

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03819757.X

C22C 47/06

C22C 47/08

C22C 49/06

C04B 35/80

B22D 19/14

F16D 55/22

[43] 公开日 2005 年 9 月 28 日

[11] 公开号 CN 1675393A

[22] 申请日 2003.7.8 [21] 申请号 03819757.X

[30] 优先权

[32] 2002. 8. 20 [33] US [31] 60/404,729

[32] 2003. 3. 31 [33] US [31] 10/403,339

[86] 国际申请 PCT/US2003/021089 2003.7.8

[87] 国际公布 WO2004/018725 英 2004.3.4

[85] 进入国家阶段日期 2005.2.21

[71] 申请人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 迈克尔·F·格雷瑟

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任
公司

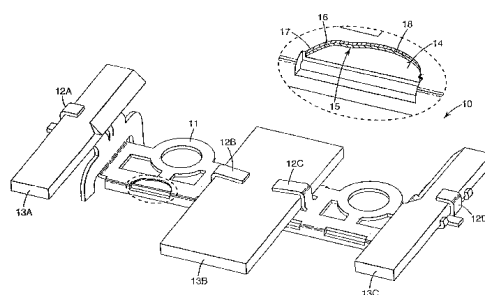
代理人 郭国清 樊卫民

权利要求书 20 页 说明书 40 页 附图 10 页

[54] 发明名称 金属基质复合材料及其制备方法

[57] 摘要

本发明公开一种制品，其包括：包括至少一个用于固定至少一个插入物部分的插入物固持器，该插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，该插入物固持器具有外表面，及在该第一种金属外表面上的第二种金属，该第二种金属在高于至少 200℃ 时具有正的 Gibbs 氧化自由能，该第二种金属的厚度至少为 8 微米；及固定在用于固定至少一个插入物的至少一个部分中的至少一个含有金属的增强插入物。本发明还公开一种包括用于增强金属基质复合材料制品的插入物的固持器及其制备方法。在另一个方面中，本发明提供用插入物增强的金属基质复合材料制品及其制备方法。包括插入物的有用的金属基质复合材料制品包括制动钳。



1. 一种制品，其包括：

5 包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，
所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所
述插入物固持器具有外表面，及在所述第一种金属外表面上的第二种
金属，所述第二种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由
能，所述第二种金属的厚度至少为 8 微米；及

10 固定在用于固定至少一个插入物的至少一个部分中的至少一个含
有金属的增强插入物。

2. 如权利要求 1 所述的制品，其包括用于分别固定插入物的两个
部分，及各自位于用于分别固定插入物的部分中的两个含有金属的
增强插入物。

15

3. 如权利要求 1 所述的制品，还包括在所述第二种金属和所述
第一种金属的外表面之间的第三种金属。

20 4. 如权利要求 1 所述的制品，其中所述第二种金属的厚度至少
为 10 微米。

5. 如权利要求 1 所述的制品，其中所述第二种金属是金或银之
一。

25 6. 如权利要求 1 所述的制品，其中所述第一种金属是一种铝合
金，及其中所述含有金属的增强插入物的金属是一种铝合金。

30 7. 如权利要求 1 所述的制品，其中所述第一种金属是一种 6000
系列铝合金，及其中所述含有金属的增强插入物的金属是一种 200 系
列铝合金。

8. 一种制品，其包括：

包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，
所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所
述插入物固持器具有外表面，及在所述第一种金属外表面上的第二种
金属，所述第二种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由
能，所述第二种金属的厚度至少为 8 微米；及

固定在用于固定至少一个插入物的至少一个部分中的至少一个含
有结晶陶瓷的增强插入物。

9. 如权利要求 8 所述的制品，其中所述第二种金属的厚度至少
为 10 微米。

10. 如权利要求 8 所述的制品，其中所述第二种金属是金或银之
一。

11. 如权利要求 9 所述的制品，其中所述含有结晶陶瓷的增强插
入物包括多孔烧结陶瓷氧化物材料和长度至少为 5cm 的基本上连续的
陶瓷氧化物纤维，所述多孔烧结陶瓷氧化物材料将所述基本上连续的
陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，其中所述多孔烧结陶瓷氧化物材料
沿所述基本上连续纤维长度的至少一部分延伸。

12. 一种制品，其包括：

包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，
所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所
述插入物固持器具有外表面，Ni 在所述插入物固持器的外表面上，Ni
具有外表面；及 Ag 在 Ni 的外表面上，Ag 厚度至少为 8 微米；及

固定在用于固定至少一个插入物的至少一个部分中的至少一个含
有金属的增强插入物。

13. 如权利要求 12 所述的制品，其中 Ni 厚度至少为 1 微米。

14. 一种制品，其包括：

5 包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，
所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所
述插入物固持器具有外表面，Ni 在所述插入物固持器的外表面上，Ni
具有外表面；及 Ag 在 Ni 的外表面上，Ag 厚度至少为 8 微米；及

固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至少一个
含有结晶陶瓷的增强插入物。

10

15. 如权利要求 14 所述的制品，其中 Ni 厚度至少为 1 微米。

16. 如权利要求 14 所述的制品，其中所述含有结晶陶瓷的增强
插入物包括多孔烧结陶瓷氧化物材料和长度至少为 5cm 的基本上连续
15 的陶瓷氧化物纤维，所述多孔烧结陶瓷氧化物材料将所述基本上连续
的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，其中所述多孔烧结陶瓷氧化物材
料沿所述基本上连续纤维长度的至少一部分延伸。

17. 一种制品，其包括：

20 包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，
所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所
述插入物固持器具有外表面，及在所述第一种金属外表面上的第二种
金属，所述第二种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由
能；及

25 固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至少一个
金属基质复合材料插入物，其中至少一个这种插入物包括：

基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金及其组合物的第
三种金属，其中所述第三种金属将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维
固定在适当位置，及其中所述第三种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧
30 化物纤维的长度的至少一部分延伸，所述第三种金属具有外表面；及

在所述第三种金属外表面上的第四种金属，所述第四种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能，及所述第四种金属的厚度至少为 8 微米。

5 18. 如权利要求 17 所述的制品，还包括在所述第二种金属和所述第一种金属的外表面之间的另一种金属，及还包括在所述第四种金属和所述第三种金属的外表面之间的另一种金属。

10 19. 如权利要求 17 所述的制品，其中所述第二种和所述第四种金属每一个的厚度至少为 10 微米。

20. 如权利要求 17 所述的制品，其中所述第二种和所述第四种金属是金或银之一。

15 21. 如权利要求 17 所述的制品，其中所述第一种金属是一种铝合金，及其中所述第三种金属是一种铝合金。

22. 如权利要求 17 所述的制品，其中所述第一种金属是一种 6000 系列铝合金，及其中所述第三种金属是一种 200 系列铝合金。

20

23. 一种制品，其包括：

包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属；及

25 位于用于固定至少一个插入物的至少一个部分中的至少一个金属基质复合材料插入物，所述插入物包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金及其组合物的第二种金属，其中所述第二种金属将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，及其中所述第二种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸，

带有固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至少一个插入物的所述插入物固持器共同具有外表面，第三种金属在所述外表面上，所述第三种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能，所述第三种金属的厚度至少为 8 微米。

5

24. 如权利要求 23 所述的制品，还包括在所述第三种金属和所述外表面之间的另一种金属。

10

25. 如权利要求 24 所述的制品，其中所述第三种金属的厚度至少为 10 微米。

26. 如权利要求 24 所述的制品，其中所述第三种金属是金或银之一。

15

27. 如权利要求 24 所述的制品，其中所述第一种金属是一种铝合金，及其中所述第二种金属是一种铝合金。

28. 如权利要求 24 所述的制品，其中所述第一种金属是一种 6000 系列铝合金，及其中所述第二种金属是一种 200 系列铝合金。

20

29. 一种制品，其包括：

包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所述插入物固持器具有外表面，Ni 在所述插入物固持器的外表面上，Ni 具有外表面；及 Ag 在 Ni 的外表面上；及

25

固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至少一个金属基质复合材料插入物，至少一个这种插入物包括：

基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金及其组合物的第二种金属，其中所述第二种金属将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维

固定在适当位置，及其中所述第二种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维长度的至少一部分延伸，所述第二种金属具有外表面；

Ni 在所述第二种金属的外表面上，Ni 具有外表面；及

Ag 在 Ni 的外表面上，Ag 的厚度至少为 8 微米。

5

30. 如权利要求 29 所述的制品，其中 Ni 厚度至少为 1 微米。

31. 一种制品，其包括：

包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，

10 所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属；及

位于用于固定至少一个插入物的至少一个部分中的至少一个金属
基质复合材料插入物，所述插入物包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维
和选自铝、其合金及其组合物的第二种金属，其中所述第二种金属将
所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，及其中所述第二
15 种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延
伸，

带有固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至
少一个插入物的所述插入物固持器共同具有外表面，Ni 在所述金属的
外表面上，Ni 具有所述插入物固持器的外表面，Ag 在 Ni 的外表面上。

20

32. 如权利要求 31 所述的制品，其中 Ni 厚度至少为 1 微米。

33. 一种金属基质复合材料制品，其包括：第一种金属和包括至
少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，其中所述第
25 一种金属选自铝、其合金及其组合，其中所述插入物固持器包括：

选自铝、其合金及其组合物的第二种金属；及

固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至少一
个含有金属的增强插入物，

其中在所述第一种金属和所述插入物固持器之间有界面层，及其中在所述第一种金属和所述插入物固持器之间的界面层结合强度峰值至少为 100MPa。

5 34. 如权利要求 33 所述的金属基质复合材料制品，其中所述结合强度峰值至少为 130MPa。

35. 如权利要求 33 所述的金属基质复合材料制品，其包括用于分别固定插入物的两个部分，及各自位于用于分别固定插入物的所述
10 部分中的两个含有金属的增强插入物。

