



(12)发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 89108080.5

[51] Int.Cl³

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]88.11.10 [33]US [31]269.375

[71]申请人 兰克西敦技术公司

地址 美国特拉华州

[72]发明人 约翰·托马斯·布克

麦克·史蒂文森·约科克

[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

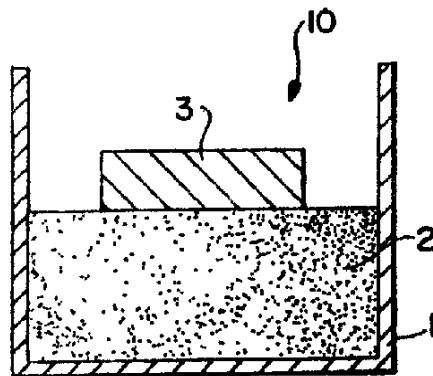
说明书页数: 33

附图页数: 2

[54]发明名称 新型金属基质复合体的热成型方法及其由此生产的产品

[57]摘要

本发明涉及通过自发渗透技术形成金属基质复合体以及然后热成型所生成的金属基质复合体的方法。具体地说,在工艺过程的至少某一时刻,一种渗透增强剂和/或渗透增强剂前体和/或渗透气氛与填料或预型体相联,它使熔融基质金属自发地渗透所说的填料或预型体。这种金属基质复合体形成之后,使所形成的复合体经热成型技术,如滚压、模压、压铸、锻压、模锻、冲压等方法成型。



△
▽

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；
用熔融基质金属自发渗透至少一部分所说的填料形成渗透体；
以及
热成形所说的渗透体。
2. 一种如权利要求1所述的方法，该方法还包括提供一种在至少一部分渗透时间内与填料和基质金属中的至少一种相联的渗透气氛的步骤。
3. 一种如权利要求2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。
4. 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。
5. 一种如权利要求3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。
6. 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。
7. 一种如权利要求3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。

8. 一种如权利要求7所述的方法，其中在渗透过程中，渗透增强剂前体挥发。

9. 一种如权利要求8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。

10. 一种如权利要求9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。

11. 一种如权利要求10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。

12. 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。

13. 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。

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

15. 一种如权利要求13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。

16. 一种如权利要求13所述的方法，其中所说的阻挡元件包括至少一种材料，该材料为足够可渗透的，以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。

17. 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、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。

18. 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。

19. 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。

20. 一种如权利要求3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。

21. 一种如权利要求3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。

22. 一种如权利要求4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。

23. 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。

24. 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。

25. 一种如权利要求4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。

26. 一种如权利要求3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。

27. 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。

28. 一种如权利要求2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。

29. 一种如权利要求3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。

30. 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一种材料。

31. 一种如权利要求1, 3 或4所述的方法，其中在热成形之前将所说的渗透体冷却至其液态温度左右。

32. 一种如权利要求1, 3 或4所述的方法，其中将所说的渗透体冷却，然后在热成形之前将其再加热到至少其液态温度左右。

33. 一种如权利要求1, 3 或4所述的方法，其中将所说的渗透体成形为一个中间形状，将其冷却，之后在热成形之前再将其再加热到至少液态温度左右。

34. 一种如权利要求1, 3 或4所述的方法，其中在高于其液态温度下热成形所说的渗透体。

35. 一种如权利要求1、31、32、33或34所述的方法，其中所说的热成形步骤包括选自滚压、挤压、模铸、锻造、压模和压制中的至少一个步骤。

36. 一种如权利要求1、31、32、33或34所述的方法，在进行热成形步骤之后，还包括热处理步骤。

37. 一种如权利要求1、31、32、33或34所述的方法，其中所说的热成形步骤是在选自氮气和惰性气氛中进行的。

38. 一种如权利要求1所述的方法，其中所说的得到的金属基质复合体包括一种板材。

新型金属基质复合体的热成形 方法及其由此生产的产品

本发明涉及通过自发渗透技术形成金属基质复合体以及然后热成形所生成的金属基质复合体的方法。具体地说，在工艺过程的至少某一时刻，一种渗透增强剂和/或渗透增强剂前体和/或渗透气氛与填料或预型体相联，它使熔融基质金属自发地渗透所说的填料或预型体。这种金属基质复合体形成之后，使所形成的复合体经热成形技术，如滚压、模压、压铸、锻压、模锻、冲压等方法成形。

