3 のいずれかに記載の結合手段（58）。

[態様 5]

前記複合材料の前記 CNT 含有量が、0.5 重量%から 10.0 重量%の範囲、好ましくは 2.0 重量%から 9.0 重量%の範囲、最も好ましくは 3.0 重量%から 6.0 重量%の範囲であることを特徴とする態様 1～4 のいずれかに記載の結合手段（58）。

[態様 6]

前記ナノ粒子が、CNT によって形成され、CNT の少なくとも一部が、1 以上の巻き取られたグラファイト層から成るスクロール構造を有し、それぞれのグラファイト層が、2 以上の重なり合ったグラフェン層から成ることを特徴とする態様 1～5 のいずれかに記載の結合手段（58）。

[態様 7]

前記ナノ粒子の少なくとも一部が機能化される、とりわけ、それらの外面が凹凸化されることを特徴とする態様 1～6 のいずれかに記載の結合手段（58）。

[態様 8]

前記複合材料のビッカース硬さが、元の金属のビッカース硬さよりも 40% 以上高い、好ましくは 80% 以上高いことを特徴とする態様 1～7 のいずれかに記載の結合手段（58）。

[態様 9]

前記金属が、Al 合金によって形成され、かつ前記複合材料のビッカース硬さが 250 HV よりも高い、好ましくは 300 HV よりも高いことを特徴とする態様 1～8 のいずれかに記載の結合手段（58）。

[態様 10]

第 1 の部品（54）と、第 2 の部品（56）と、前記第 1 および前記第 2 の部品（54、56）を結合する結合手段（58）とを含む材料結合（52）であって、

前記第 1 および第 2 の部品（54、56）の少なくとも 1 つが、金属または金属合金を含み、

前記結合手段（58）が、ナノ粒子によって強化された金属の複合材料により作られ、前記第 1 および前記第 2 の部品（54、56）の前記少なくとも 1 つの前記金属または前記金属合金が、前記結合手段（58）の前記金属成分の金属または金属合金と同じである、または、前記結合手段（58）の前記金属成分の金属または金属合金から、50 mV よりも小さい違い、好ましくは 25 mV よりも小さい違いである電気化学的電位を有することを特徴とする材料結合（52）。

[態様 11]

前記結合手段（58）が態様 1～9 のいずれかに記載の結合手段（58）であることを特徴とする態様 10 に記載の材料結合（52）。

[態様 12]

前記第 1 の部品（54）、前記第 2 の部品（56）および前記結合手段（58）から成るグループの少なくとも 2 つの要素が、ナノ粒子であるが、異なるナノ粒子濃度を有する、ナノ粒子によって強化された金属または金属合金の複合材料により作られることを特徴とする態様 10 または 11 に記載の材料結合（52）。

[態様 13]

前記 2 つの要素のナノ粒子の重量パーセントの数値が、少なくとも 10 重量% 異なり、好ましくは、前記数値の一方よりも少なくとも 20 重量% 高いことを特徴とする態様 12 に記載の材料結合（58）。

[態様 14]

ナノ粒子の前記濃度が前記一体部品の異なる領域間で変わる、ナノ粒子によって強化された金属または金属合金の複合材料により作られることを特徴とする一体部品（66）。

[態様 15]

前記ナノ粒子の濃度が、前記一体部品の少なくとも一方向に沿って変わることを特徴とする態様12に記載の一体部品(66)

[態様16]

複合粉末材料を製造する工程であって、前記材料が金属およびナノ粒子、とりわけカーボンナノチューブ(CNT)を含み、

前記複合粉末粒子が、前記ナノ粒子によって少なくとも互いに部分的に分離された金属微結晶を含む工程と、

前記複合粉末を完成した結合手段(58)または前記結合手段(58)用のプランクに圧縮する工程と、

を含むことを特徴とする結合手段(58)を製造する方法。

[態様17]

前記複合粉末を圧縮する前記工程が、熱間等方圧加工、冷間等方圧加工、粉末押し出し、粉末圧延または焼結を含むことを特徴とする態様16に記載の方法。

[態様18]

前記複合粉末粒子が、1nmから100nmの範囲のサイズ、好ましくは、10nmから100nmの範囲のサイズ、または100nmより大きくかつ200nm以下の範囲のサイズを有する軽金属微結晶を含むことを特徴とする態様16または1720に記載の方法。

[態様19]

前記複合粉末を形成するように、メカニカルアロイングによって金属粉末および前記ナノ粒子を処理する工程を更に含むことを特徴とする態様16～18のいずれかに記載の方法。

[態様20]

前記金属粉末と前記ナノ粒子とが処理され、前記ナノ粒子が、少なくともいくつかの前記微結晶内にも含まれることを特徴とする態様19に記載の方法。

[態様21]

前記金属が、軽金属、とりわけAl、Mg、Tiもしくはそれらを1つ以上含む合金、またはCuもしくはCu合金であることを特徴とする態様16～20のいずれかに記載の方法。

[態様22]

