

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C22C 33/02 (2006.01)

C22C 1/04 (2006.01)

B22F 1/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580019105.0

[43] 公开日 2007年7月11日

[11] 公开号 CN 1997764A

[22] 申请日 2005.6.9

[21] 申请号 200580019105.0

[30] 优先权

[32] 2004.6.10 [33] US [31] 10/864,964

[86] 国际申请 PCT/US2005/020256 2005.6.9

[87] 国际公布 WO2005/123973 英 2005.12.29

[85] 进入国家阶段日期 2006.12.11

[71] 申请人 赫格纳斯公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 克里斯托弗·T·谢德

小丹尼斯·克里斯托弗森

罗伯特·考斯顿

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 王海川 樊卫民

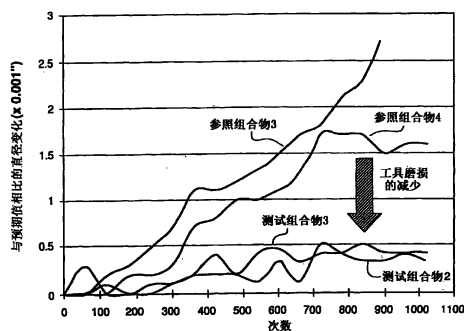
权利要求书4页 说明书18页 附图4页

## [54] 发明名称

粉末冶金组合物和由其制造的构件

## [57] 摘要

本发明提供冶金粉末组合物，其包含铝酸钙添加剂(即铝酸钙或者含铝酸钙粉末)以提高由其制造的压实和烧结构件的机械加工性和耐久性。该组合物一般包含构成组合物的主要部分的金属基粉末如铁基或镍基粉末。通过例如混合或粘结的技术将铝酸钙添加剂与金属基粉末组合。任选地，常见的合金粉末、润滑剂、粘结剂和其它粉末冶金添加剂可以与冶金粉末组合物组合。冶金粉末组合物的使用方法为将其在模具腔中压实以产生“半成品”压实体，然后可进行优选在相对高的温度下的烧结。



1. 冶金粉末组合物，其包含：  
至少约 85 重量百分比的基底金属粉末；和  
铝酸钙粉末，  
其中该冶金粉末组合物包含约 0.05 至约 7.5 重量百分比的铝酸钙。
2. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其中冶金粉末组合物包含约 0.1 至约 1.0 重量百分比的铝酸钙。
3. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其中冶金粉末组合物包含约 0.1 至约 0.35 重量百分比的铝酸钙。
4. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其中铝酸钙粉末具有的粒度分布使得其 d50 值低于约 50 微米。
5. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其中铝酸钙粉末具有的粒度分布使得其 d50 值为约 5 微米。
6. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其中雾化金属基粉末具有的粒度分布使得约 50 重量百分比的金属基粉末通过 70 号筛但滞留于 400 号筛之上。
7. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其进一步包含约 0.25 至约 4.0 重量百分比的铜。
8. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其进一步包含约 0.25 至约 4.0 重量百分比的石墨。
9. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其中金属基粉末包括铁基粉末。

10. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其中金属基粉末包括镍基粉末。

11. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其中金属基粉末为包含约 0.50 重量百分比的钼、约 1.5 重量百分比的锰和约 0.85 重量百分比的镍的预合金化粉末。

12. 权利要求 1 的冶金粉末组合物，其进一步包含粘结剂，其中将铝酸钙粉末粘结至基底金属粉末。

13. 烧结构件，其包含权利要求 1 所述的冶金粉末组合物。

14. 由粉末冶金组合物形成压实金属构件的方法，其包含下述步骤：

(a)提供权利要求 1 所述的冶金粉末组合物；

(b)在约 5 至 200 tsi 的压力下于模具中将所述冶金粉末组合物压实以形成压实构件；和

(c)在至少 2050°F 的温度下烧结压实构件。

15. 冶金粉末组合物，其包含：

至少约 85 重量百分比的基底金属粉末；和

约 0.05 至约 7.5 重量百分比的含铝酸钙粉末。

16. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其中含铝酸钙粉末包括贡献熔融氧化铝和氧化钙的无机物。

17. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其中含铝酸钙粉末包括：

约 51 至约 57 重量百分比的氧化铝；和

约 31 至约 37 重量百分比的氧化钙。

18. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其中含铝酸钙粉末进一步包括一种或多种选自下面的组分：

- 低于 6.0 重量百分比的  $\text{SiO}_2$ ；
- 低于 2.5 重量百分比的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ；
- 低于 3.0 重量百分比的  $\text{TiO}_2$ ；
- 低于 2.0 量百分比的  $\text{MgO}$ ；
- 低于 0.2 重量百分比的  $\text{K}_2\text{O}$ ，和
- 低于 0.2 重量百分比的硫。

19. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其包含约 0.1 至约 1.0 重量百分比的铝酸钙。

20. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其包含约 0.1 至约 0.35 重量百分比的铝酸钙。

21. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其中含铝酸钙粉末具有的粒度分布使得其  $d_{50}$  值低于约 50 微米。

22. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其中含铝酸钙粉末具有的粒度分布使得其  $d_{50}$  值为约 5 微米。

23. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其中雾化金属基粉末具有的粒度分布使得约 50 重量百分比的金属基粉末通过 70 号筛但滞留于 400 号筛之上。

24. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其进一步包含约 0.25 至约 4.0 重量百分比的铜。

25. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其进一步包含约 0.25 至约

#### 4.0 重量百分比的石墨。

26. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其中金属基粉末包括铁基粉末。

27. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其中金属基粉末包括镍基粉末。

28. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其中金属基粉末为包含约 0.50 重量百分比的钼、约 1.5 重量百分比的锰和约 0.85 重量百分比的镍的预合金化粉末。

29. 权利要求 15 的冶金粉末组合物，其进一步包含粘结剂，其中将含铝酸钙粉末粘结至基底金属粉末。

30. 烧结构件，其包含权利要求 15 所述的冶金粉末组合物。

31. 由粉末冶金组合物形成压实金属构件的方法，所述方法包含下述步骤：

(a)提供权利要求 15 所述的冶金粉末组合物；

(b)在约 5 至 200 tsi 的压力下于模具中将所述冶金粉末组合物压实以形成压实构件；和

(c)在至少 2050°F 的温度下烧结压实构件。

## 粉末冶金组合物和由其制造的构件

### 技术领域

本发明涉金属基冶金粉末组合物，更具体而言，本发明涉及包含加工助剂的粉末组合物，所述加工助剂用于增强所得到的压实构件的机械加工性及磨损特性。

### 发明背景

在通过粉末冶金方法的结构部件制造中，长期以来一直使用铁基粒子为基材。首先在高压下将铁基粒子于模具中进行模制，以产生所期望的形状。模制步骤之后，通常使压实或“半成品”部件经受烧结步骤以赋予部件必要的强度。

