〔19〕中华人民共和国专利局

〔11〕公开号 CN 1042498A

〔12〕发明专利申请公开说明书

〔21〕申请号 89108084.8

〔51〕Int.Cl⁵
B22D 19/14

〔43〕公开日 1990年5月30日

〔22〕申请日 89.10.21

〔30〕优先权

〔32〕89.11.10 〔33〕US 〔31〕07/269.295

〔71〕申请人 兰克西敦技术公司

地址 美国特拉华州

〔72〕发明人 库尔特·J·贝克尔

〔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 戴真秀

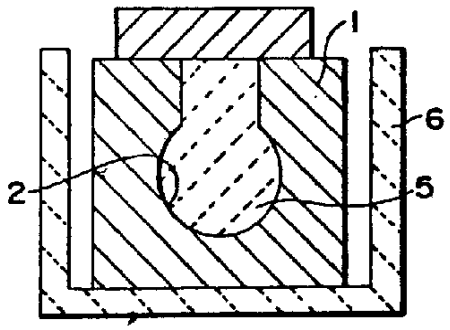
B22D 19/02 C22C 1/09
C22C 1/10 C22C 32/00

说明书页数: 32 附图页数: 1

〔54〕发明名称 使用合金阴模制备金属复合体的方法及由该方法生产的产品

〔57〕摘要

本发明涉及一种制备金属基质复合体的新方法和由该方法生产的金属基质复合体。具体地讲，首先在基质金属内形成一个内空穴，然后将填料的可渗透体放入空穴中，使该渗透体变成预型体。在工艺中的某一阶段，使渗透增强剂和/或其前体和/或渗透气氛与填料相联系，使基质金属在熔融时自发渗入填料的可渗透体，该可渗透体在工艺中的某一阶段可变为自撑体。



权　利　要　求　书

1.一种制备金属基质复合体的方法，该方法包括将在固体基质金属中形成一空穴；在空穴中放入基本非反应性填料；使填料变为基本符合空穴形状的自撑体；熔融基质金属；使熔融基质金属至少自发渗入部分填料。

