

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4648541号  
(P4648541)

(45) 発行日 平成23年3月9日(2011.3.9)

(24) 登録日 平成22年12月17日(2010.12.17)

(51) Int. Cl. F I  
**C 2 3 C** 4/08 (2006.01) C 2 3 C 4/08  
**C 2 3 C** 4/12 (2006.01) C 2 3 C 4/12  
**C 2 3 C** 4/18 (2006.01) C 2 3 C 4/18

請求項の数 13 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-536903 (P2000-536903)	(73) 特許権者	599149991 ダナ・コーポレーション
(86) (22) 出願日	平成11年3月12日 (1999. 3. 12)		アメリカ合衆国、4 3 6 9 7 オハイオ、
(65) 公表番号	特表2002-506926 (P2002-506926A)		トレド、ピー・オー・ボックス 1 0 0 0
(43) 公表日	平成14年3月5日 (2002. 3. 5)		、ドア・ストリート 4 5 0 0
(86) 国際出願番号	PCT/GB1999/000748	(74) 代理人	100099623 弁理士 奥山 尚一
(87) 国際公開番号	W01999/047723	(74) 代理人	100096769 弁理士 有原 幸一
(87) 国際公開日	平成11年9月23日 (1999. 9. 23)	(74) 代理人	100107319 弁理士 松島 鉄男
審査請求日	平成18年3月10日 (2006. 3. 10)		
(31) 優先権主張番号	9805347.3		
(32) 優先日	平成10年3月14日 (1998. 3. 14)		
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		
(31) 優先権主張番号	9805353.1		
(32) 優先日	平成10年3月14日 (1998. 3. 14)		
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 すべり軸受のライニングの形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高速ガス式 (HVOF) 溶射によって、すず又は鉛から選ばれた第二相軟質金属を含むアルミニウム系材料の粒子を基板上に堆積させて層を形成するステップと、次いで、前記第二相軟質金属を折出させて第二相軟質金属粒子のサイズを制御するために、30分から5時間、250 から 450 で、堆積された層に熱処理を行うステップを含むことを特徴とするすべり軸受のライニングの形成方法。

【請求項 2】

基板は、平らなストリップ、予め形成された半軸受胴、エンジンのコンロッド、クランクケース・ブロックの主軸受内径面、シャフト・ジャーナルの表面の群から選ばれることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

基板の材料は、鋼、鋳鉄、チタン及びチタン合金、アルミニウム系合金、銅系合金の群から選ばれることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 のいずれかに記載の方法。

【請求項 4】

堆積されるアルミニウム系材料及び第二相軟質金属は、プレアロイ粉の形状であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

堆積されるアルミニウム系材料は、Al-Sn、Al-Sn-Cu、Al-Sn-Si-Cu、Al-Sn-Siの群から選ばれることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のい

ずれかに記載の方法。

【請求項 6】

堆積された層の厚さは、20 μm から 2 mm までの範囲内であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の方法。

【請求項 7】

堆積された層の上限の厚さが 500 μm であることを特徴とする請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

層内の各深さにおいて組成が変わるように、溶射される材料の組成を溶射処理の間に 変えることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

堆積された層を切削前に熱処理することを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の方法。

【請求項 10】

高速ガス式 (HVOF) 溶射によって第二相軟質金属を含むアルミニウム系材料の粒子を基板上に堆積させるステップが、Al-11Si-1Cu合金から成る基板に接する下層と、重量%で徐々に割合が減るAl-11Si-1Cu合金と徐々に割合が増えるAl-12Sn-1Cu合金を含む下層表面上の中間層と、Al-12Sn-1Cu合金を含む中間層表面上の上層を形成するステップからなることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

中間層が、下層との境界面において100% Al-11Si-1Cu合金を有し、上層との境界面において100% Al-12Sn-1Cu合金を有することを特徴とする請求項 10 記載の方法。

