〔19〕中华人民共和国专利局

[11]公开号 CN 1042488A

〔12〕发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 89108028.7

[51] Int.Cl[5]
B22D 19/14

〔43〕公开日 1990年5月30日

[22]申请日 89.10.19

[30]优先权

[32]88.11.10 [33]US [31]07/269,370

[71]申请人 兰克西敦技术公司

地址 美国特拉华州

[72]发明人 拉特内士·库玛·德威维迪

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利代理部

代理人 段承恩

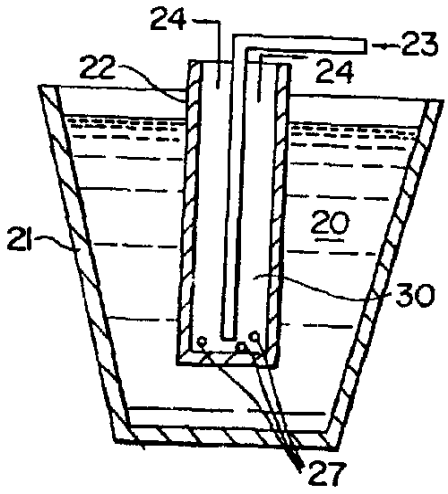
B22D 19/02 C22C 1/09
C22C 1/04 C22C 32/00

说明书页数: 35 附图页数: 3

[54]发明名称 通过从外向内的自发渗透工艺生产金属基质复合体的方法及其由此方法生产的产品

[57]摘要

本发明涉及一种生产金属基质复合体的新方法及其由此方法生产的产品。具体地说，将一种可渗透的填料体成型为预型体，该预型体在其至少一部分中含有空腔。在至少工艺过程期间的某一时刻，还使渗透增强剂和/或渗透增强剂前体和/或渗透气氛与预型体相联系，当将预型体放在熔融基质金属中时，使熔融基质金属自发地渗透预型体。另外，当熔融基质金属与预型体的外面相接触时，熔融基质金属将自发地从其外表面向其中的空腔渗透预型体。



权　利　要　求　书

1.一种生产金属基质复合体的方法，该方法包括：

提供一种基本非反应性的填料；

使一种固定的渗透气氛与至少一部分所说的填料相联系；以及

用熔融基质金属自发渗透至少一部分所说的填料。

2.一种如权利要求1 所述的方法，该方法还包括向基质金属、填料和渗透气氛中的至少一种提供至少一种渗透增强剂前体和渗透增强剂的步骤。

3.一种如权利要求1 所述的方法，该方法还包括向基质金属和填料中的至少一种提供至少一种渗透增强剂前体和渗透增强剂的步骤。

4.一种如权利要求2 所述的方法，其中所说的渗透增强剂前体和渗透增强剂中至少一种是从外界来源提供的。

5.一种如权利要求1 所述的方法，该方法还包括在至少一部分渗透期间内使至少一部分填料与渗透增强剂前体和渗透增强剂中至少一种相接触的步骤。

6.一种如权利要求2 所述的方法，其中的渗透增强剂是通过一种渗透增强剂前体和至少一种选自渗透气氛、填料和基质金属中的物质反应形成的。

7.一种如权利要求6 所述的方法，其中在渗透过程中，渗透增强剂前体挥发。

8.一种如权利要求7 所述的方法，其中挥发的渗透增强剂前体

在至少一部分填料中反应形成一种反应产物。

9.一种如权利要求8 所述的方法，其中所说的反应产物是至少可部分地被所说的熔融基质金属还原的。

10．一种如权利要求9 所述的方法，其中所说的反应产物涂敷在至少一部分所说的填料上。

11．一种如权利要求1 所述的方法，其中的填料包括一种预型体。

12．一种如权利要求1 所述的方法，该方法还包括用一种阻挡元件限定填料的表面边界的步骤，其中的基质金属自发地渗透到所说的阻挡元件。

13．一种如权利要求12所述的方法，其中所说的阻挡元件包括一种选自碳、石墨和二硼化钛中的材料。

14．一种如权利要求12所述的方法，其中所说的阻挡元件基本不被所说的基质金属润湿。

15．一种如权利要求12所述的方法，其中所说的阻挡元件包括至少一种材料，该材料使得渗透气氛与基质金属、填料、渗透增强剂和渗透增强剂前体中的至少一种相通。

16．一种如权利要求1 所述的方法，其中的填料包括至少一种选自粉末、薄片、片晶、微球、晶须、泡体、纤维、颗粒、纤维垫、切断纤维、球、丸粒、管状物和耐火布中的材料。

17．一种如权利要求1 所述的方法，其中的填料在熔融基质金属中有有限的溶解度。

18．一种如权利要求1 所述的方法，其中的填料包括至少一种

陶瓷材料。

19．一种如权利要求1 所述的方法，其中的基质金属包括铝，渗透增强剂前体包括至少一种选自镁、锶和钙中的材料，渗透气氛包括氮气。

20．一种如权利要求1 所述的方法，其中的基质金属包括铝，渗透增强剂前体包括锌，渗透气氛包括氧气。

21．一种如权利要求1 所述的方法，其中在所说的填料和所说的基质金属之间的界面处提供至少一种选自所说的渗透增强剂和所说的渗透增强剂前体的物质。

22．一种如权利要求1 所述的方法，其中渗透增强剂前体在所说的基质金属中合金化。

23．一种如权利要求1 所述的方法，其中所说的基质金属包括铝和至少一种选自硅、铁、铜、锰、铬、锌、钙、镁和锶中的合金元素。

24．一种如权利要求3 所述的方法，其中在所说的基质金属和所说的填料中提供所说的渗透增强剂前体和渗透增强剂中的至少一种。

25．一种如权利要求2 所述的方法，其中在一种以上的所说的基质金属，所说的填料和所说的渗透气氛中提供所说的渗透增强剂前体和渗透增强剂中的至少一种。

26．一种如权利要求1 所述的方法，其中自发渗透期间的温度高于基质金属的熔点，但低于基质金属的挥发点和填料的熔点。

27．一种如权利要求1 所述的方法，其中的渗透气氛包括选氧

气和氮气中的一种气氛。

28．一种如权利要求2 所述的方法，其中的渗透增强剂前体包括选自镁、锶和钙中的一种材料。

29．一种如权利要求1 所述的方法，其中的基质金属包括铝，填料包括选自氧化物、碳化物、硼化物和氮化物中的至少一种材料。

30．一种如权利要求1 或2 所述的方法，其中所说的填料包括限定一个空腔的预型体，所说的渗透气氛直接与所说的空腔相联系。

31．一种如权利要求30所述的方法，其中所说的空腔至少部分地被一个塞限定。

32．一种如权利要求31所述的方法，其中所说的塞与所说的预型体是一个整体。

33．一种如权利要求31所述的方法，其中所说的塞是可移动的。

34．一种如权利要求1 所述的方法，其中所说的自发渗透是在一个敞开气氛的炉中进行的。

35．一种如权利要求30所述的方法，其中所说的渗透气氛通过至少一个导管与所说的空腔相连。

36．一种如权利要求30或35所述的方法，其中所说的空腔至少部分地通过与其一部分相邻的限制装置来限制。

37．一种如权利要求1 、30或34所述的方法，还包括提供氧化剂捕集剂的步骤。

38．一种如权利要求1 或30所述的方法，其中所说的自发渗透是通过用所说的熔融基质金属至少部分地围绕所说的预型体来进行。

说　　明　　书

通过从外向内的自发渗透工艺生产金属基质复合体的方法及其由此方法生产的产品

本发明涉及一种生产金属基质复合体的新方法及其由此方法生产的产品。具体地说，将一种可渗透的填料体成形为预型体，该预型体在其至少一部分中含有空腔。在至少工艺过程期间的某一时刻，还使渗透增强剂和/或渗透增强剂前体和/或渗透气氛与预型体相联系，当将预型体放在熔融基质金属中时，使熔融基质金属自发地渗透预型体。所说的渗透气氛在至少一部分工艺过程期间至少与预型体中的空腔相关联。另外，当熔融基质金属与预型体的外面相接触时，熔融基质金属将自发地从其外表面向其中的空腔渗透预型体。

含有金属基质和加强或增强相（如陶瓷颗粒、晶须、纤维等）的复合产品对于许多应用显示出广阔的前途，因为它们具有增强相的部分刚性和耐磨性以及金属基质的可延伸性和韧性。一般来说，金属基质复合体与整块基体金属相比，将表现出在强度、刚性、接触耐磨性和高温强度保持性等性能方面的改进，但是对任何给出的性能可能被改进的程度主要取决于特定的组分，它们的体积或重量比，以及在形成该复合体中如何处理这些组分。在某些情况下，这种复合体在重量上还可能比基质金属本身更轻。例如，用陶瓷（如