36. 如权利要求 33 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是一种铝合金，其中所述第二种金属是一种铝合金，及其中所述含有金属的增强插入物的金属是一种铝合金。

15 37. 如权利要求 33 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是 300 或 400 系列铝合金之一，其中所述第二种金属是一种 6000 系列铝合金，及其中所述含有金属的增强插入物的金属是一种 200 系列铝合金。

20 38. 如权利要求 33 所述的金属基质复合材料制品，其是制动钳。

39. 一种机动车辆用的盘式制动器，其包括转子；置于转子的相对侧并可移动而与其配合制动的内制动片和外制动片；用于使内制动垫靠近转子的活塞；及如权利要求 38 所述的制动钳，其包括在转子
25 一侧上具有用于容纳所述活塞的圆柱体的主体元件，位于转子另一侧并用于支撑外制动垫的臂状元件，及桥梁在所述主体元件和所述臂状元件间延伸穿过所述转子平面。

40. 一种金属基质复合材料制品，其包括第一种金属和包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，其中所述第一种金属选自铝、其合金及其组合物，其中所述插入物固持器包括：

选自铝、其合金及其组合物的第二种金属；及

5 固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至少一个含有结晶陶瓷的增强插入物，

其中在所述第一种金属和所述插入物固持器之间有界面层，及其中在所述第一种金属和所述插入物固持器之间的界面层结合强度峰值至少为 100MPa。

10

41. 如权利要求 40 所述的金属基质复合材料制品，其中所述结合强度峰值至少为 130MPa。

15

42. 如权利要求 40 所述的金属基质复合材料制品，其包括用于分别固定插入物的两个部分，及各自位于用于分别固定插入物的所述部分中的两个含有结晶陶瓷的增强插入物。

20

43. 如权利要求 40 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是一种铝合金，及其中所述第二种金属是一种铝合金。

44. 如权利要求 40 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是 300 或 400 系列铝合金之一，及其中所述第二种金属是一种 6000 系列铝合金。

25

45. 如权利要求 44 所述的金属基质复合材料制品，其中所述含有结晶陶瓷的增强插入物包括多孔烧结陶瓷氧化物材料和长度至少为 5cm 的基本上连续的陶瓷氧化物纤维，所述多孔烧结陶瓷氧化物材料将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，其中所述多孔烧结陶瓷氧化物材料沿所述基本上连续的纤维的长度的至少一部分延伸。

30

46. 如权利要求 40 所述的金属基质复合材料制品，其是制动钳。

5 47. 一种机动车辆用的盘式制动器，其包括转子；置于转子的相对侧并可移动而与其配合制动的内制动片和外制动片；用于使内制动垫靠近转子的活塞；及如权利要求 46 所述的制动钳，其包括在转子一侧上具有用于容纳所述活塞的圆柱体的主体元件，位于转子另一侧并用于支撑外制动垫的臂状元件，及在所述主体元件和所述臂状元件间延伸穿过所述转子平面的桥梁。

10

48. 一种金属基质复合材料制品，其包括第一种金属和包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，其中所述第一种金属选自铝、其合金及其组合，其中所述插入物固持器包括：

选自铝、其合金及其组合物的第二种金属；及

15

固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至少一个金属基质复合材料插入物，所述金属基质复合材料插入物包括：

基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金及其组合物的第三种金属，其中所述第三种金属将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，及其中所述第三种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸，

20

其中在所述第一种金属和所述插入物固持器之间有界面层，所述界面层不含有氧，其中所述界面层包括平均量的在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的第四种金属，及其中所述第四种金属的平均量在所述界面层中比在所述第一种金属中高。

25

49. 如权利要求 48 所述的金属基质复合材料制品，其包括用于分别固定插入物的两个部分，及各自位于用于分别固定插入物的所述部分中的两个金属基质复合材料插入物。

50. 如权利要求 48 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是一种铝合金，其中所述第二种金属是一种铝合金，及其中所述第三种金属是一种铝合金。

5 51. 如权利要求 48 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是 300 或 400 系列铝合金之一，其中所述第二种金属是一种 6000 系列铝合金，及其中所述第三种金属是一种 200 系列铝合金。

52. 如权利要求 48 所述的金属基质复合材料制品，其是制动钳。

10

53. 一种机动车辆用的盘式制动器，其包括转子；置于转子的相对侧并可移动而与其配合制动的内制动片和外制动片；用于使内制动垫靠近转子的活塞；及如权利要求 52 所述的制动钳，其包括在转子一侧上具有用于容纳所述活塞的圆柱体的主体元件，位于转子另一侧并用于支撑外制动垫的臂状元件，及在所述主体元件和所述臂状元件间延伸穿过所述转子平面的桥梁。

15

54. 一种金属基质复合材料制品，其包括第一种金属和包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，其中所述第一种金属选自铝、其合金及其组合，其中所述插入物固持器包括：

20

选自铝、其合金及其组合物的第二种金属；及

固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至少一个金属基质复合材料插入物，所述金属基质复合材料插入物包括：

基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金及其组合物的第三种金属，其中所述第三种金属将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，及其中所述第三种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸，

25

其中在所述第一种金属和所述插入物固持器之间有界面层，及其中在所述第一种金属和所述插入物固持器之间的界面层结合强度峰值至少为 100MPa。

30

55. 如权利要求 54 所述的金属基质复合材料制品，其中所述结合强度峰值至少为 130MPa。

5 56. 如权利要求 54 所述的金属基质复合材料制品，其包括用于分别固定插入物的两个部分，及各自位于用于分别固定插入物的所述部分中的两个金属基质复合材料插入物。

10 57. 如权利要求 54 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是一种铝合金，其中所述第二种金属是一种铝合金，及其中所述第三种金属是一种铝合金。

15 58. 如权利要求 54 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是 300 或 400 系列铝合金之一，其中所述第二种金属是一种 6000 系列铝合金，及其中所述第三种金属是一种 200 系列铝合金。

59. 如权利要求 54 所述的金属基质复合材料制品，其是制动钳。

20 60. 一种机动车辆用的盘式制动器，其包括转子；置于转子的相对侧并可移动而与其配合制动的内制动片和外制动片；用于使内制动垫靠近转子的活塞；及如权利要求 59 所述的制动钳，其包括在转子一侧上具有用于容纳所述活塞的圆柱体的主体元件，位于转子另一侧并用于支撑外制动垫的臂状元件，及在所述主体元件和所述臂状元件间延伸穿过所述转子平面的桥梁。

25 61. 一种金属基质复合材料制品，其包括第一种金属和包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，其中所述第一种金属选自铝、其合金及其组合，其中所述插入物固持器包括：

选自铝、其合金及其组合物的第二种金属；及

固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中的至少一个金属基质复合材料插入物，所述金属基质复合材料插入物包括：

基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金及其组合物的第三种金属，其中所述第三种金属将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，及其中所述第三种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸，

其中在所述第一种金属和所述插入物固持器之间有界面层，所述界面层不含有氧，及其中所述界面层包括高于所述第一种金属中的平均量的 Ag 和 Ni。

10

62. 如权利要求 61 所述的金属基质复合材料制品，其中所述结合强度峰值至少为 130MPa。

63. 如权利要求 61 所述的金属基质复合材料制品，其包括用于分别固定插入物的两个部分，及各自位于用于分别固定插入物的所述部分中的两个金属基质复合材料插入物。

15

64. 如权利要求 61 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是一种铝合金，其中所述第二种金属是一种铝合金，及其中所述第三种金属是一种铝合金。

20

65. 如权利要求 61 所述的金属基质复合材料制品，其中所述第一种金属是 300 或 400 系列铝合金之一，其中所述第二种是一种 6000 系列铝合金，及其中所述第三种金属是一种 200 系列铝合金。

25

66. 如权利要求 61 所述的金属基质复合材料制品，其是制动钳。

67. 一种机动车辆用的盘式制动器，其包括转子；置于转子的相对侧并可移动而与其配合制动的内制动片和外制动片；用于使内制动垫靠近转子的活塞；及如权利要求 66 所述的制动钳，其包括在转子

30

一侧上具有用于容纳所述活塞的圆柱体的主体元件，位于转子另一侧并用于支撑外制动垫的臂状元件，及在所述主体元件和所述臂状元件间延伸穿过所述转子平面的桥梁。

5 68. 一种制备金属基质复合材料制品的方法，所述方法包括：

 放置包括含有金属的增强插入物的插入物固持器，所述插入物固持器包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分，所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所述插入物固持器具有外表面，及在所述第一种金属外表面上的第二种金属，所述第二种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能，所述第二种金属的厚度至少为 8 微米，及所述含有金属的增强插入物固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中；

10

 将选自铝、其合金及其组合物的熔融第三种金属放入模具中；及冷却所述熔融第三种金属以提供金属基质复合材料制品。

15

 69. 如权利要求 68 所述的方法，其中所述熔融第三种金属在模具中处于熔融状态小于 75 秒。

 70. 如权利要求 68 所述的方法，其中所述熔融第三种金属在模具中处于熔融状态小于 75 秒。

20

 71. 如权利要求 68 所述的方法，其包括用于分别固定插入物的两个部分，及各自位于用于分别固定插入物的所述部分中的两个含有金属的增强插入物。

25

 72. 如权利要求 68 所述的方法，其中所述第一种金属是一种铝合金，其中所述第三种金属是一种铝合金，及其中所述含有金属的增强插入物的金属是一种铝合金。

73. 如权利要求 68 所述的方法，其中所述第一种金属是一种 6000 系列铝合金，其中所述含有金属的增强插入物的金属是一种 200 系列铝合金，及其中所述第三种金属是 300 或 400 系列铝合金之一。