2.根据权利要求1 的方法，该方法还包括至少在渗透的一段时间内，提供一种渗透气氛，使其与填料和基质金属中至少一种接触的步骤。

3.根据权利要求2 的方法，该方法还包括向基质金属，填料和渗透气氛中至少一种提供至少一种渗透增强剂前体和渗透增强剂中的物质的步骤。

4.根据权利要求1 的方法，该方法还包括向基质金属和填料中的至少一种物质提供渗透增强剂前体和渗透增强剂中至少一种物质的步骤。

5.根据权利要求3 的方法，其中至少一种渗透增强剂前体和渗透增强剂中的物质是由外界来源提供的。

6.根据权利要求1 的方法，该方法还包括至少在渗透的一段时间内使至少部分填料与至少一种渗透增强剂前体和渗透增强剂中的一种物质接触的步骤。

7.根据权利要求3 的方法，其中的渗透增强剂是由渗透增强剂前体与至少一种选自渗透气氛，填料和基质金属的物质反应形成的。

8.根据权利要求7 的方法，在渗透期间，渗透增强剂前体挥发。

9.根据权利要求8 的方法，其中挥发的渗透增强剂前体进行反应，在至少部分填料中形成反应产物。

10．根据权利要求9 的方法，其中的反应产物至少是可被上述熔融基质金属部分还原的。

11．根据权利要求10的方法，其中的反应产物至少涂敷在部分填料上。

12．根据权利要求1 的方法，该方法还包括用阻挡元件限制填料界表面的步骤，其中基质金属自发渗透到阻挡元件处。

13．根据权利要求12的方法，其中的阻挡元件包括一种选自石墨和二硼化钛的材料。

14．根据权利要求12的方法，其中的阻挡元件是基本不被上述基质金属润湿的。

15．根据权利要求12的方法，其中的阻挡元件至少含有一种使渗透气氛和至少一种基质金属，填料，渗透增强剂和渗透增强剂前体中的物质接触的金属。

16．根据权利要求1 的方法，其中的填料含有至少一种选自粉，片，晶片，微球，晶须，泡，纤维，粒，纤维垫，切削纤维，球，球粒，管和耐火布中的物质。

17．根据权利要求1 的方法，其中的填料在熔融基质金属中具有有限的溶解度。

18．根据权利要求1 的方法，其中的填料至少含有一种陶瓷材

料。

19．根据权利要求3 的方法，其中的基质金属含铝，渗透增强剂前体至少含一种选自镁，锶和钙的物质，并且渗透气氛含氮气。

20．根据权利要求3 的方法，其中的基质金属含铝，渗透增强剂前体含锌，并且渗透气氛含氧。

21．根据权利要求4 的方法，其中在填料和基质金属之间的界面上至少提供一种渗透增强剂和渗透增强剂前体中的物质。

22．根据权利要求1 的方法，其中的渗透增强剂前体在基质金属中合金化。

23．根据权利要求1 的方法，其中基质金属含铝和至少一种选自硅，铁，铜，镁，铬，锌，钙，锰和锶的合金元素。

24．根据权利要求1 的方法，其中在上述基质金属和填料中至少提供一种渗透增强剂前体和渗透增强剂中的物质。

25．根据权利要求3 的方法，其中向基质金属，填料，和渗透气氛中至少一种物质中提供至少一种渗透增强剂前体和渗透增强剂中的物质。

26．根据权利要求1 的方法，其中在自发渗透期间的温度高于基质金属的熔点，但是低于基质金属的挥发温度和填料的熔点。

27．根据权利要求2 的方法，其中的渗透气氛含有选自氧气和氮气的一种气体。

28．根据权利要求3 的方法，其中的渗透增强剂前体含有选自镁、锶和钙中的一种物质。

29．根据权利要求1 的方法，其中的熔融基质金属含有铝，填

料含有选自氧化物，碳化物，硼化物和氮化物中的一种物质。

30．根据权利要求1 或4 的方法，其中通过将填料在热源和粘结剂中至少一种的作用之下，使填料成为自支撑体。

31．根据权利要求1 或4 的方法，其中的填料在基质金属基本熔融之前或同时变成自支撑体。

32．根据权利要求1 或4 的方法，其中的空穴是在基质金属锭上机加工得到的。

33．根据权利要求1 或4 的方法，其中的空穴是将一组有形的基质金属件组装而得到的。

34．根据权利要求1 或4 的方法，其中的空穴是在型芯周围铸型基质金属得到的。

35．根据权利要求1 或4 的方法，其中的空穴是通过侵蚀掉部分基质金属锭得到的。

36．根据权利要求1 或4 的方法，其中的空穴最好熔化部分基质金属锭得到。

37．根据权利要求1 或4 的方法，其中的空穴由下述方法形成：在具有所需的金属基质复合体形状的型芯周围形成一橡胶模具，从橡胶模具中取出型芯，用耐火材料填充橡胶模具，由耐火材料形成耐火型芯，使熔融基质金属在耐火型芯周围固化，从固化的基质金属中取出耐火型芯。

38．根据权利要求37的方法，其中的耐火材料含熟石膏。

39．根据权利要求2 的方法，其中的基质金属在含有渗透气氛的耐火容器中熔化。

10．根据权利要求1 的方法，其中的填料至少通过部分烧结变成自支撑体。

11．根据权利要求3 的方法，其中向填料提供至少一种渗透增强剂和其前体中的物质，使填料在渗透气氛存在下被加热时变成自支撑体。

使用合金阴模制备金属基质复合体的方法及由该方法生产的产品

本发明涉及一种制备金属基质复合体的新方法及由此方法生产的金属基质复合体。具体地讲，该方法通过首先在一种基质金属中形成内空穴，然后将填料的可渗透体放入该空穴之中将填料的可渗透体制成预型体。将渗透增强剂和/或其前体和/或渗透气氛在工艺中某一阶段与填料相联系，使基质金属熔融时自发渗入可渗透的填料体中。在工艺中某一阶段，填料变成自支撑状态。

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或更重。例如，用陶瓷（如颗粒、片晶或晶须状的碳化硅）增强的铝基质金属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，或者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、铪、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}千的真空条件下，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}千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}千时，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}千进行脱气。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”的共同所有且未决的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完整或基本完整的形状。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

方式作用。例如，已观察到铝/ 锶/ 氮体系，铝/ 锌/ 氧体系，和铝/ 钙/ 氮体系中存在类似自发渗透现象。所以，即使本文主要讨论的是铝/ 镁/ 氮体系，但应理解，其它基质金属/ 渗透增强剂前体/ 渗透气氛的体系也能以类似方式作用。

