

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-536641  
(P2005-536641A)

(43) 公表日 平成17年12月2日(2005.12.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

**C22C 49/14**  
**B22D 19/00**  
**C22C 21/12**  
**C22C 47/08**  
**C22C 49/06**

F 1

C 22 C 49/14  
B 22 D 19/00  
C 22 C 21/12  
C 22 C 47/08  
C 22 C 49/06

テーマコード(参考)

3 J 0 5 8  
4 K 0 2 0

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 54 頁) 最終頁に続く

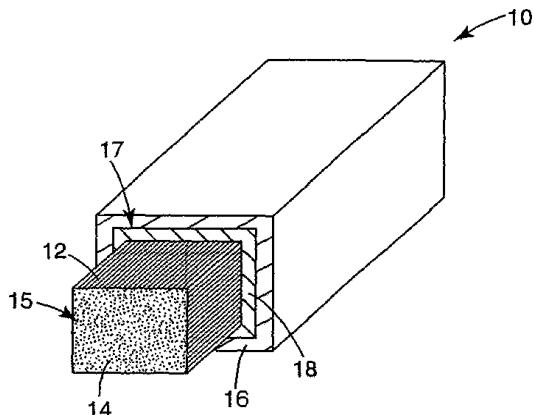
(21) 出願番号	特願2004-530815 (P2004-530815)	(71) 出願人	599056437 スリーエム イノベイティブ プロパティ ズ カンパニー アメリカ合衆国, ミネソタ 55144- 1000, セント ポール, スリーエム センター
(86) (22) 出願日	平成15年7月8日(2003.7.8)	(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(85) 翻訳文提出日	平成17年3月31日(2005.3.31)	(74) 代理人	100077517 弁理士 石田 敏
(86) 國際出願番号	PCT/US2003/021261	(74) 代理人	100087413 弁理士 古賀 哲次
(87) 國際公開番号	W02004/018718	(74) 代理人	100102990 弁理士 小林 良博
(87) 國際公開日	平成16年3月4日(2004.3.4)		
(31) 優先権主張番号	60/404,672		
(32) 優先日	平成14年8月20日(2002.8.20)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	10/403,671		
(32) 優先日	平成15年3月31日(2003.3.31)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属マトリックス複合体およびその製造方法

## (57) 【要約】

金属マトリックス複合体物品を強化するための、金属を含むインサート、およびその製造方法。別の態様において、本発明は、インサートで強化された金属マトリックス複合体物品およびその製造方法を提供する。インサートを含む有用な金属マトリックス複合体物品としては、ブレーキキャリパが挙げられる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属であって、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する第1の金属と、

前記第1の金属の前記外面上の第2の金属であって、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有し、厚さが少なくとも8マイクロメートルである第2の金属と、

を含む金属マトリックス複合体物品。

10

## 【請求項 2】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

## 【請求項 3】

前記第2の金属と前記第1の金属の前記外面との間に第3の金属をさらに含む、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

## 【請求項 4】

前記第2の金属の厚さが少なくとも10マイクロメートルである、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

## 【請求項 5】

前記第2の金属の厚さが約10から約15マイクロメートルの範囲内である、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

20

## 【請求項 6】

前記第2の金属が、金または銀の少なくとも1つである、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

## 【請求項 7】

前記第1の金属がアルミニウム合金である、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

## 【請求項 8】

前記アルミニウム合金が200系アルミニウム合金である、請求項7に記載の金属マトリックス複合体物品。

30

## 【請求項 9】

前記アルミニウム合金が、A201.1アルミニウム合金、201.2アルミニウム合金、A206.0アルミニウム合金、および224.2アルミニウム合金からなる群から選択される200系アルミニウム合金である、請求項8に記載の金属マトリックス複合体物品。

## 【請求項 10】

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、少なくとも1.5重量パーセントのCuを含む、請求項8に記載の金属マトリックス複合体物品。

## 【請求項 11】

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、0.25重量パーセント未満の不純物を含む、請求項10に記載の金属マトリックス複合体物品。

40

## 【請求項 12】

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、少なくとも1.5重量パーセントのCuを含む、請求項11に記載の金属マトリックス複合体物品。

## 【請求項 13】

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.5から2.5重量パーセントの範囲内のCuを含む、請求項11に記載の金属マトリックス複合体物品。

## 【請求項 14】

50

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.8から2.2重量パーセントの範囲内のCuを含む、請求項11に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項15】

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.5から2.5重量パーセントの範囲内のCuを含む、請求項7に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項16】

前記実質的に連続したセラミック酸化物繊維が多結晶アルファアルミナ繊維である、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

10

【請求項17】

前記多結晶アルファアルミナ繊維の平均引張強度が少なくとも2.8GPaであり、前記多結晶アルファアルミナ繊維が、理論的酸化物をもとに、前記アルミナ繊維の総重量を基準にして、約9.9重量パーセントを超えるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約0.2～0.5重量パーセントのSiO<sub>2</sub>とを含み、前記多結晶アルファアルミナ繊維中に存在するアルファアルミナの平均粒度が1マイクロメートル未満である、請求項16に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項18】

前記アルファアルミナ繊維が、前記金属マトリックス物品の総体積の少なくとも50体積パーセントを構成する、請求項16に記載の金属マトリックス複合体物品。

20

【請求項19】

前記実質的に連続したセラミック酸化物繊維が、前記金属マトリックス物品の総体積の少なくとも50体積パーセントを構成する、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項20】

前記金属マトリックス複合体物品が細長く、実質的に一定の断面積を有する、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

30

【請求項21】

前記実質的に連続したセラミック酸化物繊維の第1および第2のプライを含む、請求項1に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項22】

前記実質的に連続したセラミック酸化物繊維が長手方向に整列されている、請求項21に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項23】

実質的に連続したセラミック酸化物繊維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される金属であって、前記実質的に連続したセラミック酸化物繊維を所定位置に固定し、前記実質的に連続したセラミック酸化物繊維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する金属と、

前記金属の前記外面上にあり、外面を有するNiと、

前記Niの前記外面上にあり、厚さが少なくとも8マイクロメートルであるAgと、を含む金属マトリックス複合体物品。

40

【請求項24】

前記実質的に連続したセラミック酸化物繊維が長手方向に整列されている、請求項23に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項25】

前記Agの厚さが少なくとも10マイクロメートルである、請求項23に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項26】

前記Agの厚さが約10から約15マイクロメートルの範囲内である、請求項23に記載の金属マトリックス複合体物品。

50

**【請求項 27】**

前記金属がアルミニウム合金である、請求項23に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 28】**

前記アルミニウム合金が200系アルミニウム合金である、請求項27に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 29】**

前記アルミニウム合金が、A201.1アルミニウム合金、201.2アルミニウム合金、A206.0アルミニウム合金、および224.2アルミニウム合金からなる群から選択される200系アルミニウム合金である、請求項28に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 30】**

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.5から2.5重量パーセントの範囲内のCuを含む、請求項28に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 31】**

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.8から2.2重量パーセントの範囲内のCuを含む、請求項28に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 32】**

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が多結晶アルファアルミナ纖維である、請求項23に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 33】**

前記多結晶アルファアルミナ纖維の平均引張強度が少なくとも2.8GPaであり、前記多結晶アルファアルミナ纖維が、理論的酸化物をもとに、前記アルミナ纖維の総重量を基準にして、約99重量パーセントを超えるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約0.2~0.5重量パーセントのSiO<sub>2</sub>とを含み、前記多結晶アルファアルミナ纖維中に存在するアルファアルミナの平均粒度が1マイクロメートル未満である、請求項32に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 34】**

前記アルファアルミナ纖維が、前記金属マトリックス物品の総体積の少なくとも50体積パーセントを構成する、請求項32に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 35】**

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第1および第2のプライを含む、請求項23に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 36】**

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項35に記載の金属マトリックス複合体物品。

**【請求項 37】**

金属マトリックス複合体物品を製造する方法であつて、  
アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属中に、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を、前記第1の金属が前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、前記第1の金属が外面向を有するように固定する工程と、

前記第1の金属の前記外面上に第2の金属を提供して、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維および前記第1の金属を含み、前記第1の金属が、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記第1の金属が、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、前記第2の金属が、前記第1の金属の前記外面上にあり、前記第2の金属が、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有し、前記第2の金属の厚さが少なくとも8マイクロメートル

10

20

30

40

50

である金属マトリックス複合体物品を提供する工程と、  
を含む方法。

【請求項 3 8】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項 3 7 に記載の方法。

【請求項 3 9】

前記第 2 の金属が、金または銀の少なくとも 1 つである、請求項 3 7 に記載の方法。

【請求項 4 0】

前記第 1 の金属がアルミニウム合金である、請求項 3 7 に記載の方法。

【請求項 4 1】

前記アルミニウム合金が、A 2 0 1 . 1 アルミニウム合金、2 0 1 . 2 アルミニウム合金、A 2 0 6 . 0 アルミニウム合金、および 2 2 4 . 2 アルミニウム合金からなる群から選択される 2 0 0 系アルミニウム合金である、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 2】

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1 . 5 から 2 . 5 重量パーセントの範囲内の Cu を含む、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 3】

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1 . 8 から 2 . 2 重量パーセントの範囲内の Cu を含む、請求項 4 0 に記載の方法。

【請求項 4 4】

前記纖維が、前記金属マトリックス物品の総体積の少なくとも 5 0 体積パーセントを構成する、請求項 3 7 に記載の方法。

【請求項 4 5】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第 1 および第 2 のプライを含む、請求項 3 7 に記載の方法。

【請求項 4 6】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項 4 5 に記載の方法。

【請求項 4 7】

金属マトリックス複合体物品を製造する方法であって、

アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される金属中に、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を、前記金属が前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、前記金属が外面を有するように固定する工程と、

前記金属の前記外面上に外面を有する Ni を提供する工程と、

前記 Ni の前記外面上に、厚さが少なくとも 8 マイクロメートルである Ag を提供して、

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する前記金属と、

前記金属の前記外面上の前記 Ni と、

前記 Ni の外面上の前記 Ag であって、前記 Ag の厚さが少なくとも 8 マイクロメートルである Ag とを含む金属マトリックス複合体物品を提供する工程と、  
を含む方法。

【請求項 4 8】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項 4 7 に記載の方法。

【請求項 4 9】

前記第 1 の金属がアルミニウム合金である、請求項 4 7 に記載の方法。

【請求項 5 0】

10

20

30

40

50

前記アルミニウム合金が、A 2 0 1 . 1 アルミニウム合金、2 0 1 . 2 アルミニウム合金、A 2 0 6 . 0 アルミニウム合金、および2 2 4 . 2 アルミニウム合金からなる群から選択される2 0 0 系アルミニウム合金である、請求項4 9に記載の方法。

【請求項5 1】

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1 . 5 から 2 . 5 重量パーセントの範囲内のCuを含む、請求項4 9に記載の方法。

【請求項5 2】

前記アルミニウム合金が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1 . 8 から 2 . 2 重量パーセントの範囲内のCuを含む、請求項4 9に記載の方法。

【請求項5 3】

前記纖維が、前記金属マトリックス物品の総体積の少なくとも5 0 体積パーセントを構成する、請求項4 7に記載の方法。

【請求項5 4】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第1および第2のプライを含む、請求項4 7に記載の方法。

【請求項5 5】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項5 4に記載の方法。

【請求項5 6】

第1の金属と、前記第1の金属を強化するインサートとを含む金属マトリックス複合体物品であって、前記第1の金属が、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択され、前記インサートが、実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される第2の金属とを含み、前記第2の金属が、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記第2の金属が、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、前記第1の金属と前記インサートとの間に界面層があり、前記第1の金属と前記インサートとの間の界面層ピーク結合強度値が少なくとも1 0 0 M P aであり、前記金属マトリックス複合体物品がブレーキキャリパである、金属マトリックス複合体物品。

【請求項5 7】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項5 6に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項5 8】

前記第1の金属が、3 0 0 または4 0 0 系アルミニウム合金の1つであり、前記第2の金属が2 0 0 系アルミニウム合金である、請求項5 6に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項5 9】

前記2 0 0 系アルミニウム合金が、A 2 0 1 . 1 アルミニウム合金、2 0 1 . 2 アルミニウム合金、A 2 0 6 . 0 アルミニウム合金、および2 2 4 . 2 アルミニウム合金からなる群から選択され、前記第1の金属が、A 3 1 9 . 1 アルミニウム合金、3 5 4 . 1 アルミニウム合金、3 5 5 . 2 アルミニウム合金、およびA 3 5 6 . 1 アルミニウム合金からなる群から選択される3 0 0 系アルミニウム合金である、請求項5 8に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項6 0】

前記2 0 0 系アルミニウム合金が、A 2 0 1 . 1 アルミニウム合金、2 0 1 . 2 アルミニウム合金、A 2 0 6 . 0 アルミニウム合金、および2 2 4 . 2 アルミニウム合金からなる群から選択され、前記第1の金属が、4 4 3 . 2 アルミニウム合金および4 4 4 . 2 アルミニウム合金からなる群から選択される4 0 0 系アルミニウム合金である、請求項5 8に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項6 1】

10

20

30

40

50

前記第1の金属と前記インサートとの間の界面層ピーク結合強度値が、少なくとも125 MPaである、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項62】

前記第1の金属と前記インサートとの間の界面層ピーク結合強度値が、少なくとも150 MPaである、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項63】

前記第1の金属と前記インサートとの間の界面層ピーク結合強度値が、少なくとも175 MPaである、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項64】

前記第1の金属と前記インサートとの間の界面層ピーク結合強度値が、少なくとも180 MPaである、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項65】

前記界面層には酸素が存在しない、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項66】

前記界面層が、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する第2の金属のうちの1つを平均量含み、前記第2の金属の平均量が、前記第1の金属中より前記界面層中で高い、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項67】

前記界面層が、前記第1の金属中に存在するAg及びNiよりも高いAgおよびNiの平均量を含む、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項68】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が多結晶アルファアルミナ纖維である、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項69】

前記多結晶アルファアルミナ纖維の平均引張強度が少なくとも2.8 GPaであり、前記多結晶アルファアルミナ纖維が、理論的酸化物をもとに、前記アルミナ纖維の総重量を基準にして、約99重量パーセントを超えるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約0.2~0.5重量パーセントのSiO<sub>2</sub>とを含み、前記多結晶アルファアルミナ纖維中に存在するアルファアルミナの平均粒度が1マイクロメートル未満である、請求項68に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項70】

前記アルファアルミナ纖維が、前記金属マトリックス物品の総体積の少なくとも50体積パーセントを構成する、請求項68に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項71】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が、前記金属マトリックス物品の総体積の少なくとも50体積パーセントを構成する、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項72】

少なくとも2つの前記インサートをさらに含む、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項73】

少なくとも4つの前記インサートを含む、請求項56に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項74】

ロータと；前記ロータの両側に配置され、かつそれと制動のために係合するように移動可能な内側および外側のブレーキパッドと；前記内側のブレーキパッドを前記ロータに対して付勢するためのピストンと；前記ロータの片側に位置決めされ、かつ前記ピストンを収容するシリンダを有する本体部材と、前記ロータの他方の側に位置決めされ、かつ前記外側のブレーキパッドを支持するアーム部材と、前記ロータの平面を横切って、前記本体部材と前記アーム部材との間に延在するブリッジとを含む請求項57に記載のブレーキキ

10

20

30

40

50

ヤリパとを含む自動車用ディスクブレーキ。

【請求項 7 5】

前記第 1 および第 2 の金属が各々融点を有し、前記第 2 の金属の融点が、前記第 1 の金属の融点より少なくとも 20 高い、請求項 5 6 に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項 7 6】

前記第 2 の金属が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、少なくとも 1.5 重量パーセントの Cu を含むアルミニウム合金である、請求項 5 6 に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項 7 7】

前記第 2 の金属が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.5 から 2.5 重量パーセントの範囲内の Cu を含むアルミニウム合金である、請求項 5 6 に記載の金属マトリックス複合体物品。 10

【請求項 7 8】

前記第 2 の金属が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.8 から 2.2 重量パーセントの範囲内の Cu を含むアルミニウム合金である、請求項 5 6 に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項 7 9】

前記界面層には酸素が存在しない、請求項 5 6 に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項 8 0】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第 1 および第 2 のプライを含む、請求項 5 6 に記載の金属マトリックス複合体物品。 20

【請求項 8 1】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項 8 0 に記載の金属マトリックス複合体物品。

【請求項 8 2】

金属マトリックス複合体物品を製造する方法であって、

インサートをモールド内に配置する工程であって、前記インサートが、実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される第 1 の金属であって、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長さの少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する第 1 の金属と、前記第 1 の金属の前記外面上の第 2 の金属であって、少なくとも 200 を超える正のギプス酸化自由エネルギーを有し、厚さが少なくとも 8 マイクロメートルである第 2 の金属、とを含む工程と。 30

アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される溶融した第 3 の金属を、前記モールド内に供給する工程と、

前記溶融した第 3 の金属を冷却して、金属マトリックス複合体物品を提供する工程とを含む方法。

【請求項 8 3】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第 1 および第 2 のプライを含む、請求項 8 1 に記載の方法。 40

【請求項 8 4】

前記第 1 の金属が 200 系アルミニウム合金であり、前記第 3 の金属が 300 または 400 系アルミニウム合金である、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 8 5】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が多結晶アルファアルミナ纖維である、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 8 6】

前記多結晶アルファアルミナ纖維の平均引張強度が少なくとも 2.8 GPa であり、前記多結晶アルファアルミナ纖維が、理論的酸化物をもとに、前記アルミナ纖維の総重量を基準にして、約 99 重量パーセントを超える Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と、約 0.2 ~ 0.5 重量パーセン 50

トの  $SiO_2$  を含み、前記多結晶アルファアルミニナ纖維中に存在するアルファアルミニナの平均粒度が 1 マイクロメートル未満である、請求項 8 5 に記載の方法。

