(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6672319号
(P6672319)

(45)発行日　令和2年3月25日(2020.3.25)　(24)登録日　令和2年3月6日(2020.3.6)

(51)Int.Cl.		F I		
B22D 19/00	(2006.01)	B22D	19/00	E
C03C 13/00	(2006.01)	C03C	13/00	
F16D 65/12	(2006.01)	F16D	65/12	E
		F16D	65/12	M

請求項の数 20　(全 21 頁)

(21)出願番号　特願2017-540539(P2017-540539)
(86)(22)出願日　平成26年11月7日(2014.11.7)
(65)公表番号　特表2017-533829(P2017-533829A)
(43)公表日　平成29年11月16日(2017.11.16)
(86)国際出願番号　PCT/US2014/064624
(87)国際公開番号　WO2016/064430
(87)国際公開日　平成28年4月28日(2016.4.28)
審査請求日　平成29年11月6日(2017.11.6)
(31)優先権主張番号　62/066,057
(32)優先日　平成26年10月20日(2014.10.20)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

前置審査

(73)特許権者　517137321
インテレクチュアル　プロパティ　ホールディングス,　エルエルシー
アメリカ合衆国　オハイオ　４４１１４,　クリーブランド,　パブリック　スクエア　１２７,　スイート　３５５０
(74)代理人　100078282
弁理士　山本　秀策
(74)代理人　100113413
弁理士　森下　夏樹
(74)代理人　100181674
弁理士　飯田　貴敏
(74)代理人　100181641
弁理士　石川　大輔

最終頁に続く

(54)【発明の名称】セラミックプリフォームおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

セラミックプリフォームを作製する方法であって、

絡み合ったアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維の塊を提供するステップと、

絡み合ったアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維の前記塊をほぐして、前記強化用繊維を個々のストランドに分離し、ほぐされた強化用繊維を形成するステップと、

ミキサを用いて混合することによってセラミック化合物を調製するステップであって、前記セラミック化合物は、前記ほぐされたアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維と、セラミック粒子と、放出多孔性生成構成要素と、デンプンと、低温有機結合剤と、コロイド状シリカと、水とを含む、ステップと、

前記セラミック化合物を所望の形状に形成して、前記セラミックプリフォームを作成するステップと、

を含み、

ここで、ほぐされたアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化繊維の前記塊は、混合によって前記セラミック化合物を調製する前にほぐされ、

前記放出多孔性生成構成要素は、炭素質材料であり、

前記低温有機結合剤は、メチルセルロース、グアーガムまたはキサンタンガムであり、

前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維は、３．５ミクロンを上回る直径を有し、前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維は、３８重量％～４３重量％のSiO_2と、１８重量％～２３重量％のAl_2O_3と、２３重量％～２８重量％のＣａＯ＋ＭｇＯ

とを含むか、または４０重量％～５０重量％のＳｉＯ$_2$と、１０重量％～１６重量％のＡｌ$_2$Ｏ$_3$と、２０重量％～３５重量％のＣａＯ＋ＭｇＯとを含む、
方法。
【請求項２】
前記セラミック化合物は、９重量％～１５重量％のアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維と、３重量％～４重量％のデンプンと、１．５重量％～２重量％の低温有機結合剤と、４．５重量％～１１重量％のコロイド状シリカと、１７重量％～３８重量％の水とを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記セラミック粒子は、炭化ケイ素粒子である、請求項２に記載の方法。
【請求項４】
前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維は、３８重量％～４３重量％のＳｉＯ$_2$と、１８重量％～２３重量％のＡｌ$_2$Ｏ$_3$と、２３重量％～２８重量％のＣａＯ＋ＭｇＯとを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維は、４０重量％～５０重量％のＳｉＯ$_2$と、１０重量％～１６重量％のＡｌ$_2$Ｏ$_3$と、２０重量％～３５重量％のＣａＯ＋ＭｇＯとを含む、請求項１に記載の方法。
【請求項６】
前記ほぐすステップは、
絡み合ったアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維の前記塊を容器の中へ配置し、蒸留水と、１．０～２．０重量％濃度におけるアルキロールアミノアミド添加剤とから成る、水溶液を添加するステップと、
前記容器の内容物を攪拌するステップと、
前記水溶液を傾瀉するステップと、
水で前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維を洗浄して、残留添加物を除去するステップと、
前記洗浄水を傾瀉するステップと、
１４重量％～２７重量％の水を前記洗浄された強化用繊維に添加して、ほぐされたアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維懸濁液を形成するステップと、
を含む、請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記セラミック化合物を調製するステップは、
前記セラミック化合物の乾燥粉末を混合するステップであって、前記乾燥粉末は、前記セラミック粒子と、放出多孔性生成構成要素と、デンプンと、低温有機結合剤とを含む、ステップと、
前記混合乾燥粉末およびほぐされたアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維をともに混合して、第１の混合物を形成するステップと、
前記コロイド状シリカおよび３．５重量％～９重量％の水をともに混合して、第２の混合物を形成するステップと、
前記第１および第２の混合物をともに混合して、前記セラミック化合物を形成するステップと、
を含む、請求項１に記載の方法。
【請求項８】
前記セラミック化合物を押圧および圧延するステップをさらに含む、請求項１に記載の方法。
【請求項９】
前記セラミック化合物は、車両構成要素として形成される、請求項１に記載の方法。
【請求項１０】
前記セラミックプリフォームからの前記水の除去による重量損失割合が２０パーセント

～７０パーセントになるまで、オーブンの中で前記セラミックプリフォームを乾燥させるステップと、
前記セラミックプリフォームから前記放出多孔性生成構成要素、前記デンプン、および前記低温有機結合剤を除去するために十分な温度で前記セラミックプリフォームを熱処理するステップと、
前記コロイド状シリカによって作成されるセラミック結合を密閉するために十分な温度で前記セラミックプリフォームを熱処理するステップと、
をさらに含む、請求項１に記載の方法。
【請求項１１】
前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維の前記直径は、５～６ミクロンである、請求項１に記載の方法。
【請求項１２】
前記セラミック化合物は、パドルブレードを有するミキサを用いて混合される、請求項１に記載の方法。
【請求項１３】
前記セラミック化合物は、ドーフックを有するミキサを用いて混合される、請求項１に記載の方法。
【請求項１４】
絡み合ったアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維の前記塊は、絡み合ったアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維のショットのない塊である、請求項１に記載の方法。
【請求項１５】
前記セラミック化合物は、金属マトリクス複合材料ブレーキ構成要素で使用するための、ディスク、リング、シリンダ、またはチューブのいずれかとして形成される、請求項９に記載の方法。
【請求項１６】
金属マトリクス複合材料車両構成要素を作製する方法であって、
絡み合ったアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維の塊を提供するステップと、
絡み合ったアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維の前記塊をほぐして、前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維を個々のストランドに分離し、ほぐされたアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維を形成するステップと、
ミキサを用いて混合することによってセラミック化合物を調製するステップであって、前記セラミック化合物は、前記ほぐされた強化用繊維と、セラミック粒子と、放出多孔性生成構成要素と、デンプンと、低温有機結合剤と、コロイド状シリカと、水とを含み、ここで、ほぐされた塩強化繊維の前記塊は、混合によって前記セラミック化合物を調製する前にほぐされる、ステップと、
前記セラミック化合物を所望の形状に形成して、前記セラミックプリフォームを作成するステップと、
予熱温度までセラミックプリフォームを加熱するステップと、
ダイカスト金型の型穴の中に前記セラミックプリフォームを配置するステップと、
溶融金属を、前記金属が前記セラミックプリフォームに浸潤して前記金属マトリクス複合材料車両構成要素を形成するように、前記型穴に導入するステップであって、前記予熱温度は、前記溶融金属の温度を上回る、ステップと、
を含み、
ここで、前記放出多孔性生成構成要素は、炭素質材料であり、
前記低温有機結合剤は、メチルセルロース、グアーガムまたはキサンタンガムであり、
前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維は、３．５ミクロンを上回る直径を有し、前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維は、３８重量％～４３重量％のSiO_2と、１８重量％～２３重量％のAl_2O_3と、２３重量％～２８重量％のＣａＯ＋ＭｇＯとを含むか、または４０重量％～５０重量％のSiO_2と、１０重量％～１６重量％のAl_2O_3と、２０重量％～３５重量％のＣａＯ＋ＭｇＯとを含む、