当基质金属含有铝合金时，用陶瓷填料（如氧化铝或碳化硅粒）填充铝合金中的空穴。在第一个优选方案中，填料与作为渗透增强剂前体的镁混合，或在工艺的某一阶段暴露于该镁之下。此外，使铝合金和/ 或填料在工艺的某一阶段受到作为渗透气氛的氮气作用。在一个优选方案中，基本在全工艺过程内均有这种作用，以使渗透增强剂前体转变为渗透增强剂。并且在工艺的某一阶段，预型体至少变为部分自支撑体。在一个优选方案中，预型体大致在基质金属开始熔化时或之前变为自支撑体。在另一方案中，直接在填料中提供渗透增强剂，这样就不需要渗透气氛。此外，渗透增强剂或其前体除了在填料中提供外（或不在填料中提供），也可以在基质金属或合金中提供。由此预型体可被自发渗透。金属基质的形成和自发渗透的过程或速度随给定的工艺条件而变，例如这些条件包括向体系（如铝合金和/ 或填料和/ 或渗透气氛）提供的镁的浓度，预型体中颗粒的大小和/ 或组成，渗透气氛中的氮气浓度，渗透时间，和/ 或发生渗透的温度。自发渗透一般发生至足以基本全部嵌入填料中的程度。

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

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。

金属基质复合体通过渗透一种填料的可渗透体得到。这种可渗透体在工艺中某一阶段变成自支撑状态（即可以形成预型体）。具体地讲，通过首先在基质金属中形成空穴，然后用填料充填之可将填料的可渗透体制成预型体。可以按照金属基质复合体所需的形状适当地形成空穴。填料在例如高温和/ 或粘结剂和/ 或反应剂等的作用下可变为自支撑体。这样形成空穴的基质金属在熔融时则自发渗入保持着金属中空穴形状的填料，而形成金属基质复合体。

采用本文讨论的各种技术都可以在基质金属中形成空穴。但是空穴应能接收和盛装填料，使得当填料放在空穴中时，填料基本呈空穴的形状。此外，填料应该至少在工艺中某一阶段与渗透增强剂和/ 或其前体和/ 或渗透气氛中至少一种接触。例如，渗透增强剂和/ 或其前体可以与填料混合和/ 或被放在空穴表面和/ 或由基质金属提供和/ 或由渗透气氛提供。将填料，基质金属，和一种或多种渗透增强剂和/ 或其前体和/ 或渗透气氛结合可使基质金属自发渗入已基本呈基质金属中形成空穴的形状的预型体。

在基质金属中形成空穴可采用允许技术，如在基质金属锭上机加工出空穴，将多块基质金属或其锭组装在一起形成空穴，使基质金属围绕一型芯铸型，用合适的苛性材料清洗至少部分基质金属，

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，以使得不仅有足够量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

最好加热至少部分基质金属，以使这部分基质金属熔融；和/ 或结合使用这些或其它技术，使基质金属形成空穴。

在一个优选方案中，围绕一个成形的型芯制成橡胶模具，该芯基本呈待制备的金属基质复合体的形状。例如，该成形型芯可以是所需待制备的金属基质复合体的金属，粘土或塑料仿形体。从橡胶模具中取出型芯，由此在该模具中形成大体与型芯的大小和形状相同的空穴。向模具的空穴中充填可形成空穴形状并经加工可形成高温型芯的材料。例如，用石膏和陶瓷粒材料的混合物形成高温型芯，然后将高温型芯放在合适的耐火容器中，并在其周围浇注熔融基质金属。因此，应理解高温型芯，必须有足够的强度和形状完整性，以便能经受住由于与熔融基质金属接触和该金属在其周围冷却而产生的热，机械和化学作用。此外，型芯应对基质金属基本无反应性。

使熔融基质金属在高温型芯周围固化，固化后应立即从固化的基质金属中取出高温型芯。例如，采用下述技术从基质金属中取出高温型芯：用一种液体溶解高温型芯，最好用喷砂或喷粒方法从金属中取出高温型芯，在基质金属上机加工出型芯，和/ 或组合采用上述或其它技术从基质金属周围取出高温型芯。

应注意到，本申请主要讨论了铝基质金属，该金属在形成金属基质复合体过程中的某一时刻，在作为渗透气氛的氮气存在下，与作为渗透增强剂前体的镁接触。因此，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。然而其它基质金属/ 渗透增强剂前体/ 渗透气氛体系也可以类似于铝/ 镁/ 氮体系的