可以通过加入某些冶金添加剂来提高压实和烧结部件的强度，例如通常以粉末形式加入合金元素。同样地，通过加入冶金添加剂可以改善烧结构件的机械加工性能，从而提高工具的耐久性。

遗憾的是，冶金添加剂也能给予冶金组合物以不期望的性质。例如，制造者有时希望限制压实冶金构件中铜和/或镍的使用量，这是由于环境和/或再循环法令监督着那些构件的使用或处理。

冶金添加剂的加入不应该损害压实构件的机械性能，比如延展性或压缩性。例如，包含铜和镍的粉末冶金构件的缺点通常是低延展性，因此在选择冶金添加剂时会造成某些设计上的限制。同样地，硫化锰由于其低密度的原因通常会降低冶金粉末的压缩性。

在烧结过程中压实构件的尺寸稳定性也会受到冶金添加剂的影响，所述冶金添加剂在烧结过程中从组合物中烧掉。在一些应用当中，

例如硫的加入已显示会减小极限抗拉强度和伸长率以及增大烧结构件的尺寸。

与利用冶金添加剂相关的成本合计可以占粉末组合物总成本的相当大的一部分。因此，在粉末冶金工业中一直感兴趣的是开发低成本的冶金添加剂以减少和/或全部取代通常使用的合金元素。所以，在粉末冶金工业中，目前存在着并将长期意识到有这样的必要，即开发出用于冶金粉末组合物中各种常见的冶金添加剂的替代物，或者降低它们的使用量。

### 发明概述

本发明提供冶金粉末组合物，其包含与铝酸钙添加剂组合的、作为主成分的粉末冶金金属基粉末。已经发现铝酸钙添加剂可以提高由冶金粉末组合物制造的最终烧结压实构件的机械加工性能及耐久性。

冶金粉末组合物通常包含至少约 85 重量百分比的粉末冶金金属基粉末，例如铁基粉末或镍基粉末。基底金属粉末可以是在粉末冶金工业中公知的冶金粉末的组合。

铝酸钙添加剂既可以是基本上纯的铝酸钙，也可以是含铝酸钙的粉末。铝酸钙添加剂在冶金粉末组合物中的存在量为约 0.05 至约 7.5 重量百分比的铝酸钙。所含铝酸钙优选与金属基粉末混合，作为铝酸钙至少约 90 百分比纯度的铝酸钙粉末。或者，可以将铝酸钙添加剂粘结(例如使用粘结剂)或扩散粘结(diffusion bonded)至基底金属粉末。

冶金粉末组合物中任选还可以包含任何在粉末冶金工业中公知的各种其它冶金添加剂。例如，组合物中可以包含润滑剂、粘结剂以及其它的合金元素或粉末，比如铜、镍、锰和石墨。

本发明还提供制备这些冶金粉末组合物的方法和由此类组合物形

成压实和烧结的金属构件的方法，以及通过这种方法形成的产品。

#### 附图简述

图 1 为测量工具磨损度的共轴镗孔夹具侧视图。

图 2 为将由含有铝酸钙添加剂的冶金粉末组合物制造的构件在以 400 表面英尺每分钟的切削速度进行镗孔之后所表现出的工具磨损的示图。

图 3 为将由含有铝酸钙添加剂的冶金粉末组合物制造的构件在以 600 表面英尺每分钟的切削速度进行镗孔之后所表现出的工具磨损的示图。

图 4 为将由含有合金粉末和铝酸钙添加剂的冶金粉末组合物制造的构件所表现出的工具磨损的示图。

#### 示例实施方案的详细描述

本发明涉及冶金粉末组合物、由这些冶金粉末组合物制造的压实构件以及制备这些构件的方法。该冶金粉末组合物包含诸如铁基或镍基粉末的粉末冶金金属基粉末，以及作为机械加工性增强添加剂的铝酸钙添加剂。粉末组合物还可以包含较少量的其它通常使用的合金材料。同样地，可以采用已知的技术将该冶金粉末组合物与已知的粘结剂混合在一起，以减少在运输、储存和使用期间合金粉末的偏析和/或粉化。粉末组合物还可以包含其它常用的组分，例如滑润剂。

本发明的冶金粉末组合物含有通常用于粉末冶金工业类的金属基粉末的一种或一种以上的混合物。例如，这种金属基粉末包括铁基粉末和镍基粉末，尤其是通过雾化技术制备的粉末。基底金属粉末优选为铁基粉末。

这些金属粉末构成冶金粉末组合物的主要部分，通常占冶金粉末组合物的至少约 85 重量百分比，优选至少约 90 重量百分比，更优选至少约 95 重量百分比。优选该基底金属粉末为雾化粉末。金属基粉末

可以是雾化铁粉与海绵铁的混合，或是其它类型的铁粉。然而，有利的是，基底金属粉末包含的雾化铁基粉末为至少 50 重量百分比，优选至少 75 重量百分比，更优选至少 90 重量百分比，最优选为约 100 重量百分比。

此处使用的术语“铁基”粉末的例子有基本上纯的铁粉、与能提高最终产品的强度、淬透性、电磁学性质或其它所期望性能的其它元素(例如生产钢的元素)预合金化的铁粉，以及这种其它元素扩散粘结至其中的铁粉。可以用于本发明的基本上纯的铁粉所含常规杂质不超过约 1.0%重量、优选不超过约 0.5%重量的铁粉。这些基本上纯的铁粉优选为通过雾化技术制备的雾化粉末。这种具有高度可压缩性、冶金级铁粉末的实例为 ANCORSTEEL 1000 系列的纯铁粉末，如可以从 Hoeganaes Corporation, Riverton, New Jersey 购得的 1000、1000B 和 1000C。例如，在 ANCORSTEEL 1000 铁粉末具有的典型筛选曲线中，约 22%重量的粒子在 325 号筛(U.S. 系列)之下，约 10%重量的粒子大于 100 号筛，剩余的在这两种尺寸之间(微量的大于 60 号筛)。ANCORSTEEL 1000 粉末具有的表观密度为约 2.85-3.00 g/cm<sup>3</sup>，典型的是 2.94 g/cm<sup>3</sup>。其它可用于本发明中的基本上纯的铁粉有典型的海绵铁粉，例如 Hoeganaes 的 ANCOR MH-100 粉末。

金属基粉末中可以掺入一种或多种能提高最终金属构件的机械性能或其它性能的合金元素。合金元素可以微粒的形式加入，或者预合金化进入金属基粉末中。此处使用的“合金粉末”系指烧结时能够扩散进入铁基或镍基材料的物质。