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、钨或铌的二硼化物或者用一种金属，即锂、镁、钙、钛、铬、铁、钴、镍、锆或钨来涂敷氧化铝。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、钨、钼、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} 托的真空条件下，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）。 $10^{-2} \sim 10^{-6}$ 托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} 托时，润湿情况有所改善。

1975年2月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Al₂B₁₂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Al₂B₁₂粉末压块的顶上。将装有夹在铝粉层之间的Al₂B₁₂压块的坩埚放在一个真空炉中。然后将该炉抽空到约 10^{-5} 托进行脱气。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Al₂B₁₂压块。

1968年1月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部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；在使用后将其拆卸以从中取出铸件；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体。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用一种熔融金属来自发渗透一种可渗透填料体或预型体生产的。然后通过适当的方法使这种渗透的填料或预型体热成形。具体地说，在工艺过程期间至少在某一时刻，一种渗透增强剂和/或渗透增强剂前体和/或渗透气氛与所说的填料或预型体相接触，使熔融基质金属自发地渗入该填料或预型体中。这种金属基质复合体成形之后，使该复合体用一种热成形方法进行加工，所说的热成形方法例如，滚压、模压、压铸、锻压、模锻、冲压等方法。

在本发明的另一优选实施方案中，可以直接向所说的预型体和/或基质金属和/或渗透气氛中至少一种提供一种渗透增强剂，而不是提供渗透增强剂前体。但是，至少在自发渗透期间，该渗透增强剂应与至少一部分填料或预型体接触。

当进入预型体或填料的自发渗透完成之后，可以使该渗透的预型体或填料经一种热成型技术成形。这种热成型技术可以，例如在近似于该金属基质复合体中基质金属的液态温度或甚至在高于该液态温度下使用。最值得注意的是这种渗透的金属基质复合体在该基质金属的熔化温度或甚至高于此温度下，由于渗透的填料或预型体的存在基本保持其形状。

可以使这种金属基质复合体完全冷却，然后再使其加热到近似于在后续工艺中待热成形的基质金属的液态温度（或高于此温度）。另一方面，可以使这种自发渗透体在自发渗透到近似于所说的液态温度并且几乎立即热成形后冷却。另外，可以形成中间体（如锭坯），然后使其再加热进行进一步热成形。本发明的自发渗透的金属基质复合体显示出类似于金属或金属互化物的可加工性，同时保持了与所公开的金属基质复合体相联系的主要材料性能优点。

另外，采用本发明的有利热成形方法，不会增加材料的缺陷或裂纹，并且在某些情况下，还会减少这种缺陷或裂纹。具体地说，二次加工可能减少气孔的数量和尺寸，以及可能使在进行二次加工之前存在于复合体中的裂纹愈合。通过热成形方法可以获得与未加工复合体同样的表面光洁度，在某些应用中可以获得优于未加工复合体的表面光洁度。

应指出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，与起渗透增强剂前体作用的镁接触。从而，这种铝/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。但是，其它基质金属/渗透增强剂前体/渗透气氛体系也可能表现出与铝/镁/氮体系相似的行为。例如，在铝/锶/氮体系；铝/锌/氧体系和铝/钙/氮体系已观察到相似的自发渗透现象。因此，虽然在此主要讨论了铝/镁/氮体系，应理解的是其它基体金属/渗透增强剂前体/渗透气氛体系可以以相似的方式产生作用。

当这种基质金属为一种铝合金时，这种铝合金与包括填料（例

如，氧化铝或碳化硅)的预型体接触，这种填料或预型体具有混合在其中的镁，和/或在工艺过程期间的某一时刻，暴露于镁。另外，在一个优选实施方案中，至少在工艺过程的一部分时间内，使铝合金和/或预型体或填料处在氮气气氛中。这种预型体将被自发渗透，而其自发渗透的程度或速率以及金属基质的形成将随着给的工艺条件不同而变化，所说的工艺条件包括：例如，提供于体系（如在铝合金和/或填料或预型体和/或渗透气氛中）的镁的浓度，所用预型体或填料中颗粒的粒度和/或组成，渗透气氛中氮的浓度，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预型体或填料的程度。

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。

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有限溶解性的，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和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）。

“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填料（或预形体）和/或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制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。