5 74. 如权利要求 68 所述的方法，其中所述金属基质复合材料制品是制动钳。

75. 一种制备金属基质复合材料制品的方法，所述方法包括：

10 放置包括含有结晶陶瓷的增强插入物的插入物固持器，所述插入物固持器包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分，所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所述插入物固持器具有外表面，及在所述第一种金属外表面上的第二种金属，所述第二种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能，所述第二种金属的厚度至少为 8 微米，及所述含有结晶陶瓷的增强插入物固
15 定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中；

 将选自铝、其合金及其组合物的熔融第三种金属放入模具中；及
 冷却所述熔融第三种金属以提供金属基质复合材料制品。

20 76. 如权利要求 75 所述的方法，其中所述熔融第三种金属在模具中处于熔融状态小于 75 秒。

77. 如权利要求 75 所述的方法，其中所述熔融第三种金属在模具中处于熔融状态小于 60 秒。

25 78. 如权利要求 75 所述的方法，其包括用于分别固定插入物的两个部分，及各自位于用于分别固定插入物的所述部分中的两个含有结晶陶瓷的增强插入物。

30 79. 如权利要求 75 所述的方法，其中所述第一种金属是一种铝合金，及其中所述第三种金属是一种铝合金。

80. 如权利要求 75 所述的方法，其中所述第一种金属是一种 6000 系列铝合金，及其中所述第三种金属是 300 或 400 系列铝合金之一。

5 81. 如权利要求 75 所述的方法，其中所述含有结晶陶瓷的增强插入物包括多孔烧结陶瓷氧化物材料和长度至少为 5cm 的基本上连续的陶瓷氧化物纤维，所述多孔烧结陶瓷氧化物材料将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，其中所述多孔烧结陶瓷氧化物材料沿所述基本上连续的纤维的长度的至少一部分延伸。

10

82. 如权利要求 75 所述的方法，其中所述金属基质复合材料制品是制动钳。

83. 一种制备金属基质复合材料制品的方法，所述方法包括：

15

放置包括含有金属的增强插入物的插入物固持器，所述插入物固持器包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分，所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所述插入物固持器具有外表面，Ni 在所述插入物固持器的外表面上，Ni 具有外表面；及 Ag 在 Ni 的外表面上，Ag 厚度至少为 8 微米，及所述含有金属的增强插入物固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中；

20

将选自铝、其合金及其组合物的熔融第二种金属放入模具中；及冷却所述熔融第二种金属以提供金属基质复合材料制品。

84. 如权利要求 83 所述的方法，其中所述熔融第二种金属在模具中处于熔融状态小于 75 秒。

25

85. 如权利要求 83 所述的方法，其中所述熔融第二种金属在模具中处于熔融状态小于 60 秒。

86. 如权利要求 83 所述的方法，其中所述金属基质复合材料制品是制动钳。

87. 一种制备金属基质复合材料制品的方法，所述方法包括：

5 放置包括含有结晶陶瓷的增强插入物的插入物固持器，所述插入物固持器包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分，所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所述插入物固持器具有外表面，Ni 在所述插入物固持器的外表面上，Ni 具有外表面；及 Ag 在 Ni 的外表面上，Ag 厚度至少为 8 微米；
10 将选自铝、其合金及其组合物的熔融第二种金属放入模具中；及
 冷却所述熔融第二种金属以提供金属基质复合材料制品。

88. 如权利要求 87 所述的方法，其中所述熔融第二种金属在模具中处于熔融状态小于 75 秒。

15

89. 如权利要求 87 所述的方法，其中所述熔融第二种金属在模具中处于熔融状态小于 60 秒。

90. 如权利要求 87 所述的方法，其中所述金属基质复合材料制品是制动钳。

20

91. 一种制备金属基质复合材料制品的方法，所述方法包括：

 将包括插入物的插入物固持器放入模具中，所述插入物固持器包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分，所述插入物固持器包括
25 选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所述插入物固持器具有外表面，及在所述第一种金属外表面上的第二种金属，所述第二种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能，所述插入物固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中并包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金及其组合物的第三种金属，其中所
30 述第三种金属将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，

及其中所述第三种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸，所述第三种金属具有外表面；及在所述第三种金属外表面上的第四种金属，所述第四种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能，及所述第四种金属的厚度至少为 8 微米；

- 5 将选自铝、其合金及其组合物的熔融第五种金属放入模具中；及冷却所述熔融第五种金属以提供金属基质复合材料制品。

92. 如权利要求 91 所述的方法，其中所述熔融第五种金属在模具中处于熔融状态小于 75 秒。

10

93. 如权利要求 91 所述的方法，其中所述熔融第五种金属在模具中处于熔融状态小于 60 秒。

- 15 94. 如权利要求 91 所述的方法，其包括用于分别固定插入物的两个部分，及各自位于用于分别固定插入物的所述部分中的两个插入物。

- 20 95. 如权利要求 91 所述的方法，其中所述第一种金属是一种铝合金，其中所述第三种金属是一种铝合金，及其中所述第五种金属是一种铝合金。

- 25 96. 如权利要求 91 所述的方法，其中所述第一种金属是一种 6000 系列铝合金，其中所述第三种金属是一种 200 系列铝合金，及其中所述第五种金属是 300 或 400 系列铝合金之一。

97. 如权利要求 91 所述的方法，其中所述金属基质复合材料制品是制动钳。

98. 一种制备金属基质复合材料制品的方法，所述方法包括：

将包括插入物的插入物固持器放入模具中，所述插入物固持器包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分，所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所述插入物固持器具有外表面，所述插入物固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中并包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金及其组合物的第二种金属，其中所述第二种金属将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，及其中所述第二种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸，所述插入物固持器和所述插入物共同具有外表面，第三种金属在所述外表面上，所述第三种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能，所述第三种金属的厚度至少为 8 微米；

将选自铝、其合金及其组合物的熔融第四种金属放入模具中；及冷却所述熔融第四种金属以提供金属基质复合材料制品。

99. 如权利要求 98 所述的方法，其中所述熔融第四种金属在模具中处于熔融状态小于 75 秒。

100. 如权利要求 98 所述的方法，其中所述熔融第四种金属在模具中处于熔融状态小于 60 秒。

101. 如权利要求 98 所述的方法，其包括用于分别固定插入物的两个部分，及各自位于用于分别固定插入物的所述部分中的两个插入物。

102. 如权利要求 98 所述的方法，其中所述第一种金属是一种铝合金，其中所述第二种金属是一种铝合金，及其中所述第四种金属是一种铝合金。

103. 如权利要求 98 所述的方法,其中所述第一种金属是一种 6000 系列铝合金,其中所述第二种金属是一种 200 系列铝合金,及其中所述第四种金属是 300 或 400 系列铝合金之一。

5 104. 如权利要求 98 所述的方法,其中所述金属基质复合材料制品是制动钳。

105. 一种制备金属基质复合材料制品的方法,所述方法包括:

10 将包括插入物的插入物固持器放入模具中,所述插入物固持器包
括至少一个用于固定至少一个插入物的部分,所述插入物固持器包括
选自铝、其合金及其组合物的第一种金属,所述插入物固持器具有外
表面,Ni 在所述插入物固持器的外表面上,Ni 具有外表面;及 Ag 在
Ni 的外表面上,所述插入物固定在用于固定至少一个插入物的所述至
少一个部分中并包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金
15 及其组合物的第二种金属,其中所述第二种金属将所述基本上连续的
陶瓷氧化物纤维固定在适当位置,及其中所述第二种金属沿所述基本
上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸,所述第二种金属
具有外表面;及 Ni 在所述第二种金属的外表面上,Ni 具有外表面;
及 Ag 在 Ni 的外表面上,Ag 厚度至少为 8 微米;

20 将选自铝、其合金及其组合物的熔融第三种金属放入模具中;及
冷却所述熔融第三种金属以提供金属基质复合材料制品。

106. 如权利要求 105 所述的方法,其中所述熔融第三种金属在
模具中处于熔融状态小于 75 秒。

25

107. 如权利要求 105 所述的方法,其中所述熔融第三种金属在
模具中处于熔融状态小于 60 秒。

30 108. 如权利要求 105 所述的方法,其中所述金属基质复合材料
制品是制动钳。

109. 一种制备金属基质复合材料制品的方法，所述方法包括：

5 将包括插入物的插入物固持器放入模具中，所述插入物固持器包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分，所述插入物固持器包括选自铝、其合金及其组合物的第一种金属，所述插入物固持器具有外表面，所述插入物固定在用于固定至少一个插入物的所述至少一个部分中并包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金及其组合物的第二种金属，其中所述第二种金属将所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，及其中所述第二种金属沿所述基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸，所述插入物固持器和所述插入物共同具有外表面，Ni 在所述金属的外表面上，Ni 具有所述插入物固持器的外表面，Ag 在 Ni 的外表面上；

10

将选自铝、其合金及其组合物的熔融第三种金属放入模具中；及冷却所述熔融第三种金属以提供金属基质复合材料制品。

15

110. 如权利要求 109 所述的方法，其中所述熔融第三种金属在模具中处于熔融状态小于 75 秒。

111. 如权利要求 109 所述的方法，其中所述熔融第三种金属在模具中处于熔融状态小于 60 秒。

20

112. 如权利要求 109 所述的方法，其中所述金属基质复合材料制品是制动钳。

金属基质复合材料及其制备方法

5 发明领域

本发明涉及金属基质复合材料插入物固持器及使用金属基质复合材料插入物固持器制备的金属基质复合材料制品。

相关技术说明

10 用陶瓷增强金属基质在本领域中是公知的(请参见例如美国专利 4,705,093(Ogino), 4,852,630(Hamajima 等人), 4,932,099(Corwin 等人), 5,199,481(Corwin 等人), 5,234,080(Pantale) 和 5,394,930(Kennerknecht); 分别公开于 1987 年 5 月 28 日和 1988 年 9 月 14 日的英国专利 2,182, 970 A 和 B; 2002 年 4 月 4 日公布的公布
15 WO 02/26658、WO 02/27048 和 WO 02/27049 的 PCT 申请。用于增强的陶瓷材料的实例包括颗粒、不连续的纤维(包括细丝)和连续的纤维及陶瓷预型件。