【請求項 8 7】

前記アルファアルミニナ纖維が、前記インサートの総体積の少なくとも 50 体積パーセントを構成する、請求項 8 5 に記載の方法。

【請求項 8 8】

前記モールド内の前記溶融した第 3 の金属が、75 秒未満の間溶融状態である、請求項 8 5 に記載の方法。

【請求項 8 9】

前記モールド内の前記溶融した第 3 の金属が、60 秒未満の間溶融状態である、請求項 8 5 に記載の方法。

【請求項 9 0】

溶融した第 3 の金属を前記モールド内に供給する前、前記インサートが第 1 の外側の寸法形状を有し、前記溶融した第 3 の金属を冷却して金属マトリックス複合体を提供した後、前記インサートが第 2 の寸法形状を有し、前記第 1 および第 2 の寸法形状が実質的に同じである、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 9 1】

前記溶融した第 3 の金属を前記モールド内に供給する直前、前記インサートを少なくとも 500 の温度で供給することをさらに特徴とする、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 9 2】

前記第 2 の金属が、金または銀の少なくとも 1 つであり、前記第 1 および第 3 の金属がアルミニウム合金である、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 9 3】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が、前記インサートの総体積の少なくとも 50 体積パーセントを構成する、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 9 4】

前記第 1 の金属が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.5 から 2.5 重量パーセントの範囲内の Cu を含むアルミニウム合金である、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 9 5】

前記第 1 の金属が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.8 から 2.2 重量パーセントの範囲内の Cu を含むアルミニウム合金である、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 9 6】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第 1 および第 2 のプライを含む、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 9 7】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項 9 6 に記載の方法。

【請求項 9 8】

前記モールド内の前記溶融した第 3 の金属が、75 秒未満の間溶融状態である、請求項 8 2 に記載の方法。

【請求項 9 9】

金属マトリックス複合体物品を製造する方法であって、

インサートをモールド内に配置する工程であって、前記インサートが、実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される第 1 の金属であって、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する第 1 の金属と、前記第 1 の金属の前記外面上にあり、外面を有する Ni と、前記 Ni の前記外面上にあり、厚さが少なくとも 8 マイクロメートルである Ag とを含む、工程と、

アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される溶融した第 2

10

20

30

40

50

の金属を、前記モールド内に供給する工程と、

前記溶融した第2の金属を冷却して、金属マトリックス複合体物品を提供する工程とを含む方法。

【請求項100】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項99に記載の方法。

【請求項101】

前記第1の金属が200系アルミニウム合金であり、前記第2の金属が300または400系アルミニウム合金の1つである、請求項99に記載の方法。

【請求項102】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が多結晶アルファアルミナ纖維である、請求項99に記載の方法。

【請求項103】

前記多結晶アルファアルミナ纖維の平均引張強度が少なくとも2.8GPaであり、前記多結晶アルファアルミナ纖維が、理論的酸化物をもとに、前記アルミナ纖維の総重量を基準にして、約99重量パーセントを超えるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約0.2~0.5重量パーセントのSiO<sub>2</sub>とを含み、前記多結晶アルファアルミナ纖維中に存在するアルファアルミナの平均粒度が1マイクロメートル未満である、請求項102に記載の方法。

【請求項104】

前記アルファアルミナ纖維が、前記インサートの総体積の少なくとも50体積パーセントを構成する、請求項102に記載の方法。

【請求項105】

前記第1の金属が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.5から2.5重量パーセントの範囲内のCuを含むアルミニウム合金である、請求項99に記載の方法。

【請求項106】

前記第1の金属が、前記アルミニウム合金の総重量を基準にして、1.8から2.2重量パーセントの範囲内のCuを含むアルミニウム合金である、請求項99に記載の方法。

【請求項107】

前記モールド内の前記溶融した第2の金属が、75秒未満の間溶融状態である、請求項99に記載の方法。

【請求項108】

前記モールド内の前記溶融した第2の金属が、60秒未満の間溶融状態である、請求項99に記載の方法。

【請求項109】

溶融した第2の金属を前記モールド内に供給する前、前記インサートが第1の外側の寸法形状を有し、前記溶融した第2の金属を冷却して金属マトリックス複合体を提供した後、前記インサートが第2の寸法形状を有し、前記第1および第2の寸法形状が実質的に同じである、請求項99に記載の方法。

【請求項110】

前記溶融した第2の金属を前記モールド内に供給する直前、少なくとも500の温度で前記インサートをさらに提供する、請求項99に記載の方法。

【請求項111】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第1および第2のプライを含む、請求項99に記載の方法。

【請求項112】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維が長手方向に整列されている、請求項111に記載の方法。

【請求項113】

前記モールド内の前記溶融した第2の金属が、75秒未満の間溶融状態である、請求項99に記載の方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 114】

金属マトリックス複合体物品を製造するための金属マトリックス複合体インサートを製造するための方法であって、

金属マトリックス複合体強化インサートを含むように金属マトリックス複合体物品を設計する工程であって、前記インサートが、

実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属であって、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在する第1の金属を含むようにする工程と、

結果として生じる設計に基づいて、

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される前記第1の金属であって、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する前記第1の金属を含み、

前記第1の金属の前記外面上の第2の金属であって、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有し、厚さが少なくとも8マイクロメートルである第2の金属をさらに含む金属マトリックス複合体強化インサートを準備する工程とを含む方法。

## 【請求項 115】

前記連続したセラミック酸化物纖維が多結晶アルファアルミナ纖維である、請求項114に記載の方法。

## 【請求項 116】

前記多結晶アルファアルミナ纖維の平均引張強度が少なくとも2.8GPaであり、前記多結晶アルファアルミナ纖維が、理論的酸化物をもとに、前記アルミナ纖維の総重量を基準にして、約99重量パーセントを超えるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約0.2~0.5重量パーセントのSiO<sub>2</sub>とを含み、前記多結晶アルファアルミナ纖維中に存在するアルファアルミナの平均粒度が1マイクロメートル未満である、請求項114に記載の方法。

## 【請求項 117】

前記アルファアルミナ纖維が、前記インサートの総体積の少なくとも50体積パーセントを構成する、請求項114に記載の方法。

## 【請求項 118】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第1および第2のプライを含む、請求項114に記載の方法。

## 【請求項 119】

金属マトリックス複合体物品を製造するための金属マトリックス複合体インサートを製造するための方法であって、

金属マトリックス複合体強化インサートを含むように金属マトリックス複合体物品を設計する工程であって、前記インサートが、

実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属であって、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在する第1の金属を含むようにする工程と、

結果として生じる設計に基づいて、

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される前記第1の金属であって、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する前記第1の金属を含み、

前記金属の前記外面上にあり、外面を有するNiと、

前記Niの前記外面上にあり、厚さが少なくとも8マイクロメートルであるAgとをさらに含む金属マトリックス複合体強化インサートを準備する工程とを含む方法。

## 【請求項 120】

10

20

30

40

50

前記連続したセラミック酸化物纖維が多結晶アルファアルミナ纖維である、請求項 119 に記載の方法。

【請求項 121】

前記多結晶アルファアルミナ纖維の平均引張強度が少なくとも 2.8 GPa であり、前記多結晶アルファアルミナ纖維が、理論的酸化物をもとに、前記アルミナ纖維の総重量を基準にして、約 99 重量パーセントを超える  $Al_2O_3$  と、約 0.2 ~ 0.5 重量パーセントの  $SiO_2$  を含み、前記多結晶アルファアルミナ纖維中に存在するアルファアルミナの平均粒度が 1 マイクロメートル未満である、請求項 119 に記載の方法。

【請求項 122】

前記アルファアルミナ纖維が、前記インサートの総体積の少なくとも 50 体積パーセントを構成する、請求項 119 に記載の方法。

【請求項 123】

前記実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第 1 および第 2 のプライを含む、請求項 119 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、金属マトリックス複合体物品を強化するための、金属を含むインサート、およびインサートで強化された金属マトリックス複合体物品に関する。

【背景技術】

【0002】

セラミックスでの金属マトリックスの強化は、当該技術において知られている（たとえば、米国特許第 4,705,093 号明細書（オギノ（Ogino））、米国特許第 4,852,630 号明細書（ハマジマ（Hamajima）ら）、米国特許第 4,932,099 号明細書（コーワイン（Corwin）ら）、米国特許第 5,199,481 号明細書（コーウィン（Corwin）ら）、および米国特許第 5,234,080 号明細書（パンテール（Pantale））、および米国特許第 5,394,930 号明細書（ケンナーネヒト（Kennerknecht））、それぞれ 1987 年 5 月 28 日および 1988 年 9 月 14 日に公開された、英国特許第 2,182,970 A および B 号明細書、ならびに 2002 年 4 月 4 日に公開された国際公開第 02/26658 号パンフレット、国際公開第 02/27048 号パンフレット、および国際公開第 02/27049 号パンフレットを参照のこと）。強化のために使用されるセラミック材料の例としては、粒子、不連続纖維（ウイスカーを含む）および連続纖維、ならびにセラミックプリフォームが挙げられる。

【0003】

典型的には、セラミック材料が金属に組入れられて、セラミック材料を伴わずに金属から製造された物品と比較して向上した機械的特性を有する金属マトリックス複合体（MMC）を提供する。たとえば、モータ付き車両（たとえば、車およびトラック）用の従来のブレーキキャリパは、典型的には、鋳鉄から製造される。車両の全重量、および特にブレーキキャリパなどのはね下重量を低減するために、より軽量の部品および／または材料を使用したいという要望がある。セラミック酸化物材料の配置を含む、MMC の設計を助け、かつ特定の用途に必要なセラミック酸化物材料の量を最小にするための 1 つの技術が、有限要素分析である。

【0004】

鋳造アルミニウムから製造されたブレーキキャリパは、同じ（すなわち、同じサイズおよび構成）、鋳鉄から製造されたキャリパより約 50 重量 % 軽い。鋳造アルミニウムおよび鋳鉄の機械的特性は、同じではない（たとえば、鋳鉄のヤング率は約 100 ~ 170 GPa であり、一方、鋳造アルミニウムの場合は約 70 ~ 75 GPa であり、鋳鉄の降伏強度は 300 ~ 700 MPa であり、一方、鋳造アルミニウムの場合は 200 ~ 300 MPa である）。したがって、所与のサイズおよび形状について、鋳造アルミニウムから製造

10

20

30

40

50

されたブレーキキャリパは、鋳鉄キャリパより著しく低い、曲げ剛性および降伏強度などの機械的特性を有する。典型的には、そのようなアルミニウムブレーキキャリパの機械的特性は、鋳鉄ブレーキキャリパと比較して受け入れられないほど低い。鋳鉄ブレーキキャリパと同じ構成および少なくとも同じ（またはより良好な）曲げ剛性および降伏強度などの機械的特性を有するアルミニウム金属マトリックス複合体材料（たとえば、セラミック繊維で強化されたアルミニウム）から製造されたブレーキキャリパが望ましい。

#### 【0005】

いくつかのMMC物品のための1つの考慮事項は、形成後の機械加工（たとえば、穴またはねじ山を加えるか、そうでなければ、材料を切取って所望の形状をもたらすこと）または他の処理（たとえば、2つのMMC物品をともに溶接して、複雑な形状の部品を製造すること）の必要である。多くの従来のMMCは、典型的には、機械加工または溶接を非実際的または不可能にさえするのに十分なセラミック強化材料を含有する。しかし、たとえあるとしても形成後の機械加工または処理をほとんど必要としない「ネット形」物品を製造することが望ましい。「ネット形」物品を製造する技術は、当該技術において知られている（たとえば、米国特許第5,234,045号明細書（シスコ（Cisko））および米国特許第5,887,684号明細書（ドール（Doe11）ら）を参照のこと）。さらに、またはあるいは、実行可能な程度に、セラミック強化材を、機械加工、または溶接などの他の処理を妨げる恐れがある領域において、低減してもよいし、配置しなくてよい。

#### 【0006】

MMCの設計および製造の別の考慮事項は、セラミック強化材料のコストである。商品名「ネクステル（NEXTEL）610」でミネソタ州セント・ポールの3Mカンパニー（3M Company, St. Paul, MN）によって販売されるものなどの連続した多結晶アルファアルミナ繊維の機械的特性は、アルミニウムなどの低密度金属と比較して高い。さらに、多結晶アルファアルミナ繊維などのセラミック酸化物材料のコストは、アルミニウムなどの金属よりかなり大きい。したがって、セラミック酸化物材料によって与えられる特性を最大にするために、使用されるセラミック酸化物材料の量を最小にし、かつセラミック酸化物材料の配置を最適化することが望ましい。

#### 【0007】

さらに、金属マトリックス複合体物品を製造するために比較的容易に使用することができるパッケージ内または形態のセラミック強化材料を提供することが望ましい。

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

2002年4月4日に公開された国際公開第02/26658号パンフレット、国際公開第02/27048号パンフレット、および国際公開第02/27049号パンフレットは、金属マトリックス複合体物品を製造するために比較的容易に使用することができるパッケージ内または形態のセラミック強化材料の必要に対処する実施形態の説明を含むが、付加的な解決策、ならびに、および/または代わりに、好ましくは従来の金属マトリックス複合体物品より優れた特性を有する、金属マトリックス複合体物品を提供する他の新規な方法が望まれる。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

一態様において、本発明は、金属マトリックス複合体物品を強化するためのインサートおよびその製造方法を提供する。別の態様において、本発明は、インサート（たとえば、1、2、3、4、5、6、またはそれ以上のインサート）で強化された金属マトリックス複合体物品およびその製造方法を提供する。

#### 【0010】

少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属（たとえば、銀、金、それらの合金、およびそれらの組合せ）少なくとも8マイクロメートル（実施形

10

20

30

40

50

態によっては、好ましくは、少なくとも 10 マイクロメートル、少なくとも 12 マイクロメートル、またはさらには少なくとも 15 マイクロメートル、より好ましくは、12 から 15 マイクロメートルの範囲内) を含む、本発明による金属マトリックス複合体物品を強化するためのインサートとして使用される本発明による金属マトリックス複合体物品の実施形態。そのような実施形態は、典型的には、インサートとインサートを含む金属マトリックス複合体物品の金属との間の非常に望ましい結合(たとえば、実施形態によっては、好ましくは、酸素が存在しない結合界面および/または少なくとも 100 MPa(実施形態によっては、好ましくは、少なくとも 125 MPa、少なくとも 150 MPa、少なくとも 175、またはさらには少なくとも 180 MPa) のピーク結合強度値) を有する金属マトリックス複合体物品を提供することができる。理論に縛られるわけではないが、少なくとも 200 を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属の存在が、インサートとインサートを含む金属マトリックス複合体物品の金属との間の結合を得るのを容易にするのを助けると考えられる。さらに、理論に縛られるわけではないが、少なくとも 200 を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属の存在が、インサートとインサートを含む金属マトリックス複合体物品の金属との間の界面に酸素を存在させなくするのを容易にするのを促進すると考えられる。

#### 【0011】

一実施形態において、本発明は、  
実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金(たとえば、200、300、400、700、および/または600系(実施形態によっては、好ましくは200系)アルミニウム合金)およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属であって、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する第1の金属と、

第1の金属の外面上の第2の金属であって、少なくとも 200 を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有し(たとえば、銀、金、それらの合金、およびそれらの組合せ)、厚さが少なくとも 8 マイクロメートル(実施形態によっては、好ましくは、少なくとも 10 マイクロメートル、少なくとも 12 マイクロメートル、またはさらには少なくとも 15 マイクロメートル、より好ましくは、12 から 15 マイクロメートルの範囲内、別の態様において、典型的には 20 マイクロメートル未満)である第2の金属とを含む第1の金属マトリックス複合体物品(たとえば、金属マトリックス複合体物品を強化するためのインサート)を提供する。

#### 【0012】

必要に応じて、第1の金属マトリックス複合体物品は、第2の金属と第1の金属の外面との間に第3の金属(たとえば、Ni)をさらに含む。

#### 【0013】

別の態様において、本発明は、本発明による第1の金属マトリックス複合体物品を製造する方法であって、

アルミニウム、その合金(たとえば、200、300、400、700、および/または600系(実施形態によっては、好ましくは200系)アルミニウム合金)およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属中に、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を、第1の金属が実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、第1の金属が外面を有するように固定する工程と、

第1の金属の外面上に第2の金属を供給して、金属マトリックス複合体物品を提供する工程であって、第2の金属は、少なくとも 200 を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する(たとえば、銀、金、それらの合金、およびそれらの組合せ)工程とを含む方法を提供する。

#### 【0014】

本発明による第1の金属マトリックス物品の1つの好ましい実施形態において、本発明は、

実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および／または6000系（実施形態によつては、好ましくは200系）アルミニウム合金）およびそれらの組合せからなる群から選択される金属であつて、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿つて延在し、外面を有する金属と、

金属の外面上にあり、外面を有するNiと、

Niの外面上にあり、厚さが少なくとも8マイクロメートル（実施形態によつては、好ましくは、10マイクロメートル、12マイクロメートル、またはさらには15マイクロメートル、より好ましくは、12から15マイクロメートルの範囲内、別の態様において、典型的には20マイクロメートル未満）であるAgとを含む第2の金属マトリックス複合体物品（たとえば、金属マトリックス複合体物品を強化するためのインサート）を提供する。

#### 【0015】

別の態様において、本発明は、本発明による第2の金属マトリックス複合体物品を製造する方法であつて、

アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される金属中に、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を、金属が実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿つて延在し、金属が外面を有するように固定する工程と、