【請求項 12】

下層の厚さが50 μmであり、中間層の厚さが150 μmであり、上層の厚さが200 μmであることを特徴とする請求項 10 又は請求項 11 記載の方法。

【請求項 13】

上層は厚さが50 μmになるまで切削されることを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

本発明は、すべり軸受のライニングを形成する方法に関する。

【0002】

すべり軸受は回転するシャフトを支える目的で広く使われている。例えば、内燃機関のクランク・シャフトを支えるのに使われている。このようなすべり軸受は、軟質金属、すなわち100 Hvより低い硬度を有する金属から作られたライニングを有する。軟質金属は、軸受とシャフトとの間の心の狂いを調整することができる。更に、くずの粒子に対して、シャフトを擦らずにむしろ金属内に埋まるようにして対処し得る。元来、軟質金属製の軸受ライニングは、ハウジングに鑄造されていたが、最近ではこのような軸受ライニングは、例えば、いわゆるロール成形、ストリップ鑄造、焼結のような方法によって、例えば鉄やブロンズからなる強固な裏打ち材に適用される。ライニング形成に適した金属は、鉛系、すず系、及びカドミウム系の白色合金（バビット）、銅系合金（特に、銅-鉛、及び、銅-鉛-すず）、及び、アルミニウム系合金（特に、例えば、アルミニウム-すず、アルミニウム-すず-銅、アルミニウム-すず-シリコン-銅、及びアルミニウム-すず-シリコン合金）などである。

【0003】

従来、アルミニウム系合金で作られた軸受ライニングは、ストリップ形状でロール成形法によって裏打ち支持材に適用され、次いで半軸受に形成され、そして最終的な形状に切削される。他の軟質金属製の軸受ライニングは、それらを裏打ち支持材に鑄造若しくは焼結される。しかし、これらの方法によって作られたすべり軸受は、強度が限られており、実施方法も複雑である。更に、半軸受の製造に採用される方法は、軸受ライニング材を複

10

20

30

40

50

雑な形状を有する部品に直接適用するのには適さない。

【 0 0 0 4 】

軸受ライニング材、主にアルミニウム系の軸受ライニング材を裏打ち基板の上に堆積させるために、フレーム溶射やプラズマ・アーク溶射などの物理的蒸着法による溶射処理を採用する試みが従来技術においてなされていた。しかし、このような溶射処理は、いずれも、溶融した若しくは部分的に溶融した材料の酸化によって酸化物の量が10～20重量%という高いレベルとなり、気孔率も10～15%の高いレベルになるという問題を抱えている。

【 0 0 0 5 】

GB - A - 1 0 8 3 0 0 3 は、上記の処理の一つの例であるが、先に述べた問題を有する。

10

【 0 0 0 6 】

GB - A - 2 1 3 0 2 5 0 は、熱溶射処理の例であるが、同様に高レベルの酸化及び気孔率という問題を抱える。

【 0 0 0 7 】

従来の溶射処理の多くは、このような堆積工程が有する利点のための試みというより、むしろ、鉛粒子を有するアルミニウム母材を含む軸受ライニングの鑄造及び圧延による接合に関連して生じる特定の分離障害を克服する試みであった。

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、よりシンプルに、より強いライニングを作り、例えば内燃機関用のコンロッドのボアなどの部品に対してライニングを直接適用するために利用可能なすべり軸受ライニング形成方法を提供することである。

20

【 0 0 0 9 】

本発明の第一の態様は、金属粒子の層を高速ガス式(HVOF)溶射によって基板上に形成するステップと、前記層を軸受ライニングが形成されるように処理するステップとを含む基板上にすべり軸受ライニングを形成する方法である。

【 0 0 1 0 】

層及び基板は、堆積後でかつ切削前に熱処理することができる。

【 0 0 1 1 】

ライニングは、100HV未満の硬度を有する金属から作られたマトリックスを有する軸受合金を含むことができる。

30

【 0 0 1 2 】

本発明に係る方法では、単純な方法によって複雑な形状を有する部品にも適用し得るすべり軸受ライニングの製造が可能であり、このように製造されたライニングは従来のライニングよりも強固である。

【 0 0 1 3 】

適切な基板は、例えば鋼製やブロンズ製のストリップなどの平らなストリップと、予め形成された例えば半軸受胴、コンロッド・ボア若しくはクランクケース・ブロック主軸受内径面、及びシャフト・ジャーナルの表面を含むことができる。

【 0 0 1 4 】

基板は、例えば、鋼、鋳鉄、チタン及びチタン合金、アルミニウム系合金、例えばブロンズなどの銅系合金などの適切な材料をいずれも含み得る。

40

【 0 0 1 5 】

基板に堆積した材料を軸受ライニングに成形する処理は、例えば基板が既に半円形をしているか若しくは平らなストリップが既知技術によって半軸受に形成されている場合、所望の厚さに切削することのみからなる。