方法。
【請求項１７】
前記溶融金属は、スクイズ鋳造プロセスを使用して、前記型穴に導入される、請求項１６に記載の方法。
【請求項１８】
前記溶融金属は、高温性能アルミニウム合金である、請求項１６に記載の方法。
【請求項１９】
前記セラミックプリフォームは、ディスク、リング、シリンダ、またはチューブであり、そして前記車両構成要素は、ブレーキ構成要素である、請求項１６に記載の方法。
【請求項２０】
前記セラミックプリフォームは、前記金属マトリクス複合材料ブレーキ構成要素の制動面の少なくとも一部を備える、請求項１９に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
（関連出願の相互参照）
本願は、２０１４年１０月２０日に出願され、“Ｃｅｒａｍｉｃ　Ｐｒｅｆｏｒｍ　ａｎｄ　Ｍｅｔｈｏｄ”と題された米国仮特許出願第６２／０６６，０５７号に対する優先権を主張するものであり、その全体は、参照により本明細書中に援用される。
【背景技術】
【０００２】
金属マトリクス複合材料（ＭＭＣ）は、概して、強化用材料を金属マトリクスに組み込むことによって作製される。例えば、ＭＭＣは、金属が浸潤されるセラミックプリフォームを備えてもよい。ＭＭＣは、概して、用途に応じて望ましくあり得る、金属と異なる性質および物理的特性を有する。ブレーキロータ用のＭＭＣを製造するための他の方法は、製品の高い製造および材料費用、ならびに高温における強化ブレーキロータの性能劣化によって妨げられる。また、金属浸潤のための対処に耐えるように増加した強度を伴うセラミックプリフォームの必要性もある。
【０００３】
車両は、ドラムブレーキおよび／またはディスクブレーキを含み得る。ドラムブレーキは、概して、ブレーキドラムと呼ばれる、回転ドラム形状の部品を備える。ドラムブレーキのシューまたはパッドは、摩擦を引き起こし、それによって、熱を生成するように、ブレーキドラムの内面を押圧し、ブレーキドラムの回転を低減させる。ディスクブレーキは、概して、回転ブレーキディスクまたはロータを備える。ブレーキパッドを有するキャリパは、摩擦を引き起こしてブレーキディスクの回転を低減させるように、ブレーキディスクの外部および内部を圧迫する。車両制動事象中に、多くの場合、ある時は大型トラックまたは軍用車両等の大型車両については摂氏７００度ほども高い温度の上昇につながり得る、ブレーキドラムもしくはブレーキディスクの摩擦面への高いエネルギー伝達がある。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００４】
本願は、セラミックプリフォームと、セラミックプリフォームを作製する方法と、セラミックプリフォームを備えるＭＭＣと、ＭＭＣを作製する方法とを開示する。
【０００５】
ある実施形態では、セラミックプリフォームを作製する方法は、強化用繊維を個々のストランドに分離するように、強化用繊維の塊をほぐすステップと、セラミック化合物を調製するステップと、セラミックプリフォームを作成するように、セラミック化合物を所望の形状に形成するステップとを含む。セラミック化合物は、強化用繊維の分離されたストランドと、セラミック粒子と、放出多孔性生成構成要素と、デンプンと、低温有機結合剤と、コロイド状シリカと、水とを含む。

【０００６】
ある実施形態では、セラミックプリフォームは、ブレーキディスク金属マトリクス複合材料で使用するためのディスクまたはリングのいずれか一方として形成される、セラミック化合物を含む。セラミック化合物は、約４１重量％～約４７重量％のセラミック粒子と、３．５ミクロンを上回る直径を有する、約９重量％～約１５重量％のアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維と、約４．５重量％～約５．５重量％の放出多孔性生成構成要素と、約３重量％～約４重量％のデンプンと、約１．５重量％～約２重量％の低温有機結合剤と、約４．５重量％～約１１重量％のコロイド状シリカと、約１７重量％～約３８重量％の水とを含む。
【０００７】
ある実施形態では、金属マトリクス複合材料は、ブレーキディスク金属マトリクス複合材料を形成するように溶融高温性能アルミニウム合金が浸潤したセラミックプリフォームを備える。金属マトリクス複合材料を作製する方法は、予熱温度までセラミックプリフォームを加熱するステップと、ダイカスト金型の型穴の中にセラミックプリフォームを配置するステップと、金属がセラミックプリフォームに浸潤してブレーキディスク金属マトリクス複合材料を形成するように、溶融金属を型穴に導入するステップとを含む。セラミックプリフォームの予熱温度は、溶融金属の温度を上回る。
【０００８】
これらの付加的な実施形態は、下記の発明を実施するための形態の過程で明白となるであろう。
本発明の実施形態において、例えば以下の項目が提供される。
（項目１）
セラミックプリフォームを作製する方法であって、
強化用繊維を個々のストランドに分離するように、強化用繊維の塊をほぐすステップと、
前記強化用繊維の分離されたストランドと、セラミック粒子と、放出多孔性生成構成要素と、デンプンと、低温有機結合剤と、コロイド状シリカと、水とを含む、セラミック化合物を調製するステップと、
前記セラミックプリフォームを作成するように、前記セラミック化合物を所望の形状に形成するステップと、
を含む、方法。
（項目２）
前記セラミック化合物は、約４１重量％～約４７重量％のセラミック粒子と、約９重量％～約１５重量％の強化用繊維と、約４．５重量％～約５．５重量％の放出多孔性生成構成要素と、約３重量％～約４重量％のデンプンと、約１．５重量％～約２重量％の低温有機結合剤と、約４．５重量％～約１１重量％のコロイド状シリカと、約１７重量％～約３８重量％の水とを含む、項目１に記載の方法。
（項目３）
前記強化用繊維は、アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維であり、前記セラミック粒子は、炭化ケイ素粒子である、項目２に記載の方法。
（項目４）
前記強化用繊維は、約３８重量％～約４３重量％のSiO_2と、約１８重量％～約２３重量％のAl_2O_3と、約２３重量％～約２８重量％のＣａＯ＋ＭｇＯとを含む、アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維である、項目１に記載の方法。
（項目５）
前記強化用繊維は、約４０重量％～約５０重量％のSiO_2と、約１０重量％～約１６重量％のAl_2O_3と、約２０重量％～約３５重量％のＣａＯ＋ＭｇＯとを含む、アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維である、項目１に記載の方法。
（項目６）
前記ほぐすステップは、

前記強化用繊維の塊を容器の中へ配置し、蒸留水と、１．０～２．０重量％濃度におけるアルキロールアミノアミド添加剤とから成る、水溶液を添加するステップと、
前記容器の内容物を攪拌するステップと、
前記水溶液を傾瀉するステップと、
残留添加物を除去するように水で前記強化用繊維を洗浄するステップと、
前記洗浄水を傾瀉するステップと、
ほぐれた繊維懸濁液を形成するように、約１４重量％～約２７重量％の第１の水を前記洗浄された強化用繊維に添加するステップと、
を含む、項目１に記載の方法。
（項目７）
前記セラミック化合物を調製するステップは、
前記セラミック化合物の乾燥粉末を混合するステップであって、前記乾燥粉末は、前記セラミック粒子と、放出多孔性生成構成要素と、デンプンと、低温有機結合剤とを含む、ステップと、
第１の混合物を形成するように、前記混合乾燥粉末および前記ほぐれた繊維懸濁液をともに混合するステップと、
第２の混合物を形成するように、前記コロイド状シリカおよび約３．５重量％～約９重量％の第２の水をともに混合するステップと、
前記セラミック化合物を形成するように、前記第１および第２の混合物をともに混合するステップと、
を含む、項目６に記載の方法。
（項目８）
前記セラミック化合物を押圧および圧延するステップをさらに含む、項目１に記載の方法。
（項目９）
前記セラミック化合物は、ブレーキディスク金属マトリクス複合材料で使用するためのディスクまたはリングのいずれか一方として形成される、項目１に記載の方法。
（項目１０）
前記セラミックプリフォームからの前記水の除去による重量損失割合が約２０パーセント～約７０パーセントになるまで、オーブンの中で前記セラミックプリフォームを乾燥させるステップと、
前記セラミックプリフォームから前記放出多孔性生成構成要素、前記デンプン、および前記低温有機結合剤を除去するために十分な温度で前記セラミックプリフォームを熱処理するステップと、
前記コロイド状シリカによって作成されるセラミック結合を密閉するために十分な温度で前記セラミックプリフォームを熱処理するステップと、
をさらに含む、項目１に記載の方法。
（項目１１）
前記強化用繊維は、３．５ミクロンを上回る直径を有する、項目１に記載の方法。
（項目１２）
前記強化用繊維の前記直径は、５～６ミクロンである、項目１１に記載の方法。
（項目１３）
ブレーキディスク金属マトリクス複合材料で使用するためのディスクまたはリングのいずれか一方として形成される、セラミック化合物を含む、セラミックプリフォームであって、前記セラミック化合物は、約４１重量％～約４７重量％のセラミック粒子と、３．５ミクロンを上回る直径を有する、約９重量％～約１５重量％のアルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維と、約４．５重量％～約５．５重量％の放出多孔性生成構成要素と、約３重量％～約４重量％のデンプンと、約１．５重量％～約２重量％の低温有機結合剤と、約４．５重量％～約１１重量％のコロイド状シリカと、約１７重量％～約３８重量％の水とを含む、セラミックプリフォーム。