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。

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。

本文中“高温型芯”是指由下述材料形成的物体，即这种材料成型后能成为所需金属基质复合体的仿形体，并且在基质金属熔融温度下能基本保持其形状。此外高温型芯应能够经得住熔融基质金属与其直接接触时的化学或物理侵蚀；例如，高温型芯应能经受住基质金属在其周围冷却时产生的压缩应力。最好当基质金属在型芯周围固化后，能容易地从基质金属中取出型芯。

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。

本文中“型芯”一词是指基本呈所需金属基质复合体形状的物体。

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）的材料。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”或是指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属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。

本文中“耐火盘”一词是指这样的容器或材料：它在工艺条件下能容纳自发体系并且不与自发体系中的任何成份以严重破坏自发渗透历程的方式进行反应。

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“体系纯化剂”一词是指任何满足下述要求的材料：当将其用于自发体系时，它能使渗透气氛纯化，排出在渗透气氛中或从自发体系中逸出的任何能对自发渗透历程产生不良影响的成份。

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 是带有空穴的基质金属件的剖面图，其中空穴的形状相当于所需预型体的构型。

图2 表示的是本发明的装有基质金属件并且其中充填有填料的耐火盘。

图3 举例说明装有熔融基质金属和预型体的盘。

图4 举例说明盘，基质金属熔池和其中经完全自发渗透的金属基质复合体。

本发明涉及通过在基质金属件中形成空穴并用填料充填空穴制备金属基质复合体的方法。其中的填料在工艺过程的某一阶段形成至少部分自支撑的预型体。应向基质金属件和/或预型体中提供渗透增强剂和/或其前体和/或渗透气氛中的至少一种，以便发生基质金属向预型体中的自发渗透。

参照图1，这里表示的是限定空穴(2)的基质金属件(1)。空穴(2)最好仿制成所需的金属基质复合体产品的形状。根据如复合体的复杂程度和基质金属的组成，可采用一种或多种技术制出有形状的空穴(2)。采用对基质金属件机加工（如用立铣刀），放电和其它方法可制出合适的空穴。对于更复杂的复合体形状，则最好通过在适合的高温型芯（其形状相当于所需复合体的形状）周围成形或浇铸基质金属件(1)来制出空穴(2)。

高温型芯可通过将合适的材料在具有所需复合体形状的仿形体或型芯周围成形而得到。这种仿形体可以是金属的，石膏的，粘土的，塑料的或其它模具，甚至可以是前面形成的基质复合体，在这一步骤中使用的合适材料是硅酮橡胶。也可以使用其它材料，如可增强的封装化合物，石蜡等。制成一种合适材料，如硅酮橡胶的物体后，将仿形体从其中取出，得到的空穴可用来制成高温型芯。

具体地讲，用能够可靠地仿制空穴尺寸并具有下述所需特性的一种可硬化材料填充空穴。一种可硬化材料是熟石膏。应理解，本

方案中以上步骤的结果是生产出能够可靠地模仿金属基质复合体产品形状的高温型芯。

在由熟石膏制成的高温型芯周围使基质金属件(1) 成形时，最好将型芯充分干燥，如通过烘干。然后将高温型芯放在浇注熔融基质金属的非反应性耐火容器中，冷却时形成件(1)，并取出高温型芯。在使用熟石膏高温型芯的情况下，.用水蒸汽使型芯水化，取出型芯。根据型芯的组成，可采用其它技术取出高温型型，由此得到基质金属件(1) 中的空穴(2) 。

参照图2，制成件(1) 和空穴(2) 后，在空穴(2) 中填充将自发渗入基质金属的所需填料(5) 。如下面更详细地讨论那样，填料(5) 可以含有任何作为自发体系的成份的填料，其中的成份包括构成件(1) 的基质金属或第二种或附加基质金属。填料中也可以含有合适的渗透增强剂和/ 或其前体，和/ 或基质金属和/ 或渗透气氛中也可以含有渗透增强剂和其前体中的一种或二种。

然后将填料(5) 和基质金属件(1) 放在由合适设备如电阻加热炉加热的耐火盘(6) 中。最好在盘(6) 内部保持一种合适的渗透气氛，以使自发渗透过程进行。应理解，如果以其它方式向自发体系提供了渗透增强剂，就可以向盘6 中提供足以防止自发体系变质的惰性气氛。