【 0 0 1 6 】

高速ガス式(HVOF)溶射(以下、HVOF溶射ともいう)は、液体若しくはガス状の燃料を酸素と共に点火場所である溶射装置の燃焼室へ導入することを含む技術である。溶射される材料は燃焼室内へ供給され、溶融若しくは部分的に溶融される。次いで、溶融

50

した若しくは半溶融状態の材料と混ぜられた燃焼ガスは、細長いノズルを通して発射される。混合気は細長いノズル内で高速に加速される。混合気は基板上に当たり、溶融した若しくは半溶融状態の粒子が合体し、層を形成する。

【0017】

HVOF溶射は、比較的薄いコーティング用として様々な材料の溶射に用いられる。HVOFが用いられる材料のほとんどは、比較的高い融点を持つセラミックなどの材料、及び、高い融点を持つ鉄合金、コバルトなどの金属である。アルミニウム合金やその他の同じく低い融点を持つ金属用に利用可能なHVOF溶射装置は今まで設計されてこなかった。なぜなら、それら低融点の金属は急速な溶解によって溶射装置が目詰まりを起こしやすいからである。従って、HVOF溶射は、従来、厚さが20 $\mu\text{m}$ から500 $\mu\text{m}$ 、大きくても2mmまでの範囲内であるすべり軸受ライニング用の軟質金属から成る、機能的な層の形成には用いられていない、と信じられてきた。

10

我々は、アルミニウム系合金を含む通常の材料は、HVOF処理によって激しく酸化されるわけではなく、酸化物含有量レベルも通常は1~5%になり得る程度であることに気が付いた。更に、燃焼及び溶射工程によって粒子に高レベルの運動エネルギーが伝わるため、堆積した金属内の気孔率はせいぜい1~2%になり得る程度である。HVOF溶射における粒子速度は、通常、最大で800m/sとなる。これに対して、フレイム溶射及びプラズマ・アーク溶射は40~100m/sである。

【0018】

従来の溶射工程によると高気孔率及び酸化物含有量によって、堆積した層の基板への接着は弱く、約8~12MPaである。HVOF溶射によって堆積したアルミニウム合金軸受層は70MPaを超える接着強さを実現する。

20

【0019】

従って、本発明に係る方法は、軸受材に適用される時、従来の既知の溶射処理を超えるいくつかの重要な利点を有することが判るであろう。

【0020】

本発明に係る方法において、マトリックスは、マトリックスを形成する粒子と共に基板上に溶射される少なくとも一つの別の材料を含む第二相を有する。この別の材料は、例えば、マトリックス内部で粒子の形状をする軟質相、強化材、摩擦低減材、セラミック粒子などの耐磨耗性向上添加剤などの合成添加剤である。粒径が2~10 $\mu\text{m}$ のアルミナが20重量%まで添加された予め合成されたアルミニウム-すず粉末を含む堆積物は、アルミナ粒子が金属マトリックス内で均一に分散した状態で生成される。

30

【0021】

マトリックスは、アルミニウム系の合金であることが好ましい。適切な合金は、従来のすべり軸受ライニングの形成において使われていたAl-Sn、Al-12Sn-Cu、Al-Sn-Si-Cu、Al-Sn-Siなどである。第二相は少なくとも銅、すず、ケイ素のうちの一つを含み得る。

【0022】

例えば鉛やすずなどの軟質金属から成る第二相を含むアルミニウム系合金の場合、HVOF溶射装置への供給粉末材料は、予め合金にされた形状であることが好ましい。これに対して、例えばアルミニウム粒子とすず粒子の混合物は、溶射装置内で蒸発し、ひどく酸化された低い融点の軟質相によって、目詰まりしやすいことが、試験によって示された。軟質相は分散しにくく、組成制御の実現が難しい。材料が予め合金にされた粒子の形状である時、軟質で低い融点の相はアルミニウム若しくはアルミニウム合金製のマトリックスによって保護される。更に、堆積したコーティングの耐腐食性は、予め合金にされた粉末の利用によってアルミニウム合金を用いる場合、著しく向上する。例えば鉛などの低い融点の第二相を有する銅系合金も同様に影響される。