（項目１４）
前記セラミック粒子は、炭化ケイ素粒子である、項目１３に記載のセラミックプリフォーム。
（項目１５）
前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維は、約３８重量％～約４３重量％のSiO_2と、約１８重量％～約２３重量％のAl_2O_3と、約２３重量％～約２８重量％のＣａＯ＋ＭｇＯとを含む、項目１３に記載のセラミックプリフォーム。
（項目１６）
前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維は、約４０重量％～約５０重量％のSiO_2と、約１０重量％～約１６重量％のAl_2O_3と、約２０重量％～約３５重量％ＣａＯ＋ＭｇＯとを含む、項目１３に記載のセラミックプリフォーム。
（項目１７）
前記アルカリ土類アルミノケイ酸塩強化用繊維の前記直径は、５～６ミクロンである、項目１３に記載のセラミックプリフォーム。
（項目１８）
前記セラミックプリフォームは、前記ブレーキディスク金属マトリクス複合材料の制動面の少なくとも一部を備える、項目１３に記載のセラミックプリフォーム。
（項目１９）
金属マトリクス複合材料を作製する方法であって、
予熱温度まで項目１３に記載のセラミックプリフォームを加熱するステップと、
ダイカスト金型の型穴の中に前記セラミックプリフォームを配置するステップと、
金属が前記セラミックプリフォームに浸潤して前記ブレーキディスク金属マトリクス複合材料を形成するように、溶融金属を前記型穴に導入するステップであって、前記予熱温度は、前記溶融金属の温度を上回る、ステップと、
を含む、方法。
（項目２０）
前記溶融金属は、直接スクイズ鋳造プロセスを使用して、前記型穴に導入される、項目１９に記載の方法。
（項目２１）
前記溶融金属は、高温性能アルミニウム合金である、項目１９に記載の方法。
（項目２２）
前記セラミックプリフォームは、前記ブレーキディスク金属マトリクス複合材料の制動面の少なくとも一部を備える、項目１９に記載の方法。
（項目２３）
ブレーキディスク金属マトリクス複合材料を形成するように溶融高温性能アルミニウム合金が浸潤した項目１３に記載のセラミックプリフォームを備える、金属マトリクス複合材料。
（項目２４）
前記セラミックプリフォームは、前記ブレーキディスク金属マトリクス複合材料の制動面の少なくとも一部を備える、項目２３に記載の金属マトリクス複合材料。

【図面の簡単な説明】

【０００９】
本明細書に組み込まれ、その一部を構成する添付図面では、上記で挙げられる本発明の一般的説明、および下記で挙げられる発明を実施するための形態とともに、本発明の原理を例示する働きをする、本願の実施形態が図示される。

【００１０】
【図１】図１は、本願の実施形態による、セラミックプリフォームを作製する方法を図示する。
【図２】図２は、本願の実施形態による、セラミック化合物を作製する方法を図示する。
【図３】図３Ａおよび３Ｂは、それぞれ、本願の実施形態による、セラミックプリフォー

ムリングが切断され得る、セラミックプリフォームブランクの上面ならびに側面断面図である。
【図４】図４Ａおよび４Ｂは、それぞれ、本願の実施形態による、セラミックプリフォームの上面ならびに側面断面図である。
【図５Ａ】図５Ａは、本願の実施形態による、金属マトリクス複合材料ブレーキディスクの上面図である。
【図５Ｂ】図５Ｂは、図５Ａの金属マトリクス複合材料ブレーキディスクの側面断面図である。
【図６Ａ】図６Ａは、本願の実施形態による、金属マトリクス複合材料ブレーキディスクの上面図である。
【図６Ｂ】図６Ｂは、図６Ａの金属マトリクス複合材料ブレーキディスクの側面断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
本願は、セラミックプリフォームと、セラミックプリフォームを作製する方法と、セラミックプリフォームを備えるＭＭＣと、ＭＭＣを作製する方法とを開示する。本願のＭＭＣは、概して、低密度で、より軽く、より高い温度でより強く、ブレーキドラムおよびブレーキディスクに使用される、ある金属非複合材料より高い耐摩耗性を提供する。例えば、本願のアルミニウムＭＭＣは、概して、鋳鉄より優れた耐摩耗性および剛性（すなわち、変形に対する抵抗）を有する。したがって、本願のＭＭＣは、高い耐摩耗性、軽量、および強度が有益である、用途において有用である。
【００１２】
本願のＭＭＣは、車両用のブレーキドラム、ブレーキディスクもしくはロータ、またはそれらの任意の構成要素として形成されてもよい。例えば、本願のセラミックプリフォームは、例えば、アルミニウム合金およびある特殊高温アルミニウム合金、マグネシウム、チタン、または銅等の金属を浸潤させられ、ブレーキドラムまたはブレーキディスクの少なくとも一部を形成してもよい。具体的には、本願のＭＭＣは、概して、ブレーキドラムまたはブレーキディスクの制動面の少なくとも一部を形成する。ブレーキドラムの制動面は、概して、ドラムブレーキのシューまたはパッドに接触する、ブレーキドラムの内面上に位置する。ディスクブレーキの制動面は、概して、ブレーキパッドに接触する、ブレーキディスクの表面上に位置する。本願のブレーキドラムおよびブレーキディスクは、航空機、トラック、電車、バン、自動車、軍用車両、建設車両、オートバイ、ハイブリッド車両、ＳＵＶ、ＡＴＶ、およびＸＵＶを含むが、それらに限定されない、事実上あらゆる車両に使用されてもよい。しかしながら、本願のＭＭＣは、例えば、軸受、ピストン、シリンダライン、ピストンリング、連接棒、航空宇宙構成要素、装甲車両、または同等物等の種々の他のアイテムとして形成されてもよい。
【００１３】
本願のＭＭＣブレーキドラムおよびブレーキディスクは、概して、従来の鋳鉄ブレーキドラムまたはブレーキディスクより優れた耐摩耗性ならびに少ない重量を有する。ＭＭＣブレーキドラムまたはブレーキディスクを作製する１つの例示的方法は、本願のセラミックプリフォームを直接スクイズ鋳造機に挿入することである。次いで、溶融金属（例えば、アルミニウム）は、半分の金型が閉鎖されるときに高い圧力下で圧迫される。溶融金属は、多孔質および／または吸収性セラミックプリフォームに浸潤し、ＭＭＣブレーキドラム、ディスク、またはロータを生産するように鋳型を充填するであろう。従来のＭＭＣブレーキドラムまたはディスク製造プロセスで見出される１つの困難は、処理プロセス中、機械加工プロセス中に、または高圧溶融金属が注入され、プリフォームおよび鋳型を充填するときに破損しないように、十分な強度でプリフォームを作成することである。本願に説明されるセラミックプリフォームを形成するための方法および装置は、従来のプロセスによって作製されるセラミックプリフォームより頑丈で寸法安定性のある部品を生産する。

【００１４】
ある実施形態では、本願のセラミックプリフォームは、練られ、型打ちされ、圧延され、固形ディスクまたはリング形状プリフォームに形成されている、セラミック化合物を備える。ある実施形態では、本願の金属マトリクス複合材料は、リングの形状に形成されたセラミックプリフォームを備える。金属マトリクス複合材料は、ブレーキディスクまたはブレーキドラムとして形成されてもよく、セラミックプリフォームは、ブレーキディスクの制動面の少なくとも一部を形成してもよい。
【００１５】
ある実施形態では、セラミックプリフォームを作製する方法は、約６０％～６５％の多孔率および金属浸潤中のプリフォームの処理のための向上した強度を伴って、多孔質セラミックプリフォームをもたらす。高温アルミニウム合金は、直接スクイズ鋳造によってプリフォームに導入される。ブレーキロータのプリフォーム浸潤部分は、車両を停止させるようにキャリパ上のブレーキパッドによって圧縮される、ブレーキロータの表面を構成する。
【００１６】
図１は、本願の実施形態による、セラミックプリフォームを作製する例示的方法１００を図示する。示されるように、方法１００は、繊維をほぐすステップと、セラミック化合物の調製と、セラミック化合物を押圧、圧延、および形成するステップと、乾燥させるステップと、結合剤完全燃焼のための熱処理と、セラミック化合物の無機結合剤固化または焼結のための熱処理とを含む。これらのステップは、下記でさらに詳細に説明される。
【００１７】
本願のセラミックプリフォームを作製するために使用されるセラミック化合物は、セラミック粒子と、強化用繊維と、放出多孔性生成構成要素と、デンプンと、有機低温結合剤と、コロイド状シリカ懸濁液と、水とを含んでもよい。下記の表１は、本願の例示的セラミック化合物の種々の構成要素の典型的重量百分率を示す。
【表１】

表1：例示的ｾﾗﾐｯｸ化合物

構成要素	重量百分率、重量%	重量百分率、重量% 7体積%繊維	重量百分率、重量% 10体積%繊維
ｾﾗﾐｯｸ粒子	41-47	45.7 (42-47)	41.5 (41-42.5)
強化用繊維	9-15	9.1 (9-11)	11.8 (10-15)
放出多孔性生成構成要素	4.5-5.5	5.2 (4.5-5.5)	4.9 (4.5-5.5)
ﾃﾞﾝﾌﾟﾝ	3-4	3.5 (3-4)	3.3 (3-4)
低温有機結合剤	1.5-2	1.7 (1.5-2)	1.7 (1.5-2)
ｺﾛｲﾄﾞ状ｼﾘｶ	4.5-11	4.9 (4.5-11)	9.0 (8-11)
水	17-38	29.8 (17-36)	27.8 (19-38)

