

【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2012-518078(P2012-518078A)

【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2011-549459(P2011-549459)

【国際特許分類】

C 2 2 C	1/05	(2006.01)
F 0 2 F	1/00	(2006.01)
C 0 1 B	31/02	(2006.01)
F 0 2 C	7/00	(2006.01)
F 0 2 F	1/24	(2006.01)
C 2 2 C	47/14	(2006.01)
B 2 2 F	1/00	(2006.01)
B 2 2 F	5/00	(2006.01)
B 2 2 F	9/08	(2006.01)
C 2 2 C	23/00	(2006.01)
C 2 2 C	23/02	(2006.01)
C 2 2 C	14/00	(2006.01)
C 2 2 C	101/10	(2006.01)

【F I】

C 2 2 C	1/05	C
F 0 2 F	1/00	D
C 0 1 B	31/02	1 0 1 F
F 0 2 C	7/00	C
F 0 2 F	1/24	L
C 2 2 C	47/14	
B 2 2 F	1/00	E
B 2 2 F	5/00	Z
B 2 2 F	9/08	A
C 2 2 C	23/00	
C 2 2 C	23/02	
C 2 2 C	14/00	Z
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】0 0 0 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 7】

上述の目的を満たすよう、エンジンまたはエンジン部品が、金属、とりわけ A l、M g またはそれらを 1 つ以上含む合金より作製され、エンジンまたはエンジン部品が、ナノ粒子、とりわけ C N T によって強化された金属複合材料より作製され、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、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】0 0 2 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 1】

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 のエンジン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変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 のエンジン部品であって、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 のエンジン部品自体にもまた、同じ原理が当然適用できる。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 1 0 % 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 2 0 % 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、2 0 % 異なるであろう。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 9】

【図 1】図 1 は、高品質の C N T の製造装置(または配置、setup)を示す概略図である。

【図 2】図 2 は、凝集した一次触媒粒子からの C N T 凝集体の生成を概略的に示す図である。

【図 3】図 3 は、C N T 凝集体の S E M 写真である。

【図 4】図 4 は、高度に交絡した C N T を示す、図 3 の C N T 凝集体の拡大図である。

【図 5】図 5 は、図 1 に示される製造装置により得られた C N T 凝集体のサイズ分布を示すグラフである。

【図 6 a】図 6 a は、機能化前の C N T 凝集体の S E M 像である。

【図 6 b】図 6 b は、機能化後の同じ C N T 凝集体の S E M 像である。

【図 6 c】図 6 c は、機能化後の単一の C N T を示す T E M 像である。

【図 7】図 7 は、液体合金の不活性雰囲気中での噴霧化のための装置を示す概略図である。

【図 8 a】図 8 a および図 8 b は、高エネルギーミル粉砕のために設計されたボールミルの側断面図および端断面図をそれぞれ示す。

【図 8 b】図 8 a および図 8 b は、高エネルギーミル粉砕のために設計されたボールミルの側断面図および端断面図をそれぞれ示す。

【図 9】図 9 は、高エネルギーミル粉砕によるメカニカルアロイングのメカニズムを示す概念図である。

【図 1 0】図 1 0 は、周期運転モード(mode)において、時間対 H E M ローターの回転数を示すグラフである。

【図 1 1 a】図 1 1 a は、複合粒子を通る断面の本願発明の複合材料のナノ構造を示す。

【図 1 1 b】図 1 1 b は、図 1 1 a と比較して、国際公開公報第 2 0 0 8 / 0 5 2 6 4 2 号および国際公開公報第 2 0 0 9 / 0 1 0 2 9 7 号から知られる複合材料の同様の断面図を示す。

【図 1 2】図 1 2 は、C N T が金属結晶中に埋め込まれる、本願発明の実施形態に記載の複合材料の S E M 像を示す。

【図 1 3】図 1 3 は、本願発明の実施形態に記載のエンジン部品間の材料結合の概略図を示す。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 1】