通常, 陶瓷材料加到金属中, 以提供金属基质复合材料(MMC),
20 其与没有加入陶瓷材料的金属制得的制品相比, 机械性能有所提高。例如机动车辆的常规制动钳(例如小汽车和卡车)通常由铸铁制成。为降低车辆的总重, 尤其是非弹簧负荷重量如制动钳, 需要使用轻重的元件和/或材料。一种用于设计 MMC 的方法是有限元分析, 包括为特定应用放置陶瓷氧化物材料及最小化陶瓷氧化物材料的所需量。

25

由铸铝制成的制动钳比由铸铁制成的相同(即相同尺寸和结构)制动钳轻约 50wt.%。铸铝和铸铁的机械性能不相同(例如铸铁的杨氏模量约为 100-170GPa, 而铸铝的杨氏模量约为 70-75GPa; 铸铁的屈服强度为 300-700MPa, 而铸铝的屈服强度为 200-3000MPa)。因此, 对于
30 给定尺寸和形状而言, 由铸铝制成的制动钳其机械性能如弯曲硬度

和屈服强度明显低于铸铁制动钳。通常，这种铝制动钳的机械性能与铸铁制动钳相比低至不可接受的程度。需要由铝金属基质复合材料(例如用陶瓷纤维增强的铝)制成的制动钳与铸铁制动钳相比结构相同，且机械性能如弯曲硬度和屈服强度至少相同(或更好)。

5

对于某些 MMC 制品的一种考虑是需要形成后加工(例如添加孔或螺纹，或切削材料以提供所需要的形状)或其他处理(例如将两个 MMC 制品焊接在一起，以制得复杂形状的零件)。许多常规 MMC 通常含有足量的陶瓷增强材料，因而使加工或焊接是不实际的或甚至是不可能的。然而需要制备"网形"制品，而要求较少的形后成加工或处理。制备"网形"制品的方法在本领域中是公知的(请参见例如美国专利 5,234,045(Cisko)和 5,887,684(Doll 等人))。此外或可选择地，在某种实用程度上，可以减少陶瓷增强，或不放在会影响加工或其他处理如焊接的区域。

15

在设计和制备 MMC 的另一种考虑是陶瓷增强材料的成本。连续多晶 α -氧化铝纤维(如由 3M Company, St. Paul, MN 以商品名"NEXTEL 610"出售的那些)的机械性能高于低密度金属如铝。此外，陶瓷氧化物材料如多晶 α -氧化铝纤维的成本上基本上高于金属如铝。因此，需要最小化陶瓷氧化物材料的所用量，并最优化陶瓷氧化物材料的放置，以最大化陶瓷氧化物材料产生的性能。此外，需要在包装中提供陶瓷增强材料，或从陶瓷增强材料可相对容易地制备金属基质复合材料制品。

20

公布 WO 02/26658、WO 02/27048 和 WO 02/27049(2002 年 4 月 4 日公布)的 PCT 申请包括对解决需要在包装中提供陶瓷增强材料或从陶瓷增强材料可相对容易地制备金属基质复合材料制品的实施方案的说明。这些申请也包括在金属基质复合材料制品(例如制动钳)形成过程中用于增强的连续的陶瓷纤维在模具中的位置的讨论。

25

30

尽管放置增强纤维的方法在金属基质复合材料领域中是公知的，但也需要额外的方法。

发明概述

5 在一个方面中，本发明提供用于固持插入物(例如含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和/或含有陶瓷的增强插入物)的插入物固持器及其制备方法，该插入物用于增强金属基质复合材料制品。

10 在一个实施方案中，本发明提供第一种制品(例如用于增强金属基质复合材料制品的制品)，其包括：

 包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，该插入物固持器包括选自铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中，优选 6000 系列)铝合金)及其组合的第一
15 种金属，该插入物固持器具有外表面，及在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的第一种金属外表面上的第二种金属，该第二种金属的厚度至少为 8 微米(在某些实施方案中，优选为 10 微米、12 微米或甚至 15 微米；更优选为 12~15 微米)；及

 固定在用于固定至少一个插入物的该至少一个部分中的至少一个
20 增强插入物(例如含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和/或含有陶瓷的增强插入物)。

 可选择地，该第一种金属基质复合材料制品在该第二种金属和该
 第一种金属的外表面之间还包括金属(例如 Ni)。可选择地，插入物固
25 持器还包括用于固定插入物的一个或多个额外(例如第二、第三、第四、第五、第六等)部分，及相应位于用于固定插入物的该额外部分中的一个或多个额外(例如第二、第三、第四、第五、第六等)插入物(例如含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和/或含有陶瓷的增强插入物)。可选择地，插入物固持器还包括一个或多个(例如第一、

第二、第三、第四、第五、第六等)额外插入物(例如含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)。

在某些实施方案中,本发明提供一种优选的第二种制品,其包括:
5 包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器,该插入物固持器包括选自铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中,优选 6000 系列)铝合金)及其组合的第一种金属,该插入物固持器具有外表面,及在该第一种金属外表面上的第二种金属,该第二种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能;及
10

固定在用于固定至少一个插入物的该至少一个部分中的至少一个金属基质复合材料插入物,其中至少一个这种插入物包括:

基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中,优选 200 系列)铝合金)及其组合的第三种金属,其中该第三种金属将该基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置,及其中该第三种金属沿该基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸,该第三种金属具有外表面;
15 及

在该第三种金属外表面上的第四种金属,该第四种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能,及该第四种金属的厚度至少为 8 微米(在某些实施方案中,优选为 10 微米、12 微米或甚至 15 微米;更优选为 12~15 微米)。
20

可选择地,该第二种金属基质复合材料制品在该第二种金属和该第一种金属的外表面之间还包括金属(例如 Ni)。此外或可选择地,该第三种金属基质复合材料制品在该第四种金属和该第三种金属的外表面之间还包括金属(例如 Ni)。可选择地,插入物固持器还包括用于固定插入物的一个或多个额外(例如第二、第三、第四、第五、第六等)部分,及相应位于用于固定插入物的该额外部分中的一个或多个额外
25

(例如第二、第三、第四、第五、第六等)插入物(例如含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和/或含有陶瓷的增强插入物)。

在某些实施方案中，本发明提供一种优选的第三种制品，其包括：
5 包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，
该插入物固持器包括选自铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或
6000 系列(在某些实施方案中，优选 6000 系列)铝合金)及其组合的第一
一种金属；及

10 位于用于固定至少一个插入物的至少一个部分中的至少一个金属
基质复合材料插入物，该插入物包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维和
选自铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实
施方案中，优选 200 系列)铝合金)及其组合的第二种金属，其中该第
二种金属将该基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，及其中
15 该第二种金属沿该基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分
延伸，

带有固定在用于固定至少一个插入物的该至少一个部分中的至少
一个插入物的该插入物固持器共同具有外表面，第三种金属在该外表
面上，该第三种金属在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能，
该第三种金属的厚度至少为 8 微米(在某些实施方案中，优选为 10 微
20 米、12 微米或甚至 15 微米；更优选为 12~15 微米)。

可选择地，该第三种金属基质复合材料制品在该第三种金属和该
外表面之间还包括金属(例如 Ni)。可选择地，插入物固持器还包括用
于固定插入物的一个或多个额外(例如第二、第三、第四、第五、第六
25 等)部分，及相应位于用于固定插入物的该额外部分中的一个或多个额
外(例如第二、第三、第四、第五、第六等)插入物(例如含有金属的增
强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和/或含有陶瓷的增强插入
物)。

在某些实施方案中，本发明提供一种优选的第四种金属基质复合材料制品，其包括第一种金属(例如铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中，优选 300 或 400 系列)铝合金)及其组合)及包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，其中该插入物固持器包括：

选自铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中，优选 6000 系列)铝合金)及其组合)的第二种金属；及

固定在用于固定至少一个插入物的该至少一个部分中的至少一个增强插入物(例如含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和/或含有陶瓷的增强插入物)，

其中在该第一种金属和该插入物固持器之间有界面层，及其中在该第一种金属和该插入物固持器之间的界面层结合强度峰值至少为 100MPa(在某些实施方案中，优选至少为 125MPa，至少为 150MPa，至少为 175 或甚至至少为 180MPa)。

可选择地，该插入物固持器还包括用于固定插入物的一个或多个额外(例如第二、第三、第四、第五、第六等)部分，及相应位于用于固定插入物的该额外部分中的一个或多个额外(例如第二、第三、第四、第五、第六等)插入物(例如含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和/或含有陶瓷的增强插入物)。

在本发明第四种优选的金属基质复合材料制品的另一个方面中，在某些实施方案中优选地，该界面层不含有氧。在另一个方面中，该界面层可以包括平均量的在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属(例如银、金、其合金及其组合)，及其中这种金属的平均量在该界面层中比在该第一种金属中高(例如至少为 15、20、25、30、35、40、45 或甚至 50wt.%)。在另一个方面中，该界面层可以包括高于该第一种金属中的平均量的 Ag 和 Ni(例如 Ag 和 Ni 中每一个至少为 15、20、25、30、35、40、45 或甚至 50wt.%)。在另一个方面中，该第一种和该第二种金属每一种都具有熔点，其中该第二种金属的熔