【００１８】
化合物のセラミック粒子は、典型的には、耐摩耗性および硬度を伴うセラミックプリフォームを提供する。セラミック粒子は、例えば、炭化ケイ素、アルミナ、炭化ホウ素、またはそれらの組み合わせもしくは混合物等の種々の材料を含んでもよい。ある実施形態で

は、セラミック粒子は、３６０粒度炭化ケイ素粒子を含んでもよい。

【００１９】

セラミック化合物の強化用繊維またはウィスカは、短いもしくは長い繊維を含んでもよく、例えば、炭素、炭化ケイ素、金属、またはセラミック繊維、ウィスカ、もしくは細断フィラメント等の種々の材料を含んでもよい。炭素繊維は、細断カーボンテープまたはカーボンナノチューブの形態であってもよい。ある実施形態では、セラミック化合物の強化用繊維は、例えば、下記の表２で繊維ＤおよびＥと標識されたこれらの繊維等のアルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維である。

【００２０】

セラミック化合物の強化用繊維は、繊維をセラミック化合物構成要素のバッチに導入することに先立って調製されてもよい（例えば、図１の繊維をほぐすステップを参照）。例えば、アルカリ土類アルミノケイ酸塩耐熱繊維が強化用繊維として使用されるとき、繊維をバッチに導入することに先立って、繊維が調製されてもよい。アルカリ土類アルミノケイ酸塩耐熱繊維は、（例えば、電気アーク炉の中で溶融させられる）溶融高純度鉱石から紡糸される。繊維は、多くの場合、塊（例えば、耐熱繊維の塊状のもつれたボール）でともに相互係止され、溶融紡糸プロセスから残ったショットガラスビーズを含んで、製造業者から受け取られる。繊維の少なくともいくつかの前処理は、繊維が個々のストランドに分離され、ショットガラスビーズが除去されるように、繊維をバッチに導入する前に必要とされ得る。本願の化合物で使用されるアルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維はまた、カルシア（ＣａＯ）およびマグネシア（ＭｇＯ）を多く含み、製造業者から受け取られるときにショットを含有しない場合がある、組成族であってもよい。アルカリ土類ガラス繊維の直径は、概して、ほぼ典型的アルミノケイ酸塩ガラス繊維の直径である、３．５ミクロンより大きい（例えば、下記の表２の繊維Ａを参照）。アルカリ土類アルミノケイ酸塩ガラス繊維はまた、費用効果の高い価格で市販されており、本明細書に説明される方法の総費用を商業的に魅力的にする。

【００２１】

いくつかの例示的強化用繊維の組成および繊維直径が、下記の表２に示される。表２の繊維Ｄおよび繊維Ｅと標識された列内の調合は、上記で議論されたようなアルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維である。

【表２】

表2：例示的セラミック繊維化学組成、重量%

名称	繊維A	繊維B	繊維C	繊維D	繊維E
組成族	アルミナシリカ繊維	アルミナシリカジルコニア繊維	アルミナシリカクロミア繊維	アルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維	アルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維
SiO_2	56	50	54.3	38-43	40-50
Al_2O_3	44	34.9	42.6	18-23	10-16
CaO + MgO	0.5	0.09	0.1	23-28	20-35
ZrO_2		15.2			
Cr_2O_3			2.8		
$Fe_2O_3 + TiO_2$	0.15	0.15	0.15		
FeO				4.5-8.0	
$K_2O + Na_2O$	0.1	0.1	0.1	4.5	
その他				6.0	6-10
繊維直径、μm	3.5	3.5	3.5	5.5	5-6

【００２２】

セラミックプリフォームが溶融金属を浸潤させられるようにするために、溶融金属流のための連続経路を生成する、高度に相互接続された多孔性を有することが有利である。セ

ラミック化合物の放出多孔性生成構成要素は、セラミックプリフォームが高度に相互接続された多孔性を有することを可能にする。例えば、ある実施形態では、多孔性生成構成要素は、熱処理中に成形セラミック物品を完全燃焼するであろう、炭素質材料である（例えば、図１の結合剤完全燃焼および焼結ステップを参照）。例示的炭素質材料は、黒鉛、カーボンブラック、グラフェン、または、例えば、クルミ殻粉末、ペカン殻粉末、もみ殻、およびおがくず等の高炭素含有量を伴う有機材料を含むが、それらに限定されない。

【００２３】

ある実施形態では、セラミックプリフォーム化合物の低温有機結合剤は、メチルセルロースである。メチルセルロースが使用されるとき、それは、概して、熱活性化される。さらに、グアーガムおよびキサンタンガムを含むが、それらに限定されない、他の結合剤が使用されてもよい。セラミック化合物の成形、および、例えば、摂氏約４９～６０度（または華氏約１２０～１４０度）の温度への暴露後に、セラミックプリフォームは、処理中にその形状を維持する生強度を生じさせる。

【００２４】

セラミック化合物のコロイド状シリカ溶液は、概して、セラミックプリフォーム内で高温結合システムを提供するように、例えば、カチオン性コーンスターチ等のデンプンを用いて凝集させられる。例えば、ある実施形態では、コロイド状シリカ溶液は、負の表面電荷を有する、コロイド状シリカ粒子を含む。カチオン性デンプンは、凝集が起こるための静電気引力があるように、正電荷を持つ。本凝集結合システムは、セラミック化合物の耐熱繊維および粒子を結合するために使用され、セラミックプリフォームの生強度に寄与する。凝集の効果は、高負荷セラミック本体および最小量の水（例えば、約１５～３０％）が存在すると顕著である。下記でさらに詳細に議論されるように、第１の水の量を添加し、その後に続いて、コロイド状シリカ溶液とともに第２の水の量を添加することは、凝集結合システムの有効性に寄与し得る。

【００２５】

図１は、本願の実施形態による、プリフォーム化合物を調製する方法１００を図示する。示されるように、方法１００は、繊維のほぐれをもたらす、繊維の前処理ステップから始まる。例えば、バルク繊維状セラミック材料の液体分散が分離され、セラミック化合物に導入するために、個々の繊維にほぐされてもよい。

【００２６】

ある実施形態では、アルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維は、絡み合った凝集塊で製造士業者から受け取られる。絡み合ったアルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維を個々の繊維に分離する１つの例示的方法は、最初に、所与の数量を容器の中へ配置し、蒸留水と、１．０～２．５体積％濃度におけるアルキロールアミノアミド添加剤とから成る、水溶液を添加するステップを伴う。容器内の繊維材料および溶液は、華氏７０度を上回る温度制御環境内で保持される。次いで、容器の内容物は、例えば、１８時間の最小周期にわたって、穏やかに撹拌される。次いで、添加剤溶液は、溶液の底部および側面上に処理された繊維材料を残して、容器から傾瀉させられる、または容器から捨てられる。次いで、繊維は、あらゆる残留添加物溶液を除去するように水で洗浄される。容器は、沈殿セラミック繊維が水中で再分散させられ、容器の底部上で固まらないように、水で充填して戻されてもよい。洗浄手順は、概して、懸濁繊維を失うことなく、水が傾瀉させられることができるように、セラミック繊維が沈殿するために、十分な時間、典型的には、１時間を与えて、少なくとも５回行われる。水は、水で洗浄した分散繊維懸濁液として他のバッチ構成物質に添加されることができるように、バッチへの第１の水添加のために必要な量（例えば、バッチ組成の約１４重量％～約２７重量％）で、繊維を湿潤させるように添加される。

【００２７】

図２は、セラミック化合物を調製するための方法におけるステップを図示する。図示されるように、例えば、炭化ケイ素粒子、完全燃焼材料、デンプン、および有機結合剤等の乾燥粉末が添加され、混合させられる。例えば、ある実施形態では、炭化ケイ素粒子は、ある時間周期（例えば、約３０分）にわたって回転式ミキサまたは他の好適なミキサの中

で、クルミ殻粉末、デンプン、およびメチルセルロースと乾燥混合させられる。封入円筒コンテナを伴うＵＳ　Ｓｔｏｎｅｗａｒｅ　Ｒｏｌｌｅｒ　Ｍｉｌｌ、モデル７５５が、本乾燥回転ステップに使用されてもよい。