能够与金属基粉末混合的合金粉末是在冶金粉末领域中已知的能提高最终烧结产品的强度、淬透性、电磁学性质或其它所期望性能的那些粉末。生产钢的元素是这些材料中最为熟知的。合金材料的具体实例包括但不限于元素钼、锰、铬、硅、铜、镍、锡、金、钒、钨(铌)、冶金碳(石墨)、磷、铝、硫以及它们的组合。其它合适的合金材料有铜

与锡或磷的二元合金；铁与锰、铬、硼、磷或硅形成的铁合金；铁、钒、锰、铬和钼中的两种或三种与碳的低熔点三元及四元共晶体；钨或硅的碳化物；氮化硅；以及锰或钼的硫化物。掺入了这种合金元素的预合金铁粉可以从 Hoeganaes Corp.处作为其 ANCORSTEEL 系列粉末部分购得。

在一些实施方案中，金属基粉末及合金粉末的粒度可以相对较小。对这些较小的粒度范围，粒度分布的测定优选通过激光散射技术分析进行，而不采用例如使用由 Leeds and Northrup, Horsham, PA 制造的 MicroTrac II Instrument 的筛分技术。激光散射技术以  $d_x$  值给出粒度分布，其中“x”个体积百分比的粉末具有的直径在所给出的值之下。

合金粉末的形式一般是比将要与之混合的金属粉末粒度更小的粒子。通常合金粒子的粒度分布使得它们的  $d_{90}$  值低于约 100 微米，优选低于约 75 微米，更优选低于约 50 微米； $d_{50}$  值低于约 75 微米，优选低于约 50 微米，更优选低于约 30 微米。

组合物中合金粉末的存在量取决于所期望的最终烧结构件的性能。通常该量值较少，按粉末组合物总重量计高达约 7.5%，尽管对于某些特殊粉末而言，可以存在多达 10-15%重量。优选范围典型的是约 0.05 至约 5.0%重量。在另一实施方案中，对于大多数应用而言，合适的范围是约 0.25-4.0%重量。对于某些应用而言，用于本发明的特别优选的合金元素为铜和镍，可以 0.25-4%重量的量单独地使用它们，也可以组合使用它们。另一种优选的合金元素是以石墨形式加入的碳。

在一个实施方案中，铁基粉末为已经与一种或多种上述元素预合金化的铁、优选基本上纯的铁的粉末。可以通过制备铁与期望的合金元素的熔体、并接着将熔体雾化来制备预合金化粉末，藉此雾化的微滴固化形成粉末。

铁基粉末的又一个实例为扩散粘结的铁基粉末，这是基本上纯的铁粒子，其具有一种或多种其它合金元素或金属(诸如生产钢的元素)的层或涂层扩散进入其外表面。制备这种粉末的典型方法是将铁的熔体进行雾化，然后将该雾化粉末与合金粉末组合，并在炉中将该粉末混合物退火。这种可以商购的粉末包括得自 Hoeganaes Corporation 的含有约 1.8%镍、约 0.55%钼和约 1.6%铜的 DISTALLOY 4600A 扩散粘结粉末，以及得自 Hoeganaes Corporation 的含有约 4.05%镍、约 0.55%钼和约 1.6%铜的 DISTALLOY 4800A 扩散粘结粉末。

优选的铁基粉末是铁与钼(Mo) 预合金化的一种。通过将包含约 0.5 至约 2.5 重量百分比钼的基本上纯的铁的熔体进行雾化制备该粉末。这种粉末的一个实例为 Hoeganaes 的 ANCORSTEEL 85HP 钢粉，它包含约 0.85 重量百分比的 Mo，总共低于约 0.4 重量百分比的诸如锰、铬、硅、铜、镍、钼或铝的其它材料，以及低于约 0.02 重量百分比的碳。其它类似物质包括 ANCORSTEEL 50HP 和 150HP，它们具有与 85HP 粉末类似的组成，不同之处在于它们分别包含 0.5 和 1.5%的钼。这种粉末的另一个实例为 Hoeganaes 的 ANCORSTEEL 4600V 钢粉，它包含约 0.5-0.6 重量百分比的钼、约 1.5-2.0 重量百分比的镍、约 0.1-0.25 重量百分比的锰和低于约 0.02 重量百分比的碳。

另一种可以用于本发明的预合金化铁基粉末披露于标题为“Steel powder admixture Having Distinct pre-alloyed powder of iron alloys,” 的美国专利号 5,108,493 中，在此将其全文引入。该钢粉末组合是两种不同的预合金化铁基粉末的混合物，一种是铁与 0.5-2.5 重量百分比钼的预合金，另一种为铁与碳和至少约 25 重量百分比的过渡元素组分的预合金，其中该组分包含至少一种选自铬、锰、钒和钨的元素。混合物的比例使得能在钢粉末组合中提供至少约 0.05 重量百分比的过渡元素组分。这种粉末的实例如可以从 Hoeganaes 商购获得的 ANCORSTEEL 41 AB 钢粉，它包含约 0.85 重量百分比的钼、约 1 重量百分比的镍、约 0.9 重量百分比的锰、约 0.75 重量百分比的铬和约 0.5

重量百分比的碳。

其它在实施本发明中有用的铁基粉末有铁磁粉末，一个例子是与少量的磷预合金化的铁粉。

在实施本发明中有用的铁基粉末还包括不锈钢粉。这些不锈钢粉可以从商购获得，在 Hoeganaes 的 ANCOR@系列中有不同级别的产品，如 ANCOR@ 303L、304L、316L、410L、430L、434L 和 409Cb 粉末。此外，铁基粉末包括由粉末冶金方法制造的工具钢。

诸如基本上纯的铁、扩散粘结铁和预合金化铁的铁基粉末粒子具有粒度的分布。典型的是，这些粉末的粒度分布是这样的，即至少约 90%重量的粉末样品可以通过 45 号筛(U. S. 系列)，更优选至少约 90%重量的粉末样品可以通过 60 号筛。这些粉末典型地具有至少约 50%重量的粉末能通过 70 号筛但滞留于或称为大于 400 号筛，更优选至少约 50%重量的粉末能通过 70 号筛但滞留于或称为大于 325 号筛。还有，这些粉末典型地具有至少约 5 重量百分比、更一般地是至少约 10 重量百分比、通常至少约 15 重量百分比的粒子能通过 325 号筛。如此，这些粉末的重均粒度可以低至一微米或以下，或高达约 850-1,000 微米，但通常粒子的重均粒度范围是约 10-500 微米。优选的是具有高达约 350 微米的最大重均粒度的铁或预合金化铁粒子；更优选粒子的重均粒度范围是约 25-150 微米，最优选 80-150 微米。参照的是筛分析标准 MPIF Standard 05。