在此所用的“热成形”是指在金属基质的液态温度下或在高于此温度下，对金属基质的二次加工，例如，滚压、模压、压铸、锻压、模锻、冲压或任何其它引起触变金属基质复合体流动的加工方

法。

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 为用于产生自发渗透金属基质复合体的组装体的截面示意图；

图2 和3 为用聚苯乙烯杯熔模通过热成形自发渗透的金属基质复合体得到光洁表面的照片。

本发明涉及通过借助熔融基质金属自发渗透填料或预型体而形成金属基质复合体的方法。具体地说，渗透增强剂和/或渗透增强剂前体和/或渗透气氛至少是在整个过程的某一时刻与填料或预型体保持联系，这样便使得熔融基质金属自发地渗透填料或预型体。在填料或预型体的自发渗透以后，在后续的处理步骤中使得到的渗透的填料热成形。

图1 所示为用于形成自发渗透金属基质复合体的简单组装体(10)，其中所说的复合体可以进行后续热成形。具体地讲，如下详述的，将任何适宜材质的填料或预形体(1)置于用于容纳基质金属(2)和/或填料的非反应性容器之中。这种非反应性容器应由这样一种材料制备，或用这样一种材料作衬里或涂敷，这种材料不会严重影响自发渗透过程，如下面详细讨论的。将基质金属(3)置于或接近于填料或预型体(1)之上。随后，将组装体置于一加热炉中以便引发自发渗透。

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接近于填料或预型体与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和/或填料反应的适宜的耐火容器之中。随后，填料或预型体与熔融铝基金属接触并且被自发渗透。

此外，除了提供渗透增强剂前体以外，还可以直接向预型体或填料、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，预型体或填料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、预型体或填料中的镁含量、预型体或填料中的氮化镁含量、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，当镁同时存在于预型体（或填料）与基质金属之中或者仅存在于预型体（或填料）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和/或熔融铝基质金属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No.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No 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。对于按照本发明所进行的热成形来说，填料的体积百分比以10~50%为佳。当体积百分比在此取值范围内时，经过渗透的复合体保持或基本保持其形状，这样有助于进行二次加工。可以选用更高或更低的颗粒含量或体积百分比，然而，这要取决于热成形后所需的目的复合体含量。此外，可以与本发明的热成形方法相关联，采用降低颗粒含量的方法实现较低的颗粒含量。

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。阻挡元件可用于自发渗透中，或用于在自发渗透金属基质复合体热成型时所使用的任何模具或其它固定装

置中。对此更详细的描述见下文。

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（Ti B₂）〕。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。

根据上述几种变化方案之一，完成自发渗透之后，可以根据本发明对所得到的金属基质复合体进行二次加工。这种二次加工是在该复合体的液态温度或高于此温度下进行的。具体地说，重要的是已发现了在基本处于其液态温度时，金属基质复合体保持其凝固体的形状，基本上呈地质材料。从而，与主观期望相反的是，该复合

体在这种状态下，基质金属不会从填料中流出或流掉，而得到一种可以进行二次加工的物体。从而，如果对加热的复合体施加足够高的剪切力使其流动的话，对自发渗透的金属基质复合体可以进行与金属或金属互化物相联系种类的二次加工。具体地说，这种自发渗透的金属基质复合体的热成形可以在该复合体的液态温度或高于此温度下进行（如上所述，其温度上限为这样一种温度在该温度下复合体基本不再能保持其形状）。在使用铝合金作为基质金属的体系中，发现得到的复合体在至少700 ~ 900 °C的范围内保持其形状。

对自发渗透的金属基质复合体的热成形可以在渗透之后该复合体冷却到其液态温度时立即进行。另一方面，可以将这种复合体冷却形成一种固体，然后再使其加热到进行热成形的液态温度。因此，可以制备自发渗透复合体的大坯或锭，再将其通过热成形进行二次加工成所需物体和外形。另外，可以通过自发渗透形成所需形状和尺寸的中间体（例如，利用适当的模、预型体、或阻挡元件，然后通过热成形方法将其转换成具有所需形状和性能的复合体）。在任何情况下，最终产品的性能都是由提供的特殊的自发渗透方法（例如，基质金属或合金的种类的量，填料的种类和量，工艺温度，时间，渗透增强剂和/或渗透增强剂前体和/或渗透气氛的种类和量等）所控制的。