40

【0023】

本発明に係る方法では、場合によっては、第二相粒子の径を制御できる。なぜなら、HVOF溶射処理において、第二相粒子は、熱処理工程の制御によって予め決められたサイ

50

ズまで析出されるように固溶体内に残り得るからである。アルミニウム系合金用の熱処理は、30分から5時間の間において250～450まで加熱することができる。通常の熱処理は1時間掛けて300まで加熱することができる。しかし、正確な熱処理は、特定の材料システムに応じて、実現される最終的なマイクロ構造について、より制御することが許されるHVOF溶射方法によって、与えられるであろう。

#### 【0024】

本発明に係る方法において、HVOF溶射工程は、溶射ノズルと基板との間で関連する動きを繰り返す工程を含み、それによって基板に、層が例えば20～2000ミクロンの厚さに達するまで溶射が繰り返されることが好ましい。基板は、従来の薄い壁の軸受の半胴若しくは互いに滑り合う2つの部分のいずれかの表面が成り得る。例えば、この表面は、シャフトの外表面部分、又は、コンロッドの大端部と小端部の内表面である。こうして、軸受胴を挿入する代わりに、軸受ライニングを直接コンロッドに適用することが可能になる。

10

#### 【0025】

本発明の方法において、層内の各深さにおいて組成が変わるように、溶射された材料の組成を溶射処理の間に変えることができる。例えば、層は、基板近傍では基板により接着しやすい及び/若しくはより強い組成を有し、その結果、層の残りの部分の組成に比べ切削しづらい。例えば、層は、基板に接する第一の組成を有する下層と、第一の組成が徐々に変化した第二の組成を含む上層とを含む層状に形成することができる。

#### 【0026】

本発明がより十分に理解されるように、図面を参照して具体例を詳述する。図面は、主要な特徴及び操作原理を示すHVOF溶射装置の概略図を示す。

20

#### 【0027】

図面において、HVOF溶射装置は、符号10で示されている。装置は、本体12、ここでは手持ちのピストル・グリップ・タイプの本体を有する。装置の作動の中心は、燃料と酸素の混合気が点火される燃焼室14である。装置は、酸素を導入するための第一管16と、燃料を導入する第二管18とを有し、両管16、18とも混合室20に通じている。混合室20は、燃焼室14へ通される前に最初に燃料と酸素が混ぜられる場所である。燃焼室に直接接続された第三管22は、符号24で示される基板上に堆積される粉末粒子の供給を行う。粉末粒子は、キャリア・ガスによって燃焼室14内へ運ばれる。燃料と酸素が燃えることによって燃焼室14内で発生する熱は、粉末粒子を溶かし、若しくは少なくとも部分的に溶かす。燃焼生成物は、溶融した及び部分的に溶融した粒子が当たって接着する基板24に向かって噴射される極超音速排気ガス流となつて、細長いノズル26に沿って加速される。装置10は、ここでは水管28を有する冷却システムを備えている。

30

#### 【0028】

通常、酸素と燃料は、装置内に、約7.031～10.546 kg/cm<sup>2</sup>の圧力下で且つ高流速で噴射される。排気ガスで運ばれる粒子とその速度は、矢印30で示され、通常は1800 m/sである。堆積される粉末粒子は、HVOF溶射装置内へ粉末を運ぶキャリア・ガスの流れの中に導入される。キャリア・ガスは、例えば、アルゴン若しくは窒素であり得る。図示したHVOF溶射装置では、粉末は直接燃焼室内へ導入される。しかし、粉末は、燃焼室14の下流において、例えば放射状の噴射器によって、ノズル26内で排気ガス流中に導入してもよい。粉末粒子の最終的な温度は、粉末粒子の粒径、更には融点、熱伝導性、高温ガス内での存在時間、フラーム温度によって定まる関数である。工程上の変数には、(フラームの温度、速度、及び酸素電位を決する)燃料の種類、空燃比、ガス圧力及び全体のガス流速、室サイズ及び構成、ノズル長及び直径、粉末の粒子径の分布、粉末供給量、ガンから基板までの距離、溶射に関する基板の表面速度が含まれる。