铁基粉末可以具有这样的粒度分布，例如，d50 值的范围是约 1-50 微米，优选约 1-25 微米，更优选约 5-20 微米，还更优选约 10-20 微米，这是用于需要这种低粒度粉末的应用当中，例如用于金属注射模制的应用当中。

除了铁基粉末之外在本发明中用作主要组分的金属粉末还包括镍

基粉末。本申请中所用“镍基”粉末的实例有基本上纯的镍粉，和与能提高最终产品的强度、淬透性、电磁学性质或其它所期望性能的其它元素预合金化的镍粉。镍基粉末可以与任何先前在铁基粉末中提到的合金粉末混合。镍基粉末的例子包括那些可商购获得的 Hoeganaes 的 ANCORSPRAY®粉末，例如 N-70/30 Cu、N-80/20 和 N-20 粉末。这些粉末的粒度分布类似于铁基粉末。优选的镍基粉末是由雾化方法制造的。

铝酸钙添加剂包括铝酸钙或者含铝酸钙的添加剂。将铝酸钙添加剂加入到一种或多种上述的金属基粉末中，或与一种或多种上述的金属基粉末混合。已经发现铝酸钙添加剂的加入可以提高压实构件的机械加工性及耐久性，而不会显著影响产品的尺寸变化。铝酸钙添加剂减少了对提高机械加工性的其他合金添加剂的使用需求，在一些情况下，可以完全避免这种需求。

铝酸钙为仅含有少量杂质的基本上纯的铝酸钙。优选基本上纯的铝酸钙包含至少 99.5 重量百分比的铝酸钙，更优选地，基本上纯的铝酸钙包含至少 99.9 重量百分比的铝酸一钙粉末。

构成含铝酸钙粉末的主要组分的是贡献氧化铝和氧化钙的无机物 (mineral)，例如 CaO (氧化钙)和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(氧化铝)，它们被熔合、烧结或焙烧以形成铝酸一钙(CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)。贡献氧化铝和氧化钙的无机物生成铝酸一钙(CaAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) 熔渣，然后采用本领域技术人员熟知的技术将其雾化。所述含铝酸钙粉末还可以包含本领域技术人员熟知的任何多种无机化合物和它们的氧化物为次要组分，例如硅氧化物(SiO<sub>2</sub>)、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、MgO、K<sub>2</sub>O、硫、钒氧化物以及它们的组合。

优选的是，含铝酸钙粉末的组成中含有至少约 65 重量百分比的铝酸钙，更优选地，含铝酸钙粉末的组成中含有至少约 80 重量百分比的铝酸钙，还更优选含有至少约 90 重量百分比的铝酸钙。在一个实施方

案中，含铝酸钙粉末为基本上纯的铝酸钙。

在一个实施方案中，含铝酸钙粉末包括约 30 至约 80 重量百分比的氧化铝和约 20 至约 70 重量百分比的氧化钙。优选地，含铝酸钙粉末包括约 50 至约 70 重量百分比的氧化铝和约 30 至约 50 重量百分比的氧化钙。更优选地，含铝酸钙粉末包括约 51 至约 57 重量百分比的氧化铝和约 31 至约 37 重量百分比的氧化钙。

在另一实施方案中，含铝酸钙粉末含有约 51 至约 57 重量百分比的氧化铝、约 31 至约 37 重量百分比的氧化钙、不超过 6.0 重量百分比的  $\text{SiO}_2$ 、不超过 2.5 重量百分比的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、不超过 3.0 重量百分比的  $\text{TiO}_2$ 、不超过 2.0 重量百分比的  $\text{MgO}$ 、不超过 0.2 重量百分比的  $\text{K}_2\text{O}$  和不超过 0.2 重量百分比的硫。一个优选的铝酸钙组合物为 Calcuim Aluminate C，可以从 Pittsburgh, PA 的 BPI, Inc. 获得。

铝酸钙添加剂的粒度一般相对较小，并且通过激光散射技术而不是筛分技术进行测量。所用含铝酸钙粉末的粒度分布优选是这样的， $d_{90}$  值低于约 100 微米，更优选低于约 75 微米，还更优选低于约 50 微米。这些含铝酸钙粉末具有的  $d_{50}$  值优选低于约 75 微米，更优选低于约 50 微米，还更优选低于约 25 微米，以及低至 10 微米以下。

在另一实施方案中，铝酸钙添加剂可以具有相对更粗的粒度分布，使得至少约 90% 重量的粉末通过 100 目筛，更优选至少约 90% 重量的粉末通过 200 目筛。优选铝酸钙添加剂粉末为高等级、高纯度粉末，具有的纯度水平(铝酸钙含量)超过约 90 重量百分比，更优选超过约 95 重量百分比，还更优选超过约 98 重量百分比。

优选将铝酸钙添加剂混入到冶金粉末组合物中。然而，也可以通过采用任何方法将铝酸钙添加剂与冶金粉末组合物的任何其它粉末组分混合、预合金化或粘结来实施本发明。例如，首先可以将铝酸钙添

加剂与另一种合金粉末组合，然后将该组合的粉末与金属粉末(例如铁基粉末)混合，加入任何其它任选的合金粉末、粘结剂、润滑剂等(如下所讨论)，以形成冶金组合物。此外，可以通过常规的扩散粘结方法将铝酸钙添加剂粘结至金属基粉末，例如铁基粉末。在这样的扩散粘结方法中，铁基粉末和铝酸钙添加剂组合在一起，并经受约 800-1000 °C 的温度。

当冶金粉末组合物包含的铝酸钙一般为约 0.05 至约 7.5 重量百分比，更一般地为约 0.1 至约 5.0 重量百分比时，可以得到比较有利的结果。优选地，冶金粉末组合物包含约 0.05 至约 2.0 重量百分比的铝酸钙，更优选包含约 0.1 至约 1.0 重量百分比的铝酸钙。还更优选的是，冶金粉末组合物包含约 0.1 至约 0.5 重量百分比的铝酸钙，还更优选包含约 0.1 至约 0.35 重量百分比的铝酸钙。

冶金粉末组合物还可以包含润滑剂粉末，以减小压实构件从压模腔中移出时的顶出力。这种润滑剂的实例包括：硬脂酸盐化合物，例如锂、锌、锰和钙的硬脂酸盐；蜡，例如乙撑双硬脂酰胺、聚乙烯蜡和聚烯烃；以及这些类型润滑剂的混合物。其它的润滑剂除了披露于 Johnson 等的美国专利 5,330,792 中的那些以外，还包括例如描述于 Luk 的美国专利 5,498,276 中包含聚醚化合物的那些，以及描述于 Luk 的美国专利 5,368,630 中在更高压实温度下有用的那些。

通常润滑剂的加入量可高达冶金粉末组合物的约 2.0 重量百分比，优选约 0.1 至约 1.5 重量百分比，更优选约 0.1 至约 1.0 重量百分比，最优选约 0.2 至约 0.75 重量百分比。