参照图3，将盘(6) 适当加热，使基质金属件(1) 液化成基质金属池(7) 。在基质金属件(1) 液化之前，填料应转变为预型体(8) 。不论是否通过本文其它部分讨论的那样烧结填料或填料的其它化学反应，这种转变都可以在渗透或惰性气氛存在下，在加热件

(1) 使其形成池(7) 时就地发生。例如，可将填料先与一种渗透增强剂前体混合。当在渗透气氛下加热时，该前体可至少部分转变为能将填料粘结成为预型体的渗透增强剂。一旦形成池(7)，基质金属即自发渗入预型体(8)，最后形成如图4 所示的金属基质复合体(9)。应理解，在暴露于基质金属下的预型体的所有表面上都能够产生自发渗透。

为了使基质金属自发地渗透进入预型体，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上同时于预型体与熔融基质金属接触之时在至少一部分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预型体或填料之中的氮化镁）。

基质金属/ 渗透增强剂前体/ 渗透气氛体系的一个例子是铝/ 镁/ 氮体系。具体地讲，用合适的填料填充带有空穴的铝基质金属件。最好在渗透增强剂或其前体中至少一种存在下，在基质金属熔融之前，假设填料保持了基质金属中空穴的形状。在这种情况下，将产生填料的成形预型体，并与熔融基质金属接触。由于预型体相

对于熔融基质金属的固有浮力，成形预型体可以在邻近熔融基质金属的表面或在该表面上浮动，或者位于熔融基质金属内的某一处。总之，至少在自发渗透期间，渗透增强剂应位于至少部分填料或预型体之上或之中。

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，预型体应该具备足够的可渗透性以便于含氮气体至少在过程进行期间某一时刻穿透或渗透预型体并与熔融基质金属接触。此外，可渗透填料或预型体能够允许熔融基质金属的渗透，从而使得被氮气渗透的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，这些条件包括铝基质金属合金中的镁含量、和/ 或预型体中的镁含量、预型体和/ 或铝基质金属中的氮化镁含量、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。

举例来说，由于挥发所造成的镁损失应该避免，达到使一些镁保留下来用于形成渗透增强剂这一程度，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影响。再说，当镁同时存在于预型体与基质金属之中或者仅存在于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，渗透速率大大增加。

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和气氛中氮含量等变量。随着基质金属合金和/ 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基质金属合金以含有大约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。此外，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。必要的是提供较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。在碳化硅预型体与铝基质金属接触的情况下，业已发现，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，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接触时，需要至少约3 %（重）镁实现类似的自发渗透。

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，以基质金属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。

例如，在本发明方法中，将在工艺的某一阶段可变为自支撑体（即成为预型体）的填料的可渗透体与熔融铝在工艺的至少一段时间内存在含氮气体的情况下进行接触。填料的可渗透体可以含有渗透增强剂和/ 或其前体。通过保持一连续气流与填料（预型体）和熔融铝基质金属中至少一种相接触，可以提供含氮气体。虽然含氮气体的流量并非至关重要，但是该量最好足以补偿由于合金基质中形成氮化物而在气氛中造成的氮损失，并且足以防止或抑制能对熔融金属产生产化作用的空气侵入。

本发明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金属合金、工艺条件、熔融基质金属合金与填料的反应能力以及目的金属基质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）或以连续丝如多丝束的形式存在。此外，陶瓷体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）应该是可渗透的即至少可被熔融基质金属渗透，并可能被渗透气氛所渗透。

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。

已经观察到对于在填料周围发生的铝渗透和基质形成来说，铝基质金属对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、有待渗透的填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填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金属基质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。例如，基质金属件的大小可能不足以保证将预型体完全渗透，这样就可以将该基质金属件放入一个能使基质金属件熔融的，已制好的大基质金属池或储备源中，以产生自发渗透。进一步讲，在某些情况下有可能需要使用储备源中的基质金属，该金属的组成不同于由基质金属件构成的第一基质金属源。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是任何适于干扰、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）超出陶瓷填料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。这类材料是石墨及其它形式的碳和各种陶瓷，如氧化物，硼化物等。

可将阻挡元件放在预型体的一个或多个表面上，帮助预型体在加工中保持其形状或保护预型体和/ 或金属基质复合体。具体地讲，如果按照图1 和2 制成预型体，就可用一种合适的阻挡元件衬在或涂敷在件(1) 的空穴 (2)内，以使进一步支撑预型体或改善其在渗透之后的形状完整性。可将阻挡元件适当成形，使其具有粗糙的表面，以利于从熔融基质金属中抓住或取出金属基质复合体，但又有利于复合体的成形，并需要最少的后续成形加工量。