金属の外面上にNiを提供する工程であつて、Niが外面を有する工程と、

Niの外面上にAgを提供して、

金属マトリックス複合体物品を提供する工程とを含む方法を提供する。

#### 【0016】

一実施形態において、本発明は、第1の金属と、第1の金属を強化するインサートとを含む第3の金属マトリックス複合体物品であつて、第1の金属が、アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および／または6000系（実施形態によつては、好ましくは300または400系）アルミニウム合金）およびそれらの組合せからなる群から選択され、インサートが、実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および／または6000系（実施形態によつては、好ましくは200系）アルミニウム合金）およびそれらの組合せからなる群から選択される第2の金属とを含み、第2の金属が、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、第2の金属が、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿つて延在し、第1の金属とインサートとの間に界面層があり、少なくとも100MPa（実施形態によつては、好ましくは、少なくとも125MPa、少なくとも150MPa、少なくとも175、またはさらには少なくとも180MPa）の、第1の金属とインサートとの間の界面層ピーク結合強度値がある、第3の金属マトリックス複合体物品を提供する。実施形態によつては、好ましくは、界面層には酸素がない。別の態様において、界面層は、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する第4の金属（たとえば、銀、金、それらの合金、およびそれらの組合せ）の平均量を含んでもよく、そのような金属の平均量は、第1の金属中より界面層中で（たとえば、少なくとも15、20、25、30、35、40、45、またはさらには50重量パーセント）高い。別の態様において、界面層は、第1の金属中に存在するより高いAgおよびNiの平均量（たとえば、各AgおよびNiの、少なくとも15、20、25、30、35、40、45、またはさらには50重量パーセント）を含んでもよい。別の態様において、第1および第2の金属は各々、融点を有してもよく、第2の金属の融点は、第1の金属の融点より、少なくとも10、15、20、25、30、35、40、45、またはさらには50高い。別の態様において、第1の金属および第2の金属は、異なるてもよい（たとえば、アルミニウムおよびアルミニウム合金、または異なるアルミニウム合金）。

10

20

30

40

50

## 【0017】

任意に、第3の金属マトリックス複合体物品は、2、3、4、5、6、またはそれ以上のインサートを含む。任意に、インサートは、同じまたは異なった組成を有するか、または、いくつかのインサートが同じ組成を有し、他のインサートが異なった組成を有する。

## 【0018】

別の態様において、本発明は、本発明による第3の金属マトリックス複合体物品を製造する方法であって、

インサートをモールド内に配置する工程であって、インサートが、実質的に連続したセラミック酸化物繊維と、アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および／または6000系（実施形態によっては、好ましくは200系）アルミニウム合金）およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属であって、実質的に連続したセラミック酸化物繊維を所定位置に固定し、実質的に連続したセラミック酸化物繊維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する第1の金属と、第1の金属の外面上の第2の金属であって、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する（たとえば、銀、金、それらの合金、およびそれらの組合せ）第2の金属とを含む工程と、

アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および／または6000系（実施形態によっては、好ましくは300または400系）アルミニウム合金）およびそれらの組合せからなる群から選択される溶融した第3の金属をモールド内に供給する工程と、

溶融した第3の金属を冷却して、金属マトリックス複合体物品を提供する工程とを含む方法を提供する。

## 【0019】

別の態様において、本発明は、本発明による第3の金属マトリックス複合体物品の好ましい実施形態を製造する方法であって、

インサートをモールド内に配置する工程であって、インサートが、実質的に連続したセラミック酸化物繊維と、アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および／または6000系（実施形態によっては、好ましくは200系）アルミニウム合金）およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属であって、実質的に連続したセラミック酸化物繊維を所定位置に固定し、実質的に連続したセラミック酸化物繊維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する第1の金属と、第1の金属の外面上にあり、外面を有するNiと、Niの外面上のAgとを含む工程と、

アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および／または6000系（実施形態によっては、好ましくは300または400系）アルミニウム合金）およびそれらの組合せからなる群から選択される溶融した第2の金属を、モールド内に供給する工程と、

溶融した第2の金属を冷却して、金属マトリックス複合体物品を提供する工程とを含む方法を提供する。

## 【0020】

別の態様において、本発明は、金属マトリックス複合体物品を製造するための金属マトリックス複合体インサートを製造するための方法であって、

金属マトリックス複合体強化インサートを含むように金属マトリックス複合体物品を設計し、

実質的に連続したセラミック酸化物繊維と、アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および／または6000系（実施形態によっては、好ましくは200系）アルミニウム合金）およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属であって、実質的に連続したセラミック酸化物繊維を所定位置に固定し、実質的に連続したセラミック酸化物繊維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在する第1の金属を含むようにインサートを設計する工程と、

得られる設計に基づいて、

10

20

30

40

50

実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属であって、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長手方向の少なくとも一部に沿って延在し、外面を有する第1の金属を含み、

第1の金属の外面上の第2の金属であって、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有し（たとえば、銀、金、それらの合金、およびそれらの組合せ）、厚さが少なくとも8マイクロメートル（実施形態によっては、好ましくは、10マイクロメートル、12マイクロメートル、またはさらには15マイクロメートル、より好ましくは、12から15マイクロメートルの範囲内、別の態様において、典型的には20マイクロメートル未満）である第2の金属をさらに含む金属マトリックス複合体強化インサートを製造する工程とを含む方法を提供する。  
10

### 【0021】

別の態様において、本発明は、金属マトリックス複合体物品を製造するための金属マトリックス複合体インサートを製造するための方法であって、

金属マトリックス複合体強化インサートを含むように金属マトリックス複合体物品を設計し、

実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および/または600系（実施形態によっては、好ましくは200系）アルミニウム合金）およびそれらの組合せからなる群から選択される金属であって、第1の金属が、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、金属が、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長さの少なくとも一部に沿って延在する、実質的に連続したセラミック酸化物纖維および金属を含むようにインサートを設計する工程と、  
20

得られる設計に基づいて、

実質的に連続したセラミック酸化物纖維と、アルミニウム、その合金およびそれらの組合せからなる群から選択される金属であって、第1の金属が、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定し、金属が、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長さの少なくとも一部に沿って延在し、第1の金属が外面を有する、実質的に連続したセラミック酸化物纖維および金属を含み、

金属の外面上にあり、外面を有するNiと、  
30

Niの外面上のAgであって、Niの厚さが少なくとも8マイクロメートル（いくつかの実施形態において、好ましくは、10マイクロメートル、12マイクロメートル、またはさらには15マイクロメートル、より好ましくは、12から15マイクロメートルの範囲内、別の態様において、典型的には20マイクロメートル未満）であるAgとをさらに含む金属マトリックス複合体強化インサートを準備する工程とを含む方法を提供する。

### 【0022】

意外にも、本発明による方法の実施形態を使用して、モールド内の溶融金属が75秒未満（実施形態によっては、好ましくは60秒未満）の間溶融状態である、金属マトリックス複合体物品を製造することができる。これとは対照的に、従来の方法は、モールド内の溶融金属が200秒以上の間溶融状態であることを必要とする傾向がある。理論に縛られることを望まないが、少なくとも200を超えて正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属の存在が、インサートと金属マトリックス複合体物品の金属との間の結合の形成を可能にし（実施形態によっては、好ましくは、界面における酸化物層を伴わずに）、したがって、冶金結合を行うために酸化物層を分解しようと試みるために、適用できるような溶融アルミニウムまたはアルミニウム合金による界面の長期間の加熱を必要としないと考えられる。  
40

### 【0023】

本出願において、

「少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギー」は、量  $G^0_{rxn} = H^0_{rxn} - T S^0_{rxn}$  を指し、ここで、  $H^0_{rxn}$  は、kJ/mol単位の酸化反応のエンタル  
50

ピーであり、Tは、ケルビン度単位で表した温度であり、 $S^0_{rxn}$ は、200 (473 °K)を超える温度について正のままである酸化反応のエントロピー (kJ/mol °K 単位) であり、

「ピーク結合強度値」は、以下で説明される「ピーク結合強度」テストによって定められるようなピーク結合強度値を指し、

「酸素が存在しない」とは、実施例3で説明されるように光学顕微鏡で250倍で見たとき界面において目で識別できる連続酸化物層がないことを意味し、

「実質的に連続したセラミック酸化物纖維」は、長さが少なくとも5cmのセラミック酸化物纖維を指す。

#### 【0024】

本発明による第1および第2の金属マトリックス複合体物品は、たとえば、金属マトリックス複合体物品の強化材料を提供するのに有用である。本発明の態様の1つの利点は、(元の)金属(たとえば、鋳鉄)から製造された既存の物品が、実質的に連続した纖維で強化された別の金属(たとえば、アルミニウム)から製造され、後者(すなわち、物品の金属マトリックス複合体バージョン)が、元の金属から製造された元の物品の使用に必要なものに少なくとも等しい特定の所望の特性(たとえば、ヤング率、降伏強度、および延性)を有するように再設計されることを考慮することである。必要に応じて、物品は、元の物品と同じ物理的寸法を有するように再設計してもよい。

#### 【0025】

本発明による第3の金属マトリックス物品の例としては、ブレーキキャリパ、高速回転リング、および産業機械用高速機械アームが挙げられる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0026】

本発明は、少なくとも1つの金属と、実質的に連続したセラミック酸化物纖維とを含む金属マトリックス複合体物品を提供する。典型的には、本発明による金属マトリックス複合体物品は、所望の特性、低成本、および製造の容易さの、最適な、または少なくとも受け入れられるバランスを達成するように、特定の用途のために設計される。

#### 【0027】

典型的には、インサートなどの、本発明による金属マトリックス複合体物品は、特定の用途のため、および/または、特定の特性および/または特徴を有するように設計される。たとえば、1つの金属(たとえば、鋳鉄)から製造された既存の物品は、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を含む材料で強化された別の金属(たとえば、アルミニウム)から製造され、後者(すなわち、物品の金属マトリックス複合体バージョン)が、第1の金属から製造された元の物品の使用に必要なものに少なくとも等しい特定の所望の特性(たとえば、ヤング率、降伏強度、および延性)を有するように再設計されるように選択される。任意に、物品は、元の物品と同じ物理的寸法を有するように再設計してもよい。

#### 【0028】

所望の金属マトリックス複合体物品構成、所望の特性、それが製造されることが好ましいであろう、可能な金属およびセラミック酸化物材料、ならびに、それらの材料の関連する特性を集め使用して、可能な適切な構造を提供する。いくつかの実施形態において、可能な構造を生じさせるための好ましい方法は、従来のコンピュータシステム(中央処理ユニット(CPU)ならびに入力および出力デバイスの使用を含む)の助けで実行されるFEAソフトウェアの使用を含む、有限要素分析(FEA)を用いることである。商品名「アンシス(ANSYS)」でペンシルバニア州キャノンズバーグのアンシス・インコーポレイテッド(Ansys, Inc., Canonsburg, PA)によって販売されるものを含む適切なFEAソフトウェアが市販されている。FEAは、物品を数学的にモデル化し、連続したセラミック酸化物纖維、金属、およびおそらくは他の材料の配置が所望の特性レベルをもたらす領域を特定するのを助ける。FEAのいくつかの反復を実行して、より好ましい設計を得ることが、典型的には必要である。

#### 【0029】

10

20

30

40

50

図1を参照すると、本発明による例示的な第1の金属マトリックス複合体物品（実施形態によっては、また、本発明による例示的な第2の金属マトリックス複合体物品である）10は、実質的に連続した（図示されているように、長手方向に整列された）セラミック酸化物纖維12と、アルミニウムまたはその合金14と、外面15と、少なくとも200

を超えて正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属16と、任意の付加的な金属（たとえば、Ni）18と、任意の金属18の外面17とを含む。金属マトリックス複合体物品10は、本発明による金属マトリックス複合体物品を製造するのに有用であり、後者の物品の付加的な金属は、アルミニウムまたはその合金14と同じであるか異なることができる。

【0030】

図2を参照すると、本発明による例示的な第1の金属マトリックス複合体物品（実施形態によっては、また、本発明による例示的な第2の金属マトリックス複合体物品である）20は、実質的に連続した（図示されているように、長手方向に整列された）セラミック酸化物纖維22と、アルミニウムまたはその合金24と、外面25と、少なくとも200

を超えて正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属26と、任意の付加的な金属（たとえば、Ni）28と、任意の金属28の外面27とを含む。金属マトリックス複合体物品20は、本発明による金属マトリックス複合体物品を製造するのに有用であり、後者の物品の付加的な金属は、アルミニウムまたはその合金24と同じであるか異なることができる。

【0031】

本発明のいくつかの例示的な実施形態において、連続したセラミック酸化物纖維は、互いに略平行であるように、実質的に長手方向に整列される。セラミック酸化物纖維を、個別の纖維として、本発明による第1の金属マトリックス複合体物品（または、実施形態によっては、また、第2の金属マトリックス複合体物品）に組入れてもよいが、それらは、より典型的には、束またはトウの形態の纖維のグループとして、第1の金属マトリックス複合体物品（または、実施形態によっては、また、第2の金属マトリックス複合体物品）に組入れられる。束またはトウ内の纖維は、互いに長手方向に整列された（すなわち、略平行な）関係で維持してもよい。複数の束またはトウが使用される場合、纖維束または纖維トウも、互いに長手方向に整列された（すなわち、略平行な）関係で維持される。実施形態によっては、連続したセラミック酸化物纖維がすべて、本質的に長手方向に整列された構成で維持され、個別の纖維整列が、それらの平均長手方向軸の±10°、より好ましくは±5°、最も好ましくは±3°以内に維持されることが好ましい。

【0032】

本発明による金属マトリックス複合体物品は、場合によって、セラミック酸化物纖維が、まっすぐとは対照的に湾曲している（すなわち、平面状に延在しない）ことが、好ましいか必要であろう。したがって、たとえば、セラミック酸化物纖維は、纖維の長手方向全体にわたって平面、纖維長さ全体にわたって非平面（すなわち、湾曲した）であってもよいし、それらは、いくつかの部分で平面であり、他の部分で非平面（すなわち、湾曲した）であってもよい。実施形態によっては、実質的に連続したセラミック酸化物纖維は、金属マトリックス複合体物品の湾曲した部分全体にわたって、実質的に交差しない曲線の配列で維持される（すなわち、長手方向に整列される）。実施形態によっては、実質的に連続したセラミック酸化物纖維は、金属マトリックス複合体物品の湾曲した部分全体にわたって、互いに実質的に等距離の関係で維持される。

【0033】

たとえば、図3Aおよび図3Bは、図4A、図4B、図4C、および図4Dの本発明による他の第1の例示的な金属マトリックス複合体物品（実施形態によっては、また、本発明による例示的な第2の金属マトリックス複合体物品である）（インサート）30であり、金属マトリックス複合体物品（インサート）30は、実質的に連続した（図示されているように、長手方向に整列された）セラミック酸化物纖維32と、アルミニウムまたはその合金34と、外面35と、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギー

10

20

30

40

50

を有する金属 3 6 と、任意の付加的な金属（たとえば、Ni）3 8 と、任意の金属 3 8 の外面 3 7 とを含む。実質的に連続したセラミック酸化物纖維 3 2 は、セクションライン B B とセクションライン C Cとの間およびセクションライン D D とセクションライン E Eとの間で実質的に平面であり、セクションライン C C とセクションライン D Dとの間で湾曲している。あるいは、長手方向に整列された、実質的に連続したセラミック酸化物纖維は、それらの長手方向全体にわたって非平面であってもよい。

#### 【0034】

たとえば、図 5 を参照すると、本発明による別の第 1 の例示的な金属マトリックス複合体物品（実施形態によっては、また、本発明による例示的な第 2 の金属マトリックス複合体物品である）（インサート）5 0 が、実質的に連続した（図示されているように、長手方向に整列された）セラミック酸化物纖維 5 2 と、アルミニウムまたはその合金 5 4 と、外面 5 5 と、少なくとも 2 0 0 ° を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属 5 6 と、任意の付加的な金属（たとえば、Ni）5 8 と、任意の金属 5 8 の外面 5 7 とを含み、実質的に連続したセラミック酸化物纖維 5 2 は、それらの長手方向全体にわたって湾曲している。後者のタイプのインサートから製造することができる金属マトリックス複合体物品の一例が、図 6 に示されているような金属マトリックス複合体リングである。リング 6 0 が、アルミニウムまたはその合金 5 4 と、セラミック酸化物纖維 5 2（図 5 を参照のこと）とを含む。そのようなリングは、たとえば、それらが大きい遠心力を受ける高速回転機に有用である。

#### 【0035】

別の態様において、本発明による金属マトリックス複合体物品は、場合によって、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の、2 つ、3 つ、4 つ、またはそれ以上のプライを有する（すなわち、プライが、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の少なくとも 1 つの層（実施形態によっては、好ましくは、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を含むトウの少なくとも 1 つの層）である）ことが、好ましいか必要であろう。プライは、さまざまな方法のいずれで互いに対してもよい。互いに対するプライの関係の例が、図 7 および図 8 に示されている。図 7 を参照すると、本発明による例示的な第 1 の金属マトリックス複合体物品（実施形態によっては、また、本発明による例示的な第 2 の金属マトリックス複合体物品である）（インサート）7 0 が、実質的に連続した（図示されているように、長手方向に整列された）セラミック酸化物纖維の第 1 のプライ 7 1 および第 2 のプライ 7 2、アルミニウムまたはその合金 7 4、外面 7 5 と、少なくとも 2 0 0 ° を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属 7 6、ならびに任意の付加的な金属（たとえば、Ni）7 8、および任意の金属 7 8 の外面 7 7 を含む。実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第 1 のプライ 7 1 は、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の第 2 のプライ 7 2 に対して、45° で位置決めされるが、特定の用途によっては、プライの、別のプライに対する位置の差が、0 を超える度から 90° のどこでもよい。実施形態によっては、用途に応じて、プライの、別のプライに対する好ましい位置決めが、約 30° から約 60° の範囲内、またはさらには、たとえば、約 40° から約 50° の範囲内であってもよい。必要に応じて、本発明による金属マトリックス複合体物品は、2 つ以上のプライを有することができる。