可以按照常规的粉末冶金技术制备本发明冶金粉末组合物的组分。通常采用常规粉末冶金技术将金属粉末、铝酸钙添加剂和任选的固体润滑剂以及另外的合金粉末(连同任何其它使用的添加剂)混合在一起，例如使用双锥形混合器。

冶金粉末组合物还可以包含一种或多种粘结剂，尤其是当其中使用另外、单独的合金粉末之时，这样使存在于冶金粉末组合物中的不同组分粘结以抑制偏析和减少粉化。这里使用的“粘结”一词表示促进冶金粉末组合物组分粘着的任何物理或化学方法。

在本发明优选的实施方案中，通过使用至少一种粘结剂进行粘结。可以用于本发明的粘结剂为在粉末冶金领域中通常使用的那些。例如，这样的粘结剂包括见于 Semel 的美国专利 4,834,800、Engstrom 的美国专利 4,483,905、Semel 等的美国专利 5,298,055 和 Luk 的美国专利 5,368,630 中的那些，在此将它们全文引入以供参考。

这种粘结剂例如包括：聚二醇类，如聚乙二醇或聚丙二醇；丙三醇；聚乙烯醇；醋酸乙烯酯的均聚物或共聚物；纤维素酯或醚树脂；甲基丙烯酸酯聚合物或共聚物；醇酸树脂；聚氨酯树脂；聚酯树脂；或它们的组合。其它有用的粘结剂的例子有描述于 Semel 等的美国专利 5,298,055 中的相对高分子量的聚烷撑氧基组合物。有用的粘结剂还包括二元有机酸如壬二酸，以及一种或多种极性组分如披露于 Luk 的美国专利 5,290,336 中的聚醚(液体或固体)和丙烯酸树脂，在此将该专利全文引用以供参考。Luk 的'336 专利中的粘结剂还可以有利地起到粘结剂和润滑剂组合的作用。另外的有用粘结剂包括描述于 Luk 的美国专利 5,368,630 中的纤维素酯树脂、羟烷基纤维素树脂和热塑性酚醛树脂。

粘结剂还可以为低熔点固体聚合物或蜡，例如软化温度低于 200 °C(390°F)的聚合物或蜡，如聚酯、聚乙烯、环氧化物、氨基甲酸乙酯、石蜡、乙撑双硬脂酰胺和棉籽蜡，还有重均分子量低于 3,000 的聚烯烃，以及作为 C<sub>14-24</sub> 烷基基团甘油三酯的氢化植物油及其衍生物(包括氢化衍生物)，例如棉籽油、大豆油、荷荷芭油(Jojoba oil) 和它们的混合物，这描述于 1999 年 4 月 29 日公布的 WO 99/20689 中，在此将其全文引

入以供参考。可以通过在该申请中讨论到的干态粘结(dry bonding)技术施加这些粘结剂, 使用量为上面设定的粘结剂的一般用量。进一步可以用于本发明的粘结剂为如美国专利 5,069,714 披露的聚乙烯吡咯烷酮(在此将其全文引入以供参考)或妥尔油酯。

存在于冶金粉末组合物中的粘结剂量依赖于这样的因素, 如密度、粒度分布和冶金粉末组合物中铁合金粉末、铁粉及任选的合金粉末的量。一般地, 基于冶金粉末组合物的总重量而言, 粘结剂的加入量为至少约 0.005 重量百分比, 更优选约 0.005 重量百分比至约 2 重量百分比, 最优选约 0.05 重量百分比至约 1 重量百分比。

采用常规技术形成由本发明的冶金粉末组合物制造的压实构件。通常将冶金粉末组合物浇注至模具腔内并在压力下进行压实, 例如在约 5 至约 200 吨/平方英寸(tsi)压力下, 更常见的是在约 10 至 100 tsi 压力下。然后将压实构件从模具腔中顶出。

按照常规, 接着将压实(“半成品”)构件烧结以提高其强度。优选烧结进行的温度为至少 2150°F(1175°C), 更优选至少约 2200°F(1200°C), 还更优选至少约 2250°F(1230°C), 再更优选至少约 2300°F(1260°C)。烧结操作也可以在稍低的温度下进行, 例如至少是 2050°F(1120°C)。烧结进行持续充分的时间以达到冶金程度的粘结及合金化。

### 实施例

下列的实施例给出了使用铝酸钙添加剂作为机械加工性增强添加剂的某些实施方案和有益效果, 但并不意味着是限制性的。除非另有指出, 任何百分比均是基于重量的。

采用示于图 1 的计算机控制共轴镗孔测试夹具获得冶金粉末组合物的机械加工特性。共轴镗孔测试夹具的构成中包含镗杆和能够把持压实构件的紧固元件。镗杆在受控的条件下镗孔(即钻孔)至压实构件

内，以确定工具的磨损量。

在操作中，镗杆绕其轴线旋转并移动从而接触压实构件。镗杆的旋转在压实构件上形成凹进部分。每一次镗杆在压实构件上切开(即切削或削开)预定切削深度的凹进部分。在指定的次数过后，测量凹进部分的内径，并与由切削条件确定出来的预计值相比较，内径的测量值与内径的预计值之差代表工具磨损量。

除非此处另外指出，使用由 KC 9110 级别钢构成的镗杆实施下列的实施例，切削深度 0.010。镗杆推进速率为每一转 0.010 英寸。

#### 实施例 1

评价含有铝酸钙添加剂的粉末冶金组合物，并与不包含机械加工性添加剂的参照粉末和包含硫化锰添加剂的参照粉末进行比较。参照组合物 I 为与 2.0 重量百分比的铜和 0.8 重量百分比的石墨混合的铁基粉末。铁基粉末为基本上纯的水雾化铁基粉末。参照组合物 I 为从 Hoeganaes Corp. 商购获得的 FC-0208。

参照组合物 II 为与 2.0 重量百分比的铜、0.8 重量百分比的石墨、0.3 重量的硫化锰和 0.75 %重量的乙撑双硬脂酰胺蜡润滑剂(从 Glycol Chemical Co. 商购获得的 Acrawax )混合的铁基粉末。铁基粉末为基本上纯的水雾化铁基粉末。

测试组合物为与 2.0 重量百分比的铜、0.8 重量百分比的石墨、0.35 重量百分比的含铝酸钙粉末和 0.75 重量百分比的乙撑双硬脂酰胺蜡润滑剂(从 Glycol Chemical Co.商购获得的 Acrawax )混合的铁基粉末。铁基粉末为基本上纯的水雾化铁基粉末。铝酸钙粉末的 d50 值为 5 微米。铝酸钙粉末为从 Pittsburgh, PA 的 BPI Inc.商购获得的“Calcium Aluminate C”。

