

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2014-227608
(P2014-227608A)

(43) 公開日 平成26年12月8日(2014.12.8)

(51) Int.Cl.	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 O 1 Z	3 H 1 7 8
C 2 2 C 38/46 (2006.01)	C 2 2 C 38/46	4 K O 4 2
C 2 1 D 9/28 (2006.01)	C 2 1 D 9/28 A	
F O 3 D 11/00 (2006.01)	C 2 1 D 9/28 Z	
C 2 2 C 38/60 (2006.01)	F O 3 D 11/00 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-101872 (P2014-101872)	(71) 出願人 390041542
(22) 出願日 平成26年5月16日 (2014.5.16)	ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(31) 優先権主張番号 13/898,720	アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(32) 優先日 平成25年5月21日 (2013.5.21)	4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(33) 優先権主張国 米国 (US)	番
	(74) 代理人 100137545
	弁理士 荒川 聡志
	(74) 代理人 100105588
	弁理士 小倉 博
	(74) 代理人 100129779
	弁理士 黒川 俊久
	(74) 代理人 100113974
	弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルテンサイト合金部品及びマルテンサイト合金部品の製造方法

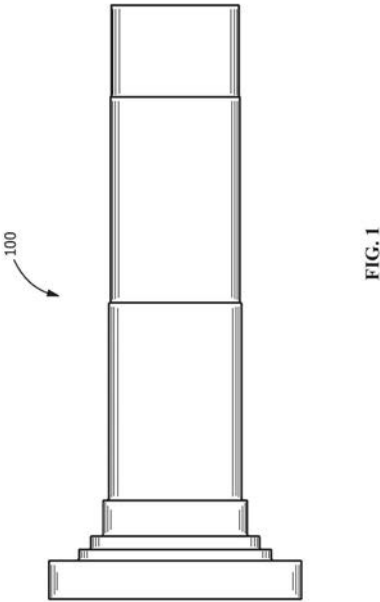
(57) 【要約】

【課題】 低ニッケル-クロム型合金部品を提供すること

。

【解決手段】 低ニッケル-クロム型合金部品は、約0.38～0.43重量%のC、約0.15～0.30重量%のSi、約1.00～1.25重量%のMn、約0.75～0.90重量%のNi、約1.00～1.30重量%のCr、約0.25～0.35重量%のMo、約0.05～0.12重量%のV、約0.015重量%以下のS、約0.015重量%以下のP、約0.15重量%以下のCu、及び残部の鉄と不可避不純物を有する。部品は、約10インチ超の理想直径に対応した焼入れ性を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

約 0.38～0.43 重量%の C、
約 0.15～0.30 重量%の Si、
約 1.00～1.25 重量%の Mn、
約 0.75～0.90 重量%の Ni、
約 1.00～1.30 重量%の Cr、
約 0.25～0.35 重量%の Mo、
約 0.05～0.12 重量%の V、
約 0.015 重量%以下の S、
約 0.015 重量%以下の P、
約 0.15 重量%以下の Cu、及び
残部の鉄と不可避不純物を含み、約 10 インチ超の理想直径に対応した焼入れ性を有する
マルテンサイト合金部品。

【請求項 2】

約 1.05～1.25 重量%の Mn を含む、請求項 1 記載のマルテンサイト合金部品。

【請求項 3】

約 1.15 重量%の Mn を含む、請求項 1 記載のマルテンサイト合金部品。

【請求項 4】

約 10～18 インチの理想直径に対応した焼入れ性を有する、請求項 1 記載のマルテン
サイト合金部品。

【請求項 5】

約 11～12 インチの理想直径に対応した焼入れ性を有する、請求項 2 記載のマルテン
サイト合金部品。

【請求項 6】

約 11.4 インチの理想直径に対応した焼入れ性を有する、請求項 3 記載のマルテンサ
イト合金部品。

【請求項 7】

約 13～14 インチの理想直径に対応した焼入れ性を有する、請求項 2 記載のマルテン
サイト合金部品。

【請求項 8】

約 13.3 インチの理想直径に対応した焼入れ性を有する、請求項 5 記載のマルテンサ
イト合金部品。

【請求項 9】

部品の表面で -40℃未満の破面遷移温度を有する、請求項 1 記載のマルテンサイト合
金部品。

【請求項 10】

部品の最大厚で 30℃未満の破面遷移温度を有する、請求項 1 記載のマルテンサイト合
金部品。

【請求項 11】

約 62 μm 未満の平均結晶粒径を有する、請求項 1 記載のマルテンサイト合金部品。

【請求項 12】

部品の表面で約 650 MPa 超の降伏強さを有する、請求項 1 記載のマルテンサイト合
金部品。

【請求項 13】

部品の表面で約 800～1000 MPa の引張強さを有する、請求項 1 記載のマルテン
サイト合金部品。

【請求項 14】

20 インチ超の厚さを有する、請求項 1 記載のマルテンサイト合金部品。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