以下において、本願発明の実施形態に記載のエンジン部品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、エンジンもしくはエンジン部品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 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 5 2】

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 C N T の製造
2.) C N T 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砕
5.) メカニカルアロイングによる金属中での C N T の機械的分散
6.) エンジン部品またはそのブランク (blank)を形成するための金属 C N T の複合粉末の圧縮
7.) エンジン部品またはブランクの更なる処理

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 9 4】

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、ならびに全ての變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 もしくは M g またはそれらを 1 つ以上含む合金より作られるエンジン (5 2)、とりわけ、燃焼エンジンもしくはジェットパワーユニットまたはエンジン部品 (5 4、5 6) であって、

前記エンジンまたは前記エンジン部品が、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エンジン (5 2)、とりわけ、燃焼エンジンもしくはジェットパワーユニットまたはエンジン部品 (

54、56)。

[態 様 2]

前記エンジン部品が、シリンダーヘッド(56)、シリンダーブロック(54)、クランクケースまたは前記エンジンの駆動部分の1つであることを特徴とする態様1に記載のエンジン部品(54、56)。

[態 様 3]

前記複合材料が、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態様1または態様2に記載のエンジンまたはエンジン部品。

[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エンジンまたはエンジン部品。

[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エンジンまたはエンジン部品。

[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、重なり合って、2以上の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エンジンまたはエンジン部品。

[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エンジンまたはエンジン部品。

[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1～7態様のいずれかに記載のエンジンまたはエンジン部品。

[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250HVよりも高い、好ましくは、300HV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エンジンまたはエンジン部品。

[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)を結合する前記結合手段(58)とを含むエンジン(52)、とりわけ燃焼エンジンまたはジェットパワーユニットであって、

前記第1および前記第2の部品(54、56)の少なくとも1つが、態様1～12のいずれかに記載のエンジン部品であり、

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エンジン(52)、とりわけ燃焼エンジンまたはジェットパワーユニット。

[態 様 11]

前記第1の部品(54)と、前記第2の部品(56)と、前記結合手段(58)と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、

前記2つの要素のナノ粒子の重量パーセントの数値が、好ましくは、少なくとも10重量%異なり、より好ましくは、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10に記載のエンジン。

[態様12]

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エンジン部品(54、56)または前記エンジン部品(54、56)用のブランクに圧縮する工程と、

を含むことを特徴とするエンジン部品(54、56)、とりわけ燃焼エンジンまたはジェットパワーユニットの部品を製造する方法。

[態様13]

前記複合粉末を圧縮する工程が、熱間等方圧加工、冷間等方圧加工、粉末押出し、粉末圧延または焼結を含むことを特徴とする態様12に記載の方法。

[態様14]

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12または13に記載の方法。

[態様15]

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12~14のいずれかに記載の方法。

[態様16]

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15に記載の方法。

[態様17]

前記金属が、軽金属とりわけAl、Mgまたはそれらを1つ以上含む合金であることを特徴とする態様12~16のいずれかに記載の方法。

[態様18]

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12~17にいずれかに記載の方法。

[態様19]

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18に記載の方法。

[態様20]

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、および最も好ましくは0.2mmと1mmとの間であることを特徴とする態様18または19に記載の方法。

[態様21]

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12~20のいずれかに記載の方法。

[態様22]

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%の範囲および、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12~21のいずれかに記載の方法。

[態 様 2 3]

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から成ることを特徴とする態様12～22のいずれかの方法。

[態 様 2 4]

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12～23のいずれかに記載の方法。

[態 様 2 5]

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5.0MPa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24に記載の方法。

[態 様 2 6]

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エンジン部品(54、56)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12～25のいずれかに記載の方法。

[態 様 2 7]

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エンジン部品(54、56)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12～25のいずれかに記載の方法。

[態 様 2 8]

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)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15～27のいずれかに記載の方法。

[態 様 2 9]