在每平方英寸 45 吨的压力下将各粉末组合物压制成 0.25 英寸高、0.5 英寸宽、1.5 英寸长的条。接着于 90%氮和 10%氢的气氛中在 2050 华氏度下烧结所述条。

然后将烧结构件进行机械加工，以测量由多次的加工造成的磨损。参考图 2，使用共轴镗孔夹具测量烧结压实件的磨损性能，操作时的切削速度为 400 表面英尺每分钟。对于每一组合物的工具磨损量示于表 1 中。

表 1

次数	参照组合物 I(x0.001")	参照组合物 II(x0.001")	测试组合物 I(x0.001")
1	0	0	0
60	1	0.3	0.3
120	1.2	0.7	0.5
180	1.4	0.8	0.8
240	1.4	0.9	0.8
300	1.6	1	0.9
360	1.6	1.5	1
420	1.8	1.8	1
480	1.9	2	1.2
540	2.1	2.2	1.2
600			1.2
660			1.4
720			1.5
780			1.5
840			1.5
900			1.6
960			1.6
1020			1.6

参考图 3，使用共轴镗孔夹具测量烧结压实件的磨损性能，操作时的切削速度为 600 表面英尺每分钟。对于各组合物的工具磨损量示于表 2 中。

表 2

次数	参照组合物 I(x0.001")	参照组合物 II(x0.001")	测试组合物 I(x0.001")
1	0	0	0
60	0.9	0.4	0
120	1.2	0.6	0.3
180	1.4	1.1	0.5
240	1.5	1.3	0.6
300	1.5	1.6	0.7
360	1.7	1.8	0.7
420	1.8	1.9	0.7
480	1.9	2.4	0.8
540	2.3		0.9
600			1
660			1.1
720			1.1
780			1.1
840			1.1
900			1.2
960			1.2
1020			1.4

表 1 和 2 表明，与含有硫化锰粉末的组合物或不含机械加工性添加剂的组合物相比，包括含铝酸钙粉末的冶金粉末组合物显示出较少的工具磨损。

## 实施例 2

评价含有预合金化的金属基粉末、铜粉和铝酸钙添加剂的冶金粉末组合物，并与含有预合金化的金属基粉末与铜粉混合的参照粉末进行比较。通过将基本上纯的铁基粉末、0.50 重量百分比的钼、1.5 重量百分比的锰和 0.85 重量百分比的镍预合金化来制备参照组合物 III。该预合金化粉末为从 Hoeganaes Corp. 商购获得的 Ancorsteel 737SH。将该预合金化粉末与 0.8 重量百分比的石墨、1.0 重量百分比的铜粉和 0.75 重量百分比的乙撑双硬脂酰胺蜡润滑剂(从 Glycol Chemical Co. 商购获得的 Acrawax )混合。测试组合物 II 除了还含有 0.35 重量百分比的含铝酸钙粉末之外，其余与参照组合物 III 相同。

在每平方英寸 45 吨的压力下将两种粉末组合物均压制成药片。所述药片外径为 1.75 英寸，内径为 1.0 英寸，高 1.0 英寸。接着于 90%氮和 10%氢的气氛中在 2050 华氏度的烧结温度下烧结压成药片并迅速冷却。

然后将烧结构件进行机械加工，以测量由多次的加工造成的磨损。参考图 4，烧结压成药片的磨损性能示于表 3 中：

表 3

次数	参照组合物 III (x0.001")	测试组合物 II(x0.001")
1	0	0
60	0	0
120	0.2	0.1
180	0.3	0
240	0.5	0.1
300	0.7	0.1
360	1.1	0.2
420	1.1	0.2
480	1.2	0.2

540	1.3	0.1
600	1.5	0.3
660	1.7	0.1
720	1.8	0.5
780	2.1	0.4
840	2.3	0.3
900	2.8	0.3
960		0.4
1020		0.4

表 3 表明，与含有仅与铜粉和石墨粉混合的预合金化粉末的组合物相比，含有预合金化粉末与铜粉、石墨粉和含铝酸钙粉末混合的冶金粉末组合物显示出较少的工具磨损。

### 实施例 3

评价含有预合金化金属基粉末、石墨粉和铝酸钙添加剂的冶金粉末组合物，并与含有预合金化金属基粉末与石墨粉混合的参照粉末进行比较。通过将基本上纯的铁基粉末、0.50 重量百分比的铝、1.5 重量百分比的锰和 0.85 重量百分比的镍预合金化来制备参照组合物 IV。将预合金化粉末与 0.7 重量百分比的石墨、1.0 重量百分比的铜粉和 0.75 重量百分比的乙撑双硬脂酰胺蜡润滑剂(从 Glycol Chemical Co. 商购获得的 Acrawax)混合。测试组合物 II 除了其还含有 0.35 重量百分比的含铝酸钙粉末之外，其余与参照组合物 IV 相同。

在每平方英寸 45 吨的压力下将两种粉末组合物均压制成药环。所述药环外径为 1.75 英寸，内径为 1.0 英寸，高 1.0 英寸。接着于 90%氮和 10%氢的气氛中在 2050 华氏度的烧结温度下烧结压实体并迅速冷却。

参考图 4，烧结压实件的磨损性能示于表 4 中：

表 4

次数	参照组合物 IV (x0.001")	测试组合物 III (x0.001")
1	0	0
60	0	0.3
120	0	0
180	0.2	0
240	0.2	0
300	0.3	0.1
360	0.7	0.2
420	0.8	0.4
480	1	0.2
540	1	0.4
600	1.1	0.4
660	1.2	0.3
720	1.7	0.4
780	1.7	0.4
840	1.7	0.5
900	1.5	0.4
960	1.6	0.4
1020	1.6	0.3

表 4 表明，与含有仅与石墨粉混合的预合金化粉末的组合物相比，含有预合金化粉末与石墨粉和含铝酸钙粉末混合的冶金粉末组合物显示出较少的工具磨损。

至此已经描述了冶金粉末组合物的某些优选实施方案以及制备它们的方法。虽然已经披露和描述了优选的实施方案，但本领域的技术人员应该意识到，所作的变化和修改也本发明的实质和范围之内。