40

#### 【0029】

HVOF溶射に用いられるのに適した燃料ガスには、水素、アセチレン、エチレン、プロピレン、プロパン、メチルアセチレンプロパジエン(MAPP)が含まれる。

#### 【0030】

50

適切な液体燃料は、パラフィンを含み得る。通常、その流速は、約0.2～0.4リットル/分の範囲にあり、酸素の流速は700～900リットル/分である。

【0031】

HVOF溶射の間に堆積した材料の酸化が起こり得る潜在的な場所が3ヶ所ある。これらは、(1)燃焼室14及びノズル26内、(2)矢印30で示される粒子の噴霧内、(3)冷却中の基板24上である。これらの中の最初の場所において、空燃比は、すべての燃料において、広い範囲に渡って調整し得る。よって、実施する際の変数は、例えばアルミニウム合金の酸化を最低限にするように調整し得る。これは先に述べたフレーム若しくはプラズマ溶射処理におけるよりも主要な利点である。二番目の場所において、排気ガスそれ自体が材料を広い範囲で保護し、ガス・ジェットの高い速度により、飛散時間は他の既知の方法に比べて非常に短い、ということがわかった。冷却中の基板上での材料の酸化は、重大なことではない。なぜなら、基板は、材料溶射に比べて熱容量が大きく、溶解した材料の急速な凝固が起き、それは続いて堆積された材料によってすぐに保護されるからである。更に、付加的な外部からの基板の冷却を行うことができる。実際、本発明に係る方法による主要な利点の一つは、従来の鑄造や、焼結、圧延による接着によっては不可能な、マイクロ構造を生成するためのいわゆる急速凝固速度を生み出し得ることである。高い冷却率は、高度の過冷却を促進する材料特性、微細な結晶粒度、準安定相、過飽和固溶体、アモルファス相に影響を与える。本発明に係る方法を用いると、堆積後に必要となる処理は、応力除去のための熱処理のみとなる。この熱処理は、熱処理時間及び温度によって、例えば軟質の第二相の分布について、極めて細かく、制御可能な製造を可能とする。通常の堆積後の成形及び切削工程はマイクロ組織に影響を与えないであろう。

10

20

【0032】

ここで、本発明に係る方法の3つの具体例を詳述する。

【0033】

第一の具体例では、すべり軸受ライニングは、鍛造鋼製コンロッドにおける基板上に形成される。特に、ライニングは、ライニングと基板との間の接着を向上させるために、ショット・ブラストによって粗くされたロッドの大端部の内表面上に形成される。

【0034】

第一の具体例で、上記表面上に形成される層は、100HV未満の硬度を有するアルミニウム-すず-銅合金(すず12重量%、銅1重量%)から形成されたマトリックスを含む。本方法では、40～100ミクロンの間の範囲のサイズの金属粒子が、35kW、190リットル/分の酸素、60リットル/分のプロピレン燃料で運転されるHVOF溶射ガンの燃焼室へ供給される。粒子は部分的に溶融され、ノズル26を通過して加速される。ノズルと基板表面との間の関連する動きはノズルの周りを基板が回転することによって起こり、15m/分の速度で基板表面上を繰り返し拭くように溶射がされる。ノズルは基板から0.285mの距離にある。粒子は、表面に合体し、500ミクロンの厚さの層を形成する。

30

上記具体例は、更に、前記層をライニングに形成するために切削することも含む。

【0035】

第二の具体例では、溶射工程中に溶射される粒子の組成が変化することを除いて第一具体例が繰り返される。最初、厚さ50ミクロンの下層が基板上に直接設けられ、この下層の組成はAl-11Si-Cu合金からなる。次いで、中間層が溶射継続中に溶射中の粒子の組成を変えることによって下層表面上に設けられる。中間層内では、組成中のAl-11Si-Cu合金の部分が徐々に減り、Al-12Sn-Cu合金によって置き換えられ、中間層が厚さ150ミクロンとなった時、組成はAl-12Sn-Cu合金となる。次いで、溶射は、続けてAl-12Sn-Cu合金から形成される厚さ200ミクロンの上層を形成する。従って、溶射された層は、層内の各深さにおいて異なる組成を有する。上層は切削によって50ミクロンの厚さに減らされる。