【００２８】

図２に図示されるように、混合物への水の添加は、概して、２部、すなわち、第１の水添加および第２の水添加に分割される。上記で議論されるように、第１の水添加（例えば、バッチ組成の約１４重量％～約２７重量％）は、上記で議論される回転乾燥粉末とともにミキサ（例えば、Ｈｏｂａｒｔ　Ｍｉｘｅｒ）の中に配置される、ほぐれた繊維懸濁液を形成するために使用される。混合物は、パドルミキサブレードを用いて、ある時間周期（例えば、約２０分）にわたって混合させられる。本湿潤混合時間量は、概して、デンプンがバッチにおいて完全に湿潤させられることを確実にする。第２の水添加中に、ある量の水（例えば、バッチ組成の約３．５重量％～約９重量％）が、コロイド状シリカと混合させられ、ミキサの中へ添加され、ある時間周期（例えば、約１～２分）にわたって混合させられる。したがって、バッチは、ともに塊になる。ミキサ上のブレードは、パドルブレードからドーフックに交換される。セラミック化合物は、バッチを練るドーフックを用いて、約１分間混合させられる。また、バッチに作業し、次いで、連続形成動作のためにコンベヤベルト上で輸送される、所望の厚さの連続リボンにおいてセラミック化合物を押出するために、Ｃｈａｒｌｅｓ　Ｒｏｓｓ　＆　Ｓｏｎｓ，　Ｉｎｃ．から入手可能な混練機／押出機等の市販の機器が使用され得ることも理解されたい。

【００２９】

セラミック化合物は、概して、図１に図示されるように、化合物を押圧、圧延、および形成するステップを含むプロセスを使用して、ブレーキドラムまたはブレーキディスクプリフォームを形成するように成形されてもよい。ある実施形態では、バッチに作業し、直径が約６インチである円筒部品を押出するために、市販の混練機／押出機が使用されることができる。６インチ直径円筒部品は、押出部品を押圧ステップに移動させる、コンベヤベルト上に押出される。押圧は、例えば、約６インチの直径から約１０インチの直径および約１インチの高さまで、直径を増大させ、セラミック化合物の厚さを低減させる。

【００３０】

図１に図示されるように、ブレーキドラムまたはブレーキディスクプリフォームを形成するための方法における次のステップは、セラミック化合物を圧延することである。圧延するステップは、セラミック化合物からエアポケットを除去し、材料の一様性に寄与する。圧延するプロセスはさらに、例えば、約１４インチの直径および約０．５インチの高さまで、直径を増大させ、セラミック化合物の高さを低減させる。

【００３１】

図１に図示されるように、セラミック化合物は、（例えば、スタンピングまたは切断によって）ＭＭＣブレーキドラムまたはブレーキディスクで使用するための形状に形成される。ある実施形態では、スタンプまたは鋳型が、セラミック化合物を円筒、ディスク、またはリング形状に形成するために使用される。例えば、セラミック化合物が押圧および圧延された後、セラミック化合物は、ブレーキディスクまたはロータプリフォームとして使用するためのディスクとして形成されてもよい。図３Ａおよび３Ｂは、本願の実施形態による、ディスク形セラミック化合物３００を図示する。ディスク形セラミックプリフォーム３００は、セラミック化合物から必要寸法のディスク形状を形成することによって作製された。ある実施形態では、化合物が押圧され、圧延され、型打ちされた後に、ディスク形プリフォーム３００の外径（ＯＤ）は、約９インチ～約１６インチであり、高さ（Ｈ）は、約１／８インチ～約２インチである。

【００３２】

セラミック化合物はまた、ブレーキディスクまたはロータプリフォームとして使用するためのリングとして形成されてもよい。例えば、スタンプまたは鋳型が、セラミック化合物からリング形プリフォームを型打ちする、または切断するために使用されてもよい。図４Ａおよび４Ｂは、本願の実施形態による、リング形セラミック化合物４００を図示する

。リング形セラミックプリフォーム４００は、セラミック化合物から必要寸法のリング形状を形成することによって作製された。ある実施形態では、リング形プリフォーム３００の外径（ＯＤ）は、約９インチインチ～約１６インチであり、内径（ＩＤ）は、約５インチ～約１２．５インチであり、高さ（Ｈ）は、約１／８～約２インチである。

【００３３】

型打ちしたプリフォームの寸法は、概して、ＭＭＣを形成するように溶融金属を浸潤させられる、ブレーキドラムまたはブレーキディスクもしくはロータプリフォームに必要とされる最終寸法を可能にするように、ある量だけ所望の寸法を上回る（例えば、２％～４％上回る）。型打ちしたプリフォームの特大寸法は、プリフォームのさらなる処理ステップおよび機械加工中に、プリフォームの金属浸潤のための所望の寸法へのセラミック化合物の収縮を可能にする。

【００３４】

図１に図示されるように、セラミックプリフォームがセラミック化合物から形成された後、セラミックプリフォームは、乾燥、結合剤完全燃焼、および熱処理のさらなる処理ステップを通過する。セラミックプリフォームは、概して、ある時間周期にわたって、ある温度（例えば、摂氏約６０度または華氏約１４０度）において乾燥オーブンの中で乾燥させられる。オーブン乾燥時間の長さは、多くの場合、セラミックプリフォームの水分含有量および部品のサイズに基づいて変動するであろう。セラミックプリフォームは、概して、部品からの水の除去により、重量損失が約２０重量％～約３５重量％であるときに、乾燥していると見なされる。

【００３５】

図１に図示される結合剤完全燃焼ステップ中に、セラミックプリフォームから有機物または揮発性成分を除去するように、低温熱処理が行われる。ある実施形態では、これらの有機物は、クルミ殻粉末、デンプン、およびメチルセルロースを含む。低温熱処理サイクルは、概して、ほぼ同一の温度における約２時間の保持を伴って、ある温度（例えば、摂氏約２６０度または華氏約５００度）までの約１時間の傾斜である。

【００３６】

焼結は、コロイド状シリカによって作成されるセラミック結合を密閉するように行われる高温熱処理である。高温熱処理は、概して、約２時間にわたって、ある温度（例えば、摂氏約９８５度または華氏約１８００度）で保持される。ある実施形態では、高温熱処理後に、コロイド状シリカ粒子は、セラミックプリフォームの中に残留し、セラミックプリフォームは、炭化ケイ素粒子と、耐熱繊維と、炭化ケイ素粒子と耐熱繊維との間のケイ酸塩結合とを含む。これらの実施形態では、完全燃焼材料、デンプン、およびメチルセルロースは全て、低および高温熱処理後に、多孔質セラミックプリフォーム本体から除去される。焼結ステップ後に、セラミックプリフォームは、ブレーキドラムもしくはディスクブレーキロータ高圧ダイカスト金型の中へセラミックプリフォームを受容するための最終寸法要件を達成するような形状に切断および／または機械加工されることができる。

【００３７】

一例示的実施形態では、ディスク形セラミックプリフォームは、セラミック化合物から必要寸法の形状を型打ちすることによって作製された。セラミック化合物調合は、４３．２重量％の炭化ケイ素３６０粒度粒子（Ｗａｓｈｉｎｇｔｏｎ Ｍｉｌｌｓ Ｃａｒｂｏｒｅｘ ３６０）、８．６重量％のアルカリ土類アルミノケイ酸塩耐熱繊維、７体積％の繊維（Ｆｉｂｒｏｘ Ｔｅｃｈｎｏｌｏｇｙ ＬＰ Ｆｉｂｒｏｘ ３００Ｄ）、４．９％のクルミ殻粉末－１００メッシュ（Ｅｃｈｏ－Ｓｈｅｌｌ，Ｉｎｃ．）、３．３重量％のフレーク状カチオン性コーンスターチ（Ｗｅｓｂｏｎｄ Ｗｅｓｔａｒ ＋３）、１．６重量％のヒドロキシプロピルメチルセルロース（Ｄｏｗ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｍｅｔｈｏｃｅｌ（ＴＭ） Ａ４Ｍ）、２４．１重量％の第１の水添加、４．１重量％の第２の水添加、および１０．１重量％のコロイド状シリカ溶液（Ｗｅｓｂｏｎｄ Ｂｉｎｄｚｉｌ（登録商標） １４４０）を組み合わせることによって作製された。本セラミック化合物中の繊維の濃度は、７体積％である。アルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維の繊維ほぐし

は、蒸留水中の２．１０５重量％のアルキロールアミノアミド（Ａｌｔａｎａ Ｄｉｓｐｅｒｂｙｋ－１０９）の水性混合物を使用して達成された。

【００３８】

別の例示的実施形態では、ディスク形セラミックプリフォームは、セラミック化合物から必要寸法の形状を型打ちすることによって作製された。セラミックは、４１．５重量％の炭化ケイ素３６０粒度粒子（Ｗａｓｈｉｎｇｔｏｎ Ｍｉｌｌｓ Ｃａｒｂｏｒｅｘ ３６０）、１１．８重量％のアルカリ土類アルミノケイ酸塩耐熱繊維、１０体積％の繊維（Ｌａｐｉｎｕｓ Ｒｏｃｋｓｅａｌ（登録商標） ＲＳ４８０－Ｒｏｘｕｌ（登録商標）１０００）、４．９％のクルミ殻粉末－１００メッシュ（Ｅｃｈｏ－Ｓｈｅｌｌ， Ｉｎｃ．）、３．３重量％のフレーク状カチオン性コーンスターチ（Ｗｅｓｂｏｎｄ Ｗｅｓｔａｒ ＋３）、１．７重量％のヒドロキシプロピルメチルセルロース（Ｄｏｗ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｍｅｔｈｏｃｅｌ（ＴＭ） Ａ４Ｍ）、２３．８重量％の第１の水添加、４．０重量％の第２の水添加、および９．０重量％のコロイド状シリカ溶液（Ｗｅｓｂｏｎｄ Ｂｉｎｄｚｉｌ（登録商標） １４４０）を組み合わせることによって作製された。セラミック化合物は、直径が約１４インチ、厚さ約１／２インチであったプリフォームを形成するために、練られ、押圧され、圧延され、型打ちされた。セラミック部品は、乾燥させられ、結合剤完全燃焼のために焼かれ、焼結された。結果として生じる完成した部品は、約１２５６ｇｍの重量を有し、直径が１４．３インチであり、厚さ０．５６４インチであった。最終部品の組成は、７２．９重量％の炭化ケイ素、２０．７重量％のアルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維、および６．４重量％のケイ酸塩結合剤であった。