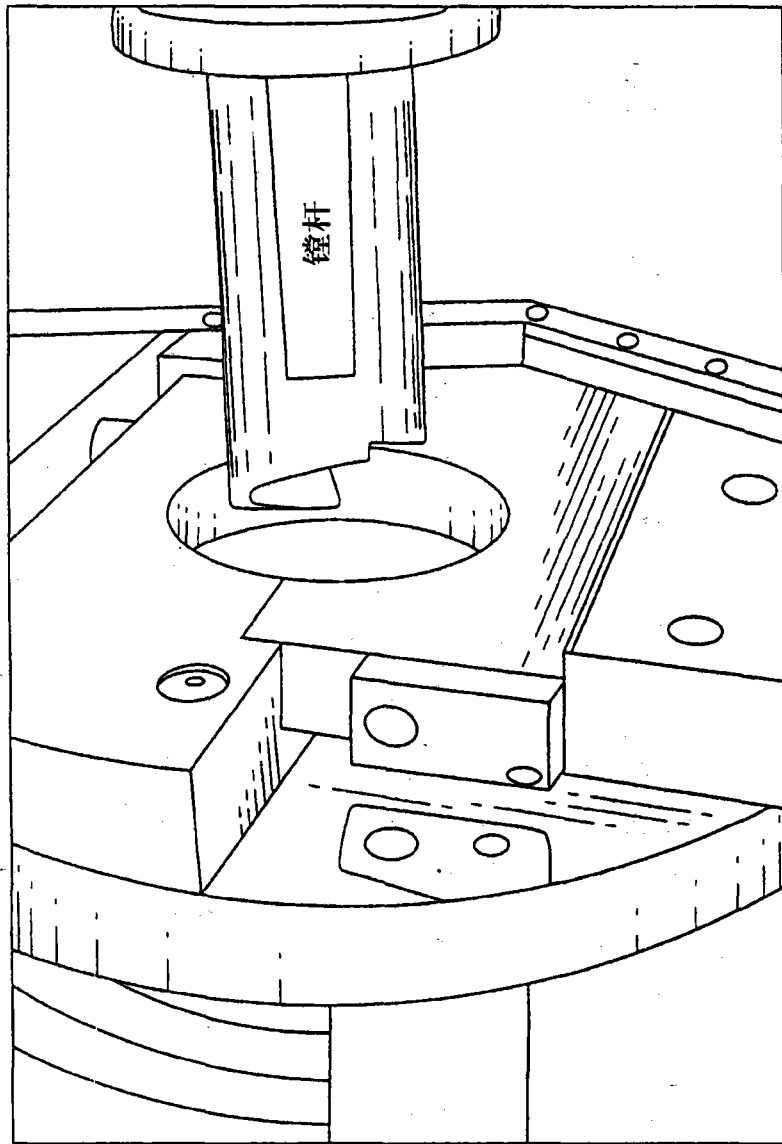


图1

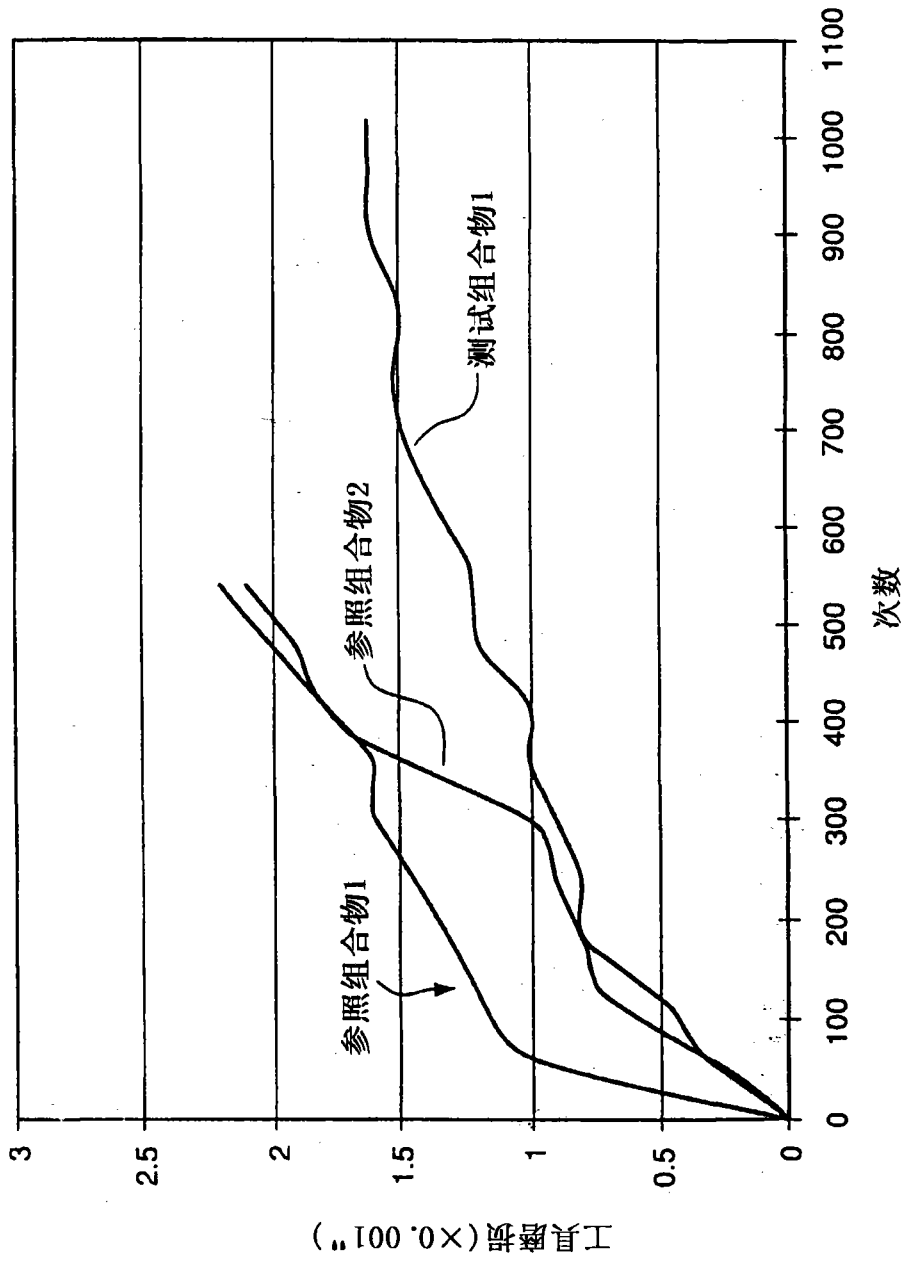


图2