風力タービンシャフトである、請求項 1 記載のマルテンサイト合金部品。

【請求項 16】

風力タービンシャフトが 1 以上の中実セグメントを有する、請求項 13 記載のマルテンサイト合金部品。

【請求項 17】

風力タービンシャフトが 1 以上の中実セグメントを有する、請求項 13 記載のマルテンサイト合金部品。

【請求項 18】

マルテンサイト合金部品の製造方法であって、

約 0.38～0.43 重量%の C、

約 0.15～0.30 重量%の Si、

約 1.00～1.25 重量%の Mn、

約 0.75～0.90 重量%の Ni、

約 1.00～1.30 重量%の Cr、

約 0.25～0.35 重量%の Mo、

約 0.05～0.12 重量%の V、

約 0.015 重量%以下の S、

約 0.015 重量%以下の P、

約 0.15 重量%以下の Cu、及び

残部の鉄と不可避不純物

を含む合金を鍛造する段階と、

鑄造合金をオーステナイト化する段階と、

オーステナイト化した合金を焼入れする段階と、

焼入れした合金を焼戻しする段階と

を含み、部品が約 10 インチ超の理想直径に対応した焼入れ性を有する方法。

【請求項 19】

前記部品が 20 インチ超の厚さを有する、請求項 18 記載の方法。

【請求項 20】

前記部品が風力タービンシャフトである、請求項 18 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マルテンサイト合金、マルテンサイト合金を含む物品及び合金の製造方法に関する。より詳細には、本発明は、低ニッケル-クロム型マルテンサイト合金及び低ニッケル-クロム型マルテンサイト合金の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

風力タービンは、風、回転力及び複数のブレードの重量による多大な作動応力にさらされる。作動応力は、多くの場合、立地によっては極端な環境温度によって増幅される。風力タービンの部品に使用される材料は、すべての温度範囲での作動応力及び歪みに耐えることができればならない。

【0003】

風力タービンは、ロータから発電機に動力を伝達するメインシャフトを有する。風力タービンの出力が 1.5～2.5 MW から 3、4、5 及び 6 MW へと増大するのに伴って、風力タービン駆動シャフトのサイズ及び所要特性も増す。また、遊星歯車キャリアのようなギアボックス部品からの負荷は通常、従来のダクタイル鋳鉄のグレード（フェライト／パーライトグレード）には高すぎる。ギアボックス部品及び 3 トンを超えるサイズの駆動シャフトの材料としては、鍛造／硬化鋼が選択される。このシャフトは、通常、鍛鋼品から機械加工される。シャフトの材料は通常、臨界的疲労特性を有する焼入れ焼戻し高強度低合金鋼である。これらの大型風力タービン部品のために現在使用されている一般的な合

10

20

30

40

50

金は、34CrNiMo6鋼である。ニッケル及びクロムは合金の望ましい焼入れ性を提供する。34CrNiMo6鋼は所望の焼入れ性及び破面遷移温度（FATT）を提供するが、34CrNiMo6鋼で使用するニッケル及びクロムは高価であり、風力タービン及び交換シャフトの価格が上昇する。

【0004】

風力タービン部品に所望される特性は -40°C （ -40°F ）のFATTである。FATTは、材料の破断面が50%の低エネルギー脆性破面と50%の高エネルギー延性繊維状破面となる温度である。材料の組成だけでなく材料の成形及び熱処理プロセスもFATTに影響する。FATTは、それを超える温度では脆性破壊が起こらなくなる温度を表すので重要である。FATTが低いほど、材料の靱性は高い。