点至少为 10°C、15°C、20°C、25°C、30°C、35°C、40°C、45°C 或甚至 50°C 且高于该第一种金属的熔点。在另一个方面中，该第一种金属和第二种金属可以不同(例如铝和铝合金或不同的铝合金)。

5 在某些实施方案中，本发明提供一种优选的第五种金属基质复合材料制品，其包括第一种金属(例如铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中，优选 300 或 400 系列)铝合金)和/或其组合)及包括至少一个用于固定至少一个插入物的部分的插入物固持器，其中该插入物固持器包括：

10 选自铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中，优选 6000 系列)铝合金)及其组合)的第二种金属；及
 固定在用于固定至少一个插入物的该至少一个部分中的至少一个金属基质复合材料插入物，该金属基质复合材料插入物包括：

15 基本上连续的陶瓷氧化物纤维和选自铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中，优选 200 系列)铝合金)及其组合)的第三种金属，其中该第三种金属将该基本上连续的陶瓷氧化物纤维固定在适当位置，及其中该第三种金属沿该基本上连续的陶瓷氧化物纤维的长度的至少一部分延伸，

 其中在该第一种金属和该插入物固持器之间有界面层，该界面层
20 不含有氧，其中该界面层包括平均量的在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的第四种金属，及其中该第四种金属的平均量在该界面层中比在该第一种金属中高。在某些实施方案中，优选地该第四种金属的平均量至少为 15、20、25、30、35、40、45 或甚至 50wt.%，且在该界面层中比在该第一种金属中高。在另一个方面中，该界面层
25 还可以包括高于该第一种金属中的平均量的 Ni(例如 Ag 和 Ni 中每一个至少为 15、20、25、30、35、40、45 或甚至 50wt.%)。在另一个方面中，该第一种和该第二种金属每一种都具有熔点，其中该第二种金属的熔点至少为 10°C、15°C、20°C、25°C、30°C、35°C、40°C、45°C 或甚至 50°C 且高于该第一种金属的熔点。在另一个方面中，该第一
30 种金属和第二种金属可以不同(例如铝和铝合金或不同的铝合金)。

可选择地，该插入物固持器还包括用于固定插入物的一个或多个额外(例如第二、第三、第四、第五、第六等)部分，及相应位于用于固定插入物的该额外部分中的一个或多个额外(例如第二、第三、第四、第五、第六等)插入物(例如含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和/或含有陶瓷的增强插入物)。

在另一个方面中，本发明提供一种制备金属基质复合材料制品的方法，该方法包括：

放置包括插入物(例如含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和/或含有陶瓷的增强插入物)的插入物固持器(例如本发明的第一种、第二种、第三种、第四种或第五种制品)；

将选自铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中，优选 300 或 400 系列)铝合金)及其组合)的熔融金属放入模具中；及

冷却该熔融金属以提供金属基质复合材料制品。

令人惊讶地是，本发明的实施方案可被用于制备金属基质复合材料制品，其中熔融金属在模具中处于熔融状态小于 75 秒(在某些实施方案中，优选小于 60 秒)。相比而言，常规方法要求熔融金属在模具中处于熔融状态 200 秒或更大。尽管不希望限于理论，但可以认为在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属的存在可使所用的金属基质复合材料制品的固持器和/或插入物与金属(在某些实施方案中，优选地在界面处没有氧化物层)结合，因此不需要由熔融铝或铝合金较长时间地加热界面，以试图破坏氧化物层而形成金属结合。

在本申请中：

"正 Gibbs 氧化自由能高于至少 200°C"指在温度大于 200°C(473°K)时仍保持正值的量 $\Delta G^{\circ}_{\text{rxn}} = \Delta H^{\circ}_{\text{rxn}} - T\Delta S^{\circ}_{\text{rxn}}$ ，其中 $\Delta H^{\circ}_{\text{rxn}}$ 是氧化反应的焓(kJ/mol)，T 是温度(开氏度)， $\Delta S^{\circ}_{\text{rxn}}$ 是氧化反应的熵(kJ/mol°K)；

"结合强度峰值"指通过下面所述的"结合强度峰值"测试确定的结合强度峰值；

"不含有氧"指在下面的"氧层测试"中用光学显微镜以 250X 放大倍率观察，在界面处没有可目测区分的连续氧化物层；及

5 "基本上连续的陶瓷氧化物纤维"指长度至少为 5cm 的陶瓷氧化物纤维。

10 本发明的第一种、第二种、第三种、第四种或第五种制品例如可用于在金属基质复合材料制品中提供增强材料。本发明某些实施方案的优点在于由(原始)金属(例如铸铁)制成的现有制品可用基本上连续的纤维增强的另一种金属(例如铝)进行重新设计，使得后者(即制品的金属基质复合材料形式)具有某些所需要的性能(例如杨氏模量、屈服强度和延展性)，其性能至少等于使用由该原始金属制成的原始制品所需要的性能。可选择地，该制品可被重新设计成具有与原始制品相同的物理尺寸。

15 本发明第四种和第五种金属基制品的实例包括工业设备中用的制动钳和高速机械臂。

20 附图简要说明

图 1 是用于制备本发明第四种或第五种金属基质复合材料制品的本发明示例性制品的立体图。

图 1A 是图 1 一部分的剖面图。

图 2 和图 3 是用于本发明制品中的示例性插入物的立体图。

25 图 4 是用于制备用于本发明制品中的示例性含有陶瓷的插入物的陶瓷纤维丝带的立体图。

图 5 是用于制备用于本发明制品中的示例性含有陶瓷的插入物的装置的立体图。

30 图 6 是带有本发明插入物固持器和示例性插入物的制动钳的立体图。

图 7A 和图 7B 是本发明示例性制动钳的平面图。

图 8A、图 8B 和图 8C 本发明示例性插入物固持器的平面图。

图 9 是压缩剪切测试装置的示意图，其用于确定使用本发明的插入物固持器制得的本发明的金属基质复合材料制品的插入物和金属间的结合强度峰值。

图 10 是 2002 年 8 月 20 日提交的共同未决的申请 U.S. 60/404,672 中实施例 3 的金属基质复合材料制品的抛光横截面的光学显微照片

图 11 是 2002 年 8 月 20 日提交的共同未决的申请 U.S. 60/404,672 中比较例 H 的金属基质复合材料制品的抛光横截面的光学显微照片

图 12 是模腔的示意图，其用来使用实施例 2 所述的插入物制备实施例 2 的金属基质复合材料制品。

详细说明

本发明的第一种、第二种、第三种、第四种和第五种制品可以并通常被设计成适于特定应用，以使所需要的性能、低成本和容易制造之间达到最优化或至少可接受的平衡。

通常，本发明的第一种、第二种、第三种、第四种和第五种制品被设计成适于特定应用和/或某些性能和/或特征。例如，选择由一种金属(例如铸铁)制成的现有制品用包括插入物的金属和/或陶瓷增强的另一种金属(例如铝)进行重新设计，使得后者(即制品的金属基质复合材料形式)具有某些所需要的性能(例如杨氏模量、屈服强度和延展性)，其性能至少等于使用由该第一种金属制成的原始制品所需要的性能。可选择地，该制品可被重新设计成具有与原始制品相同的物理尺寸。

综合所需要的金属基质复合材料制品的结构、所需要的性能、可能的金属和陶瓷氧化物材料(优选适于制造)及那些材料的相关性能，并用来提供可能的适合结构。在某些实施方案中，产生可能的结构的优选方法是使用有限元分析(FEA)，包括利用常规计算机系统(包括使

用中央处理单元(CPU)、输入和输出装置)使用 FEA 软件。适合的 FEA 软件商业上可得到, 包括由 Ansys, Inc., Canonsburg, PA 以商品名 "ANSYS"出售的 FEA 软件。FEA 有助于精确地模拟制品, 并可确定例如可提供所需性能水平的陶瓷氧化物纤维的放置区域。通常需要反复运行 FEA 几次, 以得到更优选的设计。这种结果可用于设计和制备例如用于制备金属基质复合材料制品的固持器和插入物。

在某些实施方案中, 固持器还可以包括一个或多个(例如两个、三个、四个、五个等)孔。例如在浇铸中这种孔有助于使熔融金属流过固持器的一部分。

当制备本发明的第四种和第五种金属基制品时, 固持器有助于增强插入物的位置。其中带有插入物的示例性固持器如图 1 和图 1A 所示。参照图 1, 本发明的制品 10 包括固持器 11 及用于固定插入物 13A、13B 和 13C 的部分 12A、12B、12C 和 12D。参照图 1A, 固持器 11 包括铝和/或其合金 14、外表面 15、在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属 17、可选择的额外金属(例如 Ni)16 及可选择的金属 16 的外表面 18。

固持器包括铝、其合金(例如 200、300、400、700 和/或 6000 系列(在某些实施方案中, 优选 6000 系列)铝合金), 更通常是铝和/或其合金(例如 200、300、400、700 或 6000 系列)及其组合。

适合的铝和铝合金可从商业上得到, 例如从 Pittsburgh, Pa 的 Alcoa、Belmont Metals, New York, NY 得到。在某些实施方案中, 优选的铝合金例子包括含有至少 98wt.%的 Al 的合金, 含有至少 1.5wt.%的 Cu 的铝合金(例如按合金总重计, Cu 的重量百分比为 1.5~2.5、优选为 1.8~2.2 的铝合金), 200(例如 A201.1 铝合金、201.2 铝合金、A206.0 铝合金和 224.2 铝合金), 300(例如 A319.1 铝合金、354.1 铝合金、355.2 铝合金和 A356.1 铝合金), 400(例如 443.2 铝合金和 444.2 铝合金),