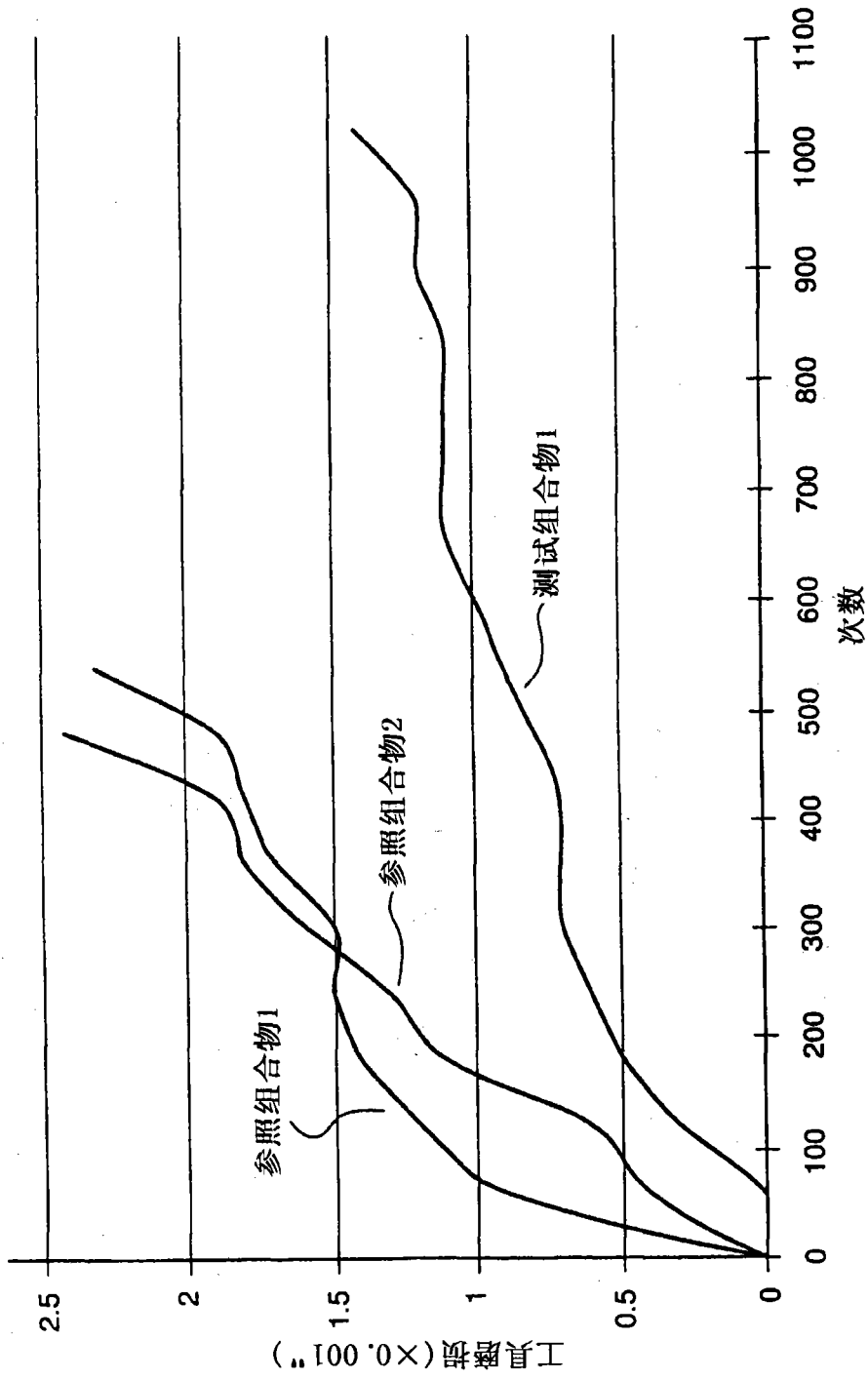


图3

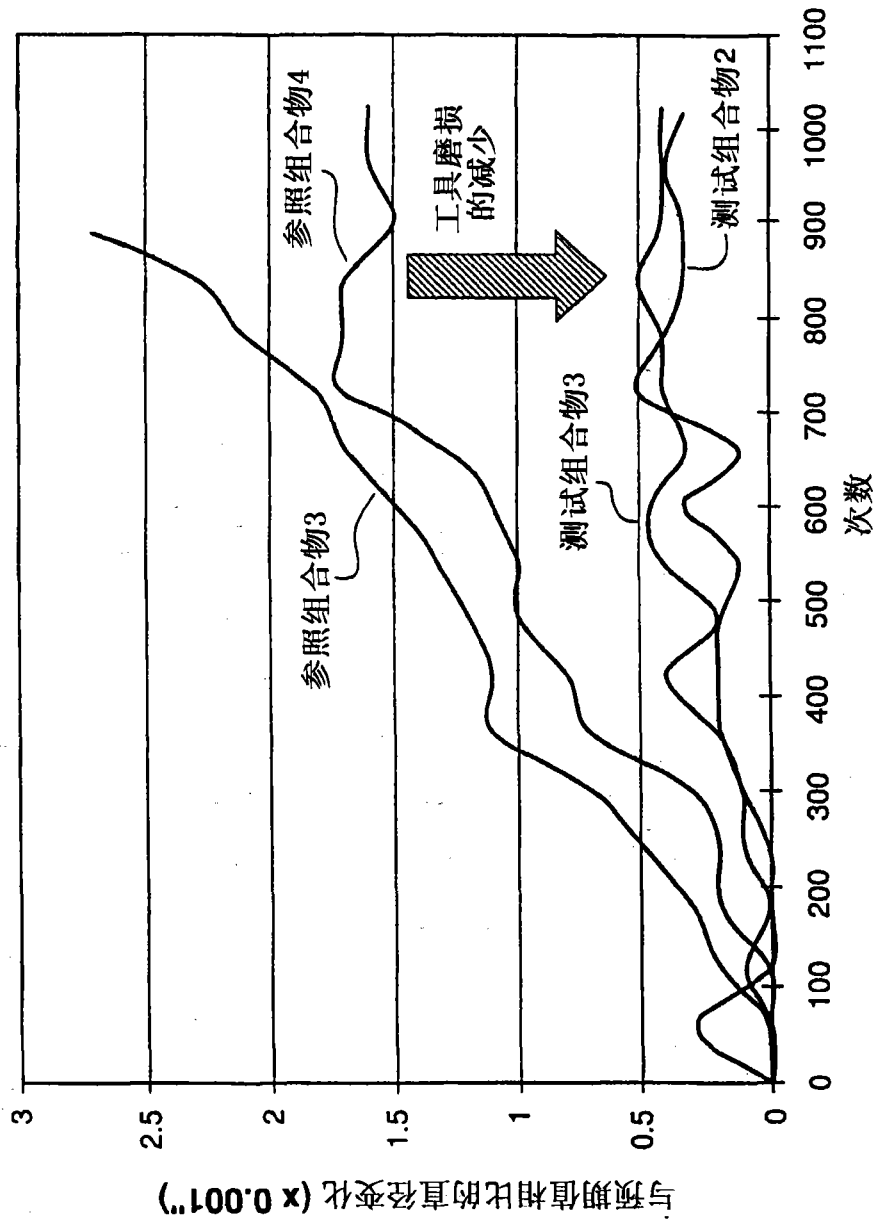


图4