10

【0005】

34CrNiMo6鋼のようなマルテンサイトステンレス鋼は、優れた強度、低い脆性－延性遷移温度及び肉厚部での良好な硬化特性を有し、タービンシャフト材料として長く用いられてきた。合金のNi及びCr量を減らすと焼入れ性が低下し、材料におけるマルテンサイト生成量を減少させる。マルテンサイトの量が減少すると、材料のFATTの上昇という望ましくない結果を招く。

【0006】

上記の短所を伴わずに、ニッケル及びクロム量が低減した安価なマルテンサイト合金及びその製造方法があれば、当技術分野で望ましいであろう。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】米国特許第3355280号

【発明の概要】

【0008】

本開示の例示的な一実施形態では、マルテンサイト合金部品は、

約0.38～0.43重量%のC、
約0.15～0.30重量%のSi、
約1.00～1.25重量%のMn、
約0.75～0.90重量%のNi、
約1.00～1.30重量%のCr、
約0.25～0.35重量%のMo、
約0.05～0.12重量%のV、
約0.015重量%以下のS、
約0.015重量%以下のP、
約0.15重量%以下のCu、及び
残部の鉄と不可避不純物

30

を含む。部品は、約10インチ（25.4cm）超の理想直径に対応した焼入れ性を有する。

【0009】

40

本開示の別の実施形態では、低ニッケル-クロム型マルテンサイト合金部品の製造方法は、

約0.38～0.43重量%のC、
約0.15～0.30重量%のSi、
約1.00～1.25重量%のMn、
約0.75～0.90重量%のNi、
約1.00～1.30重量%のCr、
約0.25～0.35重量%のMo、
約0.05～0.12重量%のV、
約0.015重量%以下のS、

50

約 0.015 重量% 以下の P、
約 0.15 重量% 以下の Cu、及び
残部の鉄と不可避不純物

を含む低ニッケル-クロム型合金部品を鍛造する段階を含む。鍛造後、低ニッケル-クロム型マルテンサイト合金部品はオーステナイト化、焼入れ、焼戻しされる。焼戻しした鍛造合金は、約 10 インチ (25.4 cm) 超の理想直径に対応した焼入れ性を有する。

【0010】

本発明の他の特徴及び利点は、好ましい実施形態の以下のさらに詳細な説明を、本発明の原理を例として例示する添付図面と併せ読むことにより明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】 風力タービン用のシャフトの概略図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

複数の所定の性質を有する例示的な低ニッケル-クロム型合金部品、及び複数の所定の性質を有する低ニッケル-クロム型合金部品の製造方法が提供される。本明細書で開示された 1 以上の特徴を利用しない方法及び製品と比較して、本開示の実施形態は、ニッケル組成比の低減、クロム組成比の低減、炭素組成比の増大、マンガン組成比の増大、材料コストの低減、マルテンサイトの比率の維持又は増大、破面遷移温度 (FAT T) の比率の維持又は増大、或いはこれらの組合せである。

【0013】

一実施形態では、本開示は風力タービン用のメインシャフトをマルテンサイト合金から製造する方法を包含するが、本発明はマルテンサイト合金組成物からの多種多様な部品の製造にもよく適している。それらの非限定的な例としては、タービンシャフト、車軸のような自動車部品、その他エネルギー、自動車、鉄道、建設、鉱業及び農業で用いられる各種の部品が挙げられる。このような部品は、当技術分野で周知であり、これ以上の説明は不要であろう。

【0014】

図 1 を参照すると、シャフト 100 は、一方の端部で形成されるフランジを有する管状の形状として表されているが、図 1 は単なる概略図にすぎず、シャフト 100 のための異なる構成も本発明の技術的範囲に属する。図 1 に示すシャフト 100 は複数のセグメントを含んでいるが、単体からなるものであってもよい。シャフト 100 は、中実又は中空のいずれでもよいし、或いはそれらの組合せであってもよい。シャフト 100 は、シャフト 100 の長手方向の回転軸に対し軸対称形状を有する。風力タービン 10 用途には、メインシャフト 100 は、20 インチ (約 50 cm) 超の外径、典型的には 24 インチ (約 60 cm) 超の外径を有し、典型的な範囲は約 25 ~ 60 インチ (約 63 ~ 152 cm) であるが、これよりも小さな直径及び大きな直径も想定される。シャフト 100 の他の態様 (風力タービンへの取り付け及び風力タービンの動作を含む) は、当技術分野で公知であり、本明細書では詳しくは説明しない。