#### 【0036】

纖維のグルーピングが、また、図 8 に示されたような実質的に連続したセラミック酸化物纖維で巻かれることから利益を得てもよく、金属マトリックス複合体物品（インサート）8 0 が、実質的に連続した（図示されているように、長手方向に整列された）セラミック酸化物纖維 8 1 の周りに螺旋状に巻かれた実質的に連続した（図示されているように、長手方向に整列された）セラミック酸化物纖維 8 2、アルミニウムまたはその合金 8 4、外面 8 5、少なくとも 2 0 0 ° を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属 8 6、ならびに任意の付加的な金属（たとえば、Ni）8 8、および任意の金属 8 8 の外面 8 7 を含む。実質的に連続したセラミック酸化物纖維のプライによって提供される特性から利益を得てもよい金属マトリックス複合体物品の一例としては、使用中、2 つの垂直な軸

10

20

30

40

50

を中心とした曲げ力を受ける物品が挙げられる。

【0037】

典型的には、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長さは、少なくとも10cm(しばしば、少なくとも15cm、20cm、25cm、またはそれ以上)である。本発明の実施形態によつては、実質的に連続したセラミック酸化物纖維は、トウの形態である(すなわち、トウは、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を含む)。典型的には、トウを構成する実質的に連続したセラミック酸化物纖維の長さは、少なくとも10cm(しばしば、少なくとも15cm、20cm、25cm、またはそれ以上)である。

【0038】

セラミック酸化物纖維は、実質的に連続した、長手方向に整列されたセラミック酸化物纖維を含むことができるか、実質的に連続した、長手方向に整列されたセラミック酸化物纖維から本質的になることさえでき、ここで、「長手方向に整列された」は、纖維の長さに対する纖維の略平行な整列を指す。

【0039】

実施形態によつては、本発明による金属マトリックス複合体物品を製造するために使用される実質的に連続した強化セラミック酸化物纖維は、好ましくは、平均直径が少なくとも約5マイクロメートルである。いくつかの実施形態において、平均纖維直径は、約20マイクロメートル以下、より好ましくは、約100マイクロメートル以下である。纖維のトウの場合、実施形態によつては、平均纖維直径は、好ましくは、約50マイクロメートル以下、より好ましくは、約25マイクロメートル以下である。

【0040】

実施形態によつては、実質的に連続したセラミック酸化物纖維のヤング率は、約70GPaより大きく、より好ましくは、少なくとも100GPa、少なくとも150GPa、少なくとも200GPa、少なくとも250GPa、少なくとも300GPa、またはさらには、少なくとも350GPaである。

【0041】

実施形態によつては、好ましくは、連続したセラミック酸化物纖維の平均引張強度は、少なくとも約1.4GPa、より好ましくは、少なくとも約1.7GPa、さらに好ましくは、少なくとも約2.1GPa、最も好ましくは、少なくとも約2.8GPaであるが、特定の用途によつては、より低い平均引張強度を有する纖維も有用であろう。

【0042】

連続したセラミック酸化物纖維は、1つのフィラメントとして、またはともにグループ化されて(たとえば、ヤーンまたはトウのように)市販されている。ヤーンまたはトウは、たとえば、1トウあたり少なくとも420の個別の纖維、1トウあたり少なくとも760の個別の纖維、1トウあたり少なくとも2600の個別の纖維、またはそれ以上を含んでもよい。トウは、纖維技術において周知であり、整列された撚られていな形態で集められた複数の(個別の)纖維(典型的には少なくとも100の纖維、より典型的には少なくとも400の纖維)を指し、一方、ヤーンは、ある程度の撚りまたはロープ状構造を示唆する。セラミック酸化物纖維のトウを含むセラミック酸化物纖維は、さまざま長さで利用可能である。纖維は、円形または橢円形である断面形状を有してもよい。

【0043】

有用なセラミック酸化物纖維の例としては、アルファアルミナ纖維、アルミノシリケート纖維、およびアルミノボロシリケート纖維が挙げられる。他の有用なセラミック酸化物纖維は、本開示を検討後、当業者には明らかであろう。

【0044】

アルミナ纖維を製造する方法は、当該技術において知られており、米国特許第4,954,462号明細書(ウッド(Wood)ら)に開示された方法が挙げられる。実施形態によつては、好ましくは、アルミナ纖維は、多結晶アルファアルミナベースの纖維であり、理論的酸化物ベースで、アルミナ纖維の総重量を基準にして、約99重量パーセントを超えるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約0.2~0.5重量パーセントのSiO<sub>2</sub>とを含む。別の態様にお

10

20

20

30

40

50

いて、いくつかの実施形態において、好ましい多結晶アルファアルミナベースの纖維は、平均粒度が1マイクロメートル未満（より好ましくは、0.5マイクロメートル未満）のアルファアルミナを含む。別の態様において、実施形態によっては、好ましい多結晶アルファアルミナベースの纖維の平均引張強度は、少なくとも1.6GPa（好ましくは、少なくとも2.1GPa、より好ましくは、少なくとも2.8GPa）である。アルファアルミナ纖維は、たとえば、ミネソタ州セント・ポールの3Mカンパニー（3M Company of St. Paul, MN）から商品名「ネクステル（NEXTEL）610」で市販されている。纖維の総重量を基準にして、約89重量パーセントのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、量10重量パーセントのZrO<sub>2</sub>と、約1重量パーセントのY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とを含む別のアルファアルミナ纖維が、商品名「ネクステル650」で3Mカンパニーから市販されている。

10

## 【0045】

アルミノシリケート纖維を製造する方法は、当該技術において知られており、米国特許第4,047,965号明細書（カルスト（Karst）ら）に開示された方法が挙げられる。実施形態によっては、好ましくは、アルミノシリケート纖維は、理論的酸化物をもとに、アルミノシリケート纖維の総重量を基準にして、約67から約85重量パーセントの範囲内のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約33から約15重量パーセントの範囲内のSiO<sub>2</sub>とを含む。いくつかの実施形態において、好ましいアルミノシリケート纖維は、理論的酸化物をもとに、アルミノシリケート纖維の総重量を基準にして、約67から約77重量パーセントの範囲内のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約33から約23重量パーセントの範囲内のSiO<sub>2</sub>とを含む。実施形態によっては、好ましいアルミノシリケート纖維は、理論的酸化物をもとに、アルミノシリケート纖維の総重量を基準にして、約85重量パーセントのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約15重量パーセントのSiO<sub>2</sub>とを含む。実施形態によっては、好ましいアルミノシリケート纖維は、理論的酸化物をもとに、アルミノシリケート纖維の総重量を基準にして、約73重量パーセントのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、約27重量パーセントのSiO<sub>2</sub>とを含む。アルミノシリケート纖維は、たとえば、3Mカンパニーから、商品名「ネクステル440」、「ネクステル720」、および「ネクステル550」で市販されている。

20

## 【0046】

アルミノボロシリケート纖維を製造する方法は、当該技術において知られており、米国特許第3,795,524号明細書（ソーマン（Sowman））に開示された方法が挙げられる。いくつかの実施形態において、好ましくは、アルミノボロシリケート纖維は、理論的酸化物をもとに、アルミノボロシリケート纖維の総重量を基準にして、約35重量パーセントから約75重量パーセント（またはさらには、たとえば、約55重量パーセントから約75重量パーセント）のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と、0重量パーセントを超える（またはさらには、たとえば、少なくとも約15重量パーセント）、かつ約50重量パーセント未満（または、たとえば、約45重量パーセント未満、またはさらには約44重量パーセント未満）のSiO<sub>2</sub>と、約5重量パーセントを超える（または、たとえば、約25重量パーセント未満、約1重量パーセント未満から約5重量パーセント、またはさらには約2重量パーセント未満から約20重量パーセント）B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とを含む。アルミノボロシリケート纖維は、たとえば、3Mカンパニーから商品名「ネクステル312」で市販されている。

30

## 【0047】

市販の実質的に連続したセラミック酸化物纖維は、しばしば、潤滑性をもたらし、かつ取扱いの間に纖維ストランドを保護するために、纖維の製造の間に纖維に加えられる有機サイジング材料を含む。サイジングは、纖維の破損を低減し、静電気を低減し、たとえばファブリックへの加工の間にほこりの量を低減する傾向があると考えられる。サイジングは、たとえば、溶解するか焼払うことによって、除去することができる。

40

## 【0048】

セラミック酸化物纖維上にコーティングを有することも、本発明の範囲内である。コーティングは、たとえば、纖維の湿潤性を向上させ、纖維と溶融金属マトリックス材料との間の反応を低減または防止するために使用してもよい。そのようなコーティング、およびそのようなコーティングを提供する技術は、纖維セラミック複合体および金属マトリック

50

ス複合体の技術において知られている。

【0049】

本発明による第3の金属マトリックス複合体物品の場合、インサートのアルミニウムまたはアルミニウム合金および第3の金属マトリックス複合体物品のアルミニウムまたはアルミニウム合金は、典型的には異なるが、同じであることができる。本発明による金属マトリックス複合体物品（インサートを含む）を製造するために使用され、かつそれらを構成するアルミニウムおよびアルミニウム合金は、不純物を含有してもよいが、実施形態によっては、比較的純粋な金属（すなわち、0.1重量パーセン未満、またはさらには0.05重量パーセント未満の不純物を含む金属（すなわち、Fe、Si、および/またはMgの各々の0.25重量パーセント未満、0.1重量パーセント、またはさらには0.05重量パーセント未満））を使用することが好ましいであろう。より高い純度の金属は、より高い引張強度の材料を製造するために好ましい傾向があるが、金属のより低い純度の形態も有用である。10

【0050】

適切なアルミニウムおよびアルミニウム合金が市販されている。たとえば、アルミニウムは、ペンシルバニア州ピッツバーグのアルコア（Alcoa of Pittsburgh, PA）から商品名「スーパー・ピュア・アルミニウム（SUPER PURE ALUMINUM）；99.99% Al」で入手可能である。アルミニウム合金（たとえば、Al-2重量% Cu（0.03重量%の不純物）は、ニューヨーク州ニューヨークのベルモント・メタルズ（Belmont Metals, New York, NY）から得ることができる。実施形態によっては、好ましいアルミニウム合金の例としては、少なくとも98重量パーセントのAlを含む合金、少なくとも1.5重量パーセントのCuを含むアルミニウム合金（たとえば、合金の総重量を基準にして、1.5から2.5、好ましくは1.8から2.2重量パーセントのCuの範囲内のCuを含むアルミニウム合金）、ならびに200（たとえば、A201.1アルミニウム合金、201.2アルミニウム合金、A206.0アルミニウム合金、および224.2アルミニウム合金）、300（たとえば、A319.1アルミニウム合金、354.1アルミニウム合金、355.2アルミニウム合金、およびA356.1アルミニウム合金）、および/または400（たとえば、443.2アルミニウム合金および444.2アルミニウム合金）、700（たとえば、713アルミニウム合金）、および6000（たとえば、6061アルミニウム合金）系アルミニウム合金が挙げられる。2030

【0051】

特定値外の、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属の厚さも有用であろうが、厚さが小さすぎる場合、コーティングは、インサートが予熱されると拡散する傾向があり、したがって、酸化から界面を保護しないか、そうでなければ、界面における酸化を低減するのを助けないことがあり、一方、過剰の厚さは、インサートの金属と金属マトリックス複合体物品の金属との間の望ましい結合強度の確立を妨げる傾向がある。少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属を堆積させる技術が、当該技術において知られており、電気めっきが挙げられる。40

【0052】

典型的には、任意のNiの厚さは、約1マイクロメートルより大きい、より典型的には2マイクロメートルより大きい、またはさらには3マイクロメートルより大きい。別の様において、典型的には、そのような金属の厚さは、約10マイクロメートル未満、より典型的には約5マイクロメートル未満である。これらの値外の厚さも有用であろうが、厚さが小さすぎる場合、コーティングは、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属の、インサートへの接着を助けるのにそれほど有用でない傾向があり、一方、過剰の厚さは、インサートの金属と金属マトリックス複合体の金属との間の望ましい結合強度の確立を妨げる傾向がある。実施形態によっては、Niは無電解堆積によって堆積される。

【0053】

本発明による第1または第2の金属マトリックス複合体物品（インサート）は、たとえば、意図された金属インサート設計のための所望の寸法および形状を有するマンドレル上に、複数の連続したセラミック酸化物纖維（実施形態によっては、好ましくはともにグループ化された（たとえば、ヤーンまたはトウのように））を巻くことによって製造することができる。実施形態によっては、好ましくは、巻かれている纖維は、サイジングされる。具体的なサイジングとしては、水（実施形態によっては、好ましくは脱イオン水）、ろう（たとえば、パラフィン）、およびポリビニルアルコール（PVA）が挙げられる。サイジングが水である場合、纖維を、典型的にはマンドレル上に巻く。巻きが完了した後、マンドレルをワインダから取外し、次に、巻かれた纖維が凍結するまで、冷却された冷却器内に配置する。凍結された巻かれた纖維を、必要に応じて切断することができる。たとえば、纖維を、4の隣接したプレートから構成されたマンドレルの周りに巻いた場合、矩形プレートを取外して、凍結された纖維プリフォームを提供することができる。プリフォームを片に切断して、小さいプリフォームを提供することができる。典型的には、サイジングを、金属マトリックス複合体物品（インサート）を形成するために使用する前に除去する。たとえば、形成された纖維をダイ（実施形態によっては、好ましくは黒鉛）内に配置し、次に、ダイを加熱することによって、サイジングを除去することができる。ダイを使用して、金属マトリックス複合体物品（たとえば、インサート）を製造する。

#### 【0054】

サイジングが存在する場合はサイジングを除去した後、金属マトリックス複合体物品（例えばインサート）を形成するために、ダイを、好ましくは一端でのみ開いている、缶、典型的にはステンレス鋼缶内に配置する。実施形態によっては、缶の内部は、保護し、その後の鋳造の間にアルミニウム／アルミニウム合金と缶との間の反応を最小にする、および／または、モールドからの金属マトリックス複合体物品の離型を容易にするために、好ましくは、窒化ホウ素または同様の材料でコーティングされる。ダイが中にある缶を、圧力鋳造機の圧力容器内に配置する。その後、アルミニウムおよび／またはアルミニウム合金（たとえば、インゴットから切断されたアルミニウムおよび／またはアルミニウム合金の片）を缶の上に配置する。次に、圧力容器を、空気を排気し、アルミニウム／アルミニウム合金の融点を超えて（典型的には、液相線温度より約80から約120高い）加熱する。所望の温度に達すると、ヒータをオフにし、次に、圧力容器を、典型的にはアルゴン（または同様の不活性ガス）で、約8.5から約9.5MPaの圧力に加圧し、溶融アルミニウム／アルミニウム合金を強制的にプリフォームに浸透させる。圧力容器内の圧力を、温度が下がるにつれて、ゆっくり減少させる。物品が凝固する（すなわち、その温度が約500未満に降下する）と、チャンバを bent し、鋳造金属マトリックス複合体物品（たとえば、インサート）をダイから取出し、次に、空气中でさらに冷却させる。

#### 【0055】

金属マトリックス複合体物品（たとえば、インサート）は、また、たとえば、スクイズキャストを含む当該技術において知られている他の技術によって、製造することができる。スクイズキャストの場合、たとえば、形成されたセラミック酸化物纖維をダイ（たとえば、鋼ダイ）内に配置し、存在するいかなるサイジングも焼払い、溶融アルミニウム／アルミニウム合金をダイキャビティに導入し、鋳造物品の凝固が完了するまで圧力を加えることができる。冷却後、得られた金属マトリックス複合体物品（たとえば、インサート）をダイから取出す。

#### 【0056】

たとえばインサートの表面上の酸化を除去または低減するために、結果として生じるインサートをさらに処理する（たとえば、サンドブラストする、および／または表面研削する（たとえば、垂直スピンドルダイヤモンドグラインダで））ことができる。インサートは、また、所望の形状をもたらすように、必要に応じて切断してもよい（ウォータージェットで切断することを含む）。次に、金属マトリックス複合体物品（たとえば、インサート）を、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属でコーティングする。任意に、Niなどの金属を、少なくとも200を超える正のギブス酸化

10

20

30

40

50

自由エネルギーを有する金属をコーティングする前に、金属マトリックス複合体物品（たとえば、インサート）上にコーティングする。Niの使用は、Agなどの金属の、インサートへの接着を助ける傾向がある。

#### 【0057】

特定の実質的に連続したセラミック酸化物纖維、マトリックス材料、および金属マトリックス複合体物品を製造するためのプロセス工程は、金属マトリックス複合体物品に所望の特性を付与するように選択される。たとえば、実質的に連続したセラミック酸化物纖維および金属マトリックス材料は、所望の物品を製造するために、互いに、かつ物品製造プロセスと、十分に適合性のあるように選択される。実施形態によっては、本発明による金属マトリックス複合体の領域を構成する金属は、好ましくは、たとえば、纖維外部上に保護コーティングを提供する必要をなくするために、金属マトリックスが、実質的に連続したセラミック酸化物纖維と著しく化学的に反応しない（すなわち、溶融金属に対して比較的化学的に不活性である）ように選択される。

#### 【0058】

本発明による第3の金属マトリックス複合体物品は、本発明によるインサートを使用して、一般に当該技術において知られている技術（たとえば、スクイズキャストおよび永久的な工具重力鋳造）を用いて、鋳造することができる。有限要素分析（FEA）モデル化を用いて、たとえば、所望の性能仕様を満たすためのセラミック酸化物纖維の最適な位置および量を特定することができる。そのような分析を用いて、たとえば、たとえば使用されるインサートの寸法、数、および位置を選択するのを助けることができる。典型的には、インサートおよび／またはダイを、鋳造前に予熱する。理論に縛られるわけではないが、インサートを予熱することは、インサートと第3の金属マトリックス複合体物品のアルミニウムおよび／またはアルミニウム合金との間の望ましい冶金結合を容易にすると考えられる。実施形態によっては、好ましくは、インサートを約500～600に予熱する。実施形態によっては、好ましくは、ダイを200～500に予熱する。鋳造は、典型的には空气中で行うことができるが、他の雰囲気（たとえば、アルゴン）中で鋳造することも本発明の範囲内である。