【００３９】

本願のセラミックプリフォームは、本願のＭＭＣを形成するように、例えば、アルミニウム、マグネシウム、チタン、または銅等の金属を浸潤させられた。例えば、セラミックプリフォームは、本願のＭＭＣを形成するように、例えば、アルミニウム、マグネシウム、または銅等のダイカストされることが可能である金属の浸潤のために、ダイカスト金型に導入されてもよい。ある高温性能アルミニウム合金が、浸潤に使用されてもよい。高温性能アルミニウム合金は、３５６またはＡ３５６ダイカスト合金と比較すると、向上した高温引張およびクリープ性質を有する。これらの高温性能アルミニウム合金は、多くの場合、一般的な鉄道ディーゼルシリンダヘッドに使用される。組成族は、様々な量のマグネシウム、マンガン、バナジウム、ジルコニウム、チタン、および鉄（Ｍｇ、Ｍｎ、Ｖ、Ｚｒ、Ｔｉ、およびＦｅ）を伴うアルミニウム／シリコン／銅合金（ＡｌＳｉ７Ｃｕ）合金である。ある実施形態では、高温性能アルミニウム合金は、Ｆｅ＜０．１５％である、ＡｌＳｉ７Ｃｕ３．５Ｍｇ０．１５Ｍｎ０．１５Ｖ０．１２Ｚｒ０．１２Ｔｉ０．１２を含む。

【００４０】

ダイカスト金型は、概して、２つの鋳型部、すなわち、概して、静止しており、ダイカスト機の非移動プラテンに連結される、下部またはコープである第１の鋳型部と、第１の鋳型部に対して移動可能であり、概して、ダイカスト機の可動プラテンに連結される、上部またはドラッグである第２の鋳型部とを含む。鋳型部内には、注入された溶融金属を受容する型穴がある。型穴は、計算された収縮が考慮に入れられ、部品解放に役立つようにドラフトが追加される、最終製品形状を表す。ある実施形態では、収縮の量は、約０．０７％～約２．１９％である。穴はまた、概して、セラミックプリフォームを受容して型穴内に位置付ける、ネスティング領域も含む。

【００４１】

直接スクイズ鋳造プロセスにおける溶融金属の導入に関して、溶融金属は、２つの鋳型部が開いている間に、プリフォームの上方から導入される。予熱されたセラミックプリフォームは、金型のドラッグ部分の型穴内に配置される。溶融金属は、プリフォームの上に導入される。２つの鋳型部、すなわち、コープおよびドラッグは、浸潤させられている部品に圧力を印加して閉鎖される。溶融金属は、圧迫プロセス中にプリフォームに浸潤する。プリフォームは、概して、スクイズ鋳造プロセス中に溶融金属より高い温度にある。溶

融金属が、金属より低い温度のプリフォームに衝打する場合、金属は、プリフォームの表面と接触して動かなくなり、浸潤しない。

【００４２】

鋳型部は、典型的には、耐久性を向上させるように種々の処理を用いて、工具鋼から機械加工される。加熱および冷却回路もまた、鋳造プロセスのための最適な温度を獲得して保持することに役立つように、鋳型部の全体を通して追加されてもよい。これらの回路は、鋳型の所定の領域の中または外へ温度を伝達するために、種々の流体を利用してもよく、典型的には、型穴の近くに配置されるが、穴に進入しない。

【００４３】

セラミックプリフォームは、ダイカスト金型の型穴内に配置される。セラミックプリフォームは、型穴への導入に先立って、ある温度まで予熱されてもよい。例えば、セラミックプリフォームは、型穴に注入されている溶融金属（例えば、アルミニウム）の温度を上回る温度まで予熱されてもよい。ある実施形態では、セラミックプリフォームは、型穴に注入されている溶融金属の温度を少なくとも華氏５０度上回るまで加熱される。他の実施形態では、セラミックプリフォームは、型穴に注入されている溶融金属の温度を少なくとも華氏１００度上回るまで加熱される。

【００４４】

溶融金属は、低速で型穴に注入され、セラミックプリフォームの多孔質本体に浸潤する。溶融金属の速度は、セラミックプリフォームが溶融金属の注入中に変形しないようなものである。溶融金属は、実質的に壁厚全体を通して浸潤する。さらに、ある実施形態では、溶融金属は、実質的に、２インチまたはそれ未満の壁厚を有するセラミックプリフォームを通して浸潤する。

【００４５】

一実施例では、４×４インチプリフォームが、Ａｌ－ＭＭＣを形成するように溶融金属を浸潤させられた。本明細書に説明される方法によって作製され、表２からの７体積％の繊維Ｅ（Ｆｉｂｒｏｘ　Ｆｉｂｅｒ）および炭化ケイ素粒子を含有する、４×４インチプリフォームは、高温性能アルミニウムダイカスト合金を浸潤させられた。プリフォーム温度は、約１５００°Ｆであり、金属温度は、約１４２０°Ｆであった。合金の組成は、６．８３％のシリコン，０．１２５％の鉄、３．４６％の銅、０．００８２％のマンガン、０．３４４％のマグネシウム、０．１２９％のチタン、０．１１４％のジルコニウム、０．１１４％のバナジウム、およびアルミニウムの平衡であった。スクイズ鋳造中にサンプルに及ぼされる圧力は、９秒の滞留時間で１平方インチにつき１２，５７０ポンドであった。プリフォームサンプルは、金属を完全に浸潤させられた。浸潤したサンプルのプリフォーム縁の鋭い角が維持され、スクイズ鋳造中にプリフォームの変形がなかったことを示した。高温合金の微細構造発達は、５時間にわたる９４１°Ｆ（５０５℃）における溶液熱処理を用いて発達させられ、その後に、水焼入が続いた。後に、プリフォームは、５時間にわたる３９２°Ｆ（２００℃）における時効熱処理の前に、２４時間にわたって空気中で室温に置かれた。

【００４６】

図５Ａおよび５Ｂは、本願の実施形態による、ＭＭＣブレーキディスク５００を図示する。示されるように、ＭＭＣブレーキディスク５００は、ＭＭＣブレーキディスクとほぼ同一の形状を有する、リング形セラミックプリフォーム５０２を使用して形成される。各セラミックプリフォームは、本明細書で議論されるような直接スクイズダイカストプロセス中等に、ＭＭＣブレーキディスク５００を形成するように金属（例えば、アルミニウム）を浸潤させられた。セラミックプリフォーム５０２およびＭＭＣブレーキディスク５００は、種々の異なる車両のための種々のサイズならびに形状であってもよい。例えば、ある実施形態では、ＭＭＣブレーキディスク５００は、直径が約９インチ～約１６インチであり、厚さ約１／８～約２インチであった。

【００４７】

図６Ａおよび６Ｂは、本願の実施形態による、ＭＭＣブレーキディスク６００を図示す

る。示されるように、ＭＭＣブレーキディスクは、隆起中心部分またはハット６０４と、ディスクブレーキの冷却を促進するチャネル６０６とを有する、通気式のフィン付きブレーキディスク設計を備える。さらに、図６Ｂに図示されるように、ＭＭＣブレーキディスク６００は、ＭＭＣブレーキディスクとほぼ同一の形状を有する、２つのリング形セラミックプリフォーム６０２を使用して形成される、２つの強化セラミック表面を有する。これらのセラミック表面は、車両を停止されるためのブレーキキャリパによって係合される。各セラミックプリフォーム６０２は、本明細書で議論されるようなダイカストプロセス中等に、ＭＭＣブレーキディスク６００を形成するように金属（例えば、アルミニウム）を浸潤させられた。セラミックプリフォーム６０２およびＭＭＣブレーキディスク６００は、種々の異なる車両のための種々のサイズならびに形状であってもよい。例えば、ある実施形態では、ＭＭＣブレーキディスク６００は、直径が約９インチ～約１６インチであり、厚さ約１インチ～約２．０インチであった。

【００４８】

セラミックプリフォームの強度は、ダイカスト金型の中に配置するためのセラミックプリフォームを調製するために必要とされる、処理を促進する。本明細書に開示されるセラミックプリフォームは、異なる形成方法を使用して作製される類似型プリフォームと比べて、向上した強度を有する。