颗粒、片晶或晶须状的碳化硅）增强的铝基复合体是令人感兴趣的，因为相对于铝而言，它们的具有更高的刚性、耐磨性和高温强度。

许多冶金方法被介绍用于生产铝基复合体，这些方法包括以使用加压浇铸、真空浇铸、搅拌和润湿剂的粉末冶金技术和液体-金属渗透技术为基础的方法。采用粉末冶金技术时，使粉末状的金属和粉末、晶须、切断的纤维等形式的增强材料混合，然后进行冷压和烧结或进行热压。已报道出用这种方法生产的碳化硅增强的铝基复合体中最大的陶瓷体积比在晶须情况下约为25%（体积），在颗粒的情况下约为40%（体积）。

利用常规工艺方法通过粉末冶金技术生产金属基质复合体对可得到的产品的性能产生一定的限制。该复合体中陶瓷相的体积比在颗粒情况下典型地限制为约40%。另外，加压操作还会对可得到的实际尺寸产生限制。在没有后续加工（如成形或机械加工）或不借助于复杂压制的条件下，只有可能产生相对简单的产品形状。再有，由于压实体中的分凝和晶粒生长会造成显微结构的非均匀性外，在烧结期间会发生不均匀收缩。

在1976年7 月20日授予J．C．Cannell等人的美国专利第3,970,136 号中，叙述了一种形成金属基质复合体的方法，所说的复合体中结合有具有预定纤维取向模式的纤维增强材料，如碳化硅或氧化铝晶须。这种复合体的制备是通过在一个具有熔融基质金属（如铝）的储池的模中在至少部分板之间放置共平面纤维的平行板或毡，然后对熔融金属施加压力使其渗入所说的板并环绕在定向纤

维周围。也可能把熔融金属倒在所说板的堆积体上，然后施加压力使其流入板之间。已报道出在这种复合体中增强纤维的填充量高达约50%（体积）。

鉴于上述渗透方法取决于施加在熔融基质金属上使其通过纤维板堆积体的外部压力，因此该方法受到压力诱导的流动过程的多变性的影响，即可能形成非均匀性基体，孔隙等。即使熔融金属可能在纤维堆积体中的许多位置引入，也可能造成性能的不均匀性。因此，需要提供复杂的板/ 储池排列和流动通道，以实现在纤维板堆积体上的充分均匀渗透。另外，上述压力渗透法只使得到的基质体积获得较低量的增强材料，这是由于渗入一个大板体积中所故有的困难性所致。再有，要求模具在压力下盛装熔融金属，这就增加了工艺过程的费用。最后，仅限于渗透排列好的颗粒或纤维的上述方法不能用来形成用无规则取向的颗粒、晶须或纤维形式材料增强的铝金属基复合体。

在铝基氧化铝填充的复合体的制造中，铝不能容易地润湿氧化铝，因此难于形成粘结产品。针对这一问题，曾建议过使用各种溶液。一种方法是用一种金属（如镍或钨）涂敷所说氧化铝，然后使其与铝一同进行热压。在另一种方法中，使所说的铝与锂合金化，并且可以用二氧化硅涂敷所说的氧化铝。但是，这些复合体在性能方面表现出各种变化，或者，所说的涂层会降低填料的质量，或所说的基体含有能影响基体性能的锂。

授予R．W．Grimshaw 等人的美国专利4,232.091 克服了在生产铝基氧化铝复合体中遇到的某些困难。这一专利叙述了对熔融

铝（或熔融铝合金）施加75～375kg/平方厘米的压力使其渗入已预热到700 ～1050℃的氧化铝纤维或晶须的板中。在得到的固体铸体中氧化铝对金属的最大体积比为0.25/1。由于取决于完成渗透的外界压力，所以这种方法受到许多与Cannell等人专利的同样缺点的影响。

欧洲专利公报115,742 叙述了通过用熔融铝充填预成型的氧化铝基质的孔隙来制造铝- 氧化铝复合体的方法，这种铝- 氧化铝复合体特别适用于电解池组分。该申请强调了铝对氧化铝的非润湿性，因此采用各种方法来润湿整个预型体中的氧化铝。例如，用一种润湿剂，即钛、锆、铪或铌的二硼化物或者用一种金属，即锂、镁、钙、钛、铬、铁、钴、镍、锆或铪来涂敷氧化铝。采用惰性气氛（如氩气）以促进润湿。这一参考文献还表示出施加压力导致熔融铝渗入未涂敷的基质中。在这一方面，渗透是在惰性气氛（如氩气）中通过抽空气孔，然后向所说的熔融金属施加压力来实现。另一方面，这种预型体也以在用熔融铝渗透来填充空隙之前，通过气相铝沉积来润湿其表面的方法来渗透。为了保证铝保留在预型体的气孔中，需要在真空或氩气气氛下进行热处理，例如在1400～1800℃下进行处理。否则，压力渗透材料暴露于气体或者渗透压力的除去都将造成铝从复合体中的损失。

在欧洲专利申请公报94353 中还表示了使用润湿剂来实现用熔融金属渗透电解池中的氧化铝组分的方法。该公报叙述了用一个以阴极电流供给器作为电池衬里或基质的电池，通过电积法生产铝的方法，为了保护这种基质免受熔融冰晶石的作用，在电池启动前或

者将其浸在用该电解法生产的熔融铝中对氧化铝基质施加一种润湿剂和溶解性抑制剂的混合物的薄涂层，所公开的润湿剂有钛、锆、硅、镁、钒、铬、铌或钙，而钛为优选的润湿剂。据描述，硼、碳和氮的化合物对于抑制这种润湿剂在熔融铝中的溶解性是有用的。但是，该参考文献既没有建议生产金属复合物，也没有建议，例如在氮气气氛中，形成这种复合体。

除采用压力和润湿剂外，还公开了采用的真空条件将有助于熔融铝渗入多孔陶瓷压块。例如，1973年2 月27日授予R．L．Landingham 的美国专利3,718,441 叙述了在小于10^{-6}毛的真空条件下，使熔融的铝、铍、镁、钛、钒、镍或铬渗透陶瓷压块（例如碳化硼，氧化铝渗透和氧化铍）。10^{-2}～10^{-6}毛的真空压强使这种熔融金属对所述涂层的润湿性很差，以致于该金属不能自由地流到陶瓷的孔隙中去。但是，当真空压强降低到低于10^{-6}毛时，润湿情况有所改善。

1975年2 年4 日授于G．E．Gazza等人的美国专利3,864,154 还公开了采用真空以达到渗透的方法。该专利叙述了将一个Al B_{12}粉末的冷压块放在一个冷压铝粉床上。然后再将一部分铝置于Al B_{12}粉末压块的顶上。将装有夹在铝粉层之间的Al B_{12}压块的坩埚放在一个真空炉中。然后将该炉抽空到约10^{-5}毛进行脱气。再将炉温提高到1100℃并保持3 小时。在这些条件下，这种熔融铝金属渗透了多孔Al B_{12}压块。

1968年1 年23日授予John N．Reding 等人的美国专利3,364,976 公开了在一个物体内产生自生真空以促进熔融金属向该

物体中的渗透的观点。具体地说，将一物体，例如一个石墨模、一个钢模或一个多孔耐久材料，全部浸在熔融金属中。在模的情况下，充有可以与该金属反应的气体的模的空腔与外部的熔融金属通过模中至少一个小孔相接触，当这种模浸在熔体中时，空腔的充填在空腔中的气体与该熔融金属反应产生自生真空时发生。具体地说，这种真空是该金属的固体氧化物形成的结果。因此，Reding等人公开了重要的是诱导空腔中的气体与该熔融体之间的反应。但是，由于与模有关的固有限制，利用模具来产生真空可能是不理想的。首先必须将模具机加工成一个特殊的形状；然后精加工，在该模上产生一个可行的铸造表面；然后在使用之前安装好；在使用后将其折卸以从中取出铸件；之后回收模具，回收时很可能包括对模具表面进行再次精加工，如果该模不能再继续使用的话，就将其放弃。将一个模具机加工成复杂的形状是很贵的并且很费时间。另外，从一个复杂形状的模具上取出形成的铸件也是困难的（即，具有复杂形状的铸件在从模具中取出时会发生破裂）。另外；虽然有人建议多孔耐火材料可以直接浸在熔融金属中，不需要模具，但是这种耐火材料将必须是整块的，因为在不使用容器模具时，不存在向疏松或分散的多孔材料浸透的条件（即，一般认为，这种颗粒材料放在熔融金属中时，其典型特征是四处分散或浮动）。另外，如果希望渗透颗粒材料或疏松地形成的预型体时，应该引起注意的是这种渗透金属至少不能置换颗粒或预型体的一部分，而导致不均匀的显微结构。

因此，长期以来一直希望有一种简单而又可靠的生产成型金属

基质复合体的方法，该方法不依靠使用压力和真空（无论是外部施加的还是内部产生的）条件，或者损失润湿剂来生产嵌在另一种材料如陶瓷材料中的一种金属基质。另外；长期以来一直希望使生产金属基质复合体所需的最终机械加工量达最小。本发明通过提供一种用熔融基质金属（如铝）渗透一种材料（如陶瓷材料）的自发渗透机理满足了这些希望。其中所说的材料可形成一个预型体。这种自发渗透是在常压，渗透气氛（如氮气）存在下进行的，并且在工艺过程中至少在某一处存在渗透增强剂。