#### 【0059】

FEAを用いて、たとえば、本発明によるインサートおよび／または金属マトリックス複合体物品を鋳造するための鋳造技術、鋳造条件、および／またはモールド設計を選択するのを助けてもよい。商品名「プロキャスト（PROCAST）」でメリーランド州アナポリス（Annapolis, MD）のUESによって販売されるものを含む適切なFEAソフトウェアが市販されている。

#### 【0060】

上で説明したように、金属マトリックス複合体物品（インサートを含む）は、典型的には、個々の目的に応じて設計され、結果として、特定の特性を有し、特定の構成を有し、特定の材料から製造されることなどが望ましい。典型的には、モールドは、ネット形状またはほぼネット形状をもたらすように、鋳造すべき金属マトリックス複合体物品の所望の形状をもたらすように選択されるか製造される。ネット形またはほぼネット形の物品は、たとえば、鋳造金属マトリックス複合体物品のその後の機械加工または他の鋳造後の処理の必要およびコストを最小にするかなくすことができる。典型的には、モールドは、実質的に連続したセラミック酸化物纖維が、結果として生じる金属マトリックス複合体物品中に適切に配置されるように、インサートを所望の位置に保持するように製造されるか適合される。適切なキャビティを製造するための技術および材料は、当業者に知られている。特定のモールドを製造してもよい材料は、たとえば、金属マトリックス複合体物品を製造するために使用される金属による。一般に使用されるモールド材料としては、黒鉛または鋼が挙げられる。

#### 【0061】

必要に応じて、本発明によるインサートを保持するために、インサートホルダが使用される。そのようなインサートホルダは、モールド内のインサートの配置を容易にするのを

10

20

30

40

50

助けることができ、これは、結果として生じる金属マトリックス複合体物品内のインサートの配置を容易にする。1つの例示的な実施形態において、インサートホルダは、少なくとも1つのインサートを固定するための少なくとも1つの部分を含み、インサートホルダは、アルミニウム、その合金（たとえば、200、300、400、700、および/または6000系（実施形態によっては、好ましくは6000系）アルミニウム合金）、およびそれらの組合せからなる群から選択される第1の金属を含む。いくつかの実施形態において、インサートホルダは、外面と、少なくとも200を超えて正のギブス酸化自由エネルギーを有する、第1の金属の外面上の第2の金属とを有し、第2の金属の厚さは、少なくとも8マイクロメートル（実施形態によっては、好ましくは、10マイクロメートル、12マイクロメートル、またはさらには15マイクロメートル、より好ましくは、12から15マイクロメートルの範囲内、別の態様において、典型的には20マイクロメートル未満）である。

10

20

30

40

50

## 【0062】

中にインサートが配置された例示的なホルダが、図19および図19Aに示されている。図19を参照すると、物品10が、本発明によるインサート193A、193B、および193Cを固定するためのホルダ191の部分192A、192B、192C、および192Dを含む。図19Aを参照すると、ホルダ191が、アルミニウムおよび/またはその合金194、外面195、少なくとも200を超えて正のギブス酸化自由エネルギーを有する任意の金属197、ならびに任意の付加的な金属（たとえば、Ni）196、および任意の金属196の外面198を含む。

## 【0063】

例示的なインサートホルダに関する付加的な詳細については、2002年8月20日に出願された同時係属中の米国特許出願第60/404,729号明細書を参照されたい。

## 【0064】

また、意外にも、本発明による第1または第2の金属マトリックス複合体物品（インサート）の実施形態を使用して、モールド内の溶融金属が75秒未満（実施形態によっては、好ましくは60秒未満）の間溶融状態である、金属マトリックス複合体物品を製造することができる。モールド内の溶融金属を溶融状態で保つためのより長い時間も有用であるが、より短い時間（すなわち、75秒未満）、また、理論に縛られるわけではないが、より長い時間は、インサートの変形をもたらすことがあると考えられる。実施形態によっては、好ましくは、インサートは、本発明による第3の金属マトリックス複合体物品の铸造の間、著しく変形しない（すなわち、インサートは、铸造前の第1の外側の寸法構成（すなわち、サイズおよび形状）と、铸造後の第2の外側の寸法形状とを有し、第1および第2の外側の寸法構成は同じであり、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属、およびNiなどの任意の金属が、铸造金属の金属（およびおそらくはインサートの金属）中に拡散する傾向があることが理解される）。

## 【0065】

インサートとインサートの周りに铸造された金属との間の界面において所望の量より高い量の酸化を有する金属マトリックス複合体物品の場合、熱間等方加圧（HIP）を用いて物品をさらに処理して、望まれない酸化を低減または除去してもよい。HIPは、また、もしあれば金属マトリックス複合体物品の多孔性を低減するために用いてもよい。HIPの技術は、当該技術において周知である。本発明の実施形態に有用であろうHIPの温度、圧力、および時間の例としては、それぞれ、500から600、25MPaから50MPa、および4から6時間が挙げられる。これらの範囲外の温度、圧力、および時間も有用であろう。より低い温度は、たとえば、より少ない高密度化をもたらす、および/またはHIP時間を増加させる傾向があり、一方、より高い温度は、金属マトリックス複合体物品を変形することがある。より低い圧力は、たとえば、より少ない高密度化をもたらす、および/またはHIP時間を増加させる傾向があり、一方、より高い圧力は、たとえば、不要である傾向があるか、場合によっては、金属マトリックス物品を損傷することさえある。より短い時間は、たとえば、より少ない高密度化をもたらす傾向があり、一

方、より長い時間は、たとえば、不要であろう。

【0066】

例示的なインサート、および金属マトリックス複合体物品を製造する技術に関する付加的な詳細については、2002年8月20日に出願された同時係属中の米国特許出願第60/404,704号明細書を参照されたい。

【0067】

金属マトリックス複合体物品を製造するための他の技術は、本開示を検討後、当業者には明らかであろう。

【0068】

本発明による金属マトリックス複合体物品は、実質的に連続したセラミック酸化物纖維の1つを超えるグルーピング（たとえば、2つのグルーピング、3つのグルーピングなど）を含んでもよく、実質的に連続したセラミック酸化物纖維のグルーピングが、別のグルーピングから隔離され、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を所定位置に固定する金属がそれらの間にある。たとえば、図9を参照すると、本発明による第1の金属マトリックス複合体物品（実施形態によっては、また、本発明による例示的な第2の金属マトリックス複合体物品である）（インサート）90が、実質的に連続した（図示されているように、長手方向に整列された）セラミック酸化物纖維92のグルーピング93A、93B、および93C、アルミニウムまたはその合金94、外面95、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属96、ならびに任意の付加的な金属（たとえば、Ni）98、および任意の金属98の外面97を含む。

10

20

30

40

50

【0069】

本発明によるいくつかの金属マトリックス複合体物品の実施形態は、次の「ピーク結合強度値テスト」によって定められるような、適用できるような（すなわち、どれがテストされているかによる）インサートまたはホルダと、インサートの周りに鋳造されたアルミニウムまたはアルミニウム合金との間の「ピーク結合強度値」が、少なくとも100MPa（いくつかの実施形態において、好ましくは、少なくとも125MPa、少なくとも150MPa、少なくとも175、またはさらには少なくとも180MPa）である。圧縮剪断テスト装置の概略図が図9に示されており、圧縮剪断テスト装置140が、押し出し工具141と、テストサンプル142と、支持ブロック143と、100,000ニュートン（22,482ポンド）の圧縮ロードセル147とを含む。テストすべき金属マトリックス複合体は、適用できるようなインサートまたはホルダの長手方向の軸に垂直に断面に切られ、インサートの断面の厚さは1.16cm（0.46インチ）であり、ホルダの断面の厚さは0.4cmであり、いずれの直径も2.5cm（1インチ）である。

【0070】

押し出し工具141の断面積が10パーセント小さい（すなわち、押し出し工具141および適用できるようなインサートまたはホルダ144の断面の形状が同じであるが、押し出し工具144の断面のサイズが、より小さい）以外は、押し出し工具141は、テストサンプル142を備えた、適用できるようなインサートまたはホルダ144との接触のポイントにおいて、対応する断面を有する。押し出し工具141は、液圧チャックの上側のジョー145に、10.34MPa（1平方インチあたり1500ポンド）の液圧で締付けられる。支持ブロック143は、直径2.54cm（1.0インチ）×深さ0.15cm（0.06インチ）のカウンタボアを有する。直径1.1cm（0.435インチ）の貫通穴が、液圧チャック146の底部の開いたジョー145の上に配置される。

【0071】

テストすべきサンプル142を、支持ブロック143の上に配置し、貫通穴に対する、適用できるようなインサートまたはホルダのセンタリングのためにカウンタボアに入れる。上側の押し出し工具141と押出すべき適用できるようなインサートまたはホルダ（すなわち、テストすべきサンプル144）との間の間隙が、0.025cm（0.01インチ）になるまで、液圧チャック支持体146の底部148を上昇させる。次に、テスト標本の露出した適用できるようなインサートまたはホルダを、押し出し工具141の一一致する先

端とともに、2つの要素の断面が一致するまで支持ブロック143を水平にかつ回転して手で摺動することによって、視覚的に位置決めする。

【0072】

次に、1分あたり0.05cm(0.020インチ)の割合で、下側の液圧支持チャックを、固定された押出し工具141の方に上に移動させ、同時に荷重および撓みを監視することによって、テストを行う。それにより、適用できるようなインサートまたはホルダを、固定された押出し工具の面と接触させ、2つの間の接触力を、変位の関数として記録する。ピーク力に達し、約0.05cm(0.020インチ)の総撓みが得られた後すぐにテストをやめる。

【0073】

テストの完了後、標本を光学顕微鏡で100倍の倍率で検査して、適用できるようなテストインサートまたはホルダ、および押出し先端が、それらの断面が重なっているように適切に整列されたことを確認する。

【0074】

平均剪断応力は、次の式を用いて計算する。

【数1】

$$\text{平均剪断応力} = \frac{\text{第1のすべりにおける荷重、N 1b.}}{\text{インサートとアルミニウム合金との間の接触面積、m}^2 (\text{in}^2)}$$

20

【0075】

荷重は、インサート変位の関数としてプロットする。押出しカーブが不連続を有する(すなわち、インサートまたはホルダと適用できるようなインサートまたはホルダの周りに鋳造されたアルミニウムまたはアルミニウム合金との間の界面において最初のすべりがある)荷重は、ピーク結合強度値である。

【0076】

ピーク結合強度は、有限要素分析(FEA)を用いて計算する。有限要素分析(FEA)ソフトウェア(ペンシルバニア州キャノンズバーグのアンシス・インコーポレイテッド(Ansys, Inc., Canonsburg, PA)から商品名「アンシス(ANSYS)」で入手可能)を使用して、適用できるようなインサートまたはホルダをモデル化し、ピーク結合強度と測定された平均剪断応力との比が、約3.0であることを示す。

【0077】

FEA計算は、次のように行う。テスト標本ジオメトリの有限要素モデルを作成する。適用できるようなインサートまたはホルダを、メッシュサイズが全寸法で0.02cmである、適用できるようなインサートまたはホルダの頂部以外は、寸法0.02cm×0.02cm×0.05cm(0.01インチ×0.01インチ×0.02インチ)の立方体の要素でメッシュにする(meshed)。適用できるようなインサートまたはホルダの周りに鋳造されたアルミニウム/アルミニウム合金を、適用できるようなインサートまたはホルダの近くで0.05cm(0.02インチ)の辺を有する立方体でメッシュにし、モデル化されたテスト標本の他のところで0.10cm(0.04インチ)の辺を有する立方体でメッシュにする。FEAソフトウェアは、533.3MPaの加えられた圧力(2900ポンドの押出しテスト荷重に対応する)について、適用できるようなインサートまたはホルダの表面に沿ったポイントにおける剪断応力を計算する。この計算は、適用できるようなインサートまたはホルダの表面の全ポイントにわたるピーク剪断応力、および適用できるようなインサート表面またはホルダ表面にわたる平均を定める。したがって、ピーク結合強度と平均剪断応力との比は、約3から1である。

40

50

10

## 【0078】

本発明による金属マトリックス複合体物品（第1および第2の金属マトリックス複合体物品を含む）は、ロッド（円形、矩形、または正方形断面を有するロッドを含む）、エビーム、L字形、またはチューブを含むさまざまな形状のいずれであってもよい。本発明による金属マトリックス複合体物品（第1および第2の金属マトリックス複合体物品を含む）は、細長くてもよく、実質的に一定の断面積を有してもよい。

## 【0079】

本発明による第1および/または第2の金属マトリックス複合体物品のいくつかの実施形態のための1つの好ましい使用は、アルミニウムまたはその合金のマトリックス複合体物品の強化としてである。そのような金属マトリックス複合体物品の一例が、図4A、図4B、図4C、および図4Dに示されている。自動車（たとえば、車、スポーツ汎用車、バン、またはトラック用のブレーキキャリパ40が、アルミニウムまたはその合金42と、実質的に連続した（図示されているように長手方向に整列された）セラミック酸化物纖維48を組入れた本発明による金属マトリックス複合体物品（インサート）30（図3を参照のこと）とを含む。図4Cおよび図4Dは、それぞれ線FFおよび線GGに沿った図4Bの断面図である。図4Cおよび図4Dにおいて、ブレーキキャリパ40は、アルミニウムまたはその合金42と、本発明による金属マトリックス複合体物品（インサート）30とを含む。

## 【0080】

本発明による第1のおよび/または金属マトリックス複合体物品を組入れたブレーキキャリパの別の例示的な構造、ならびにブレーキキャリパを使用する自動車（たとえば、車、スポーツ汎用車、バン、またはトラック用のブレーキシステムが、図10Aおよび図10Bに示されている。自動車用ディスクブレーキの一例が、ロータと；ロータの両側に配置され、かつそれと制動のために係合するように移動可能な内側および外側のブレーキパッドと；内側のブレーキパッドをロータに対して付勢するためのピストンと；ロータの片側に位置決めされ、かつピストンを収容するシリンダを有する本体部材と、ロータの他方の側に位置決めされ、かつ外側のブレーキパッドを支持するアーム部材と、ロータの平面を横切って、本体部材とアーム部材との間に延在するブリッジとを含むブレーキキャリパとを含む。

## 【0081】

図10Aおよび図10Bを再び参照すると、ディスクブレーキアセンブリ100が、本体部材102と、アーム部材104と、一端で本体部材102に連結され、他端でアーム部材104に連結されたブリッジ106とから形成されたブレーキキャリパハウジング101を含む。本体部材102は、その中に、内側のブレーキパッド107が押付けられるピストン105を摺動可能に受ける略円筒形凹部103を有する。アーム部材104の内面195は、内側のブレーキパッド107に面する外側のブレーキパッド109を支持する。車両のホイール（図示せず）に連結されたブレーキロータ196が、内側のブレーキパッド107と外側のブレーキパッド109との間に位置する。インサート200が、アルミニウムまたはその合金204を含む。インサート200とアルミニウムまたはその合金208との間の界面209、少なくとも200を超える正のギブス酸化自由エネルギーを有する金属（任意に付加的な金属（たとえば、Ni））の平均量は、アルミニウムまたはその合金208中より界面209中で高い。

## 【0082】

当該技術において周知のように、ピストン105の液圧または他の作動により、内側のブレーキパッド107が、ロータ196の片側に対して付勢され、反作用力によって、キャリパハウジング101が浮き、それにより、外側のブレーキパッド109をロータ196の他方の側と係合させる。

## 【0083】

本発明による別の例示的なブレーキキャリパが、図11に示されており、ブレーキキャリパ110が、アルミニウムおよび/またはその合金111と、インサート10とを含む

10

20

30

40

50

。

## 【0084】

本発明による第1の金属マトリックス複合体物品を組入れた本発明による金属マトリックス複合体ブレーキキャリパを使用するためのディスクブレーキの例としては、固定タイプ、浮動タイプ、および摺動タイプが挙げられる。さらに、ブレーキキャリパおよびブレーキシステムに関する詳細は、たとえば、米国特許第4,705,093号明細書（オギノ（Ogino））および米国特許第5,234,080号明細書（パンテール（Pantale））に見出すことができる。

## 【0085】

本発明による第1および/または第2の金属マトリックス複合体物品から製造することができる本発明による金属マトリックス複合体物品の他の例としては、自動構成要素（たとえば、自動制御アームおよび自動リストピン）および銃構成要素（施条鋼ライナ用銃身支持体など）が挙げられる。

## 【0086】

実施形態によっては、本発明による金属マトリックス複合体物品（すなわち、本発明による第1および/または第2の金属マトリックス複合体物品、ならびに本発明による第1および/または第2の金属マトリックス複合体物品から製造された本発明による第3の金属マトリックス複合体物品）は、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を含む領域において、領域の総体積を基準にして、約70から約30体積パーセント（実施形態によっては、好ましくは約60から約35体積パーセント、またはさらには約45から約35体積パーセント）の範囲内の金属と、約30から約70体積パーセント（実施形態によっては、好ましくは約40から約65体積パーセント、またはさらには約55から約65体積パーセント）の範囲内の実質的に連続したセラミック酸化物纖維とを含む。実施形態によっては、好ましくは、本発明による金属マトリックス複合体物品（すなわち、本発明による第1および/または第2の金属マトリックス複合体物品、ならびに本発明による第1および/または第2の金属マトリックス複合体物品から製造された本発明による第3の金属マトリックス複合体物品）は、実質的に連続したセラミック酸化物纖維を含む領域において、領域の総体積を基準にして、少なくとも50体積（by volume）の実質的に連続したセラミック酸化物纖維を含む。