【0015】

本開示によるマルテンサイト合金は、表 1 に示す組成を有する。

【0016】

10

20

30

40

【表 1】

表 1

wt%	一般的範囲	代替的範囲	代替的範囲
C	0.38-0.43	0.38-0.43	0.39-0.41
Si	0.15-.030	0.15-.030	0.20-.025
Mn	1.00-1.25	1.05-1.25	1.10-1.17
Ni	0.75-0.90	0.75-0.90	0.78-0.85
Cr	1.00-1.30	1.00-1.30	1.10-1.20
Mo	0.25-0.35	0.25-0.35	0.27-0.32
V	0.05-0.12	0.05-0.12	0.07-0.11
S	<0.015	<0.015	<0.015
P	<0.015	<0.015	<0.015
Cu	<0.15	<0.15	<0.15
Fe	残部	残部	残部

10

【0017】

本開示による組成物から形成される部品は、約10インチ（25.4cm）超、10～18インチ（25.4～45.72cm）、11～12インチ（27.94～30.48cm）、13～14インチ（33.02～35.56cm）、又はそれらの組合せ、部分的組合せ、範囲もしくは部分範囲の理想直径に対応した焼入れ性を有する。一実施形態では、部品は約11.4インチ（28.96cm）の理想直径に対応した焼入れ性を有する。本明細書において、理想直径に対応した焼入れ性とは、中実円柱の中心で50%以上のマルテンサイトを生成することができる材料、部品及び熱処理（例えば、オーステナイト化温度からの焼入れ後）の能力をいう。理想直径に対応した焼入れ性に関する上記の定義は、中実部品に基づくものであるが、形状が中実円柱に限定されるものではなく、他の形状及び／又は中空部品であってもよいことは当業者には明らかであろう。例えば、中空部品の焼入れ性は、材料の中心深さ（例えば壁の中心）において熱処理後に50%以上のマルテンサイトが生成することに対応する。

20

【0018】

30

マルテンサイトミクロ組織は、ベイナイト及びフェライト／パーライトミクロ組織に比べて材料の靱性が高い。材料のミクロ組織におけるマルテンサイトの割合を増加させると、材料のFAT Tは低下する。材料の理想直径が増大するとマルテンサイト量が増加して、肉厚断面での材料のFAT Tが低下する。FAT T未満の温度での材料は、破壊靱性及び損傷許容性が低い。耐損傷部品を形成するためには、部品の動作温度はFAT Tを超えるべきである。

【0019】

一実施形態では、本開示による組成物から形成される部品は、表面で、-40°F（-40℃）未満、又は-50°F（-45.6℃）未満、又は-60°F（-51.1℃）未満のFAT Tを有する。また、部品は、部品の最大厚さで、86°F（30℃）未満、又は80°F（26.7℃）未満、又は75°F（23.9℃）未満のFAT Tを有する。

40

【0020】

FAT Tを低下させる材料の性質には、理想直径の増大に加えて、マルテンサイトの比率の増大、結晶粒径の減少、降伏強さの低下、又はこれらの組合せが含まれるが、これらに限定されない。一実施形態では、材料の所望の降伏強さは650MPa以上、又は約650MPa～1000MPaであり、引張強さは約800～1000MPaである。別の実施形態では、材料の平均結晶粒径は材料の加工時に形成され、約62μm以下又は約50μm以下に維持される。所定の降伏強さ範囲及び結晶粒径範囲を有する材料のFAT Tは、ミクロ組織での調整によって調整される。一実施形態では、ミクロ組織は合金元素濃

50

度の増減によって調整される。合金元素としては、炭素、ケイ素、マンガン、ニッケル、クロム、モリブデン、バナジウム、硫黄、リン、銅又はこれらの組合せが挙げられるが、これらに限定されない。ミクロ組織の調整に加えて、合金元素の濃度の増減は、材料の強度、韌性、延性、結晶粒径又はこれらの組合せを調整する。

【0021】

一実施形態では、ニッケル濃度及びクロム濃度を減少させ、炭素濃度及びマンガン濃度を増加させる。材料の焼入れ性は、材料中に存在する各元素の量に影響される。焼入れ性とは、材料がオーステナイト化温度からの焼入れ時にマルテンサイト組織を生成する容易さのことである。炭素濃度及びマンガン濃度の増加は、材料の焼入れ性を維持又は向上させる。材料の焼入れ性を向上させると理想直径が増大し、これはマルテンサイト組織の形成を増加させて肉厚断面でのF A T Tを低下させ、これにより損傷許容性を向上させる。