【００４９】

例えば、異なる組成の５つのセラミックプリフォームが生産され、各プリフォームのかさ密度、多孔率、および圧縮強度が測定された。下記の表３は、５つのセラミックプリフォーム（プリフォーム１－５）のＡＳＴＭ　Ｃ８３０によって測定されるようなかさ密度および多孔率、ならびにＡＳＴＭ　Ｃ１３３によって測定されるような圧縮強度を示す。５つのセラミックプリフォームのうちの４つ（プリフォーム２－５）は、本明細書に説明され、図１および２に図示される同じ方法を使用して作製された。

【００５０】

プリフォーム２に関して、セラミックプリフォーム調合は、４３．２重量％の炭化ケイ素３６０粒度粒子、８．６重量％の繊維Ｄ、すなわち、約５．５ミクロンの繊維直径を伴うアルカリ土類アルミノケイ酸塩耐熱繊維、４．９％のクルミ殻粉末－１００メッシュ、３．３重量％のフレーク状カチオン性コーンスターチ、１．６重量％のヒドロキシプロピルメチルセルロース、２４．１重量％の第１の水添加、４．１重量％の第２の水添加、および１０．１重量％のコロイド状シリカ溶液を組み合わせることによって作製された。本セラミック化合物中の繊維の濃度は、７体積％である。アルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維の繊維ほぐしは、蒸留水中の２．１０５重量％のアルキロールアミノアミドの水性混合物を使用して達成された。

【００５１】

プリフォーム３に関して、セラミックプリフォーム調合は、４３．２重量％の炭化ケイ素３６０粒度粒子、８．６重量％の繊維Ｅ、すなわち、集団で５～６ミクロンの繊維直径を伴うアルカリ土類アルミノケイ酸塩耐熱繊維、４．９％のクルミ殻粉末－１００メッシュ、３．３重量％のフレーク状カチオン性コーンスターチ、１．６重量％のヒドロキシプロピルメチルセルロース、２４．１重量％の第１の水添加、４．１重量％の第２の水添加、および１０．１重量％のコロイド状シリカ溶液を組み合わせることによって作製された。本セラミック化合物中の繊維の濃度は、７体積％である。アルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維の繊維ほぐしは、蒸留水中の２．０重量％のアルキロールアミノアミドの水性混合物を使用して達成された。

【００５２】

プリフォーム４に関して、セラミックプリフォーム調合は、４１．５重量％の炭化ケイ素３６０粒度粒子、１１．８重量％の繊維Ｄ、すなわち、約５．５ミクロンの繊維直径を伴うアルカリ土類アルミノケイ酸塩耐熱繊維、４．９％のクルミ殻粉末－１００メッシュ、３．３重量％のフレーク状カチオン性コーンスターチ、１．７重量％のヒドロキシプロピルメチルセルロース、２３．８重量％の第１の水添加、４．０重量％の第２の水添加、

および９．０重量％のコロイド状シリカ溶液を組み合わせることによって作製された。本セラミック化合物中の繊維の濃度は、１０体積％である。アルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維の繊維ほぐしは、蒸留水中の２．０重量％のアルキロールアミノアミドの水性混合物を使用して達成された。

【００５３】

プリフォーム５に関して、セラミックプリフォーム調合は、４１．５重量％の炭化ケイ素３６０粒度粒子、１１．８重量％の繊維Ｅ、すなわち、集団で５～６ミクロンの繊維直径を伴うアルカリ土類アルミノケイ酸塩耐熱繊維、４．９％のクルミ殻粉末－１００メッシュ、３．３重量％のフレーク状カチオン性コーンスターチ、１．７重量％のヒドロキシプロピルメチルセルロース、２３．８重量％の第１の水添加、４．０重量％の第２の水添加、および９．０重量％のコロイド状シリカ溶液を組み合わせることによって作製された。本セラミック化合物中の繊維の濃度は、１０体積％である。アルカリ土類アルミノケイ酸塩繊維の繊維ほぐしは、蒸留水中の２．０重量％のアルキロールアミノアミドの水性混合物を使用して達成された。

【００５４】

プリフォーム１は、４７．６３重量％の炭化ケイ素３６０粒度粒子、９．５３重量％のハンマーミル加工および篩過された繊維Ａ、すなわち、３．５ミクロンの繊維直径を伴うアルミノケイ酸塩耐熱繊維、５．４重量％のクルミ殻粉末－１００メッシュ、３．６３重量％のフレーク状カチオン性コーンスターチ、１．７７重量％のヒドロキシプロピルメチルセルロース、１１．３重量％の第１の水添加、９．６４重量％の第２の水添加、および１１．１重量％のコロイド状シリカ溶液を組み合わせることによって作製された、セラミックプリフォームであった。バッチに導入するための繊維を調製するプロセスは、製造業者から受け取られた繊維をハンマーミル加工して篩過するステップを含んだ。ハンマーミル加工後、繊維は、より少ないショットを含み、長さが約６ｍｍ未満である塊から成った。次いで、繊維塊は、塊をさらに分解するように押圧された。次いで、押圧された繊維は、緩いショット（例えば、５００ミクロンを上回る直径を有するショット）を除去するように（例えば、５００ミクロン金網スクリーンを通して）選別された。次いで、スクリーンの上に残された繊維は、セラミック化合物構成要素のバッチに添加された。本前処理後にバッチに添加された繊維は、完全にはほぐされていない繊維の小さい塊の形態であった。

【００５５】

下記の表３は、５つのセラミックプリフォーム（プリフォーム１－５）のＡＳＴＭ　Ｃ８３０によって測定されるようなかさ密度および多孔率、ならびにＡＳＴＭ　Ｃ１３３によって測定されるような圧縮強度を示す。圧縮強度は、セラミックプリフォームの押圧方向と平行および垂直に測定される。示されるように、本明細書に開示される方法によって作製され、繊維Ｄおよび繊維Ｅを使用した調合（すなわち、プリフォーム２－５）は、繊維Ａを使用した調合の約４倍も強度を増加させている。

【表３】

表3：種々のセラミックプリフォームのかさ密度、多孔率、および強度

プリフォーム	1	2	3	4	5
繊維	7体積% 繊維A	7体積% 繊維D	7体積% 繊維E	10体積% 繊維D	10体積% 繊維E
かさ密度、g/cc	1.05	1.02	1.00	0.96	1.01
多孔率、%	65	66	67	68	67
強度、psi(押圧方向と平行/垂直)	40/40	145/214	190/200	150/250	97/210

【００５６】

プリフォーム２－５は、プリフォーム１より大きい繊維直径（５～６ミクロン対３．５ミクロン）を有するプリフォーム２－５のセラミック調合内の十分に分散した繊維により、プリフォーム１より頑丈であると考えられる。プリフォーム２－５中の個別に分離されたより大きい直径の繊維は、非常に強力である、繊維と炭化ケイ素粒子との間の相互係止構造を作成することができる。本強力な相互係止網は、ケイ酸塩結合によってともに保持される。受け取られた繊維の半分がセラミック調合で原料として使用されるため、繊維Ａの前処理は、面倒で高価かつ無駄が多い。繊維Ａは、５０重量％の使用可能繊維と、５０重量％のショットとを含む。ショット粒子が制動面上にあるときに、制動事象が弱められ得るため、ショットは、ブレーキディスクまたはロータもしくはブレーキドラムに使用されるセラミックプリフォームにおいて容認不可能である。プリフォーム２－５の処理に組み込まれる、アルキロールアミノアミド添加剤を使用した繊維のための水性ほぐしプロセスは、単純であり、拡張可能製造プロセスに役立ち、費用効果が高い。

【００５７】

本明細書に説明されるように、１つまたはそれを上回る構成要素が、接続される、継合される、添着される、連結される、取り付けられる、または別様に相互接続されるものとして説明されるとき、そのような相互接続は、構成要素の間のように直接的であり得るか、もしくは１つまたはそれを上回る中間構成要素の使用を通して等、間接的であり得る。また、本明細書に説明されるように、「部材」、「構成要素」、または「部分」という言及は、単一の構造部材、構成要素、または要素に限定されるものではないが、構成要素、部材、または要素のアセンブリを含むことができる。

【００５８】

本発明は、その実施形態の説明によって図示され、実施形態は、かなり詳細に説明されているが、本出願人らの意図は、本発明の範囲をそのような詳細に制限すること、またはいかようにも限定することではない。付加的な利点および修正が、当業者に容易に想起されるであろう。例えば、構成要素が、解放可能または可撤性にともに接続され、もしくは取り付けられる場合、例えば、係止接続、締結接続、凸部および溝接続等を含む、任意のタイプの解放可能な接続が好適であり得る。なおもさらに、構成要素の幾何学形状、形状、および寸法は、構成要素の全体的な役割または機能を変更することなく修正されることができる。したがって、本発明の概念は、そのより広い側面では、具体的詳細、代表的な装置、および示され、説明される例証的実施例に限定されない。したがって、本出願人の一般的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、そのような詳細から逸脱してもよい。