下面紧接着的实施例说明了本发明的各个方面。但是这些例子应被理解为是说明性质的，而不应被解释为是对由所附权利要求所限定的本发明范围的限制。

实施例1

用直径约为7.6 厘米的普通钢齿轮作为金属预型体复合体产品的仿形体或型芯。将ＧＩ-1000 橡胶成型化合物（购自塑料工具供

应公司）浇注在齿轮周围，然后使其固化，使该齿轮嵌在该化合物体中。从固化的化合物中小心取出齿轮，得到一空穴。用约等份的熟石膏（如购自Bondex 公司）和二氧化钛混合物填充该空穴。二氧化钛使熟石膏更象胶泥，但是它在混合物中的存在和存在量都不量至关重要的，因为任何可水化的熟石膏都可使用。熟石膏与二氧化钛的比可以不同，如30/70 至70/30 。

在硬化时，熟石膏构成一高温型芯，它可从橡胶成型化合物中取出。将高温型芯放在炉内，在200 ℃下约充分干燥2 小时。干燥后将高温型芯放在约15cm高，10cm直径，内衬石墨（如购自T．T．美国公司的Permafoil®）的不锈钢罐中。将一根起平衡器作用的石墨棍放在高温型芯顶部，然后使装有高温型芯的罐预热至约300 ℃。向罐中的高温型芯上浇注800 ℃的熔融铝合金，轻轻敲打罐壁，以使熔融金属中的气泡逸出。合金的组成为约77%（重）铝，约12%（重）硅，约5 %（重）锌和约6 %（重）镁（即Al-12Si-5 Zn-6mg，以重量计）。应理解，根据使用的填料或所需最终复合体的性能可以选择合金的组成。

将罐冷却几分钟，使高温型芯周围的铝合金固化，然后将合金固体从罐中取出。再用水润湿型芯使其软化，并清除掉固化的铝合金。在合金中留下的空穴保持了齿轮的形状。将该合金加热至约150 ℃，充分干燥约1 小时。

然后手工将含有1000目碳化硅粉（来自Norton 公司的39 Crystolon）和约 2%（重）325 目镁粉的混合物的填料填入空穴。在填满的空穴表面上撒布附加的镁粉，这部分过量镁加速了自

发渗透，但对过程来说不是必须的。有时在用填料充填前，在空穴内部喷撒一些镁也是有利的。

将含有齿轮形状填料的合金体返送至石墨衬里的钢罐内。向罐中加入数块清洗过的铝合金锭，这些锭具有同样的合金组成。加入的合金锭与填充空穴的表面接触。经喷射和用溶剂（如乙醇）清洗合金锭，以除去切削油和其它有机化合物，锭的数量并不重要，但是其量应足以满足所需的自发渗透程度。

将其中放有一块豆粒大小钛(4目×30目，畸形粒子尺寸，购自Chemalloy公司）的小盒形敞口石墨（如Permafoil）盘放在合金锭的顶部。钛在加工过程中起体系纯化剂，那一种吸氧剂的作用。

用铜箔以卷边方式部分密封地盖在罐上，一根不锈钢管穿入铜箔。将罐放入合适的炉内后，将基本纯的氮气以0.4升/分钟或更高的流量通入管中，吹洗罐的内部，此时炉温升至约120 ℃。约1小时后，于约12小时内，将电阻加热炉从约120 ℃加热至约800 ℃，然后在约800 ℃下保持约12小时。已经发现，在约500 ℃—600 ℃下，合金空穴中的填料硬化成预型体，这可能是由于氮化镁的生成和/或烧结所致。当合金体和锭熔化时，合金从所有暴露于其下的预型体表面上渗入预型体，因此得到以充分迅速为特点的渗透。

在首先通过罐底部的开口排出过量熔融合金之后，从罐中取出生成的金属基质复合体齿轮。尽管粘附在金属基质复合体上的熔渣可在以后通过喷射处理复合体时除去，但是对于在合金池表面可能存在的熔渣，最好在排出之前清除掉，排出后，空气冷却金属基质