700(例如 713 铝合金), 6000(例如 6061 铝合金)系列铝合金。在某些实施方案中, 固持器优选包括 300、400、6000 系列铝合金(例如 A319.1 铝合金、354.1 铝合金、355.2 铝合金、A356.1 铝合金、443.2 铝合金、444.2 铝合金及 6061 铝合金)。

5

固持器可用常规方法制得, 如切割铝和/或其合金薄片, 使切片弯折以得到所需要的固持器结构。可选择地, 薄片可包括例如铝与其合金或两种或多种不同铝合金等的混合物。例如薄片可包括铝与铝合金共铸成的薄片。

10

可选择地, 固持器还包括例如陶瓷氧化物纤维, 以有助于增强固持器。例如, 在其形成过程中将纤维加到薄片。纤维可选择地置于薄片, 使得切下薄片并弯折成所需要的结构后, 纤维位于例如固持器的选定部分中。适合纤维的例子包括下面对于制备插入物所述的那些纤维。

15

尽管在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属的厚度在预定值之外也是可用的, 但是如果厚度过低, 那么固持器被预热时, 涂层扩散, 因而不能防止界面被氧化或有助于降低界面处的氧化, 而过大厚度易于影响固持器的金属和金属基质复合材料制品的金属之间所需的粘结强度。用于沉积在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属的方法在本领域中是公知的, 包括电镀。

20

通常, 可选择的 Ni 的厚度大于约 1 微米, 更通常大于 2 微米, 或甚至大于 3 微米。在另一个方面中, 通常这种金属的厚度小于约 10 微米, 更通常小于约 5 微米。尽管厚度在这些值之外也是可用的, 但是如果厚度过低, 那么涂层不能有助于在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属与固持器粘合, 而过大厚度易于影响固持器的金属和金属基质复合材料的金属之间所需的粘结强度。在某些实施方案中, 通过无电镀沉积沉积 Ni。

25

30

制成的固持器可进一步处理(例如喷砂和/或表面研磨(例如使用垂直轴金刚石研磨机),例如消除或降低固持器表面上的氧化。根据需要也可切割固持器,以提供所需要的形状(包括用喷水机切割)。接下来,使用在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属涂覆固持器。可选择地,在涂覆在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属之前,将金属如 Ni 涂覆到固持器上。使用 Ni 有助于金属如 Ag 与固持器的粘合。

用于实施本发明实施方案的增强插入物例子包括含有金属的增强插入物(例如金属基质复合材料插入物)和含有陶瓷的增强插入物。

在某些实施方案中,优选的金属基质复合材料插入物包括金属(例如铝和/或其合金)和基本上连续的陶瓷氧化物纤维。在某些实施方案中,优选的含有陶瓷的插入物包括陶瓷(通常多孔陶瓷(例如 α 氧化铝))和基本上连续的陶瓷氧化物纤维。参照图 2,示例性插入物 20 包括基本上连续(如图所示,纵向排列)的陶瓷氧化物纤维 22,陶瓷或金属(例如铝和/或其合金)24,高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属 26 在外表面 25 上,可选择的额外金属(例如 Ni)28 在外表面 25 和在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属 26 之间并包括外表面 27,从而在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属 26 在外表面 27 上。

插入物可以包括多于一组(例如两组、三组等)的基本上连续的陶瓷氧化物纤维,其中一组基本上连续的陶瓷氧化物纤维与另一组用其间的例如金属或陶瓷隔开。例如参照图 3,插入物 30 包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维 32 的组 32A、32B 和 32C,金属或陶瓷 34,铝和/或其合金 35,外表面 36,在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属 37,可选择的额外金属(例如 Ni)38 及可选择的金属 38 的外表面 39。

在本发明的某些示例性实施方案中，基本上连续的陶瓷氧化物纤维基本上纵向排列，从而它们通常彼此平行。尽管陶瓷氧化物纤维可以在金属基质复合材料插入物中作为单根纤维，但它们更通常在金属
5 基质复合材料插入物中以捆或束的形式作为一组纤维。捆或束中的纤维可以保持在彼此纵向排列的关系(即通常是平行的)。当使用多捆或多束时，纤维捆或束也保持在彼此纵向排列的关系(即通常是平行的)。在某些实施方案中，优选的是所有连续的陶瓷氧化物纤维保持在基本上纵向排列的结构，其中单根纤维的排列保持在其平均纵轴的 $\pm 10^\circ$ 、
10 更优选为 $\pm 5^\circ$ 、最优选为 $\pm 3^\circ$ 之内。

与直陶瓷氧化物纤维相对的弯曲陶瓷氧化物纤维也在本发明范围内(即不在平面内延伸)。因此，例如陶瓷氧化物纤维在全部纤维长度内可以是平面的，在全部纤维长度内可以是非平面的(即弯曲的)，或
15 它们可以在某些部分是平面的，在其他部分是非平面的(即弯曲的)。在某些实施方案中，基本上连续的陶瓷氧化物纤维在全部金属基质复合材料制品弯曲的部分中保持在基本上不交叉的曲线结构(即纵向排列的)。在某些实施方案中，基本上连续的陶瓷氧化物纤维在全部插入物的弯曲部分中保持在基本上彼此等距的关系。

20

陶瓷氧化物纤维以两层、三层、四层或多层存在也在本发明范围内(即一层是至少一层基本上连续的陶瓷氧化物纤维(在某些实施方案中，优选至少一层纤维束包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维))。各层可以任何方式彼此定向。例如，第一层基本上连续的陶瓷氧化物纤维
25 相对于第二层基本上连续的陶瓷氧化物纤维为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 间。在某些实施方案中，对某些应用而言优选的是一层相对于另一层约为 $30^\circ \sim 60^\circ$ ，或例如约为 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。

通常，基本上连续的陶瓷氧化物纤维其长度至少为 10cm(经常至少为 15cm、20cm、25cm 或更大)。在本发明某些实施方案中，基
30

基本上连续的陶瓷氧化物纤维是纤维束的形式(即纤维束包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维)。通常,基本上连续的陶瓷氧化物纤维束其长度至少为 10cm(经常至少为 15cm、20cm、25cm 或更大)。

- 5 陶瓷氧化物纤维可包括基本上连续的纵向排列的陶瓷氧化物纤维或甚至基本上由其组成,其中"纵向排列"指纤维相对于纤维长度通常是平行的排列。

10 在某些实施方案中,基本上连续的增强陶瓷氧化物纤维优选其平均直径至少约 5 微米。在某些实施方案中,平均纤维直径不大于约 200 微米,优选不大于约 100 微米。对于纤维束而言,在某些实施方案中,平均纤维直径优选不大于约 50 微米,更优选不大于约 25 微米。

15 在某些实施方案中,基本上连续的陶瓷氧化物纤维其杨氏模量优选大于约 70GPa,更优选至少为 100GPa,至少为 150GPa,至少为 200GPa,至少为 250GPa,至少为 300GPa,或甚至至少为 350GPa。

20 在某些实施方案中,尽管取决于特定的应用可以使用较低平均抗张强度的纤维,但是连续的陶瓷氧化物纤维其平均抗张强度优选至少约为 1.4GPa,更优选至少约为 1.7GPa,甚至更优选至少约为 2.1GPa,最优选至少约为 2.8GPa。

25 连续的陶瓷氧化物纤维商业上可以单根纤维或成组纤维(例如股或束)得到。股或束可以包括例如至少为 420 单根纤维/束,至少为 760 单根纤维/束,至少为 2600 单根纤维/束,或更大。在纤维领域中束是公知的,指以解开形式收集的多根(单根)纤维(通常至少为 100 根纤维,更通常至少为 400 根纤维),而股指某种程度缠绕或绳状结构。可以得到各种长度过的包括陶瓷氧化物纤维束的陶瓷氧化物纤维。纤维的横截断面形状可以是圆形或椭圆形。

30

有用的陶瓷氧化物纤维实例包括 α 氧化铝纤维，铝硅酸盐纤维和铝硼硅酸盐纤维。在阅读说明书后，其他有用的陶瓷氧化物纤维对于本领域所属技术人员是清楚的。

5 制造氧化铝纤维的方法在本领域中是公知的，包括美国专利 4,954,462(Wood 等人)中所述的方法。在某些实施方案中，优选氧化铝纤维是多晶 α 氧化铝基纤维，按理论氧化物计包括占氧化铝纤维总重大于约 99wt.%的 Al_2O_3 和约 0.2-0.5wt.%的 SiO_2 。在另一个方面中，在某些实施方案中，优选的多晶， α 氧化铝基纤维包括平均粒度小于 1
10 微米(更优选小于 0.5 微米)的 α 氧化铝。在另一个方面中，在某些实施方案中，优选的多晶 α 氧化铝基纤维其平均抗张强度至少为 1.6GPa(优选至少为 2.1GPa，更优选至少为 2.8GPa)。 α 氧化铝纤维商业上例如可从 3M Company of St. Paul, MN 以商品名"NEXTEL 610"得到。另一种
15 α 氧化铝纤维按纤维总重计包括约 89wt.%的 Al_2O_3 ，10wt.% ZrO_2 和约 1wt.% Y_2O_3 ，商业上可从 3M Company 以商品名"NEXTEL 650"得到。

制备铝硅酸盐纤维的方法在本领域中是公知的，包括美国专利 4,047,965(Karst 等人)中所述的方法。在某些实施方案中，优选铝硅酸盐纤维按理论氧化物计包括占铝硅酸盐纤维总重约 67~85wt.%的 Al_2O_3
20 和约 33~15wt.%的 SiO_2 。