40

【0036】

第三の具体例では、第一の具体例に関して述べたのと同様のアルミニウム合金を使い、

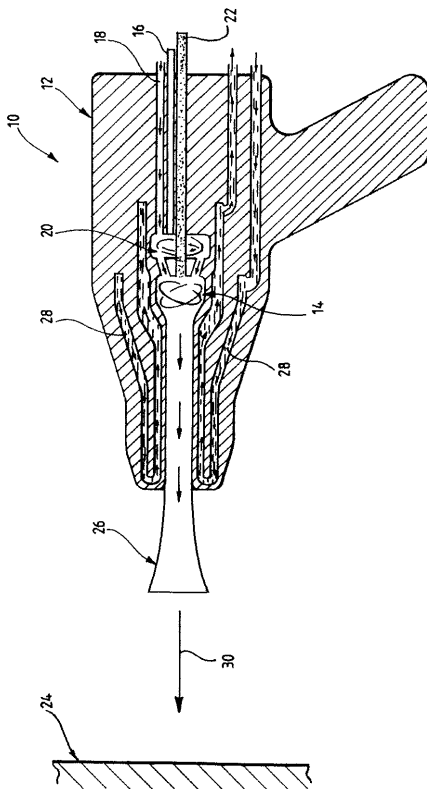
50

しかしパラフィンを含む液体燃料を用いて行われた。このように行われるテストの典型的な例では、基板までの距離：0.35 m、酸素流速：829リットル/分、パラフィン流速：0.31リットル/分の条件で行われる。液体燃料を用いて作られた堆積物は、気体燃料を用いた場合よりもより低い気孔率とより低い酸化物含有量を持つ。更に、気体燃料を用いた場合よりも堆積率が高い。液体燃料の更なる明らかな利点は、窒素やアルゴンなどの希釈ガスを用いずに気体燃料を用いた場合に起こる粉末のオーバーヒートを防ぐために、混合気を窒素で薄める必要がないことである。

【0037】

上記3つの具体例は堆積層にアルミニウム系合金を用いているけれども、正確に制御された厚さで、異なる材料からなる複数の層を形成できる。この層は、鋼製の基板の上に、例えば比較的強固な銅-鉛-すず合金層を、更に高いすず含有量例えば30~60重量%のアルミニウム若しくはアルミニウム合金から成る層を形成するなどの、異なる系の合金を用いるシステムから成る材料の層である。個々の層は、与えられた適正レベルにおいて強度及び軸受特性が最善となるようにそれ自体組成を変えることができる。

10



## フロントページの続き

- (72)発明者 ペリン, カール  
イギリス国、シーヴィ22 7エスディー ウォリックシャー、ラグビー、コーストン、グレイシャー・ヴァンダーヴェル・テクノロジー・センター
- (72)発明者 マッカートニー, デイヴィッド・グレアム  
イギリス国、エヌジー7 2アールディー ノッティンガム、ユニヴァーシティ・パーク、ユニヴァーシティ・オヴ・ノッティンガム、スクール・オヴ・メカニカル・マテリアルズ・マニュファクチャリング・エンジニアリング・アンド・マネージメント
- (72)発明者 ホーロック, アンドリュー・ジョン  
イギリス国、エヌジー7 2アールディー ノッティンガム、ユニヴァーシティ・パーク、ユニヴァーシティ・オヴ・ノッティンガム、スクール・オヴ・メカニカル・マテリアルズ・マニュファクチャリング・エンジニアリング・アンド・マネージメント
- (72)発明者 ハリス, サミュエル・ジェイムズ  
イギリス国、エヌジー7 2アールディー ノッティンガム、ユニヴァーシティ・パーク、ユニヴァーシティ・オヴ・ノッティンガム、スクール・オヴ・メカニカル・マテリアルズ・マニュファクチャリング・エンジニアリング・アンド・マネージメント
- (72)発明者 スタージョン, アンドリュー・ジョン  
イギリス国、シービー1 6エイエル ケンブリッジ、アピントン、アピントン・ホール、ザ・ウエルディング・インスティテュート

審査官 祢屋 健太郎

- (56)参考文献 特開昭55-018522(JP, A)  
特開平08-311634(JP, A)  
特開平10-096087(JP, A)  
特開平10-060617(JP, A)  
特表平02-504045(JP, A)  
特表平01-500763(JP, A)  
特開昭55-014823(JP, A)  
特開平05-339700(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
C23C 4/00-6/00