前記ナノ粒子が、粉塵化の低い可能性に起因して、容易な取り扱いを可能にする、十分な大きさの平均サイズを有する交絡したCNT凝集体の粉末の形態を備えたカーボンナノチューブ(CNT)により形成されることを特徴とする態様16～21のいずれかに記載の方法。

[態様23]

前記CNT凝集体の少なくとも95%が、100μmよりも大きい粒子サイズを有することを特徴とする態様22に記載の方法。

[態様24]

前記CNT凝集体の平均直径が、0.05mmと5mmとの間、好ましくは0.1mmと2mmとの間、最も好ましくは0.2mmと1mmとの間であることを特徴とする態様22または23に記載の方法。

[態様25]

前記ナノ粒子、とりわけCNTの直径に対する長さの比が、3よりも大きい、好ましくは10よりも大きい、最も好ましくは30よりも大きいことを特徴とする態様16～24のいずれかに記載の方法。

[態様26]

前記複合材料の前記CNT含有量が、0.5重量%から10.0重量%の範囲、好ましくは2.0重量%から9.0重量%の範囲、最も好ましくは3.0重量%から6.0重量%の範囲であることを特徴とする態様16～25のいずれかに記載の方法。

[態様27]

前記ナノ粒子がCNTより形成され、CNTの少なくとも一部が、1以上の巻き取られたグラファイト層から成るスクロール構造を有し、それぞれのグラファイト層が、2以上の重なり合ったグラフェン層より成ることを特徴とする態様16～26のいずれかの方法。

[態様28]

前記メカニカルアロイングの前に、前記ナノ粒子の少なくとも一部を機能化、とりわけ凹凸化する工程を含むことを特徴とする態様16～27のいずれかに記載の方法。

[態様29]

前記ナノ粒子が、多層CNTまたは多重スクロールCNTにより形成され、凹凸化が、前記CNTに高圧、とりわけ5MPa以上、好ましくは7.8MPa以上の圧力を付与することによって、少なくともいくらかの前記CNTの少なくとも最外層を破壊させることによって実施されることを特徴とする態様28に記載の方法。

[態様30]

前記元の金属のビッカース硬さよりも40%以上高く、好ましくは80%以上高くする、前記複合材料の平均ビッカース硬さおよび/または前記複合材料を圧縮することにより形成された前記結合手段(58)の平均ビッカース硬さを十分に増加させる、前記ナノ粒子によって前記微結晶の転位密度を増加させ、かつ安定化させるよう前記処理が、実施されることを特徴とする態様16～29のいずれかに記載の方法。

[態様31]

転位を安定化させ、かつ粒成長を十分に抑制するよう、前記処理が実施され、前記複合粉末を圧縮することにより形成された前記結合手段(58)のビッカース硬さが、前記元の金属のビッカース硬さよりも高い、好ましくは前記複合粉末のビッカース硬さの80%よりも高いことを特徴とする態様16～29のいずれかに記載の方法。

[態様32]

前記メカニカルアロイングが、ミルチャンバー(44)とミル部材としてのボール(50)とを含むボールミル(42)を用いて実施されることを特徴とする態様19～31のいずれかに記載の方法。

[態様33]

前記ボール(50)が、少なくとも5m/秒、好ましくは少なくとも8m/秒、最も好ましくは少なくとも11m/秒の速度まで加速されることを特徴とする態様32に記載の方法。

[態様34]

前記ミルチャンバー(44)が固定され、前記ボール(50)が、回転要素(46)の回転動作によって加速されることを特徴とする態様32または33に記載の方法。

[態様35]

前記回転要素(46)の軸が、水平に設置されることを特徴とする態様34に記載の方法。

[態様36]

前記ボール(50)が、3mm～8mmの直径、好ましくは3mm～6mmの直径を有し、および/または鋼、ZrO₂またはイットリア安定化ZrO₂により作られることを特徴とする態様32～35のいずれかに記載の方法。

[態様37]

前記ボール(50)により占有される体積V_bが、 $V_b = V_c - (r_R)^2 \cdot 1 \pm 20\%$ に一致することを特徴とする態様32～36のいずれかに記載の方法(ここで、V_cは前記ミルチャンバー(44)の体積、r_Rは前記回転要素(46)の半径、1は、前記回転要素(46)の軸方向の前記ミルチャンバー(44)の長さ)。

[態様38]

不活性ガス、とりわけAr、HeもしくはN₂または真空環境を、前記ミルチャンバー(44)の内部に備えることを特徴とする態様32～37のいずれかに記載の方法。

[態様39]

(金属+ナノ粒子)とボールの重量比が、1:7と1:13との間であることを特徴とする態様32~38のいずれかに記載の方法。

[態様40]

金属粉末およびナノ粒子の前記処理が、第1および第2の処理段階を含み、前記第1の処理段階では、前記金属のほとんどまたは全てが処理され、

前記第2の処理段階では、ナノ粒子、とりわけCNTが加えられ、前記金属および前記ナノ粒子が同時に処理されることを特徴とする態様16~39のいずれかに記載の方法。

[態様41]