金属基质复合体的热成形使该复合体具有通过自发渗透进入一个模或预型体中所不能获得的显著优点。第一，这是由于与自发渗透所需的时间相比，二次加工时间短，可以使用永久性模而不会对该模产生不利影响。另外，由于在形状和尺寸上具有很大的灵活

性，使得没有遇到由于模的尺寸造成的限制。例如，通过热滚压可以生产出复合体的大块薄板，然后可以使这种板经成形、弯曲、模切、压制、轧制等加工。从而，用本发明的金属基质复合体通过热成形方法可以获得至今只有用金属、金属互化物，塑料等能获得的形状和尺寸。

另外，通过对这种自发渗透的复合体进行二次加工，一般不会增加复合体的缺陷或裂纹，而且在许多情况下都使其减少。具体地说，通过用时0.5 ~ 1 小时使某些铝基质复合体加热到700 ~ 900 °C，观察到了加热前存在于原始样品中的气孔的减少或破裂。再有，如在再加热期间适当地限制该复合体，可能会产生裂纹的“愈合”。但是，重要的是该复合体被紧密地限制住，例如在一个容器、阻挡元件或模中使其免于破裂并且有利于裂纹的愈合。

虽然热成形可以在氧气氛中进行，但是已观察到由于氧化会导致该复合体的质量有某种程度的降低。具体地说，在再形成的复合体中可能参杂氧化物皮层，而导致破裂和变弱。因此，在本发明的一个优选实施方案中，热成形是在惰性或氮气气氛（如在氮气层）中进行。

虽然，各种填料均可能用于本发明中，但已发现粒度较小（如1000粒度）的填料比粒度较粗（如220 粒度）的填料更易流动并且更易于热成形。另外，还发现作为填料的碳化硅在工艺过程中比氧化铝更易于加工。

这种热成形的复合体的性能还可能由对其进行的各种热处理来改变。例如，与金属一样，热成形完成时，可以通过使该复合物淬

火来改变性能。必须注意的是避免由这种淬火造成不利影响，如固化收缩或破裂。

如在下面实施例中更详细讨论的，通过热成形可以得到优异的表面光洁度。在许多情况下，可以得到远远优于通过自发渗透到模具或阻挡元件中所得到的光洁度。

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1-4

下列实施例说明通过使自发渗透的金属基质复合体再加热到约液态温度下，并使其再成形为模制形状的热成形能力。

制备四种不同的自发渗透的金属基质复合体以测定热成形图1所示组装体的各种复合体的能力。在每种情况下，将一种填料(1)放在316 不锈钢容器(2)中，所说的容器(2)衬有T. T. America Inc. 公司生成的Permafoil，起着非反应性容器的作用。然后将一种基质金属合金(3)放在该填料的顶上。再将该组装体(10)放在用铜箔密封的置于电阻加热炉中的一个316 不锈钢容器中。

在实施例1-4中所用的合金和填料列于表1中。具体地说，实施例1和2使用了由氧化铝(Alcan Chemical Products公司的Alumina C-75-RG)和5%的镁(325粒度)组成的填料混合物，实施例1使用220粒度的氧化铝，实施例2使用1000粒度的

氧化铝。在实施例1和2中均使用标准520铝合金作基质金属。

实施例3和4使用由碳化硅(Norton公司的SiC-39 Crystolon)和2%镁(325粒度)组成的填料混合物,实施例3使用220粒度的碳化硅,实施例4使用1000粒度的碳化硅。

然后,将上述组装体放在用氮气吹洗过的炉子中,并向所说的炉中以约2升/分钟的流量提供氮气。用时2小时使炉温提高到约750℃,并在750℃下保持约10小时,再用约2小时使炉温降至室温,并取出组装体。

然后,使根据上述方法形成的复合体在一个预加热的莫来石坩埚中在空气下于约750℃下进行再加热,直到达到其液态温度为止。然后取出该复合体,放入一个带有刮刀的模制容器(即一个以聚苯乙烯水杯负型制备的熔模)中,然后通过锤打该复合体顶上的石墨棒使其成形为该模的形状。然后使样品在室温水中进行淬火。

在该石墨棒的力的作用下,每种复合体都是可加工的。发现填料粒度较小的复合体(即,实施例2和4的1000粒度的复合体)相对填料粒度较大的复合体(即220粒度)来说更易加工。另外,碳化硅填料体系比氧化铝填料体系更易加工。