前記ボール(50)が、少なくとも5.0m/秒、好ましくは少なくとも8.0m/秒、最も好ましくは少なくとも11.0m/秒の速度まで加速されることを特徴とする態様28に記載の方法。

[態 様 3 0]

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28または29に記載の方法。

[態 様 3 1]

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30に記載の方法。

[態 様 3 2]

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28～31のいずれかに記載の方法。

[態 様 3 3]

前記ボール(50)により占有される体積 V_b が、 $V_b = V_c - (r_R)^2 \cdot l \pm 20\%$ に一致することを特徴とする態様28～32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、 l 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 3 4]

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28～33のいずれかに記載の方法。

[態 様 3 5]

(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 28 ~ 34 のいずれかに記載の方法。

[態 様 3 6]

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 12 ~ 35 のいずれかに記載の方法。

[態 様 3 7]

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 36 に記載の方法。

[態 様 3 8]

前記第 1 の段階が、100 nm 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 36 および 37 の 1 つに記載の方法。

[態 様 3 9]

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 36 ~ 38 のいずれかに記載の方法。

[態 様 4 0]

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 36 ~ 39 のいずれかに記載の方法。

[態 様 4 1]

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 30 ~ 40 のいずれかに記載の方法。

[態 様 4 2]

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 12 ~ 41 のいずれかに記載の方法。

[態 様 4 3]

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 42 に記載の方法。

[態 様 4 4]

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 42 および 43 のいずれかに記載の方法。

[態 様 4 5]

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、前記複合材料の前記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 12 ~ 44 のいずれかに記載の方法。

[態 様 4 6]

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 12 ~ 45 のいずれかに記載の方法。

[態 様 4 7]

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 46 に記載の方法。

[態 様 4 8]

金属、とりわけ Al、Mg もしくは Ti またはそれらを 1 つ以上含む合金により作られ

るギヤーホイールであって、

該ギヤーホイールが、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し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ギヤーホイール。

【態様４９】

前記複合材料が、態様３～９のいずれかで更に規定されるような複合材料であることを特徴とする態様４８に記載のギヤーホイール。

【手続補正７】

【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もしくはMgまたはそれらを１つ以上含む合金より作られるエンジン（５２）、とりわけ、燃焼エンジンもしくはジェットパワーユニットまたはエンジン部品（５４、５６）であって、

前記エンジンまたは前記エンジン部品が、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エンジン（５２）、とりわけ、燃焼エンジンもしくはジェットパワーユニットまたはエンジン部品（５４、５６）。

【請求項２】

前記エンジン部品が、シリンダーヘッド（５６）、シリンダーブロック（５４）、クランクケースまたは前記エンジンの駆動部分の１つであることを特徴とする請求項１に記載のエンジン部品（５４、５６）。

【請求項３】

前記複合材料が、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に記載のエンジンまたはエンジン部品。

【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）とを含むエンジン（５２）、とりわけ燃焼エンジンまたはジェットパワーユニットであって、

前記第１および前記第２の部品（５４、５６）の少なくとも１つが、請求項１～３のいずれか１項に記載のエンジン部品であり、

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エンジン（５２）、とりわけ燃焼エンジンまたはジェットパワーユニット。

【請求項５】

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、完成したエンジン部品（５４、５６）または前記エンジン部品（５４

、 56) 用の ブランク に圧縮する工程と、
を含むことを特徴とするエンジン部品 (54、56)、とりわけ燃焼エンジンまたはジェットパワーユニットの部品を製造する方法。

【請求項 6】

前記複合粉末を圧縮する工程が、熱間等方圧加工、冷間等方圧加工、粉末押出し、粉末圧延または焼結を含むことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

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 請求項 5 または 6 に記載の方法。

【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 5 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

金属、とりわけ Al、Mg もしくは Ti またはそれらを 1 つ以上含む合金により作られるギヤーホイールであって、

該ギヤーホイールが、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した金属 微結晶 を含む微細構造を有することを特徴とするギヤーホイール。