前記ナノ粒子の一部が、前記金属の付着を防止するように、前記第1の処理段階で既に加えられることを特徴とする態様40に記載の方法。

[態様42]

前記第1の段階が、200nmよりも小さい平均サイズ、好ましくは100nmよりも小さい平均サイズを有する金属微結晶を生成するのに適した時間、とりわけ20分間から60分間、実施されることを特徴とする態様40および41のいずれかに記載の方法。

[態様43]

前記第2の段階が、前記ナノ粒子によって前記微結晶の前記微細構造を安定化させるのに十分な時間、とりわけ5分間から30分間、実施されることを特徴とする態様40~42のいずれかに記載の方法。

[態様44]

前記第2の段階が、前記第1の段階よりも短いことを特徴とする態様40~43のいずれかに記載の方法。

[態様45]

前記処理の間、前記回転要素(46)の回転速度が、周期的に上昇および降下することを特徴とする態様34~44のいずれかに記載の方法。

[態様46]

前記ナノ粒子が、CNT粉末の形態で与えられるCNTにより形成され、前記方法が、アセチレン、メタン、エタン、エチレン、ブタン、ブテン、ブタジエンおよびベンゼンから成るグループの1つ以上を炭素供与体として用いた、触媒炭素蒸着によって前記CNT粉末を製造する工程を更に含むことを特徴とする態様16~45のいずれかに記載の方法。

[態様47]

前記触媒が、Fe、Co、Mn、MoおよびNiから成るグループの2元素以上を含むことを特徴とする態様46に記載の方法。

[態様48]

前記CNT粉末を製造する前記工程が、500から1000で2:3から3:2の範囲のモル比でMnおよびCoを含む触媒を用いた、C₁-C₃-炭化水素の触媒による分解の工程を含むことを特徴とする態様46および47のいずれかに記載の方法。

[態様49]

液体金属または液体合金の不活性雰囲気中への噴霧によって、前記複合材料の金属構成物質である金属粉末を形成する工程を更に含むことを特徴とする態様16~48のいずれかに記載の方法。

[態様50]

完成した複合材料を不動態化する工程を更に含むことを特徴とする態様16~49のいずれかに記載の方法。

[態様51]

前記複合材料が、不動態化チャンバーに入れられ、前記複合材料を酸化するように、酸素を徐々に加えながら、攪拌されることを特徴とする態様50に記載の方法。

【手続補正10】

【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】

金属、とりわけAl、Mg、CuもしくはTiまたはそれらを1つ以上含む合金より作られる結合手段(58)であって、

該結合手段(58)が、ナノ粒子、とりわけCNTによって強化された前記金属の複合材料より作られ、前記強化された金属が、前記ナノ粒子によって少なくとも部分的に分離された金属微結晶を含む微細構造を有することを特徴とする結合手段(58)。

【請求項2】

前記結合手段(58)が、ねじ、ブラケット、丁番またはリベットの1つであることを特徴とする請求項1に記載の結合手段(58)。

【請求項3】

複合材料が、1nmから100nmの範囲のサイズ、好ましくは10nmから100nmの範囲のサイズ、または100nmよりも大きくかつ200nm以下の範囲のサイズを有する金属微結晶を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の結合手段(58)。

【請求項4】

第1の部品(54)と、第2の部品(56)と、前記第1および前記第2の部品(54、56)を結合する結合手段(58)とを含む材料結合(52)であって、

前記第1および第2の部品(54、56)の少なくとも1つが、金属または金属合金を含み、

前記結合手段(58)が、ナノ粒子によって強化された金属の複合材料により作られ、

前記第1および前記第2の部品(54、56)の前記少なくとも1つの前記金属または前記金属合金が、前記結合手段(58)の前記金属成分の金属または金属合金と同じである、または、前記結合手段(58)の前記金属成分の金属または金属合金から、50mVよりも小さい違い、好ましくは25mVよりも小さい違いである電気化学的電位を有することを特徴とする材料結合(52)。

【請求項5】

前記結合手段(58)が請求項1～3のいずれか1項に記載の結合手段(58)であることを特徴とする請求項4に記載の材料結合(52)。

【請求項6】

ナノ粒子の濃度が一体部品の異なる領域間で変わる、ナノ粒子によって強化された金属または金属合金の複合材料により作られることを特徴とする一体部品(66)。

【請求項7】

複合粉末材料を製造する工程であって、前記材料が金属およびナノ粒子、とりわけカーボンナノチューブ(CNT)を含み、

前記複合粉末粒子が、前記ナノ粒子によって少なくとも互いに部分的に分離された金属微結晶を含む工程と、

前記複合粉末を、完成した結合手段(58)または前記結合手段(58)用のプランクに圧縮する工程と、

を含むことを特徴とする結合手段(58)を製造する方法。

【請求項8】

完成した複合材料を不動態化する工程を更に含むことを特徴とする請求項7に記載の方法。