复合体齿轮。得到的复合体是被充分渗透的，并且具有钢齿轮型芯的复制形状。

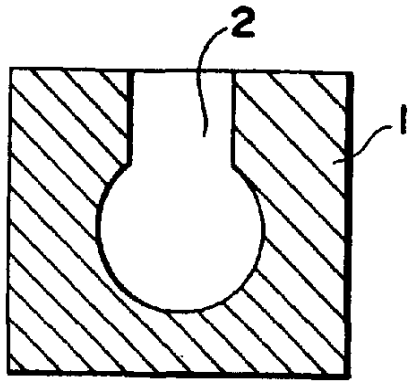
实施例2

重复例1 中的程序，但是不用钢齿轮，而用枫树叶形状的物体为仿形体或型芯。此外，在铝合金体中的空穴形成之后，在用325目镁粉喷撒和用填料填充之前，喷砂清洗空穴。喷砂使合金粗糙，因此镁粉易于附着其上。用这种方法，保证了在最后熔融合金和硬化的预型体之间的交界面处存在着镁和/ 或氮化镁，进而保证了甚至在叶表缘和各处均产生充分的自发渗透。

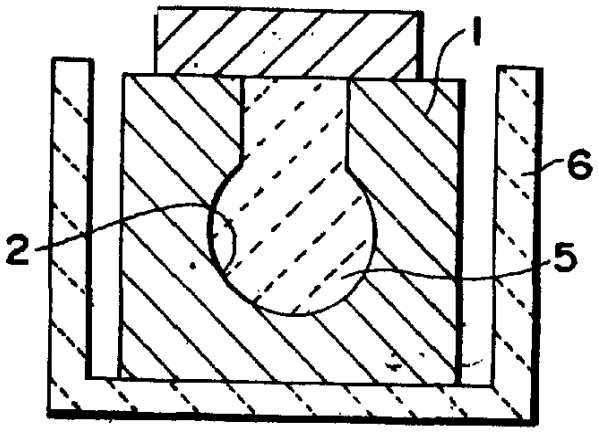
用氮气以2.5 升/ 分钟的流量吹扫钢罐内部。在炉温于约2 小时内升高之后，将罐内温度在约750 ℃（相应的炉温约为800 ℃）下保持约2 小时。然后趁热取出经渗透的复合体。为使炉子对罐的加热均匀，将罐的外径包裹一层3mm 厚的无定形氧化硅垫（购自Mc Neil 耐火材料公司的Fiberfrax®）。

此外，已经发现，在本例中需要将合金空穴和填料放置在钢罐的底部，这是因为在自发渗透之前，预型体有足够的浮力浮动至熔融合金池的表面。自发渗透是在表面发生的，池的表面张力和粘度以及宽叶形状都使得被渗透的预型体保持在池的表面上，但是在清扫熔渣时，这个位置上的物体很可能被损坏。应注意到，具有其它形状和浮力的复合体可能不被保持在合金池的表面。

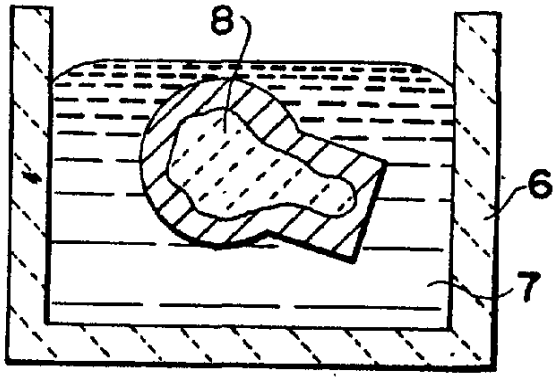
以上述方式生产的金属基质复合体叶具有逼真的复制形状并经过充分的自发渗透。



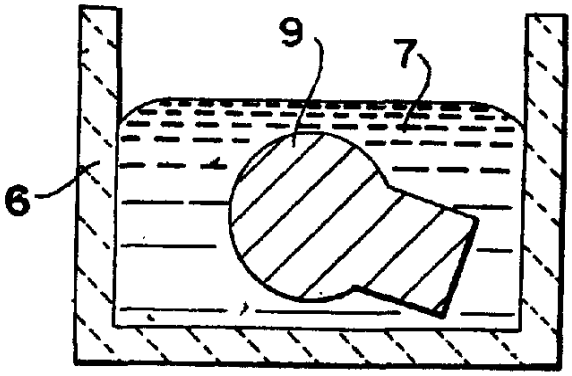
图．1



图．2



图．3



图．4