图2和图3为从一个热成形的复合体得到的光洁表面的照片。如照片所证明的,得到了再现该聚苯乙烯杯的性质的优异表面光洁度,其中所说的熔模是由该聚苯乙烯杯制备的。图2表示了模制复合体的底面,在该底面上来自原始杯的字为清晰可识别的。图3表示了复制在该复合体上的蜂窝式聚苯乙烯图案。

肉眼观察该复合体和其断面证明了，一般来说，在这种热成形的复合体中存在的缺陷或裂纹的程度没有在二次加工前原始复合体上存在的缺陷严重。

这种复合体存在着某种程度的固化收缩，尽管这种收缩可能是不良淬火的结果。另外，形成了易于夹在二次形成的复合体中的氧化物皮层。但是，这些氧化物皮层是由于在氧化气氛中再加热复合体和进行二次加工的缘故。

因此，实施例1-4 表明了自发渗透的金属基质复合体可以在液态温度下进行作为二次加工的热成形。

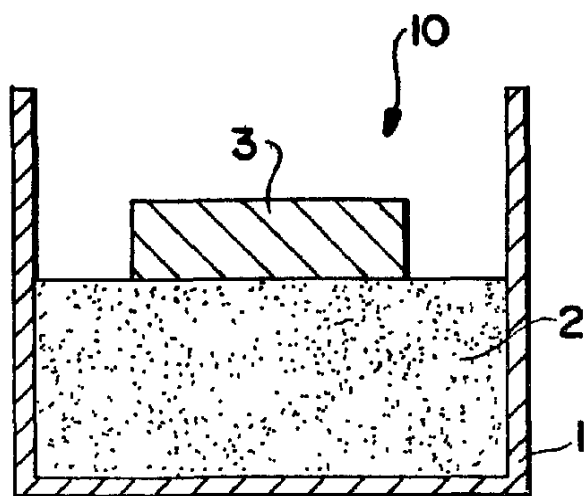


图. 1



图. 2

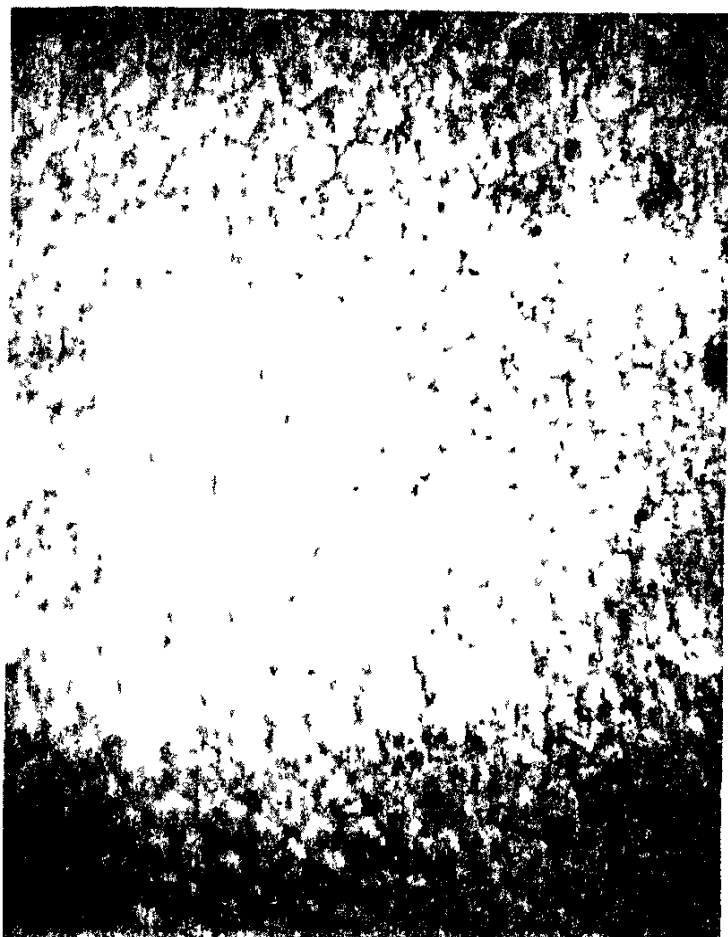


图. 3