【００５９】

本発明の種々の発明の側面、概念、ならびに特徴は、例示的実施形態において組み合わせて具現化されるように、本明細書で説明および図示され得るが、これらの種々の側面、概念、ならびに特徴は、個別に、またはそれらの種々の組み合わせおよび副次的組み合わせでのいずれかにおいて、多くの代替実施形態で使用されてもよい。本明細書で明示的に除外されない限り、全てのそのような組み合わせおよび副次的組み合わせは、本発明の範囲内であることを意図している。なおもさらに、代替的材料、構造、構成、方法、デバイス、および構成要素等の本発明の種々の側面、概念、ならびに特徴に関する種々の代替実施形態、形態、適合、および機能に関する代替案等が、本明細書に説明され得るが、そのような説明は、現在公知であるか、後に開発されるかにかかわらず、利用可能な代替実施形態の完全または包括的リストであることを意図していない。当業者は、たとえそのような実施形態が本明細書に明示的に開示されていなくても、本発明の範囲内で、発明の側面、概念、もしくは特徴のうちの１つまたはそれを上回るものを付加的実施形態および用途に容易に導入し得る。加えて、たとえ本発明のいくつかの特徴、概念、または側面が、好ましい配列もしくは方法として本明細書に説明され得ても、そのような説明は、そのように明示的に記述されない限り、そのような特徴が必要とされる、または必要であると示唆することを意図していない。なおもさらに、例示的または代表的な値および範囲が、本開示を理解することに役立つように含まれ得るが、そのような値および範囲は、限定的な意

味で解釈されるものではなく、そのように明示的に記述される場合のみ、重要な値および範囲であることを意図している。また、種々の側面、特徴、および概念が、発明に関する、または発明の一部を形成するものとして本明細書で明示的に識別され得るが、そのような識別は、排他的であることを意図しておらず、むしろ、そのようなものとして、または具体的発明の一部として明示的に識別されることなく、本明細書で完全に説明される発明の側面、概念、および特徴があってもよく、本発明は、代わりに、添付の請求項に記載される。例示的方法またはプロセスの説明は、全ての場合に必要とされるような全てのステップの包含に限定されず、そのように明示的に記述されない限り、ステップが提示される順番も、必要とされる、または必要であると解釈されるようものではない。請求項で使用される用語は、それらの完全な通常の意味を有し、本明細書の実施形態の説明によっていかようにも限定されない。

【図１】

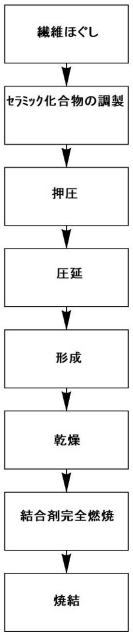

FIG. 1

【図２】

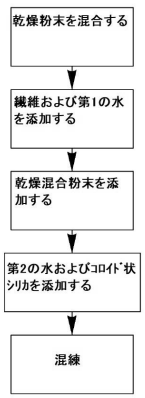

FIG. 2

【図３Ａ】

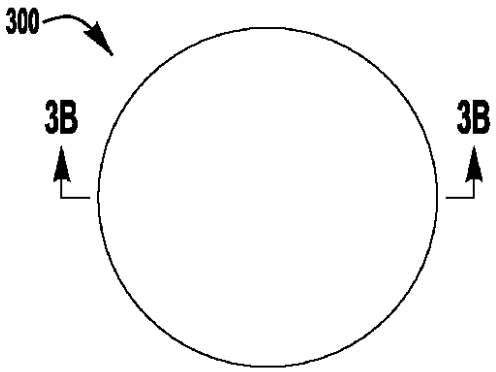

FIG. 3A

【図３Ｂ】

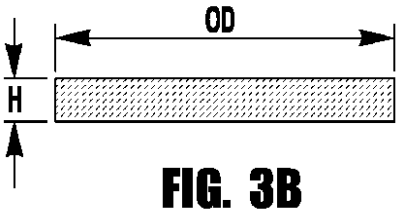

FIG. 3B

【図４Ａ】

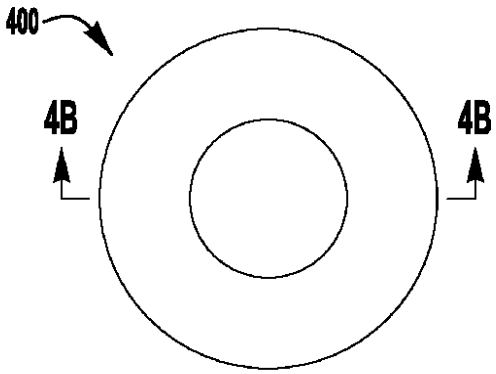

FIG. 4A

【図４Ｂ】

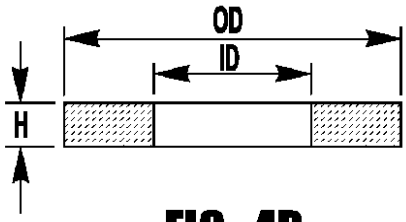

FIG. 4B

【図５Ａ】

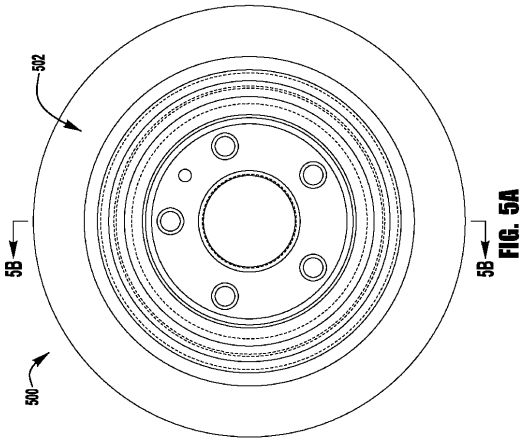

FIG. 5A

【図５Ｂ】

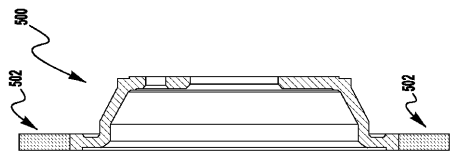

FIG. 5B

【図６Ａ】

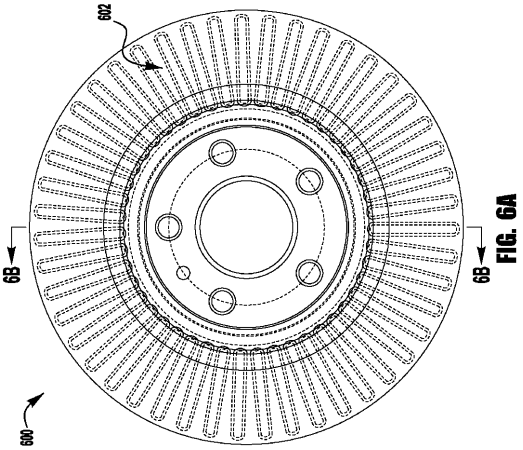

FIG. 6A

【図６Ｂ】

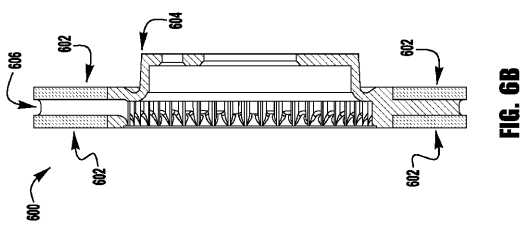

FIG. 6B

フロントページの続き

(74)代理人 230113332
弁護士 山本 健策
(72)発明者 ムーア, ダン ティー.
アメリカ合衆国 オハイオ ４４１０６, クリーブランド ハイツ, フェアマウント ブールバード ２６２６
(72)発明者 デリーゾ, エブリン エム.
アメリカ合衆国 オハイオ ４４１１８, ユニバーシティ ハイツ, ブシュネル ロード ３８７７
(72)発明者 リッチー, ジョセフ ビー.
アメリカ合衆国 オハイオ ４４０２３, チャグリン フォールズ, レイク イン ザ ウッズ トレイル ９１０７

審査官 藤長 千香子

(56)参考文献 米国特許出願公開第２０１３／０２９５３０４（ＵＳ, Ａ１）
特開２０００－０５５９０４（ＪＰ, Ａ）
特開平０６－１０８３２０（ＪＰ, Ａ）
特開昭６１－１４３５３４（ＪＰ, Ａ）
特表２００９－５１２８１３（ＪＰ, Ａ）
特表２００１－５２６５８１（ＪＰ, Ａ）
特表２００２－５３６５３８（ＪＰ, Ａ）
特開平０３－０９３６７５（ＪＰ, Ａ）
特表２０１０－５０８１５３（ＪＰ, Ａ）
特開平１０－００９３０１（ＪＰ, Ａ）
特公昭４７－０４０９１７（ＪＰ, Ｂ１）
特開２００７－２０４３５０（ＪＰ, Ａ）
米国特許出願公開第２０１２／００８０２７７（ＵＳ, Ａ１）
米国特許出願公開第２０１３／００８７４２０（ＵＳ, Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｂ２２Ｄ １９／００－１９／１６
Ｃ０３Ｃ １／００－１４／００
Ｆ１６Ｄ ４９／００－７１／０４