在某些实施方案中，优选的铝硅酸盐纤维按理论氧化物计包括占铝硅酸盐纤维总重约 67~77wt.%的 Al_2O_3 和约 33~23wt.%的 SiO_2 。在某些实施方案中，优选的铝硅酸盐纤维按理论氧化物计包括占铝硅酸盐纤维总重约 85wt.%的 Al_2O_3 和约 15wt.%的 SiO_2 。在某些实施方案中，优选的铝硅酸盐纤维按理论氧化物计包括占铝硅酸盐纤维总重约 73wt.%的 Al_2O_3 和约 27wt.%的 SiO_2 。铝硅酸盐纤维商业上例如可从 3M Company 以商品名"NEXTEL 440"、"NEXTEL 720"和"NEXTEL 550"得到。

30

制备铝硼硅酸盐纤维的方法在本领域中是公知的，包括美国专利 3,795,524(Sowman)中所述的方法。在某些实施方案中，优选铝硼硅酸盐纤维按理论氧化物计包括占铝硼硅酸盐纤维总重：约 35wt.%~75wt.%(甚至例如约 55wt.%~75wt.%)的 Al_2O_3 ；大于 0wt.%(甚至例如至少约为 15wt.%)并小于约 50wt.%(或例如小于约 45%、或甚至小于约 44%)的 SiO_2 ；大于约 5wt.%(或例如小于约 25wt.%，小于约 1wt.%~5wt.%或甚至小于约 2wt.%~20wt.%)的 B_2O_3 。铝硼硅酸盐纤维商业上例如可从 3M Company 以商品名"NEXTEL 312"得到。

商业上可得到的基本上连续的陶瓷氧化物纤维经常包括在其制造中加到纤维中的有机胶料，以在处理中提供润滑性并保护纤维绳。可以认为胶料例如在转变成织物过程中易于降低纤维的破损，降低静电，降低灰尘量。例如可通过溶解或使其燃烧除去胶料。

在陶瓷氧化物纤维上带有涂层也在本发明范围内。涂层例如可用于增强纤维的可湿性，减小或防止纤维和熔融金属基材料之间的反应。这种涂层和提供这种涂层的技术在纤维陶瓷复合材料和金属基质复合材料领域中是公知的。

关于含有金属的插入物，在某些实施方案中，金属基质复合材料插入物包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维。通常，铝和/或其合金沿基本上连续的陶瓷氧化物长度的至少一部分延伸，并将陶瓷氧化物纤维固定在适当位置。

尽管用于制造包括含有金属的插入物(包括金属基质复合材料插入物)的铝和铝合金可含有杂质，但在某些实施方案中优选是使用相对较纯的金属(即金属包括小于 0.1wt.%或甚至小于 0.05wt.%的杂质(即 Fe、Si 和/或 Mg 中的每一种小于 0.25%、0.1%或甚至小于 0.05wt.%))。尽管较高纯度金属对于制造较高抗张强度的材料是优选的，但也可使用纯度较低的金属。

适合的铝和铝合金在商业上可得到。例如铝可从 Pittsburgh, PA 的 Alcoa 以商品名"SUPER PURE ALUMINUM; 99.99% Al"得到。铝合金(例如 Al-2wt.%的 Cu (0.03wt.% 杂质)可从 Belmont Metals, New York, NY 得到。在某些实施方案中,插入物优选地包括 200 系列铝合金(例如 A201.1 铝合金、201.2 铝合金、A206.0 铝合金和 224.2 铝合金)。

在某些实施方案中,本发明的第一种、第二种和第三种制品包括金属基质复合材料插入物,并在包括基本上连续的陶瓷纤维的区域中包括按区域总体积计约 30~45%(在某些实施方案中,优选约 35~45%,更优选约 35~40%)体积的金属及约 70~55%(优选约 65~55%,更优选约 60~65%)体积的连续的陶瓷氧化物纤维。此外,该区域包括用于固定基本上连续的陶瓷氧化物纤维的金属,通常包括按区域总体积计约 20~95%(优选约 60~90%,更优选约 80~85%)体积的金属及约 80~5%(在某些实施方案中,优选约 60~10%,更优选约 15~5%)体积的金属。

在某些实施方案中,插入物包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维,包括按插入物总体积计约 30~70%(在某些实施方案中,优选约 35~60%或甚至约 35~45%)体积的金属及约 70~30%(在某些实施方案中,优选约 65~40%或甚至约 65~55%)体积的基本上连续的陶瓷氧化物纤维。在某些实施方案中,优选插入物包括按插入物总体积计至少为 50%体积的基本上连续的陶瓷氧化物纤维。

本发明的第一种、第二种第三种制品包括金属基质复合材料插入物,在基本上连续的纤维区域中插入物的纤维和金属体积含量通常按制备均匀复合材料所需的来进行控制,而在金属渗透过程中没有明显移动基本上连续的陶瓷氧化物纤维。如果纤维含量过低,那么在金属渗透过程中更难于防止或最小化基本上连续的纤维的移动。在某些实施方案中,优选选择含有金属的插入物,使得基质材料与陶瓷氧化物

材料(尤其是基本上连续的陶瓷氧化物纤维)没有明显的化学反应(即相对于金属难熔材料是相对化学惰性的),从而例如不需要在纤维外部提供保护性涂层。

- 5 金属基质复合材料插入物例如可通过将多根连续的陶瓷氧化物纤维(在某些实施方案中,优选是成组纤维(例如股或束))缠绕在用于金属插入物设计并具有所需要的尺寸和形状的心轴上来进行制造。在某些实施方案中,优选地被缠绕的纤维经胶料处理。示例性的胶料包括水(在某些实施方案中,优选去离子水),蜡(例如石蜡),聚乙烯醇(PVA)。
- 10 如果胶料是水,那么纤维通常缠绕在心轴上。缠绕完成后,从缠绕机上取下心轴,然后置于冷却器中,直到缠绕的纤维冻结。根据需要可切割冻结的缠绕纤维。例如如果纤维绕由四个相邻板组成的心轴缠绕,那么可取下矩形板,从而提供冻结的纤维预型件。预型件可被切成片,以提供较小的预型件。通常在形成金属基质复合材料插入物之前除去胶料。可通过例如将形成的纤维置于模具中(在某些实施方案中,优选是石墨),然后加热模具来除去胶料。模具被用于制造金属基质复合材料插入物。
- 15

- 20 为形成金属基质复合材料插入物,如果有胶料,那么在除去胶料后,将模具置于罐中,通常是不锈钢罐,优选仅有一端开口。在某些实施方案中,罐的内部优选用氮化硼或相似的材料涂覆,以在随后的浇铸过程中最小化铝/铝合金和罐之间的反应,和/或加快金属基质复合材料制品从模具释放。罐和模具置于压力压铸机的压力容器内。随后,铝和/或铝合金(例如从铸锭上切下来的多片铝和/或铝合金)置于罐的上部。然后抽空压力容器,并加热到高于铝/铝合金的熔点(通常高于液相线温度约 80°C~120°C)。一旦达到所需要的温度,就关掉加热器,然后通常用氩气(或相似惰性气体)将压力容器加压到压力约为 8.5~9.5MPa,从而使熔融铝/铝合金渗入预型件。随着温度下降,压力容器内的压力也缓慢下降。当制品固化时(即其温度降低到低于约
- 25

500°C), 通过气体, 从模具中取出浇铸的金属基质复合材料制品(例如插入物), 然后在空气中进一步冷却。

5 通过例如在本领域中公知的其他技术也可制造金属基质复合材料制品(例如插入物), 包括模压铸造。对于模压铸造而言, 例如形成的陶瓷氧化物纤维可置于模具中(例如钢模), 烧掉任何存在的胶料, 将熔融铝/铝合金加到模腔中, 施加压力, 直到浇铸制品固化完成。冷却后, 从模具中取出制得的金属基质复合材料制品插入物。

10 制成的插入物可进一步处理(例如喷砂和/或表面研磨(例如使用垂直轴金刚石研磨机), 例如消除或降低插入物表面上的氧化。根据需要也可切割插入物, 以提供所需要的形状(包括用喷水机切割)。

15 从如下所述的含有陶瓷的插入物制备含有金属基质复合材料的插入物也在本发明范围内。

在某些实施方案中, 优选用在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属涂覆金属基质复合材料插入物。在涂覆在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属之前, 将金属如 Ni 涂覆到金属基质复合材料制品插入物上。使用 Ni 有助于金属如 Ag 与插入物的粘合。

20

尽管在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属的厚度在预定值之外也是可用的, 但是如果厚度过低, 那么插入物被预热时, 涂层扩散, 因而不能防止界面被氧化或有助于降低界面处的氧化, 而过大厚度易于影响插入物的金属和金属基质复合材料制品的金属之间所需的粘结强度。

25

通常, 可选择的 Ni 的厚度大于约 1 微米, 更通常大于 2 微米, 或甚至大于 3 微米。在另一个方面中, 通常这种金属的厚度小于约 10

30

微米，更通常小于约 5 微米。尽管厚度在这些值之外也是可用的，但是如果厚度过低，那么涂层不能有助于在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属与插入物粘合，而过大厚度易于影响插入物的金属和金属基质复合材料的金属之间所需的粘结强度。

5

对于金属基质复合材料插入物的实施方案的其他细节请参见于 2002 年 8 月 20 日提交的共同未决的申请 U.S. 60/404,672。

关于含有陶瓷的插入物，在某些实施方案中，优选的实施方案包括多孔陶瓷氧化物(例如煅烧或烧结的)插入物，其包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维。通常，多孔陶瓷氧化物沿基本上连续的陶瓷氧化物长度的至少一部分延伸，并将陶瓷氧化物纤维固定在适当位置。在某些实施方案中，基本上连续的陶瓷氧化物纤维具有第一种杨氏模量，含有陶瓷氧化物材料的陶瓷预型件具有第二种杨氏模量，其中第一种杨氏模量大于第二种杨氏模量。