## 【0087】

実施形態によっては、インサートは、インサートの総体積を基準にして、実質的に連続したセラミック酸化物纖維、約30から約70体積パーセント（実施形態によっては、好ましくは約35から約60体積パーセント、またはさらには約35から約45体積パーセント）の範囲内の金属、および約70から約30体積パーセント（実施形態によっては、好ましくは約65から約40体積パーセント、またはさらには約65から約55体積パーセント）の範囲内の実質的に連続したセラミック酸化物纖維を含む。実施形態によっては、好ましくは、インサートは、インサートの総体積を基準にして、少なくとも50体積の実質的に連続したセラミック酸化物纖維を含む。

## 【0088】

本発明を、次の実施例によってさらに例示するが、これらの実施例に記載された特定の材料およびそれらの量、ならびに他の条件および詳細は、本発明を不当に限定するよう了解釈されるべきではない。本発明のさまざまな修正および変更が、当業者には明らかになるであろう。部およびパーセンテージはすべて、特に明記しない限り、重量による。

## 【実施例】

## 【0089】

## 実施例1

2つの本発明によるアルミニウムマトリックス複合体インサートを次のように製造した。連続したアルファアルミニナ纖維（ミネソタ州セント・ポールの3Mカンパニー（3M Company, St. Paul, MN）から商品名「ネクステル（NEXTEL）610」で入手可能；3,000デニール；約370GPaのヤング率；約3GPaの平均引

10

20

30

40

50

張強度；平均直径 11 マイクロメートル) のトウを、脱イオン水サイジングを使用して巻き、纖維のトウを、4 面の 20.3 cm (8 インチ) 四方のマンドレル上に巻く直前に水浴中に浸して、纖維の 65 % 体積ローディングを有する纖維プリフォームを製造した。纖維を張力下で(張力計(コロラド州ボールダーのテンシトロン(Tensitron, Boulder CO) から商品名「サーテン(CERTEN)」で得られる)によって測定されるような約 75 グラム)巻いて、4 の矩形プリフォームプレート(10.2 cm (4 インチ) × 20.3 cm (8 インチ) × 厚さ 0.29 cm (0.115 インチ))を形成した。次に、マンドレルを -40 (-40 °F) の冷却器内に配置して、水を凍結し、結果として生じるプリフォームを安定化した。凍結されると、プレートを 7.6 cm × 15.2 cm (3 インチ × 6 インチ) のプリフォームに切断した。

10

## 【0090】

黒鉛ダイアセンブリ(ウィスコンシン州メノモニー・フォールズのシャンク・グラファイト・テクノロジー・インコーポレイテッド(Schunk Graphite Technology, Inc., Menomonie Falls, WI) から得られる)を使用して、アルミニウムマトリックス複合体プレートを鋳造した。黒鉛ダイの幅は 9.64 cm あり、長さは 15.24 cm あり、高さは 4.90 cm であった。ダイは、4 のインサート用スロットを含み、スロット間の中心から中心までの間隔は 0.89 cm であった。黒鉛ダイアセンブリを水性黒鉛粒子分散液(ミシガン州ポートヒューロンのアチソン・コロイズ・カンパニー(Ascheson Colloids Company, Port Huron, MI) から商品名「アクアダグ(AQUADAG)」で得られる)でコーティングした。4 の凍結された 7.6 cm × 15.2 cm のプリフォームを黒鉛ダイアセンブリ内に配置し、1 つのプリフォームを 4 のキャビティの各々に配置した。次に、中にプリフォームが位置決めされたダイアセンブリを、プリフォーム中の水が蒸発するまで、オープン内に 120 (250 °F) で約 16 時間配置した。

20

## 【0091】

次に、ダイアセンブリを、一端で開いており、かつその内部が窒化ホウ素懸濁液(テネシー州オークリッジの ZYP コーティングス・インコーポレイテッド(ZYP Coatings Inc., Oak Ridge, TN) から商品名「RS 1000」で得られる)でコーティングされたステンレス鋼缶(長さ 102 mm、幅 53 mm、および高さ 500 mm)内に配置した。理論に縛られるわけではないが、窒化ホウ素コーティングは、その後の鋳造操作の間、ステンレス鋼と溶融アルミニウムとの間の反応を抑制すると考えられる。

30

## 【0092】

コーティングが乾燥した後、次に、アルミニウム - 2 % 銅合金インゴット(各々 5.1 cm × 2.5 cm × 30.5 cm (1 インチ × 2 インチ × 12 インチ) の 2 片に切断された)(ニューヨーク州ニューヨークのベルモント・メタル(Belmont Metal, New York, NY) から商品名「1980-A」で得られる) 2500 グラムを、ステンレス鋼缶内にアセンブリの上に配置した。鋳造プロセスの間にアルミニウム - 2 % 銅溶融物の温度を監視するために、タイプ K 熱電対(コネチカット州スタンフォードのオメガ・エンジニアリング・インコーポレイテッド(Omega Engineering Inc., Stamford, CT) から得られる)をダイアセンブリの頂部に配置した。黒鉛アセンブリが、鋳造の間に溶融アルミニウム中で浮くのを防止するために、押え付けロッドも黒鉛アセンブリの頂部に取付けた。次に、ステンレス鋼缶を圧力鋳造機(ニューハンブシャー州プレイストウのプロセス・エンジニアリング・テクノロジーズ(Process Engineering Technologies, Plaistow, NH) から得られる)の圧力容器内に配置して、圧力容器を閉じた。圧力鋳造容器のサイズは、約 16.9 cm (内径) × 88.9 cm (長さ) であった。

40

## 【0093】

次に、1 トル未満の圧力が達成されるまで、真空ポンプで、閉じられた鋳造容器の空気を排気した。次に、圧力鋳造機の電気炉の電源をオンにし、黒鉛ダイアセンブリおよび A

50

1 - 2 % Cu 合金インゴットを、710 の温度（合金の融点より約 100 高い）に加熱した。平均加熱速度は、1 時間あたり約 340 であった。710 の溶融温度に達した後、炉の電源をオフにし、容器への真空バルブを閉じ、それにより、容器を真空ポンプから分離した。

【0094】

次に、加圧された充填 (bottled) アルゴンタンクに連結された低圧バルブを開けて、容器をアルゴンで再充填して (back-filled)、1.79 MPa (260 psi) の最初の低圧にした。この圧力に達すると、低圧バルブを閉じ、8.96 MPa (1300 psi) の圧力に達するまで、高圧アルゴンバルブを開けた。圧力を 8.96 MPa  $\pm$  1% (1300 psi  $\pm$  15 psi) で 15 ~ 20 分間維持し、溶融アルミニウム - 2 % 銅合金を強制的にプリフォームに完全に浸透させた。 10

【0095】

次に、温度が 500 になるとともに、圧力を減少させた。温度が 500 未満に下がると、容器排気バルブを開け、アルゴンを雰囲気に出した。次に、容器を開け、ステンレス鋼缶を取出した。ダイアセンブリを缶から分離し、4 の鋳造アルミニウムマトリックス複合体プレートを黒鉛モールドから取出した。

【0096】

鋳造プレートを、垂直スピンドルダイヤモンドグラインダ（ミネソタ州ミネアポリスのプレシジョン・インストルメンツ（Precision Instruments, Minneapolis, MN）から得られる #11 ブランチャード（Blanchard）グラインダ）で、0.25 cm (0.1 インチ) の厚さに表面研削した。次に、プレートを、0.94 cm (0.37 インチ) の幅に長さ方向にスライスして、15.2 cm (6 インチ)  $\times$  0.95 cm (0.375 インチ)  $\times$  0.25 cm (0.1 インチ) のプレートを製造した。 20

【0097】

次に、2 つのプレートを、次のように表面処理 / コーティングした。両方のプレートを、100 グリットのグラインダホイール（マサチューセッツ州ウースターのノートン・カンパニー（Norton Company, Worcester, MA）から商品名「ダイヤモンド・ホイール（DIAMOND WHEEL）、ASD100」で得られる）で研磨し、目に見える残留物を表面から除去することができなくなるまで紙タオルでこすることによって、標準的なラッカーシンナー（ミネソタ州セント・ポール（St. Paul, MN）の HCI からグレード（Grade）401 として入手可能）でクリーニングした。 30

【0098】

2 つの結果として生じるプレートを、ニッケル約 3 マイクロメートルの無電解堆積、その後の銀約 12 マイクロメートルの電気めっきによって、コーティングした（ミネソタ州セント・ポールのコオペラティブ・プレーティング・カンパニー（Co-Operative Plating Co., St. Paul, MN）によって）。

【0099】

実施例 1 のインサートの研磨された断面の 550 倍での光学顕微鏡写真が、図 12 に示されている。インサート 120 が、アルミニウム - 2 % 銅マトリックス 124 と、アルミニウム（「ネクステル 610」；直径約 11 マイクロメートル）繊維 122 と、ニッケルコーティング 128 と、銀コーティング 126 とを含む。 40

【0100】

各めっきインサートを、約 750 の温度に、空気中で 15 分間予熱した。次に、加熱されたインサートを、鋼ダイキャビティ内に配置した。図 13 を参照すると、ダイ 130 が、インサート用矩形スロット 134 (1.3 cm  $\times$  0.25 cm (0.5 インチ  $\times$  0.1 インチ)) を備えたベース 132 (9.8 cm  $\times$  9.8 cm  $\times$  14 cm (3.9 インチ  $\times$  3.9 インチ  $\times$  5.5 インチ)) と、上部 136 (7.3 cm  $\times$  7.3 cm  $\times$  12.7 cm (2.9 インチ  $\times$  2.9 インチ  $\times$  5.0 インチ)) とを含んだ。上部 136 は、直径 2 50

.54 cm (1インチ) および深さ10.2 cm (4インチ) を有するキャビティ138を含んだ。上部136を、窒化ホウ素離型剤(ニューヨーク州アマーストのザ・カーボランダム・コーポレーション(The Carborundum Corp., Amherst, NY)から商品名「コンバット・ボロン・ニトライド・エアロゾル・スプレー(Combat BORON NITRIDE AEROSOL SPRAY) CC-18」で得られる)でコーティングし、約300に予熱した。4秒以内に、次に、約735の温度の溶融アルミニウム合金(ケベック州モントリオールのアルキャン・インコーポレイテッド(Alcan Inc., Montreal, Quebec)から商品名「A356」で得られる)を、鋼ダイキャビティ内にインサートの周りに注ぎ、凝固させた。温度が約500に冷却すると、インサートおよび鋳造アセンブリをダイキャビティから取出した。10

#### 【0101】

2つの結果として生じるアルミニウムマトリックス複合体、実施例1aおよび1bを、1.16 cm (0.46インチ) × 直径2.5 cm (1インチ) のテストサンプルに切断した。これらのセクションは、インサートの長手方向の軸に垂直に切断した。

#### 【0102】

圧縮剪断テストを行って、インサートとインサートの周りに鋳造されたアルミニウムとの間の「結合強度」を評価した。圧縮剪断テスト装置の概略図が図14に示されており、圧縮剪断テスト装置140が、押出し工具141と、テストサンプル142と、支持ブロック143と、100,000ニュートン(22,482ポンド)の圧縮ロードセル147とを含んだ。20

#### 【0103】

押出し工具141は、テストサンプル142を備えたインサート144との接触のポイントにおいて、2.36 mm × 9.37 mm (0.0930インチ × 0.3690インチ) の断面を有した。押出し工具141は、液圧チャックの上側のジョー145に、10.34 MPa (1平方インチあたり1500ポンド) の液圧で締付けられた。支持ブロック143は、直径2.54 cm (1.0インチ) × 深さ0.15 cm (0.06インチ) のカウンタボアを有した。直径1.1 cm (0.435インチ) の貫通穴が、液圧チャック146の底部の開いたジョー145の上に配置された。

#### 【0104】

テストすべきサンプル142を、支持ブロック143の上に配置し、貫通穴に対する、インサートのセンタリングのためにカウンタボアに入れた。上側の押出し工具141と押出すべきインサート(すなわち、テストすべきサンプル144)との間の間隙が、0.025 cm (0.01インチ) になるまで、液圧チャック支持体146の底部148を上昇させた。次に、テスト標本の露出したインサートを、押出し工具141の一致する先端とともに、2つの要素の断面が一致するまで支持ブロック143を水平にかつ回転して手で摺動することによって、視覚的に位置決めした。30

#### 【0105】

次に、1分あたり0.05 cm (0.020インチ) の割合で、下側の液圧支持チャックを、固定された押出し工具141の方に上に移動させ、同時に荷重および撓みを監視することによって、テストを行った。それにより、インサートを、固定された押出し工具の面と接触させ、2つの間の接触力を、変位の関数として記録した。ピーク力に達し、約0.05 cm (0.020インチ) の総撓みが得られた後すぐにテストをやめた。40

#### 【0106】

テストの完了後、標本を光学顕微鏡で100倍の倍率で検査して、テストインサートおよび押出し先端が、それらの断面が重なっているように適切に整列されたことを確認した。

#### 【0107】

平均剪断応力は、次の式を用いて計算した。

## 【数2】

$$\text{平均剪断応力} = \frac{\text{第1のすべりにおける荷重、N (1 b.)}}{\text{インサートとアルミニウム合金との間の接触面積、m}^2 (\text{in}^2)}$$

## 【0108】

荷重は、インサート変位の関数としてプロットした。押し出しカーブが不連続を有した荷重は、下記表に、実施例1aの13046N(2933ポンド)、および実施例1bの6112N(1374ポンド)として報告され、インサートとインサートの周りに鋳造されたアルミニウムとの間の界面において最初のすべりがあった荷重である。10

## 【0109】

【表1】

表

実施例	第1のすべりにおける荷重、N(lb)	平均剪断応力、MPa	ピーク結合強度、MPa
1a	13046 (2933)	46.3	138.9
1b	6112 (1374)	21.7	65.1
2a	13976 (3142)	49.6	148.8
2b	12708 (2857)	45.1	135.3
3a	15270 (3433)	54.2	162.6
3b	15808 (3554)	56.1	168.3
4a	17610 (3959)	62.4	187.2
4b	12134 (2728)	43.0	129.0
5a	2442 (549)	8.6	25.8
5b	2615 (588)	9.3	27.9
6a	3469 (780)	12.3	36.9
6b	4141 (931)	14.7	44.1
7a	3865 (869)	13.7	41.1
7b	5258 (1182)	18.6	55.8
8a	3002 (675)	10.7	32.1
8b	3532 (794)	12.5	37.5
9a	2068 (465)	7.3	21.9
9b	3256 (732)	11.5	34.5
10a	5182 (1165)	18.4	55.2
10b	3256 (732)	11.5	34.5
11a	2927 (658)	10.3	30.9
11b	3367 (757)	11.9	35.7
12a	15065 (3387)	53.4	160.2
12b	10173 (2287)	36.1	108.3
比較A1	2411 (542)	8.6	25.8
比較A2	1948 (438)	6.9	20.7
比較B1	2295 (516)	8.1	24.3
比較B2	1535 (345)	5.4	16.2
比較B3	2113 (475)	7.5	22.5
比較C1	2740 (616)	9.7	29.1
比較C2	970 (218)	3.4	10.2
比較D1	2113 (475)	7.5	22.5
比較D2	1130 (254)	4.0	12.0
比較E	1245 (280)	4.4	13.2
比較F1	2126 (478)	7.5	22.5
比較F2	1535 (345)	5.4	16.2
比較F3	1281 (288)	4.5	13.5
比較G1	2480 (535)	8.5	25.5
比較G2	1539 (346)	5.5	16.5
比較H1	2126 (478)	7.5	22.5
比較H2	3176 (714)	11.3	33.9
比較I	2798 (629)	9.9	29.7

10

20

30

40

【0110】

【表2】

表の続き

実施例	第1のすべりにおける荷重、N(lb)	平均剪断応力、MPa	ピーク結合強度、MPa
比較J1	3171 (713)	11.2	33.6
比較J2	2104 (473)	7.5	22.5
比較K	1859 (418)	6.6	19.8
比較L1	2531 (569)	9.0	27.0
比較L2	1806 (406)	6.4	19.2
比較L3	1779 (400)	6.3	18.9
比較M1	3140 (706)	11.1	33.3
比較M2	2971 (668)	10.5	31.5
比較N1	13638 (3066)	48.4	145.2
比較N2	7633 (1716)	27.1	81.3
比較O	2139 (481)	7.6	22.8

10

20

30

40

50

## 【0111】

「ピーク結合強度」も上記表に報告されている。ピーク結合強度は、有限要素分析(FEA)を用いて計算した。有限要素分析(FEA)ソフトウェア(ペンシルバニア州キャノンズバーグのアンシス・インコーポレイテッドから商品名「アンシス(ANSYS)」で得られる)を使用して、インサートをモデル化し、ピーク結合強度と測定された平均剪断応力との比が約3.0であることを示した。

## 【0112】

FEA計算は、次のように行った。テスト標本ジオメトリの有限要素モデルを作成した。インサートを、メッシュサイズが全寸法で0.02cmであるインサートの頂部以外は、寸法0.02cm×0.02cm×0.05cm(0.01インチ×0.01インチ×0.02インチ)の立方体の要素でメッシュにした。アルミニウムを、インサートの近くで0.05cm(0.02インチ)の辺を有する立方体でメッシュにし、モデル化されたテスト標本の他のところで0.10cm(0.04インチ)の辺を有する立方体でメッシュにした。FEAソフトウェアは、533.3MPaの加えられた圧力(2900ポンドの押し出しテスト荷重に対応する)について、インサートの表面に沿ったポイントにおける剪断応力を計算した。この計算は、インサートの表面の全ポイントにわたるピーク剪断応力が140MPaであり、インサート表面にわたる平均が45.8MPaであることを定めた。したがって、ピーク結合強度と平均剪断応力との比は、約3から1である。