本申请的主题涉及一些其它共同未决或共同所有的专利申请的主题。特别是这些其它共同未决专利申请描述了制造金属基质复合材料的方法（以下有时称“共同所有的金属基质专利申请”）。

在1987年5 月13日，以White等人的名义提交的，现已在美国审定的题目为“金属基质复合体”的共同所有美国专利申请系列号049,171 的申请中，公开了一种生产金属基质复合材料的新方法。根据White等人的发明的方法，通过用熔融铝渗透一种可渗透填料（如，陶瓷或用陶瓷涂敷的材料）体来生产金属基质复合体，其中所用的熔融铝含有至少约1 %（重量）的镁，优选的是含有至少约3 %（重量）的镁。在不采用外部压力和真空的条件下，自发地发生渗透。于至少约675 ℃的温度下，在一种含有约10～100 %，最好至少约50%（体积）氮气的气体存在下，使一定量的熔融金属合金与填料体接触，其中的气体，除氮气外，如果有的话为非氧化性气体，如氩气。在这些条件下，这种熔融铝合金在常压下渗透所说的陶瓷体形成铝（或铝合金）基质复合体。当所需量的填料已被这

种熔融铝合金渗透时，降低温度使该合金固化，因此形成嵌有该增强填料的固体金属基质结构。通常，供给的一定量熔融合金最好足以使这种渗透基本进行到填料体的边缘。根据White等人的发明生产的铝基复合体中填料的量可以非常高。在这方面，填料对合金的体积比可达到1 ：1 以上。

在上述White等人发明的工艺条件下，氮化铝可以形成一种分散在整个铝基体中的不连续相。铝基体中氮化物的量可随温度、合金组成、气体组成和填料等因素而变化。因此，通过控制反应体系因素的一个或多个，可能调节这种复合体的某些性能。但是，对于某些实际应用来说，可能希望这种复合体含有少量的或基本不含氮化铝。

已观察到较高的温度有利于渗透，但使得该方法更有助于氮化物的形成。White等人的发明提供了平衡渗透动力学和氮化物形成的选择。

在以Michel K. Aghajanian 等人的名义于1988年1 月7 日提交的，题目为“用阻挡元件制造金属基质复合体的方法”的共同所有和共同未决美国专利申请系列号为141,624 的申请中，叙述了一个适用于形成金属基质复合体的阻挡元件的例子。根据Aghajanian 等人的发明方法，将阻挡元件（例如，颗粒状二硼化钛或石墨材料如Union Carbide 公司以Grafoil®为商品名出售的软石墨带产品）放置于填料的限定界表面，并且基质合金渗透到该阻挡元件限定的边界处。这种阻挡元件被用来抑制、防止或中止该熔融合金的渗透，由此为得到的金属基质复合体提供了基本的

或大致的形状。因此，所形成的金属基质复合体具有一个基本符合于该阻挡元件内部形状的外形。

1988年3 月15日以Michael K. Aghajanian 和Marc S. Newkirk名义提交的题目为“金属基质复合体及其生产方法”的共同所有，共同未决美国专利申请系列号168,284 对系列号为049,171 的美国专利申请的方法进行改进，根据在该美国专利申请中公开的方法，基质金属以一个第一金属源和一个例如由于重力流动与该第一金属源相联的基质金属合金储备源形式存在。具体地说，在该专利申请中所述的条件下，在常压下这种第一熔融金属合金源首先渗入填料体中，由此开始形成金属基质复合体。这种第一熔融基质金属合金源，在其渗入填料体期间被消耗掉，如果需要的话，当自发渗透继续进行时，可以从所说的熔融基质金属储备源进行补充，这种补充最好通过一个连续方式进行。当所需量的可渗透填料已被这种熔融基质合金自发渗透时，使温度降低以使该熔融合金固化，因此形成一种嵌有该增强填料的固体金属基质结构。应该明白的是这种金属储备源的使用仅仅是本专利申请中所述的发明的一个实施方案，并不是在所述的发明的每个其它实施方案中都必须采用该金属储备源，但是将本发明储备源用于部分实施方案中还是有利的。

这种金属储备源应提供足够量的金属，以使其渗透该填料的可渗透体至预定的程度。另一方面，可以选择阻挡元件与该可渗透填料体的至少一个侧面接触，以限定出一个表面边界。

另外，虽然提供的一定量熔融基质合金应至少足以使自发渗透

基本进行到可渗透填料体的边界（如阻挡元件），但是所说的储备源中存在的合金量应超过这个这个足够量，以使得不仅有足够是的合金用于完全渗透，而且有过量的熔融金属合金保留并与该金属基质复合体相连。因此，当过量的熔融合金存在时，所得到的物体将是一个复杂的复合体（例如，一个大复合体），其中具有金属基质的渗透陶瓷体将会直接粘结到该储备中剩余的过量金属上。

每个上述讨论的共同所用的金属基质专利申请都叙述了生产金属基质复合体的方法和由此生产的新型金属基质复合体。将所有上述共同所有的金属基质专利申请的公开内容结合在此以供参考。

金属基质复合体是通过自发地渗透已成形为预型体的可渗透填料体生产的，所说的预型体在其至少一部分中含有空腔。具体地说，使基质金属熔化，并使该基质金属保持在用于盛装基质金属的适当的非反应性容器（例如，一个适当的耐火容器）中，以形成一个熔融基质金属体。为了实现熔融基质金属从预型体的外表面向其中的空腔的自发渗透，可以使含有空腔的预型体至少部分地放入熔融基质金属中，以使得在至少一部分工艺过程期间内渗透气氛可以与预型体中的空腔相关联。

更具体地说，在至少工艺过程的某一时刻，渗透增强剂和/或渗透增强剂前体与预型体相关联，当使预型体的外部至少部分与熔融基质金属接触时，使熔融基质金属自发渗入预型体。由此，熔融基质金属从外表面向空腔渗透预型体，由此产生一种基本具有预型体几何形状的金属基质复合体。

在一个优选实施方案中，基本连续地向预型体中的空腔或内部

提供渗透气氛。使预型体的外部或外表面暴露于熔融基质金属之下。只要也向自发体系中的基质金属和/ 或预型体和/ 或渗透气氛中的至少一种提供渗透增强剂前体和/ 或渗透增强剂的话，基本同时地将预型体内的空腔暴露于渗透气氛之下以及预型体的外表面暴露于熔融基质金属之下，就会使熔融基质金属自发地渗透预型体。

在另一优选实施方案中，在使不具有固有空腔的园筒状或管状预型体浸没于熔融基质金属中之前，在预型体中制出一个暂时空腔。具体地说，例如，可用用一个适宜的堵塞装置将待浸入熔融基质金属中的预型体的开口端塞住。这种堵塞装置使得在预型体中产生一个暂时空腔。因此，这种暂时空腔在所需时间内，可以接受和保持渗透气氛。这种堵塞装置可以包括这样一种材料，该材料基本不与基质金属和/ 或预型体和/ 或渗透气氛和/ 或渗透增强剂和/ 或渗透增强剂前体中的每一种，或至少一种发生反应。一旦这种预型体包括一个产生暂时空腔的堵塞装置时，熔融基质金属可以自发地从其外表面向暂时空腔渗透预型体。

在另一优选实施方案中，在预型体中自然形成的空腔中或通过使用堵塞装置形成的暂时空腔中，在其另一部分还包括一个限制装置，该限制装置限制或减少预型体中的空腔与可能存在的任何非渗透气氛的联系。特别是，在自然产生的空腔或暂时空腔内，为了产生一种更为确定的或内含气氛，预型体的开口端至少部分地被限制或密封以限制流入空腔中的渗透气氛逸出，和/ 或可以限制任何非渗透气氛（ 例如，氧化剂）与该空腔相接触。在预型体中所说限制

装置的使用可以有助于熔融金属从预型体的外部向预型体中的空腔自发渗透预型体。

在另一个优选实施方案中，可以将一种氧化剂捕集剂放入预型体中的固有空腔或暂时空腔中，起到任何固体、液体或气体氧化剂的收集剂或捕集剂的作用。具体地说，由于（例如）可能存在于渗透气氛中的氧化杂质或可能变成存在于渗透气氛中的杂质，如果不加以控制，它会与熔融金属反应形成反应产物，为了使氧化反应产物的形成降低到最小的程度。需要包括一种氧化剂捕集剂。

因此，为了获得自发渗透，可以直接向预型体和/或基质金属和/或渗透气氛中的至少一种提供渗透增强剂前体或渗透增强剂。但是，归根结底，至少在自发渗透期间，渗透增强剂应位于至少一部分预型体中。