10

【0022】

例示的な部品の形成方法は、部品を鍛造する段階を含む。鍛造後、部品は、限定はしないが、オーステナイト化、焼入れ、焼戻し又はこれらの組合せを含む方法によって熱処理される。オーステナイト化は、マトリックスが完全にオーステナイトに変態するように十分な時間、マルテンサイト合金鑄物を臨界温度を超える温度で保持するプロセスである。炭素が均一に分布した単相マトリックスミクロ組織（オーステナイト）を生じさせるため、オーステナイト化は、最大肉厚部分のマトリックスが完全にオーステナイトへと変態するのに十分な時間、鑄物を約870℃（1598°F）超の温度で保持することを含む。オーステナイト化温度からの焼入れはマルテンサイトミクロ組織を生成し、当技術分野で知られている任意の好適な焼入れ方法で実行することができる。焼入れ速度は、フェライト／パーライトの生成を低減又は排除するように、十分高くすべきである。焼戻しは、部品の韌性を高め、脆性を低減するために提供される。好適な焼戻し温度には、約550℃（1022°F）～650℃（1202°F）、約580℃（1076°F）～620℃（1048°F）、もしくは約600℃（1112°F）、又はそれらの任意の組合せ、部分的組合せ、範囲もしくは部分範囲が含まれるが、これらには限定されない。

20

【実施例】

【0023】

比較例 1

比較例 1：風力タービンメインシャフト製造における使用で知られる材料である 34CrNiMo6 鋼の公知の組成を以下に示す。

30

【0024】

【表 2】

比較例 1 – 34CrNiMo6	
	wt%
炭素	0.34
ケイ素	0.2
マンガン	0.65
ニッケル	1.5
クロム	1.5
モリブデン	0.23
バナジウム	-
鉄	残部

40

【0025】

比較例 1 の組成式は、7.4 インチの理想直径に対応した焼入れ性に対応する。

【0026】

50

比較例 2

比較例 2：以下の組成を有する合金鋼組成物

【0027】

【表 3】

比較例 2	
wt%	wt%
炭素	0.26
ケイ素	0.23
マンガン	1.00
ニッケル	0.70
クロム	1.10
モリブデン	0.25
バナジウム	0.09
硫黄	<0.015
リン	<0.015
銅	<0.25
鉄	残部

10

20

【0028】

比較例 2 の組成式は、6. 1 インチの理想直径に対応した焼入れ性に対応する。

【0029】

実施例 1

実施例 1：以下の組成を有するマルテンサイト合金組成物

【0030】

【表 4】

実施例 1	
元素	wt%
炭素	0.35
ケイ素	0.31
マンガン	1.12
ニッケル	0.94
クロム	1.31
モリブデン	0.35
バナジウム	0.092
硫黄	0.002
リン	0.014
銅	0.06
アルミニウム	0.004
スズ	0.004
アンチモン	0.001
ヒ素	0.003
鉄	残部

30

40

50

【0031】

実施例1に示す部品は本開示による例示的な組成物から形成する。最終製品は、13.3インチ（33.78cm）の理想直径に対応した焼入れ性を有する。

【0032】

実施例2

実施例2：以下の組成を有するマルテンサイト合金組成物

【0033】

【表5】

実施例2

元素	wt%
炭素	0.40
ケイ素	0.23
マンガン	1.10
ニッケル	0.80
クロム	1.15
モリブデン	0.30
バナジウム	0.09
硫黄	-
リン	-
銅	-
鉄	残部

10

20

【0034】

実施例2に示す部品は本開示による例示的な組成物から形成する。最終製品は、12.4インチ（31.50cm）の理想直径に対応した焼入れ性を有する。

【0035】

実施例3

実施例3：以下の組成を有するマルテンサイト合金組成物

【0036】

30

【表 6】

実施例 3	
元素	wt%
炭素	0.43
ケイ素	0.30
マンガン	1.25
ニッケル	0.90
クロム	1.30
モリブデン	0.35
バナジウム	0.12
鉄	残部