## 【0113】

最初のすべりにおける荷重および対応する平均剪断応力およびピーク結合強度値も、上記表に報告されている(平均値は、各実施例の記載されたサンプル数についての平均である)。

## 【0114】

## 実施例2

400グリットのグラインダホイール(ノートン・カンパニーから商品名「ダイヤモンド・ホイール、ASD400」で得られる)を使用して、コーティング前にインサートを研磨し、インサートおよびダイをそれぞれ550および250に予熱した以外は、実施例1について説明されたように、2つの実施例2(すなわち、実施例2aおよび2b)のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

## 【0115】

実施例2aおよび2bの、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

## 【0116】

### 実施例 3

コーティング前に、直径 5.0 マイクロメートルのガラスビーズ（ミネソタ州メープルグローブのアブレーシブ・システムズ・インコーポレイテッド（A b r a s i v e S y s t e m s , I n c . , M a p l e G r o v e , M N ）から得られる）でサンドブラストすることによってサンプルを研磨し、めっきインサートおよびダイをそれぞれ 5.50 および 2.50 に予熱し、溶融アルミニウム合金を 7.60 に加熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、2 つの実施例 3（すなわち、実施例 3 a および 3 b ）のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

#### 【 0 1 1 7 】

荷重下のインサート変位の関数としての実施例 3 の圧縮剪断強度のプロットが、図 15 10 に示されている。押出しカーブが不連続を有した荷重は、参照番号 151 で示されている。この不連続は、インサートとインサートの周りに鋳造されたアルミニウムとの間の界面において最初のすべりがあったところである。実施例 3 a および 3 b の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

#### 【 0 1 1 8 】

1 つの実施例 3 のサンプルを半自動的金属組織学的研削 / 研磨装置（オハイオ州クリーブランドのストルアス・インコーポレイテッド（S t r u e r s , I n c , C l e v e l a n d , O H ）から商品名「アブラミン（A B R A M I N ）」で得られる）で研磨した。研磨速度は 150 r p m であった。研磨は、次の連続的な 6 段階で行った。研磨力は、段階 6 において 250 N であった以外は、150 N であった。

#### 【 0 1 1 9 】

##### 段階 1

研磨の間、水を研磨パッド上に、連続的に自動的にドリップしながら、120 グリットの炭化ケイ素紙（イリノイ州ノースブルックのペース・テクノロジーズ（P a c e T e c h n o l o g i e s , N o r t h b r o o k , I L ）から得られる）を使用して、45 秒間サンプルを研磨した。研磨後、サンプルを水で完全にすすいだ。

#### 【 0 1 2 0 】

##### 段階 2

研磨の間、水を研磨パッド上に、連続的に自動的にドリップしながら、220 グリットの炭化ケイ素紙（ペース・テクノロジーズから得られる）を使用して、45 秒間サンプルを研磨した。研磨後、サンプルを水で完全にすすいだ。

#### 【 0 1 2 1 】

##### 段階 3

研磨の間、水を研磨パッド上に、連続的に自動的にドリップしながら、600 グリットの炭化ケイ素紙（ペース・テクノロジーズから得られる）を使用して、45 秒間サンプルを研磨した。研磨後、サンプルを水で完全にすすいだ。

#### 【 0 1 2 2 】

##### 段階 4

サンプルを、研磨パッド（ストルアス・インコーポレイテッドから商品名「D P - M O L 」で得られる）を使用して 4.5 分間研磨し、定期的な小滴の潤滑剤（ストルアスから商品名「プロン（P U R O N ）、D P - ルブリカント（D P - L U B R I C A N T ）」で得られる）で軽く濡らし、6 マイクロメートルのダイヤモンドグリット（ストルアスから商品名「D P - スプレー（D P - S P R A Y ）、P - 6  $\mu$ m 」で得られる）を 1 秒間スプレーした。研磨後、サンプルを水で完全にすすいだ。

#### 【 0 1 2 3 】

##### 段階 5

サンプルを、研磨パッド（「D P - M O L 」）を使用して 4.5 分間研磨し、定期的な小滴の潤滑剤（ストルアスから商品名「プロン、D P - ルブリカント」で得られる）で軽く濡らし、3 マイクロメートルのダイヤモンドグリット（ストルアスから商品名「D P - スプレー、P - 3  $\mu$ m 」で得られる）を 1 秒間スプレーした。研磨後、サンプルを水で完

10

20

30

40

50

全にすすいだ。

【0124】

段階 6

サンプルを、多孔性合成研磨布（ストルアスから商品名「O P - C H E M」で得られる）を使用して4.5分間研磨し、最初に、布に手で注がれる水およびコロイド状シリカ懸濁液（ストルアスから商品名「O P - S サスペンション（S U S P E N S I O N）」で得られる）で濡らした。研磨の最後の5秒の間、サンプルを水で洗浄する。研磨後、サンプルを乾燥させた。

【0125】

実施例3の研磨された断面（図16を参照のこと）の検査では、インサートマトリックス166と铸造合金163との間の界面162において突然の境界を示さず、ニッケルまたは銀の多い別個の層を示さず、数纖維直径の深さまでの、2つのアルミニウム合金（すなわち、インサート166のアルミニウム合金、およびインサートを含むアルミニウムマトリックス複合体のアルミニウム合金163）の限られた程度の混合を示した。

【0126】

実施例4

ダイを250に予熱し、インサートを550に予熱し、溶融アルミニウム合金を760に加熱した以外は、実施例1について説明されたように、2つの実施例4（すなわち、実施例4aおよび4b）のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0127】

実施例4aおよび4bの、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0128】

実施例5

400グリットのグラインダホイール（「ダイヤモンド・ホイール、A S D 4 0 0」）を使用して、コーティング前にインサートを研磨し、ダイを250に予熱し、溶融アルミニウム合金を760に加熱した以外は、実施例1について説明されたように、2つの実施例5（すなわち、実施例5aおよび5b）のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0129】

実施例5の2つのサンプルの、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0130】

実施例6

実施例3のようにコーティング前にサンドブラストすることによってインサートを研磨し、ダイを250に予熱し、溶融アルミニウム合金を760に加熱した以外は、実施例1について説明されたように、2つの実施例6（すなわち、実施例6aおよび6b）のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0131】

実施例6aおよび6bの、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0132】

実施例7

ダイを250に予熱し、溶融アルミニウム合金を760に加熱した以外は、実施例1について説明されたように、2つの実施例7（すなわち、実施例7aおよび7b）のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0133】

テストされた2つのサンプルのうちの1つについて、荷重下のインサート変位の関数としての実施例7の圧縮剪断強度のプロットが、図15に示されている。押し出しカーブが不連続を有した荷重は、参照番号153で示され、これは、2つのサンプルの平均である。

10

20

30

40

50

この不連続は、インサートとインサートの周りに鋳造されたアルミニウムとの間の界面において最初のすべりがあったところである。実施例 7 a および 7 b の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 3 4 】

実施例 8

実施例 3 のようにコーティング前にサンドブラストすることによってインサートを研磨し、ダイを 550 に予熱し、溶融アルミニウム合金を 760 に加熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、2つの実施例 8 ( すなわち、実施例 8 a および 8 b ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【 0 1 3 5 】

実施例 8 a および 8 b の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 3 6 】

実施例 9

400 グリットの研削ホイール ( 「ダイヤモンド・ホイール、 A S D 4 0 0 」 ) を使用して、コーティング前にインサートを研磨し、ダイを 500 に予熱し、溶融アルミニウム合金を 760 に加熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、2つの実施例 9 ( すなわち、実施例 9 a および 9 b ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【 0 1 3 7 】

実施例 9 a および 9 b の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 3 8 】

実施例 10

ダイを 500 に予熱し、溶融アルミニウム合金を 760 に加熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、2つの実施例 10 ( すなわち、実施例 10 a および 10 b ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【 0 1 3 9 】

実施例 10 のアルミニウムマトリックス複合体を、1.16 cm ( 0.46 インチ ) × 直径 2.5 cm ( 1 インチ ) のテストサンプルに切断した。これらの片の1つの断面が図 18 に示されており、アルミニウムマトリックス複合体物品 180 が、アルミニウム 181 と、インサート 182 とを含み、インサート 182 は、アルミニウム - 2 % 銅合金と、アルファアルミナ ( 「ネクステル 610 」 ) 繊維とを含んだ。

【 0 1 4 0 】

実施例 10 a および 10 b の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 4 1 】

実施例 11

コーティング前に、ダイヤモンド研削によって、インサートの長さに平行な溝を表面に切削し、ダイを 500 に予熱し、溶融アルミニウムを 760 に加熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、2つの実施例 11 ( すなわち、実施例 11 a および 11 b ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。溝は、深さ約 0.17 mm × 幅 0.3 mm であり、ピッチが 0.62 mm であった。

【 0 1 4 2 】

実施例 11 a および 11 b の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 4 3 】

実施例 12

コーティング前に、ダイヤモンド研削によって、インサートの長さに垂直な溝を表面に切削し、ダイを 500 に予熱し、溶融アルミニウム合金を 760 に加熱した以外は、

10

20

30

40

50

実施例 1 について説明されたように、2つの実施例 1 2 ( すなわち、実施例 1 2 a および 1 2 b ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。溝は、深さ約 0.17 mm × 幅 0.3 mm であり、ピッチが 0.62 mm であった。

【 0 1 4 4 】

実施例 1 2 a および 1 2 b の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 4 5 】

比較例 A

インサートをコーティングせず、ダイを 500 に予熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、2つの比較例 A ( すなわち、比較例 A 1 および A 2 ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。 10

【 0 1 4 6 】

比較例 A 1 および A 2 の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 4 7 】

比較例 B

インサートをコーティングせず、ダイを 400 に予熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、3つの比較例 B ( すなわち、比較例 B 1 、 B 2 、および B 3 ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。 20

【 0 1 4 8 】

比較例 B 1 、 B 2 、および B 3 の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 4 9 】

比較例 C

インサートをコーティングせず、インサート表面を 400 グリットの研削ホイール ( 「ダイヤモンド・ホイール、 A S D 400 」 ) で研磨し、インサートを 193 に予熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、2つの比較例 C ( すなわち、比較例 C 1 および C 2 ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。 30

【 0 1 5 0 】

比較例 C 1 および C 2 の、第 1 のすべりにおける平均荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 5 1 】

比較例 D

インサートをコーティングせず、インサートを 193 に予熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、2つの比較例 D ( すなわち、比較例 D 1 および D 2 ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。 40

【 0 1 5 2 】

比較例 D 1 および D 2 の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 5 3 】

比較例 E

インサートをコーティングしなかった以外は、実施例 1 について説明されたように、比較例 E のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。 40

【 0 1 5 4 】

比較例 E の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【 0 1 5 5 】

比較例 F

インサートをコーティングせず、400 グリットの研削ホイール ( 「ダイヤモンド・ホイール、 A S D 400 」 ) を使用してインサートを研磨した以外は、実施例 1 について説 50

明されたように、3つの比較例F（すなわち、比較例F1、F2、およびF3）のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0156】

比較例F1、F2、およびF3の3つのサンプルの、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0157】

比較例G

インサートをコーティングせず、実施例3のようにインサートの表面をサンドブラストした以外は、実施例1について説明されたように、3つの比較例G（すなわち、比較例G1、G2、およびG3）のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

10

【0158】

比較例G1、G2、およびG3の、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0159】

比較例H

インサートをコーティングせず、実施例3のようにインサートの表面をサンドブラストし、ダイを400に予熱した以外は、実施例1について説明されたように、2つの比較例H（すなわち、比較例H1およびH2）のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

20

【0160】

1つの比較例Hのサンプルを、上記実施例3で説明されたように研磨した。比較例Hの研磨された断面（図17を参照のこと）の検査では、インサートマトリックス186と鋳造合金183との間の界面182において、酸化物層であると考えられる突然の境界を示した。

【0161】

比較例H1およびH2の、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0162】

比較例I

インサートをニッケル約12マイクロメートルでコーティングし、インサートを予熱しなかった以外は、実施例1について説明されたように、比較例Iのアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

30

【0163】

比較例Iの、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0164】

比較例J

比較Iのようにインサートをニッケルでコーティングし、ダイを400に予熱した以外は、実施例1について説明されたように、2つの比較例J（すなわち、比較例J1およびJ2）のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

40

【0165】

比較例Jの2つのサンプルの、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0166】

比較例K

インサートを銅約12マイクロメートルでコーティングし、インサートを予熱しなかった以外は、実施例1について説明されたように、比較例Kのアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0167】

比較例Kの、第1のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上

50

記表に報告されている。

【0168】

比較例 L

比較 K のようにインサートを銅でコーティングし、ダイを 400 に予熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、3 つの比較例 L ( すなわち、比較例 L 1 、 L 2 、および L 3 ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0169】

比較例 L の 3 つのサンプルの、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0170】

比較例 M

実施例 1 2 のようにインサートに溝が切削され、インサートをコーティングせず、ダイを 500 に予熱し、溶融アルミニウム合金の温度が 760 であった以外は、実施例 1 について説明されたように、2 つの比較例 M ( すなわち、比較例 M 1 および M 2 ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0171】

比較例 M 1 および M 2 の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0172】

比較例 N

実施例 1 3 のようにインサートに溝が切削されたが、インサートをコーティングせず、ダイを 500 に予熱し、溶融アルミニウム合金の温度が 760 であった以外は、実施例 1 について説明されたように、2 つの比較例 N ( すなわち、比較例 N 1 および N 2 ) のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0173】

比較例 N 1 および N 2 の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0174】

比較例 O

インサートを亜鉛約 12 マイクロメートルでコーティングし、ダイを 500 に予熱し、インサートを 291 に予熱した以外は、実施例 1 について説明されたように、比較例 O のアルミニウムマトリックス複合体を準備しテストした。

【0175】

比較例 O の、第 1 のすべりにおける荷重、平均剪断応力、およびピーク結合強度は、上記表に報告されている。

【0176】

本発明のさまざまな修正および変更が、本発明の範囲および精神から逸脱することなく、当業者には明らかになるであろう。また、本発明は、ここに記載された例示的な実施形態に不当に限定されるべきではないことが理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0177】

【図 1】本発明による例示的な金属マトリックス複合体物品の斜視図である。

【図 2】本発明による別の例示的な金属マトリックス複合体物品の斜視図である。

【図 3 A】本発明による別の例示的な金属マトリックス複合体物品の斜視図である。

【図 3 B】本発明による別の例示的な金属マトリックス複合体物品の斜視図である。

【図 4 A】本発明によるブレーキキャリパの斜視図である。

【図 4 B】本発明によるブレーキキャリパの斜視図である。

【図 4 C】図 4 A および図 4 B に示されたブレーキキャリパの断面図である。

【図 4 D】図 4 A および図 4 B に示されたブレーキキャリパの断面図である。

【図 5】本発明による別の例示的な金属マトリックス複合体物品の斜視図である。

10

20

30

40

50

【図6】図5に示された金属マトリックス複合体物品から製造された金属マトリックス複合体物品の斜視図である。

【図7】セラミック酸化物繊維の複数のプライを使用する本発明による別の例示的な金属マトリックス複合体物品の斜視図であり、プライの長手方向の軸が互いに対し0より大きい角度で位置決めされている。

【図8】実質的に連続したセラミック酸化物繊維の別のグループの周りに螺旋状に巻かれた実質的に連続したセラミック酸化物繊維のグループの斜視図である。

【図9】本発明による別の例示的な金属マトリックス複合体物品の斜視図である。

【図10A】本発明による別のブレーキキャリパの平面図である。

【図10B】本発明による別のブレーキキャリパの平面図である。

【図11】本発明による別のブレーキキャリパの斜視図である。

【図12】実施例1のインサートの研磨された断面の光学顕微鏡写真である。

【図13】実施例1で説明されたインサートを使用して製造された実施例1の金属マトリックス複合体物品を製造するために使用されるダイキャビティの概略図である。

【図14】インサートと本発明によるインサートを使用して製造された本発明による金属マトリックス複合体物品の金属との間のピーク結合強度値を定めるために使用される圧縮剪断テスト装置の概略図である。