应该注意的是本申请主要讨论铝基质金属，该金属在金属基质复合体形成过程的某一时刻，在起渗透气氛作用的氮气存在下，铝基质金属与作为渗透增强剂前体的镁接触。从而，在铝/镁/氮的基质金属/渗透增强剂前体/渗透气氛体系显示出自发渗透现象。但是，其它基质金属/渗透增强剂前体/渗透气氛体系也可能以铝/镁/氮体系相似的方式的方式发生变化。例如，在铝/锶/氮体系；铝/锌/氧体系；和铝/钙/氮体系中已观察到了相似的自发渗透现象。因此，尽管在此主要讨论铝/镁/氮体系，应该理解的是其它基质金属/渗透增强剂前体/渗透气氛体系也可以相似的方式产生自发渗透。

当基质金属包括一种铝合金时，使这种铝合金与包括填料（如

氧化铝或碳化硅）的预型体相接触，所说的填料有混在其中的镁和/ 或在工艺过程中的某一时刻受到镁的作用。另外，在一个优选实施方案中，使铝合金和/ 或预型体至少工艺过程的一部时间内处于氮气氛中。这种预型体将被自发渗透，并且自发渗透的程度或速率以及金属基质复合体的形成将随给定的工艺条件的不同而变化，所说的工艺条件包括（例如）提供于体系（例如铝合金中和/ 或预型体中和/ 或渗透气氛中）的镁的浓度、预型体或填料中颗粒的大小和/ 或组成、渗透气氛中氮气的浓度、允许渗透的时间和/ 或发生渗透的温度。自发渗透典型地进行到足以基本完全埋置填料的程度。

在此所用的“铝”的意思是指并且包括基本纯的金属（例如，一种相对纯的市售非合金化的铝）或者其它等级的金属和金属合金，如含有杂质和/ 或合金成分（如铁、硅、铜、镁、锰、铬、锌等）的市售金属。这一定义下的铝合金是一种以铝为主要成分的合金或金属互化物。

在此所用的“平衡非氧化性气体”的意思是除构成所说渗透气氛的主要气体之外存在的任何气体，在所用工艺条件下，或者是惰性的或者是基本不与所述基质金属反应的还原性气体。在所用工艺条件下可能以杂质形式存在于所用气体中的任何氧化性气体应不足以使所用的基质金属氧化到任何显著的程度。

在此所用的“阻挡元件”的意思是妨碍、抑制、防止或中止熔融基质金属超过可渗透填料体或预型体表面边界的移动、运动等，其中的表面界（界表面）是由所说的阻挡元件所限制的。适用的阻

挡元件可以是在工艺条件下，保持某种程度的完整性并且基本不挥发（即，阻挡材料没有挥发到使其失去作为阻挡元件的程度）的任何适当的材料、化合物、元素、组合物等。

另外，适用的“阻挡元件”包括在所利用的工艺条件下基本不能被运动的熔融基质金属润湿的材料。这种类型的阻挡元件显示出对所说的熔融基质金属具有很小的亲合力或没有亲合力。用这种阻挡元件阻止或抑制了超越该填料体或预型体的限定界面的运动。这种阻挡元件减少了可能需要的任何最终机械加工或研磨加工，并且限定了至少所得到的金属基质复合产物的一部分表面。这种阻挡元件在某些情况下，可以是可渗透的或多孔的，或者例如通过钻孔或穿孔使其可渗透，以使得气体与所说的熔融基质金属接触。

在此所用的“残余物”或“基质金属残余物”是指任何在所说的金属基质复合体形成期间没有被消耗掉的原始基质金属残余物，并且在典型情况下如果将其复合体相接触的形式保留下来。应该理解为这种残余物还可以包括第二种或外来金属。

本文所用的“空腔”是指物体内的任何未填充的空间，该空间为自然产生的或人工制造的，并且不局限于任何具体的空间形状。具体地说，空腔包括那些基本与物体的外部隔断联系，但也可以与物体的外部发生联系的空间。另外，空腔包括物体中的非自然产生的（即，暂时空腔）部分封闭的空间，可以使一物体在至少一部分非封闭的空间中插入一个有助于在物体内形成暂时空腔的堵塞装置制成一个空腔。

在此所用的“填料”是指单一成分或多种成分的混合物，所说

的成分基本不与所说的基质金属反应和/ 或在所说基质金属中具有限定溶解性的，并且可以是单相或者多相的。填料可以各种形式提供，例如粉末、片、片晶、微球、晶须、液体等，并且可以是密实也可以是多孔的。“填料”还可以包括陶瓷填料，如纤维、切断纤维、颗粒、晶须、泡体、球、纤维板等形状的氧化铝或碳化硅，和陶瓷涂敷的纤维，如用氧化铝或碳化硅涂敷的碳纤维，例如通过用熔融的母金属铝涂敷以保护碳免受腐蚀。填料还可以包括金属。

在此所用的“渗透气氛”意思是指存在的与所用的基质金属和/ 或预型体（或填料）和/ 或渗透增强剂前体和/ 或渗透增强剂相互作用并且使或促进所用的基质金属发生自发渗透的气氛。

在此所用的“渗透增强剂”是指一种能促进或有助于一种基质金属自发渗透到一种填料或预型体中的材料。渗透增强剂可以由下述方法形成，例如一种渗透增强剂前体与渗透气氛反应形成(1) 一种气体物质和/ 或(2) 该渗透增强剂前体和渗透气氛的反应物和/ 或(3) 该渗透增强剂前体和填料或预型体的反应物。另外，这种渗透增强剂可能直接向预型体和/ 或基质金属和/ 或渗透气氛中至少一种提供并起着与渗透添加剂前体和另一物质反应而形成的渗透增强剂的基本相同的作用。归根到底，在该自发渗透期间，至少该渗透增强剂应放在至少一部分所用的填料或预型体中，以完全自发渗透。

此处所用的“渗透增强剂前体”是指这样一种材料，当使其与基质金属、预型体和/ 或渗透气氛相结合使用时能形成促使或有助于基质金属自发地渗透填料或预型体的渗透增强剂。由于不希望受

到任何特定理论或说明的限制，对于渗透增强剂前体来说似乎必要的是使该渗透增强剂前体能够被定位于或可移动至允许与渗透气氛和/ 或预型体或填料和/ 或金属发生反应的部位。举例来说，在某些基质金属/ 渗透增强剂前体/ 渗透气氛体系中，对于渗透增强剂前体来说，必要的是使其处于、接近于、或者在某些情况下甚至稍高于基质金属熔融温度下挥发。这一挥发过程可以导致：(1) 渗透增强剂前体与渗透气氛发生反应形成一种有助于基质金属润湿填料或预型体的气态物质；和/ 或(2) 渗透增强剂前体与渗透气氛反应生成处于至少一部分填充物或预形体之中、有助于润湿的固态、液态或气态渗透增强剂；和/ 或(3) 渗透增强剂前体与填料或预型体反应，该反应形成处于至少一部分填充料或预型体之中、有助于润湿的固体、液态或气态渗透增强剂。

此处所用的“基质金属”或“基质金属合金”是指用于形成金属基质复合体（例如，于渗透之前）的金属和/ 或用于与填料互相混合从而形成金属基质复合体（例如，于渗透之后）的金属。当指定某一特定金属为基质金属时，应该理解为该基质金属包括基本上纯的金属、其中含有杂质和/ 或合金成分的市售金属、其中该金属为主要成分的金属互化物或合金。

本文所述的“基质金属/ 渗透增强剂前体/ 渗透气氛体系”或“自发体系”是指能够自发地渗透到预型体或填料之中的材料组合体。应该理解的是无论在供列举的基质金属、渗透增强剂前体和渗透气氛之间何时出现“/ ”，“/ ”均被用于表示当以某一特定方式组合而成之时便能够自发渗透进入预型体或填料体系或组合体。

本文所述的“金属基质复合体”或是是包含嵌入预型体或填料的二维或三维互连合金或基质金属的材料。该基质金属可以包括各种合金元素以便使所得到的复合体具有特别需要的机械物理特性。

“不同于”基质金属的金属是指这样一种金属，其中不含有作为主要成分的与基质金属相同的金属（例如，若基质金属的主要成分为铝，那么“不同的”金属，举例来说，可以含有主要成分镍）。

本文中所用的“非渗透气氛”是指这样的气氛，该气氛可能或可能不与基质金属和/ 或预型体（ 或填料）和/ 或渗透增强剂前体和/ 或渗透增强剂相互作用，但是不能使基质金属的自发渗透发生，甚至可能抑制基质金属的自发渗透发生。

“用于容纳基质金属的非反应性容器”是指能够在加压条件下容纳或包含熔融基质金属并且不与基质金属和/ 或渗透气氛和/ 或渗透增强剂前体和/ 或填充物或预形体以可能严重妨碍自发渗透机理的方式而发生反应的任何容器。

本文中所用的“氧化剂捕集剂”是指任何适当材料（ 例如，钛金属屑），当该材料在自发渗透的工艺条件下与基质金属/ 渗透增强剂/ 渗透气氛结合使用时，它可以用来收集或捕集存在于反应体系中抑制基质金属自发渗入填料或预型体的任何固体的、液体的、或气体氧化剂。最好，这种氧化剂捕集剂在工艺条件下不会明显地以不利于自发渗透的方式与自发体系中的任何组分反应。