10

【0037】

20

実施例 3 に示す部品を本開示による例示的な組成物から形成する。最終製品は、17.3 インチ (43.94 cm) の理想直径に対応した焼入れ性を有する。

【0038】

本発明を好ましい実施形態を参照して説明したが、種々の変更が可能であり、均等物が本発明の範囲から逸脱することなく、その要素に対して置換され得ることが当業者には理解されよう。さらに、特定の状況又は材料に適応させるために、その本質的範囲から逸脱することなく、本発明の教示に多くの修正を行うことができる。したがって、本発明は、本発明を実施するための最良の形態として開示された特定の実施形態に限定されるものではなく、添付の特許請求の範囲に属するあらゆる実施形態を包含する。

【符号の説明】

30

【0039】

- 10 風力タービン
- 100 シャフト

【図 1】

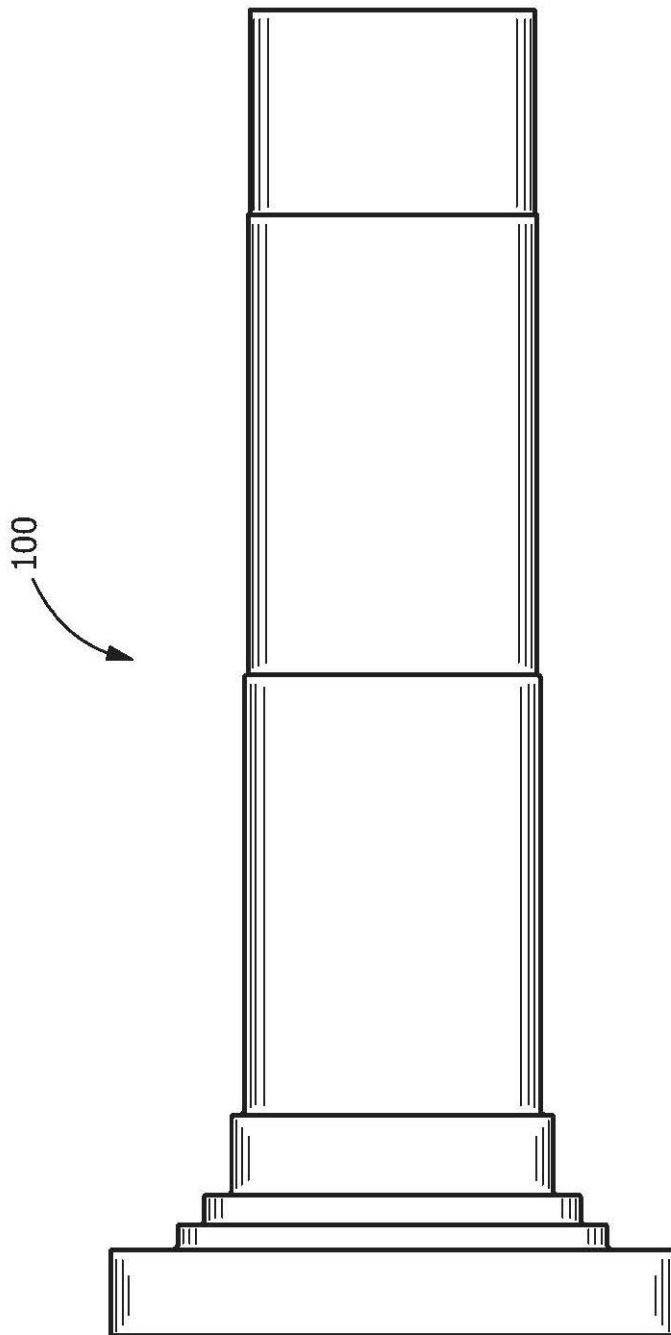


FIG. 1

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

C 2 2 C 38/60

(72)発明者 ジェレイミー・リッジ

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番

(72)発明者 テッド・エフ・マジェカ

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番

(72)発明者 ジョン・ウッド

アメリカ合衆国、サウスカロライナ州、グリーンヴィル、ガーリングトン・ロード、300番

Fターム(参考) 3H178 AA03 AA40 AA43 BB35 BB75 CC16 DD04Z DD12Z

4K042 AA14 BA02 CA05 CA06 CA08 CA10 CA13 DA01 DA02

【外国語明細書】
2014227608000001.pdf