【図15】実施例3および7の、荷重下のインサート変位のプロットである。

【図16】実施例3の金属マトリックス複合体物品の研磨された断面の光学顕微鏡写真である。

【図17】比較例Hの金属マトリックス複合体物品の研磨された断面の光学顕微鏡写真である。

【図18】実施例1で説明されたようなテストサンプルの顕微鏡写真である。

【図19】例示的なインサートホルダの斜視図である。

【図19A】図19の一部の破断図である。

【図1】

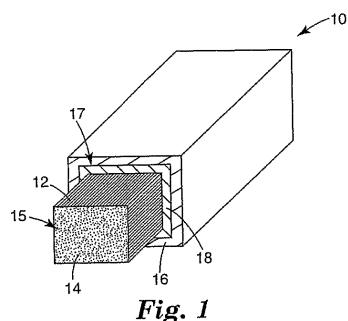


Fig. 1

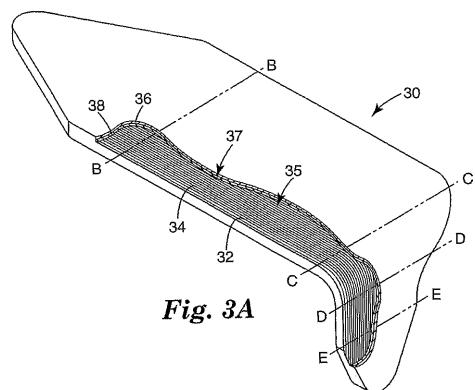


Fig. 3A

【図2】

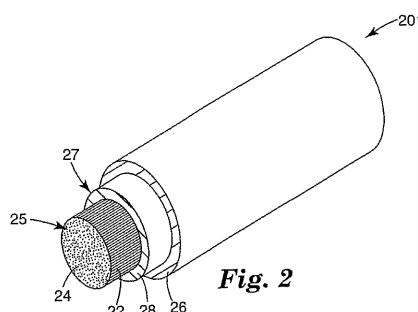


Fig. 2

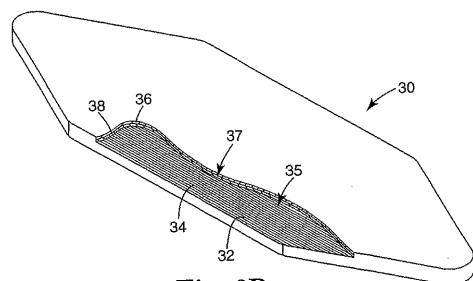


Fig. 3B

10

20

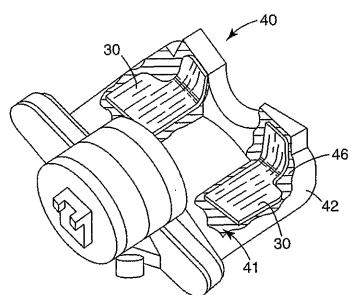


Fig. 4A

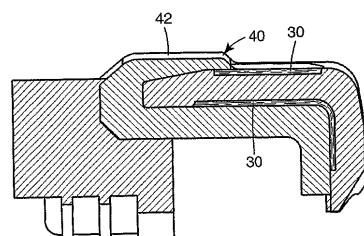


Fig. 4C

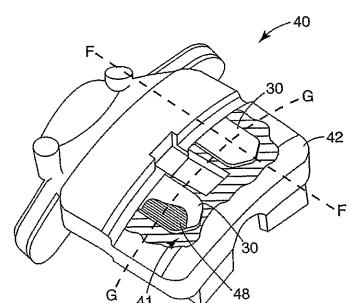


Fig. 4B

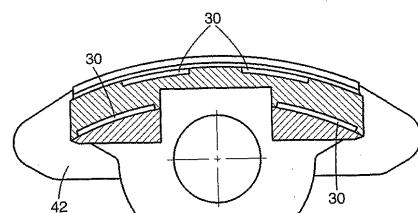


Fig. 4D

【図5】

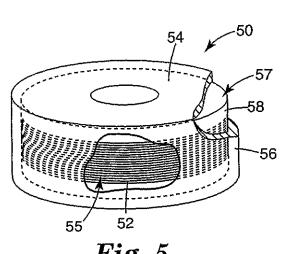


Fig. 5

【図6】

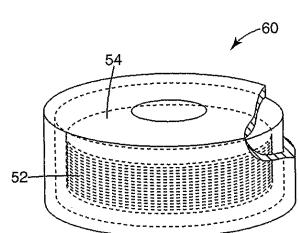


Fig. 6

【図7】

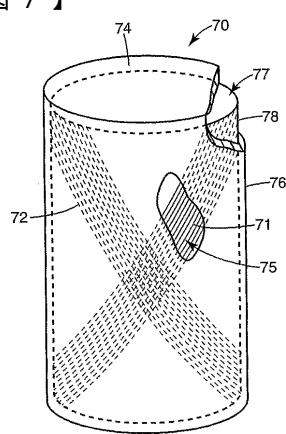


Fig. 7

【図8】

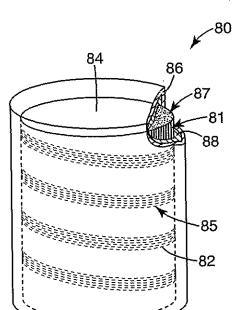


Fig. 8

【図9】

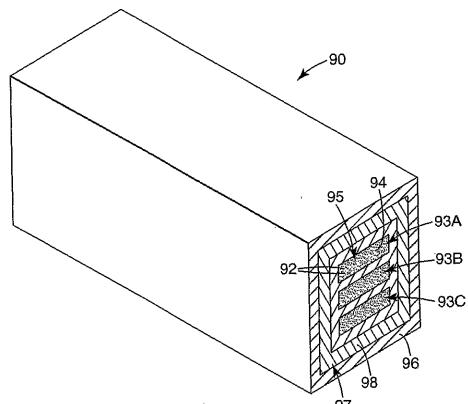


Fig. 9

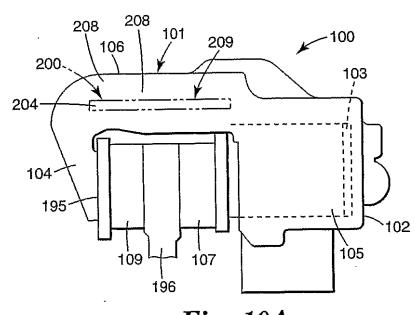


Fig. 10A

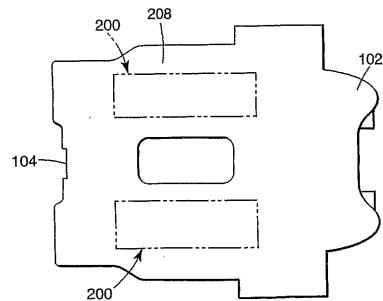


Fig. 10B

【図11】

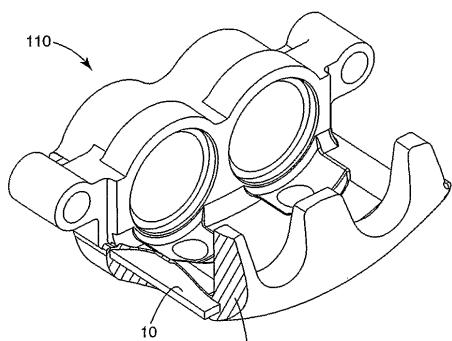


Fig. 11

【図12】

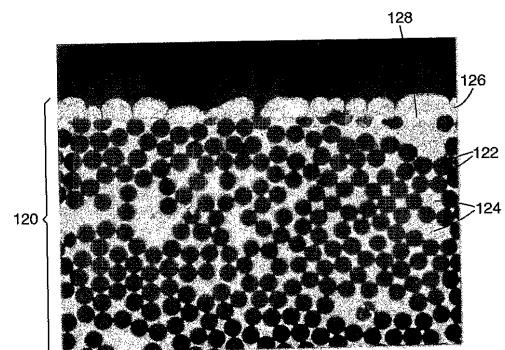


Fig. 12

【図14】

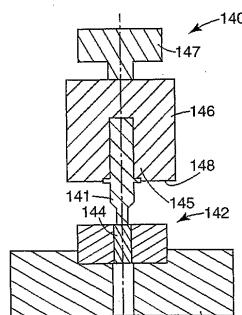


Fig. 14

【図13】

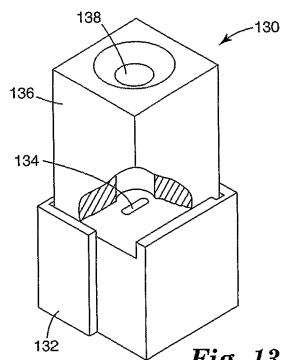


Fig. 13

【図15】

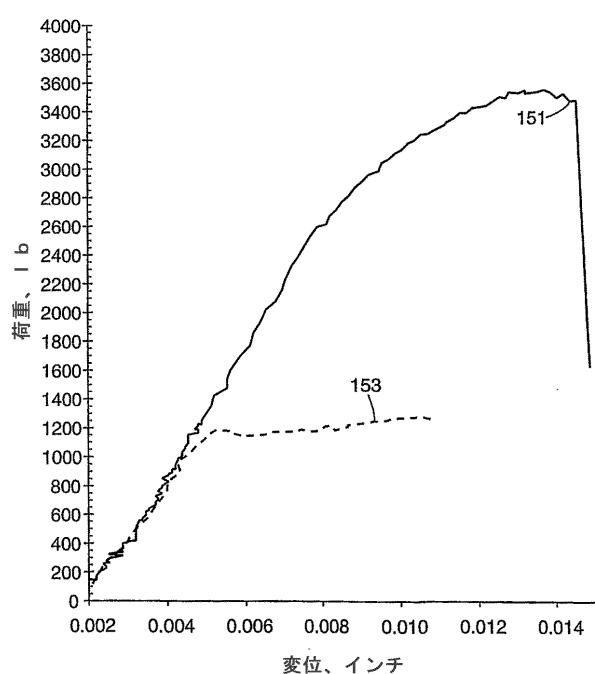


Fig. 15

【図16】

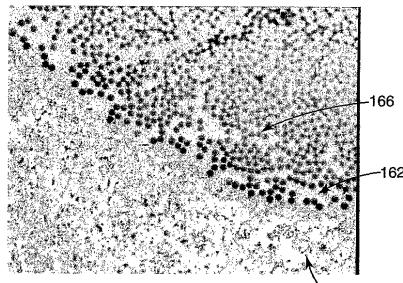


Fig. 16

【図17】

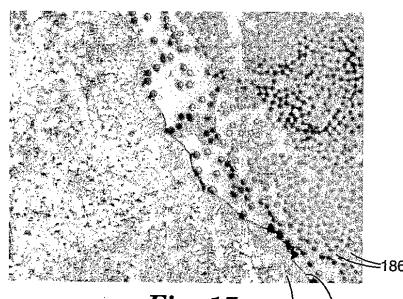


Fig. 17

【図18】

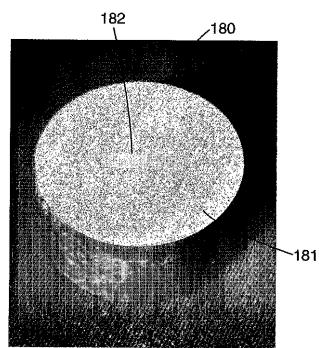


Fig. 18

【図19】

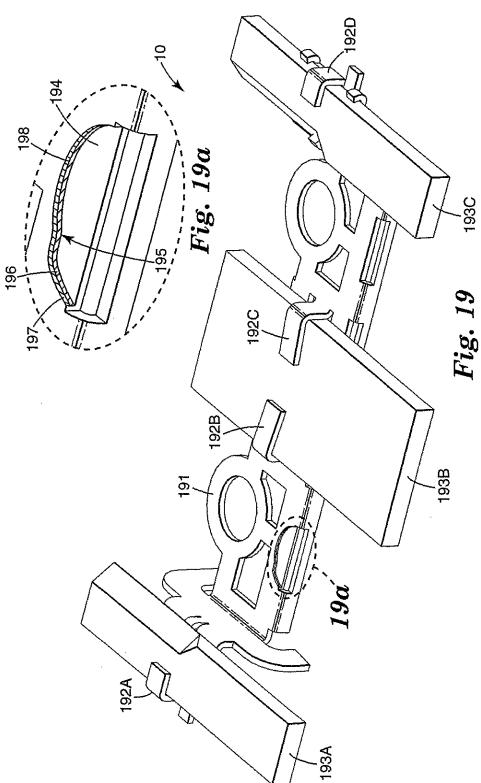


Fig. 19a

Fig. 19

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Internat Application No PCT/US 03/21261
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 C22C1/10 C22C49/06 B22D19/14		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 C22C B22D F16D B29C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) WPI Data, EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category <sup>a</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 384 045 A (TEMAV SPA) 29 August 1990 (1990-08-29) claims 1-6, 9, 10, 17 column 2, line 33 -column 319 ---	1-55
X	US 5 259 437 A (JARRY PHILIPPE) 9 November 1993 (1993-11-09) column 1, line 45 -column 2, line 68 column 3, line 13 - line 26 claims 1-14 ---	1-55
X	EP 0 462 850 A (PEUGEOT ;CITROEN SA (FR)) 27 December 1991 (1991-12-27) page 3, line 45 claims 1, 4, 6 ---	1-55 -/-
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents :		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
*E* earlier document but published on or after the International filing date		
*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (es) specified		
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
*P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed		
*T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention		
*V* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone		
*W* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art		
*X* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
26 November 2003	03/12/2003	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. 5616 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016	Authorized officer Gavriliu, A	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 03/21261
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 498 719 A (MONTUPET SA) 12 August 1992 (1992-08-12) claims 1-4,8 -----	1-55
A	US 6 484 790 B1 (HAN QUINGYOU ET AL) 26 November 2002 (2002-11-26) column 5, line 1 - line 5 column 6, line 4-8 claims 1,2 -----	1-55

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/US 03 21261

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box I.2

Claims Nos.: 56-123, 1-55 (partial)

In view of the large number and also the wording of the claims presently on file, which render it impossible to determine the matter for which protection is sought, the present application fails to comply with the clarity and conciseness requirements of Article 6 PCT (see also Rule 6.1(a) PCT) to such an extent that a meaningful search is impossible. Consequently, the search has been carried out for those parts of the application which do appear to be clear and concise, namely the aluminium or aluminium alloy matrix composite claimed by claims 1-36 and the method for producing such matrix composite as claimed by claims 37-55.

The initial phase of the search revealed a very large number of documents relevant to the issue of novelty. So many documents were retrieved that it is impossible to determine which parts of the claims may be said to define subject-matter for which protection might legitimately be sought (Article 6 PCT). For these reasons, a meaningful search over the whole breadth of the claims is impossible. Consequently, the search has been restricted to the above mentioned set of claims.

The subject-matter of independent claims 1, 23, 56 and 74 (product claims) and 37, 47, 82, 99, 114, 119 (method claims) is very unclear and broadly claimed. For instance, the wording "metal selected from the group of aluminium, alloys thereof, and combinations thereof" used in these claims is ambiguous and broad and therefore leaves the reader in doubt upon as to the meaning of the technical features to which it refers, thereby rendering the definition of the subject-matter of said claims unclear (Art. 6 PCT).

Thus, this unreasonably broad definition encompasses any alloy known in the metallurgical field that contains aluminium, such as any steel having aluminium in the composition. There is no reason for such a generalisation since all the examples in the description of the application relate to aluminium or aluminium alloy matrix composites and not to any alloy matrix containing aluminium.

Conclusion: due to the lack of clarity and conciseness no meaningful search can be performed to the entire set of 1-123 claims (Art. 17.2(b) PCT).

Consequently, the search has been restricted to those parts of the application which do appear to be clear and concise, namely the metal matrix composite claimed by claims 1-36 and the method for producing such a metal matrix composite as claimed by claims 37-55. Hence, opinion is not established with regard to novelty and inventive step for claims 56-123.

However, claims 1-55 relate to an extremely large number of possible alloy matrix composites and methods. In fact, these claims contain so many possible alloys matrix composites (see the objections above) that a

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/US 03 21261

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

lack of clarity and conciseness within the meaning of Article 6 PCT arises to such an extent as to render a meaningful search of these claims impossible.

As a result, the initial phase of the search revealed a very large number of documents relevant to the issue of novelty. So many documents were retrieved that it is impossible to determine which parts of the claims may be said to define subject-matter for which protection might legitimately be sought (Article 6 PCT). For these reasons, a meaningful search over the whole breadth of claims 1-55 is impossible.

Consequently, the search has been carried out for those parts of the claims which appear to be supported and disclosed, namely the aluminium or aluminium alloy matrix composites as recited in the examples 1-12 in the description on pages 30-41.

The applicant's attention is drawn to the fact that claims, or parts of claims, relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). The applicant is advised that the EPO policy when acting as an International Preliminary Examining Authority is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report or during any Chapter II procedure.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat'l application No.  
PCT/US 03/21261

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
  
  
  
2.  Claims Nos.: 56-123, 1-55 (partial) because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:  
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210
  
  
  
  
3.  Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
  
  
  
  
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
  
  
  
  
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
  
  
  
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

## Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
 No protest accompanied the payment of additional search fees.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International	Application No
PCT/US	03/21261

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0384045	A 29-08-1990	IT 1228449 B AT 93754 T BR 8905576 A CA 1325706 C CN 1045049 A DE 68908870 D1 DE 68908870 T2 EP 0384045 A2 ES 2042977 T3 JP 2220759 A US 4980123 A	19-06-1991 15-09-1993 30-04-1991 04-01-1994 05-09-1990 07-10-1993 03-02-1994 29-08-1990 16-12-1993 03-09-1990 25-12-1990
US 5259437	A 09-11-1993	FR 2665383 A1 AU 630824 B2 AU 8150491 A BR 9103235 A CA 2048161 A1 CZ 9102381 A3 EP 0472478 A1 HU 60946 A2 IE 912675 A1 JP 4231163 A NO 912962 A	07-02-1992 05-11-1992 06-02-1992 26-05-1992 01-02-1992 17-02-1993 26-02-1992 30-11-1992 12-02-1992 20-08-1992 03-02-1992
EP 0462850	A 27-12-1991	FR 2663250 A1 DE 69130038 D1 DE 69130038 T2 EP 0462850 A1	20-12-1991 01-10-1998 12-05-1999 27-12-1991
EP 0498719	A 12-08-1992	CH 682307 A5 DE 69225163 D1 DE 69225163 T2 EP 0498719 A1 ES 2114552 T3	31-08-1993 28-05-1998 03-09-1998 12-08-1992 01-06-1998
US 6484790	B1 26-11-2002	DE 10043105 A1	05-04-2001

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード(参考)
F 1 6 D 55/224	F 1 6 D 55/224	1 0 4 F
F 1 6 D 65/02	F 1 6 D 65/02	A
// C 2 2 C 101:04	C 2 2 C 101:04	

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

(72)発明者 アミン, カマル イー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427

(72)発明者 グレサー,マイケル エフ.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427

(72)発明者 ホルツ,アラン アール.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427

(72)発明者 サッツァー, ウィリアム ジェイ. ジュニア

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427

(72)発明者 シュミット, ジョセフ ジェイ.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427

(72)発明者 ワーナー, ポール エス.

アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427

F ターム(参考) 3J058 AA43 AA48 AA53 AA63 AA69 AA73 AA77 AA83 AA87 BA46

CC03 CC22 EA08 EA14 FA01

4K020 AA06 BA01 BB02