本文中所用的“堵塞装置”或“塞”是指任何这样的材料，该材料可以与预型体结合使用，有助于在预型体内产生一个暂时空

腔。最好，这种堵塞装置在工艺条件下将不会与自发体系中的任何组分以显著不利于自发渗透的方式发生反应。预型体渗透之后，该堵塞装置可以或可以不从预型体上取下。另外；这种堵塞装置可以通过熔融基质金属渗透形成整块预型体。

本文所述的“预型体”或“可渗透预型体”是指组成后具有至少一个表面界面的多孔状填料体或填充物体，其中表面边界基本上限定了渗透基质金属的边界，该多孔状物质在被基质金属渗透之前充分地保持了形状的完整性与生坯强度从而达到了尺寸精确度的要求。该多孔状物质应该具备足够高的多孔性以便使基质金属能够自发地渗透进去。预型体典型地包含结合排列而成的填料，可以是均相的或非均相的，并且可以由任何适宜的材料构成（例如，陶瓷和/或金属的颗粒、粉末、纤维、晶须等以及它们的任意组合体）。预型体可以单独地存在或以集合体的形式存在。

本文所述的“储备源”是指一个基质金属的分离体，其所处的位置与填料物质或预形体相关联，这样，当金属熔化时，它可以流动以便补充与填料或预形体相接触的基质金属部分或源，或者是在某些情况下开始时先进行提供随后进行补充。

本文所用的“限制装置”是指这样的材料，该材料可以与预型体结合使用，有助于限制渗透气氛从预型体中的空腔逸出，和/或限制或减少预型体内空腔与任何可能存在的非渗透性气氛的接触。最好，限制装置不会与自发体系中的任何组分反应以致于可能导致对自发渗透产生显著的不利影响。

本文所述的“自发渗透”是指在无需加压或抽真空（无论是外

部施加或内部产生）的条件下基质金属向填料或预型体的可渗透部分所产生的渗透现象。

本文中所用的“暂时空腔”指的是通过用堵塞装置产生的空腔，这种空腔在预型体中是非自然产生的，它只是当堵塞装置与预型体保持接触时才存在。

提供下列附图以有助于理解本发明，但是并非意味着对本发明的范围的限定。各图中采用相同的参考号数表示同一组分，其中：

图1 是一个为实现预型体的从外向内渗透所利用的材料组装体的横截面示意图；

图2 是一个为实现预型体的从外向内渗透所利用的材料组装体的横截面示意图；

图3 是一个为实现预型体的从外向内渗透所利用的材料组装体的横截面示意图；

图4 是一个实施例1 中所用的材料组装体的横截面示意图；

图5a是一个根据实施例1 所生产的金属基质复合体的侧面照片；以及

图5b是一个根据实施例1 所生产的金属基质复合体的顶面照片。

本发明涉及通过使一个预型体至少部分地暴露于熔融基质金属而形成金属基质复合体的方法。所说的预型体在其至少最初不与熔融基质金属接触的一部分中含有一个空腔。另外，在工艺过程的至少某一阶段，该预型体与渗透增强剂和/ 或渗透增强剂前体和/ 或渗透气氛中的至少一种接触，由此使熔融基质金属从预型体的外部

向其中的空腔自发渗透。

具体地说，如图1 所示，使基质金属熔融，并使该熔融基质金属保持在一个用于盛装基质金属的适当的非反应性容器(21)(如适当的耐火容器) 中，形成一个熔融基质金属体(20)。可以使带有空腔(30)的预型体(22)至少部分地放入熔融基质金属(20)中，使得渗透气氛(23)在工艺过程的至少一部分时间内与预型体中的空腔相联系，以便实现熔融基质金属从预型体的外表面向其中的空腔的自发渗透。如图中的(24)所示，该渗透气氛可以流出预型体。

另外，在工艺过程的至少某一时刻，使渗透增强剂和/ 或渗透增强剂前体与预型体相联系，以使得当预型体的外表面至少部分与熔融基质金属接触时，熔融基质金属自发渗入预型体。从而，熔融基质金属从预型体的外表面向其中的空腔渗透，由此生产出一种基本具有预型体几何形状的金属基质复合体。

在一个优选实施方案中，向预型体中的空腔或内部基本连续地提供一种渗透气氛。使预型体的外部或表面暴露于(例如，通过至少部分地浸没) 熔融基质金属之下。只要也向自发体系中的基质金属和/ 或预型体和/ 或渗透气氛中的至少一种提供渗透增强剂前体和/ 或渗透增强剂的话，基本同时地将预型体内的空腔暴露于渗透气氛之下以及预型体的外表面暴露于熔融基质金属之下，就会使熔融基质金属自发地渗透预型体。

在另一优选实施方案中，在暴露于熔融基质金属之前，在一个不带有固有空腔的园筒或管状的成型预型体中形成一个暂时空腔。特别是，如图2 所示，例如，可以将浸入熔融基质金属(20)的预型

体(22)的一个开口端用一个适当的堵塞装置(25)塞住。这种堵塞装置(25)使得在预型体(22)中产生一个暂时空腔(30)。因此，该暂时空腔(30)可以在所需时间内接受和保持渗透气氛(23)。在一个优选方案中，这种堵塞装置(25)可以包括这样一种材料，该材料基本不与基质金属(20)和/ 或预型体(22)和/ 或渗透气氛(23)和/ 或渗透增强剂和/ 或渗透增强剂前体中的每一种或至少一种反应。一旦这种预型体(22)中包括一个产生暂时空腔(30)的堵塞装置(25)，熔融基质金属(20)可以从预型体(22)的外表层自发地向暂时空腔(30)渗透。

在另一优选实施方案中，可以选择这种堵塞装置(25)，使得它不仅起到产生暂时空腔(30)的作用，而且还可以被熔融基质金属(20)自发渗透。在这种情况下，这种堵塞装置(25)变成金属基质复合体的一整体部分。

在另一优选实施方案中，在预型体中自然形成的空腔中或通过使用堵塞装置形成的暂时空腔中，在其另一部分还包括一个限制装置，该限制装置限制或减少预型体中的空腔与可能存在的任何非渗透气氛的联系。特别是，如图3 所示，为了在自发产生的空腔(30)或暂时空腔(30)内产生的确定的或内含气氛，使预型体(22)的一个开口端至少部分地用一个限制装置(26)限制或封闭，以便限制流入空腔(30)中的渗透气氛(23)不会逸出，和/ 或可以限制任何非渗透气氛(例如，氧化剂) 与该空腔发生联系。在预型体(22)中使用所说的限制装置(26)可有助于熔融基质金属自发地从预型体的外部向其中的空腔渗透预型体(22)

在另一个优选实施方案中，可以将一种氧化剂捕集剂放入预型体中的固有空腔或暂时空腔中，起到任何固体、液体或气体氧化剂的收集剂或捕集剂的作用。具体地说，由于（例如）可能存在于渗透气氛中的氧化杂质或可能变成存在于渗透气氛中的杂质，如果不加以控制，它会与熔融金属反应形成反应产物，为了使氧化反应产物的形成降低到最小的程度。需要包括一种氧化剂捕集剂。因此，如图1 所示，可以在空腔(30)中放入一种氧化剂捕集剂(27)。最好，这种氧化剂捕集剂在工艺条件下将不会以显著不利于自发渗透过程的方式与自发体系中的任何组份反应。

另外，为了实现自发渗透，可以直接向预型体和/ 或基质金属和/ 或渗透气氛中的至少一种提供渗透增强剂前体或渗透增强剂。但是，归根结底，至少在工艺过程期间，渗透增强剂应位于至少一部分预型体中。

也可以使一种填料的可渗透体暴露于熔融基质金属之下以实现填料的自发渗透。具体地说，可以将一种加热时可以固化（例如，烧结）形成固体的填料的可渗透体放入一个在反应期间消耗（例如，挥发掉或与基质金属相互扩散）的模中，产生一个含有填料并且带有一个空腔（自然产生的或人工制造的）并暴露于渗透气氛下的模子。

加热含有合金的模使填料可渗透体基本固化，这种加热或者是在将其放入含有熔融基质金属的加热的炉中或者是在一个单独的步骤中进行。将含有基本固化的填料的模暴露于（例如，通过至少部分浸没）熔融基质合金之下。只要也向自发体系中的基质金属和/

或预型体和/ 或渗透气氛中的至少一种提供渗透增强剂前体和/ 或渗透增强剂的话，基本同时地将预型体内的空腔暴露于渗透气氛之下以及预型体的外表面暴露于熔融基质金属之下，就会使熔融基质金属自发地渗透预型体。一旦这种填料包括一种在其中产生暂时空腔的堵塞装置时，熔融基质金属可以从预型体的外表面自发地向暂时空腔渗透。

为了使基质金属自发地渗透进入填料或预型体，应该将渗透增强剂加至自发体系之中。渗透增强剂可以由渗透增强剂前体形成，它可以(1) 在基质金属中；和/ 或(2) 在预形体中；和/ 或(3) 由渗透气氛；和/ 或(4) 由外界来源被提供填料或给自发体系。此外，除了提供渗透增强剂前体以外，还可以直接向填料或预形体、和/ 或基质金属、和/ 或渗透气氛之中至少一种提供渗透增强剂。归根结底，至少在自发渗透期间，渗透增强剂应该位于至少一部分填料或预型体之中。

在一优选实施方案中，渗透增强剂前体可能至少是部分地与渗透气氛反应使得在先于或基本同时于预型体与熔融基质金属接触之时在至少一部分填料或预型体中形成渗透增强剂（例如，若镁是渗透增强剂前体而氮为渗透气氛的话，那么渗透增强剂则可以是位于至少一部分填料或预型体之中的氮化镁）。

基质金属/ 渗透增强剂前体/ 渗透气氛体系的实例为铝/ 镁/ 氮体系。具体地讲，可将铝基金属装在一个在工艺条件下铝被熔化时不会与铝基金属反应的适宜的耐火容器之中。然后，可以使含有

或受到镁作用的、在工艺过程期间的某一时刻暴露于氮气氛之下的填料，与熔融铝基质金属接触。这种基质金属将自发渗透填料或预型体。

在本发明方法所选用的条件下，在铝/ 镁/ 氮自发渗透体系的情况下，填料或预型体应该具备足够的可渗透性以便于含氮气体在过程进行期间某一时刻穿透或渗透填料和/ 或与熔融基质金属接触。此外，可渗透填料或预型体能够适应熔融基质金属的渗透，从而使得被氮气渗透的填料或预型体被熔融基质金属自发渗透从而形成金属基质复合体和/ 或使氮气与渗透增强剂前体反应从而在填料或预型体内形成渗透增强剂并且导致自发渗透。自发渗透的程度或速度以及金属基质复合体的形成将随着给定的工艺条件而发生变化，这些条件包括铝合金中的镁含量、填料或预型体中的镁含量、填料或预型体中的氮化镁含量、附加合金元素（例如硅、铁、铜、锰、铬、锌等）的存在构成预型体的填料或填料的平均粒度（例如粒径）、填料或预型体的表面状况和类型、渗透气氛中的氮浓度、渗透时间和渗透温度。举例来说，对于熔融铝基金属所进行的自发渗透来说，铝可以与以合金重量为基准计至少大约1 %（重）、以至少大约3 %（重）为佳的镁（起着渗透增强剂前体的作用）形成合金。如上所述，基质金属中还可以包括辅助合金元素以便使其具备特定的性能。另外，辅助合金元素会改变基质铝金属中进行自发渗透填料或预型体所需的最低镁量。由于，举例来说，挥发所造成的镁损失不应该发展到没有用于形成渗透增强剂的镁这一程度。因此，有必要使用足量的初始合金元素以保证自发渗透不会受到挥发

作用的不利影响。再说，当镁同时存在于填料或预型体与基质金属之中或者仅存在于填料或预型体中时均会使进行自发渗透所需的镁量有所减少（下文将对此作更详细的讨论）。

氮气氛中氮的体积百分比同样会对金属基质复合体的形成速率有所影响。具体地说，该气氛中若存在低于大约10%（体积）氮的话，自发渗透就会非常缓慢或者几乎未发生自发渗透。业已发现，该气氛中以存在至少50%（体积）左右的氮为佳，因而使得，举例来说，渗透时间由于渗透速率大大加快而更加短暂。渗透气氛（例如含氮气体）可被直接提供给填料或预型体和/ 或基质金属，或者它可以由某一材料分解而成。

熔融基质金属渗透填料或预型体所需的最低镁量取决于一种或多种诸如加工温度、时间、辅助合金元素如硅或锌的存在、填料的性质、在一种或多种自发体系中镁所处的位置、气氛中氮含量以及氮气氛的流动速率之类的变量。随着合金和/ 或预型体的镁含量增加，可以选用更低的温度或更短的加热时间以实现完全渗透。此外，对于给定的镁含量来说，添加特定的辅助合金元素如锌允许选用较低的温度。举例来说，当基质金属的镁含量处于可操作范围下端例如大约1 ～3 %（重）的时候，与其组合选用的至少为下列因素之一：高于最低加工温度、高氮含量或者一种或多种辅助合金元素。当填料或预型体中未加镁时，以通用性为基础，在宽范围的加工条件下合金以含有大约3 ～5 %（重）镁为佳，当选用较低温度和较短时间时以至少大约5 %为佳。可以采用超过大约10%（铝合金重量）的镁含量以调节渗透所需温度条件。当与辅助合金元素结

合使用时可以降低镁含量，不过这些元素仅具有辅助功能并且与至少上述最低镁量共同投入使用。举例来说，仅与10%硅形成合金的足够纯的铝于1000℃下基本上不渗透500 目39 Crystolon（99%纯度碳化硅，Norton 公司出品）的垫层。然而，在镁存在下，业已发现硅有助于渗透过程。再举一个例子，如果镁仅仅被提供给预型体或填料，其数量会有所改变。已经发现，当被供给自发体系的全部镁中至少有一部分被置于预型体或填料中时，自发渗透将借助较低重量百分率所供给的镁进行。必要的是提供转少量的镁以防止在金属基质复合体内形成不必要的金属互化物。在碳化硅预型体的情况下，业已发现，当该预型体与铝基质金属接触时，在该预型体含有至少约1 %（重）镁和有基本上纯的氮气氛存在条件下，基质金属自发渗透该预形体。在氧化铝预型体的情况下，实现可被接受的自发渗透所需镁量稍有增加。具体地说，业已发现，当氧化铝预型体与类似铝基质金属接触时，在大约与铝渗透碳化硅预型体相同的温度以及有相同氮气氛存在的条件下，需要至少约3 %（重）镁实现与上述在碳化硅预型体中类似的自发渗透。

同样应该注意的是在基质金属渗入填料或预型体之前可以将渗透增强剂前体和/ 或渗透增强剂以置于合金表面和/ 或预型体或填料表面和/ 或置于预型体或填料之中的方式提供给自发体系（即不必使被提供的渗透增强剂或渗透增强剂前体与基质金属形成合金，而是被简单地提供给自发体系）。如果将镁施用于基质金属表面，则该表面优选地是十分接近于、或者最好是与填料的可渗透部分相接触，反之亦然；或者是这种镁混合于至少一部分预型体或填料之

中。此外，还可以采用表面施用、形成合金与将镁置于至少一部分预形体中三种应用方式的某一组合形式。这一应用渗透增强剂和/或渗透增强剂前体的组合方式不仅能够减少促进基质铝金属渗透预型体所需镁的总重百分比，同时还能够降低渗透温度。此外，还能够将由于存在镁而形成的不需要的金属互化物数量减少至最低限度。

一种或多种辅助合金元素的应用以及周围气体中氮的浓度同样会对在给定温度下进行的基质金属的氮化程度产生影响。举例来说，包含在合金之中或被置于合金表面的辅助合金元素如锌或铁可被用于降低渗透温度从而减少氮化物的生成量，但是提高气体中氮气的浓度可用于促进氮化物形成。

合金中和/或被置于合金表面之上和/或结合于填料或预型体之中的镁的浓度同样易于影响在给定温度下的渗透的程度。因此，在某些几乎没有或完全没有镁与预型体或填料直接相接触的情况下，以合金中至少包含大约3 %（重）镁为佳。若合金含量低于此数值如含有1 %（重）镁，则需要较高的加工温度或辅助合金元素进行渗透。在下列情况下进行本发明的自发渗透方法所需温度较低：（1）当只有合金的镁含量增加例如达到至少5 %（重）左右时；和/或（2）当合金成分与填料或预型体的可渗透部分混合时；和/或（3）当铝合金中存在另一种元素如锌或铁时。温度还可以随着填料的不同而有所变化。一般说来，自发和渐进渗透的工艺温度至少约为675 ℃、以至少约750 ～800 ℃为佳。一般情况下，当温度超过1200℃时似乎对该工艺过程不会产生任何益处，业已发现，

特别适用的温度范围约为675 ～1200℃。然而，作为一般规律，自发渗透温度高于基质金属的熔点但是却低于基质金属的挥发温度。此外，自发渗透温度应该低于填料的熔点。再说，随着温度升高，基质金属与渗透气氛之间相互反应形成产物的倾向性也会有所增强（例如，在铝基质金属与氮渗透气氛的情况下，会形成氮化铝）。这类反应产物可以是必要的也可以是不需要的，这要取决于金属基质复合体的目的应用。另外，电阻加热是达到渗透温度的典型途径。然而，任何能够使基质金属熔化却对自发渗透不会产生不利影响的加热方式均适用于本发明。

在本方法中，举例来说，至少是在该工艺过程期间的某一时刻在含氮气体存在下使可渗透的填料或预型体与熔融铝相接触，通过保持一连续的气流提供含氮气体，使其与填料或预型体中的至少一种相互接触。虽然含氮气体的流量并非至关重要，但是该量以足以防止或抑制空气侵入从而对熔融金属产生氧化效果为佳。

形成金属基质复合体的方法适用于许多填料，而填料的选择取决于诸如基质合金、工艺条件、熔融基质合金与填料的反应能力以及目的复合体产物应具备的特性之类因素。举例来说，当基质金属为铝时，适宜的填料包括(a) 氧化物，例如氧化铝；(b) 碳化物，例如碳化硅；(c) 硼化物，例如十二硼化铝；以及(d) 氮化物，例如氮化铝。如果填料易于与熔融铝基质金属反应，这可以通过最大限度地缩短渗透时间与最大限度地降低渗透温度或者通过向填料提供非反应涂层来加以调节。填料可以包含一种基体如碳或其它非陶瓷材料，该基体带有陶瓷涂层以防受到化学侵蚀与老化作用。适宜

的陶瓷涂层包括氧化物、碳化物、硼化物和氮化物。用于本方法的优选陶瓷材料包括呈颗粒、片晶、晶须和纤维状的氧化铝和碳化硅。纤维可以是不连续的（被切断）或以连续单位如多丝束的形式存在。此外，填料或预型体可以是均相的或非均相的。

业已发现的还有，某些填料相对于具备类似化学组成的填料，其渗透性有所增强。举例来说，按照美国专利№4713360（题目为“新型陶瓷材料及其制备方法”，Marc S．Newkirk等人，于1987年12月15日颁发）所述方法组成的粉碎的氧化铝主体相对于市售氧化铝产品具有理想的渗透特性。此外，按照共同未决与共同所有的申请系列№819397（题目为“复合陶瓷制品及其制造方法”，Marc S．Newkirk等人）所述方法组成的粉碎氧化铝主体相对于市售氧化铝产品同样具有理想的渗透特性。颁布专利及其共同未决专利申请的各自主题在此引用仅供参考。因此，业已发现，陶瓷材料的可渗透体的彻底渗透可通过采用上述美国专利和专利申请的方法再次的粉碎或细碎主体于较低的渗透温度下和/或较短的渗透时间内进行。

填料可以呈现达到复合体必要特性所需的任何尺寸和形状。因此，既然渗透并非受到填料形状的限制，所以填料可以呈颗粒、晶须、片晶或纤维状。也可以选用诸如球体、小管、丸粒、耐火纤维布之类形状的填料。另外，虽然与较大的颗粒相比，较小颗粒进行完全渗透需要更高的温度或更长的时间，但是材料的大小并不限制渗透。此外，有待渗透的填料（被加工成预型体）应该是可渗透的（即可被熔融基质金属和渗透气氛所渗透）。

本发明的形成金属基质复合体的方法并不依赖于施加压力迫使或挤压熔融金属基质进入预型体填料之中从而产生具有高体积百分比填料和低孔隙率、基本上均匀的金属基质复合体。通过采用低孔隙率的原始填料可以获得体积百分比较高的填料。只要不会将填料转化为有碍于熔融合金渗透具有闭孔多孔性的压块或完全密实的结构，通过将填料压实或以其它方式进行致密处理同样会获得体积百分比较高的填料。

已经观察到对于在陶瓷填料周围发生的铝渗透和基质形成来说，铝基质金属对陶瓷填料的润湿在渗透机理中起着重要的作用。此外，在低加工温度下，可忽略不计或极少量金属的氮化导致有极少量不连续相的氮化铝分散于金属基质之中。然而，当温度达到上限时，金属的氮化更容易发生。因此，可以通过改变渗透温度来控制金属基质中氮化物相的数量。当氮化物的形成更为明显时的特定加工温度同样会随着下列因素发生变化，这些因素有如所使用的基质铝合金，及其相对于填料或预型体体积的数量、有待渗透的陶瓷材料和渗透气氛中的氮浓度。举例来说，人们认为在给定加工温度下氮化铝生成的多少随着合金润湿陶瓷材料能力的下降以及随着气氛中氮浓度的增大而增加。

因此，能使金属基质的组成在产生复合体的过程中赋予所得到的产物以特定的特性。对于一给定的体系来说，可以选择工艺条件控制氮化物的形成。含有氮化铝相的复合体产物具有对于产物的性能起促进作用或能够改善产物性能的特性。此外，铝合金进行自发渗透的温度范围可以随着所用的陶瓷材料而有所变化。在选用氧化

铝作为填料的情况下，如果想要使基质的延展性不因形成大量氮化物而有所下降那么渗透温度以不超过大约1000℃为佳。然而，如果希望形成含有延展性较差而硬度较高的基质复合体那么渗透温度可以超过1000℃。当选用碳化硅作为填料时，相对于使用氧化铝作为填料的情况，由于所形成的铝合金氮化物较少，所以，为了渗透碳化硅可以选用1200℃左右的较高温度。

此外，可以使用一种基质金属储备源，以保证填料全部渗透，和/ 或提供与第一基质金属源的组成不同的第二种金属。具体地讲，就是在某些情况下，可能需要使用该储备源中与第一基体金属源组成不同的基质金属。例如，如果铝合金用做第一基质金属源，那么实质上任何其它在加工温度下能熔融的金属或金属合金都可以用做储备源金属。熔融金属通常具有良好的互溶性，因此，只要混合时间适当，储备源金属就会与第一基质金属源混合。所以，通过使用不同于第一基质金属源组成的储备源金属，就可能使金属基质的性能满足各种操作要求，由此调节金属基质复合体的性能。

本发明中也可以结合使用阻挡元件。具体地讲，应用本发明的阻挡元件可以在任何适于干扰、抑制、防止或中止熔融基质合金（如铝合金）超出由填料限定的界表面而形成的迁移，运动等的元件。合适的阻挡元件可以是满足下述要求的任何材料，化合物，元素或组合物等：能够局部抑制，停止，干扰或防止（及其它类似作用）超出填料或预型体的限定界表面的连续渗透或任一其它类型的运动，在本发明的加工条件下，能保持某种整体性，不挥发，最好能使过程中使用的气体渗透。

合适的阻挡元件由在所采用的加工条件下，基本不被渗透的熔融基质合金润湿的材料构成。这种阻挡元件对熔融基质合金几乎没有或没有亲合力，因此阻挡元件防止或抑制了超出填料或预型体的限定界表面的运动。阻挡元件可缩短金属基质复合体产品可能需要的目的加工或研磨过程。如上所述，阻挡元件最好是可渗透的或多孔的，或通过穿孔使其变成可渗透的，以使气体能够与熔融基质合金接触。

特别适用于铝基质合金的阻挡元件含有碳，尤其是称为石墨的同素异形结晶碳。在上述加工条件下，石墨基本不被熔融的铝合金湿润。特别优选的石墨是一种以商标为Grafoil®（注册在“联合碳化物公司”名下）销售的石墨条产品。这种石墨条具有防止熔融金属移出填料的限定界表面的封闭特性，它也耐热，并呈化学惰性。Grafoil®石墨材料是能变形的，可配伍的，整合的并且有弹性的材料。它能够被制成各种形状来满足对阻挡元件的使用要求。但是石墨阻挡元件也可以以淤浆或糊，甚至漆膜的形式用于填料或预型件界面之上及四周。Grafoil®是一种可变形的石墨片，因此在这里是特别优选的。使用时，这种象纸一样的石墨只是简单地被固定在填料或预型件的周围。

另一种较好的、用于在氮气中的铝金属基质合金的阻挡元件是过渡金属硼化物［如二硼化钛（TiB_2）］。在使用时的某些加工条件下，它一般不被熔融铝金属合金润湿。用这种阻挡元件时，加工温度不应超过约875 ℃，否则阻挡元件就会失效。事实上，随着温度的增加，会发生向阻挡元件的渗透。过渡金属硼化物一般呈粒

状(1～30微米)。阻挡元件也可以淤浆或糊的形式用于可渗透的陶瓷填料块的界面，这种材料块最好被预先成型，组成预型件。

另一种可用于在氮气中的铝金属基质合金的阻挡元件由低挥发性的有机化合物构成，它以膜或层的形式涂敷在填料或预型件的外表面上。在氮气中烧成时，特别是在本发明的加工条件下烧成时，有机化合物分解，留下一层碳黑膜。也可以用常规方法，如刷涂，喷涂或浸渍等涂敷这种有机化合物。

此外，只要经过细磨的粒状材料的渗透速率低于填料的渗透速率，该粒状材料就能起到阻挡元件的作用。

由此看来，阻挡板元件可以任何合适的方式使用，例如在限定的界表面上覆盖一层阻挡材料。将这样一层阻挡元件施用在限定的界表面时，可通过刷涂，浸渍，丝网印制，蒸发等方式，或者通过使用液状，浆状或糊状的阻挡元件，或者通过喷涂一种可蒸发的阻挡元件，或者通过简单地沉积一层粒状固体阻挡材料，或者通过使用阻挡元件的固体薄片或薄膜。放置好阻挡元件后，当正在渗透的基质金属到达限定的界面并与阻挡元件接触时，自发渗透则基本终止。

本发明的方法提供了一种通过上述工艺过程有价值地生产金属基质复合体的方法。特别是，在填料或预型体的空腔中使用渗透气氛的固定源通过在散开的气氛中加工复合体降低了工艺系统的成本。同样，用这种方法，可以连续生产金属基质复合体。另外，所生产的金属基质复合体具有良好的完整或近似完整的形状。

下面紧接着是实施例，其中包括了对本发明的各种不同的实施

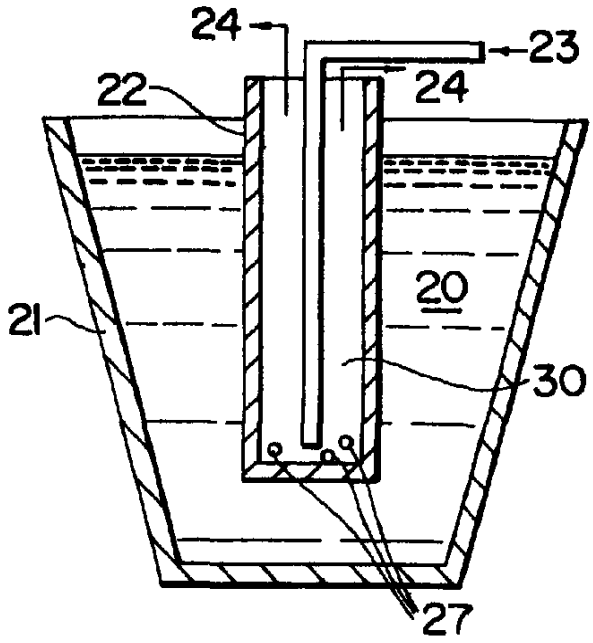
方案。但是，应该理解这些实施例是说明性的，不应将其解释为是对如所附权利要求书所定义的本发明范围的限定。

实施例1

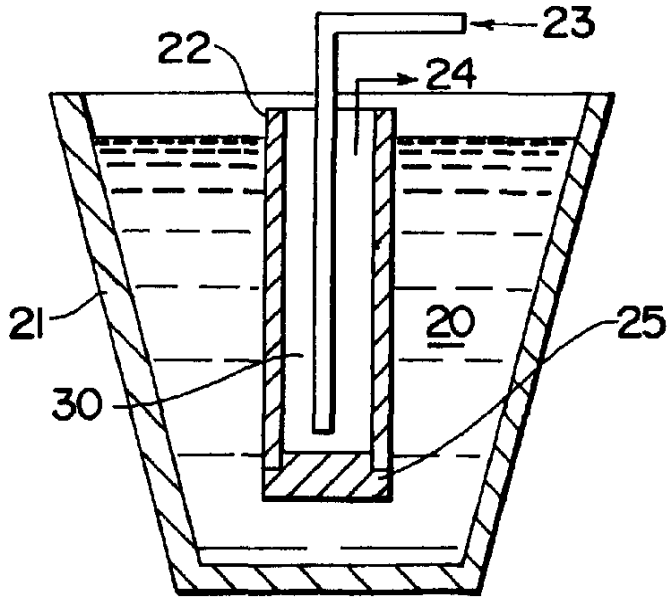
图4 示出一个组装体的横截面，该组装体可用于通过从外向内自发渗透形成金属基质复合体。具体地讲，通过在直径约为3/2 英寸，长6 英寸的氧化铝棒的周围粉浆浇注1000粒度的碳化硅（由纽约的Tonawanda 的Exolon - ESK公司提供，商品名为Carbolon F1000）的泥浆制备一种具有一个封闭端(8) 和一个空腔(9) 的园筒状预型体(3) 。然后使这种泥浆干燥并在一个空气炉中于1100℃下预烧约5 小时形成一个壁厚约5 毫米的预型体(3) 。在预型体(3) 的空腔(9) 中放入钛屑(5) （由Chem Alloy Co.提供，标号为QM4 －30）。使预型体(3) 与稍加改进的380.1 铝合金(2) 接触，所说的380.1 铝合金购自Belmont Metals，组成约为7.5 －9.5 %Si，3.0 －4.0 %Cu，小于2.9 %Zn，小于6.0 %Fe，小于0.5 %Mn，小于0.5 %Ni，小于0.35%Sn，和约0.17－0.18%Mg，向其中加入另外5 %（重量）的Mg 。使这种铝合金包含在硅灰石粉(7) （由NYCO公司提供）的床中，将所有这些放在一个耐火容器(1) 中。使用硅灰石粉(7) 是因为熔融铝不易润湿这种材料，而且它起到盛装熔融铝的容器的作用。使耐火容器(1) 及其内含物在一个空气炉中加热到约800 ℃使铝合金熔化。在不与部分浸没的预型体(3) 相接触的熔融合金(2) 的表面上放一层硅灰石薄层(6) 以防止

熔融合金(2) 氧化。氧化铝流管(4) 使约99.9%纯的氮气的渗透气氛与预型体(3) 中的空腔(9) 相联系。由此，在空腔(9) 中产生一种局部的氮气氛。管(4) 还起到保持预型体(3) 浸没在熔融合金(2) 中约4 英寸深的作用。使炉子在约800 ℃下保持约25小时。然后从合金熔体(2) 中取出预型体(3)，但保留在炉中约10小时，直到整个组装体约冷却到室温。

从体系中取出渗透的预型体(3) 并观察。图5a为形成的金属基质复合体(8) 的侧视图。如图5a所示预型体只被渗透约4 英寸长，相当于预型体(3) 浸没在熔融基质合金(2) 中的长度。图5b为金属基质复合体(8) 的侧视图，该图表示出在预型体(3) 中存在的空腔。因此，从图5a和5b清楚地看出熔融基质金属从外向内自发渗入预型体能提供良好的完整或近似完整的形状。



图．1



图．2

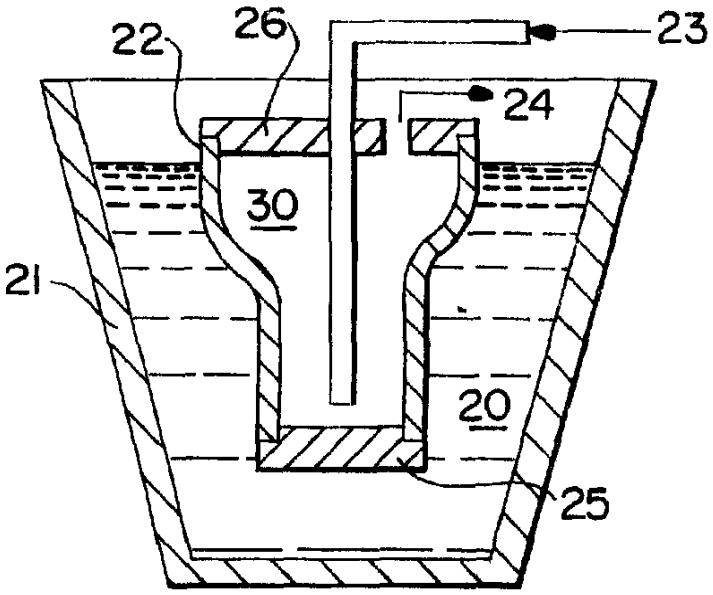


图. 3

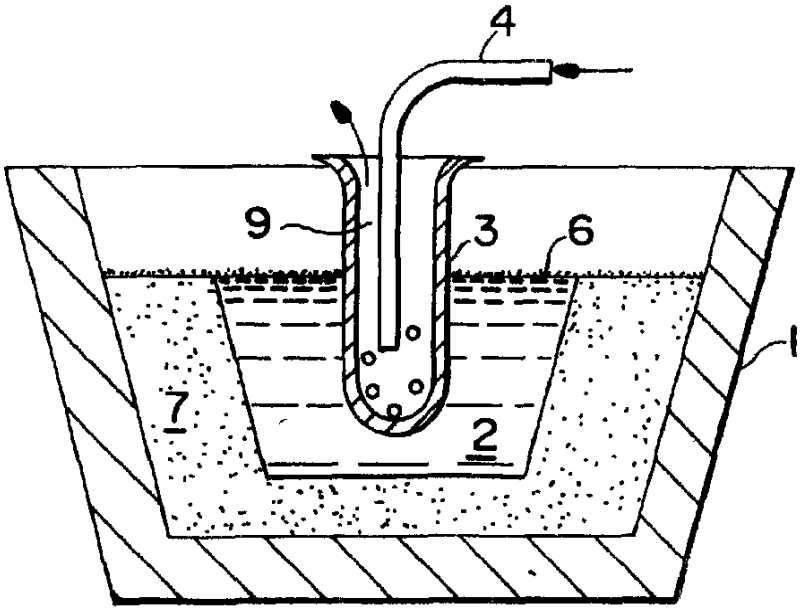


图. 4

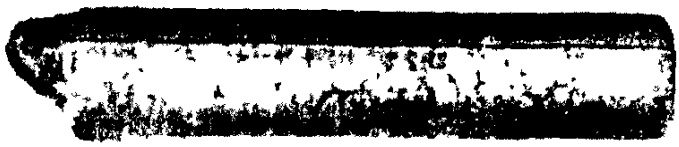


图. 5a



图. 5b