在纺织、编织等纤维结构中，连续的增强纤维通常不能通过纵向排列的纤维得到较高纤维填充密度。因此，与含有纵向排列的连续增强纤维的金属渗入的制品相比，基于利用纺织、编织等纤维结构的预型件的金属渗入的制品通常表现出较低的强度性能，因而更不优选。

通过例如在基本上连续的纤维周围浇铸浆料状的不连续的陶瓷氧化物纤维(包括细丝)可以制造含有多孔陶瓷氧化物的插入物。通常，基本上连续的纤维置于腔体中(例如模具)，而浆料加到模具中。基本上连续的纤维置于腔体中，使得在制得的陶瓷氧化物材料中具有适当位置。尽管改造制得的陶瓷氧化物材料也在本发明范围内，例如通过加工提供所需要结构的含有陶瓷氧化物的插入物，但腔体可被设计成可提供所需要的形状。

5 适合的、不连续的陶瓷氧化物纤维(包括细丝)包括由氧化铝(包括 α 氧化铝和过渡氧化铝(如 δ 氧化铝)、铝硅酸盐纤维和铝硼硅酸盐纤维所制成的那些, 这种材料的制备方法和/或来源在本领域中是公知的。例如可通过切割或劈开连续的纤维(包括上述基本上连续的纤维)来制备不连续的纤维。商业上可得到的不连续的陶瓷氧化物纤维例子包括 J&J Dyson, Widness, UK 以商品名 "SAFFIL"、Thermal Ceramics Inc., Augusta, GA 以商品名 "KAOWOOL"、Unifrax, Niagara Falls, NY 以商品名 "FIBERFRAX" 出售的那些。

10 在某些实施方案中, 不连续的纤维其直径约为 1 微米~20 微米, 优选约为 3 微米~12 微米, 长度约为 2.5cm, 优选小于 1.2cm, 尽管细丝通常长度约为 6 微米~12 微米。

15 可选择地, 浆料还可以包括陶瓷氧化物颗粒, 如氧化铝(包括 α 氧化铝)颗粒、铝硅酸盐颗粒和铝硼硅酸盐颗粒。在某些实施方案中, 颗粒优选的平均颗粒尺寸约为 0.05 微米~50 微米。浆料还可以包括陶瓷氧化物粘结材料, 如硅胶, 胶体氧化铝等, 其有助于增强完整性(例如与用于制备多孔陶瓷氧化物预型件的其他组分反应, 以形成其他相(例如二氧化硅可与氧化铝反应形成莫来石))。

20

在本领域中公知的技术可形成适合的浆料。通常, 通过在液态介质如水中分散不连续的纤维形成浆料。为有助于处理和分布基本上连续的纤维, 可以使用纤维插入物(例如丝带)。纤维插入物包括用粘合材料粘在一起的多根基本上连续的纤维。参照图 4, 纤维丝带 40 包括基本上连续的、纵向排列的 α 氧化铝纤维 42 和挥发性粘合材料 44, 其用于将纤维 42(如束 43 中所示)与纤维丝带 40 固定。粘合材料 44 与纤维仅接触到形成纤维丝带 40 所需要的程度, 并不需要与所有的纤维接触。例如内部纤维可不与粘合材料接触。

25

在选择用于制备纤维插入物的粘合材料时，应该考虑可能存在的不利影响，粘合材料可能对含有陶瓷氧化物的插入物有影响，及可能存在的冲击，粘合材料对含有陶瓷氧化物的插入物的作用(例如应该考虑可能存在的不利影响，粘合材料对用含有陶瓷氧化物的插入物制成的金属基质复合材料制品有影响)。

粘合材料用于临时粘结基本上连续的纤维，并有助于在含有陶瓷氧化物的插入物中处理和最终放置纤维。在某些实施方案中，粘合材料优选是挥发性材料，优选其在预型件制作过程的煅烧阶段中在相对较低温度下燃烧掉，而没有留下残渣或灰份。在某些实施方案中，优选的挥发性粘合材料是蜡(例如石蜡)，其可被加热到熔点以上，并涂覆到纤维上，然后固化使纤维粘合。在某些实施方案中，优选的挥发性粘合材料包括水溶性聚合物，如聚乙烯醇(PVA)，聚乙烯吡咯烷酮(PVP)及其组合。其他适合的挥发性粘合材料可包括环氧胶，如由 Cytec Industries, West Patterson, NJ 出售的那些(此前由 3M Company, St. Paul, MN 以商品名"SP381 SCOTCHPLY ADHESIVE"出售)。

通常根据某些应用来设计含有陶瓷的插入物，因而其需要具有某些性能、具有某些结构并由某些材料制成。通常，选择模具或制造模具，以提供所需要形状的含有陶瓷的插入物。形成网形或接近网形的含有陶瓷的插入物例如可最小化或取消对插入物随后加工或其他浇铸后处理的需要。选择腔体或制造腔体，以使制得的含有陶瓷的插入物具有所需要的形状。通常，制造腔体或用来使基本上连续的纤维处于所需要的位置，使得基本上连续的纤维在制得的含有陶瓷的插入物中处于适当位置。制备适合腔体的方法对本领域所属技术人员是公知的。这种腔体可由刚性材料如木材、塑料、石墨和钢(例如不锈钢)制成。为有助于从浆料中除去液体，模具可带有一个或多个孔。

例如通过如下步骤可制备含有陶瓷的插入物：将基本上连续的纤维放入腔体中，向腔体中加入包括不连续的陶瓷氧化物纤维的浆料，

及从浆料中除去液体。通常，通过腔体中的孔除去液体。通过降低腔体外的压力可加速通过孔除去液体(例如小于 1000 毫巴，在某些实施方案中优选小于 850 毫巴)。

- 5 除非在腔体中干燥未干插入物，通常在煅烧或烧结之前从腔体中取出进行干燥。在某些实施方案中，优选未干插入物被干燥到至少约 70°C~100°C，更优选约 85°C~100°C，通常最优选约 100°C。

- 10 通常在烧结之前煅烧未干插入物。煅烧是将材料加热到可以除去自由水的温度，在某些实施方案中，优选除去至少约为 90 wt.%的任何束缚的挥发性成分，但未熔合的成分通过烧结除去。

- 15 通常煅烧温度为 400°C~800°C，在某些实施方案中，优选约为 600°C~800°C。通常烧结温度为 900°C~1150°C，在某些实施方案中，优选约为 950°C~1100°C，更优选约为 950°C~1100°C。

干燥、煅烧和烧结时间例如可取决于所用的材料及含有陶瓷的插入物的结构(包括尺寸)。

- 20 通过用于制备含有陶瓷的插入物的制作过程可以在基本上连续的纤维的长度方向上调节不连续的纤维的方向。例如用来容纳浆料的腔体底部中的定位孔优选使液体从腔体底部(或上部)(不是侧部)除去，最大尺寸的不连续的纤维优选更垂直于连续的纤维(其平行于腔体侧部的长度)的长度，而不是平行方向。例如参照图 5，纤维丝带 51 包括用
- 25 粘合材料 53 粘结在一起的多根基本上连续的陶瓷氧化物纤维 52，其置于腔体 54 中。连续的纤维 52 的长度平行于腔体 54 的侧部，并垂直于腔体 54 的底部 56。从浆料 57 来的液体通过孔 58 除去，使得最大尺寸的不连续的纤维优选更垂直于连续的纤维 52 的长度，而不是平行方向。

30

优选地，在模具外部减小压力有助于除去液体。例如纤维插入物可被固定在模具中，使得其通过纤维插入物每一端的夹子保持在所需要的位置。在一个示例性方法中，将筛子置于模具的一侧，以在减压下除去水(例如在某些实施方案中小于 1000 毫巴)。根据不连续的纤维的所需要的方向确定筛子的放置。例如如果优选需要在垂直于连续的纵向排列的纤维长度上排列不连续的纤维，那么筛子可置于纤维长度的一端，并垂直于纤维长度。例如通过将模具浸渍在浆料中、然后从模具中除去或抽吸浆料，加入浆料。可对模具的筛子侧进行减压以抽出液体。当除去液体时，不连续的纤维优选相对于基本上连续的纤维的长度排列。随后对纤维施加压力以排出更多的水，并有助于压实不连续的纤维。

相似地，例如用来容纳浆料的腔体侧部中的定位孔或洞优选使液体从腔体侧部(不是上部和底部)除去，最大尺寸的不连续的纤维优选更垂直于连续的纤维(其垂直于腔体侧部的长度)的长度，而不是平行方向。

对于形成含有陶瓷的插入物的其他细节，请参见例如美国专利 5,394,930(Kennerknecht)，分别公开于 1987 年 5 月 28 日和 1988 年 9 月 14 日的英国专利 2,182,970 A 和 B，2001 年 9 月 27 日提交的共同未决的 U.S.申请 09/966,946、09/967,401 和 09/9677,562，2002 年 4 月 4 日公布的公布 WO 02/26658、WO 02/27048 和 WO 02/27049 的 PCT 申请。在阅读说明书后，其他方法和其他优选条件对于本领域所属技术人员是清楚的。

本发明的第一种、第二种和第三种制品可用于制造本发明的第四种和第五种金属基质复合材料制品。本发明第五种金属基质复合材料制品的例子是汽车用制动钳(例如机动车辆，如小汽车、运动型多用途车、货车或卡车)。参照图 6，示例性制动钳 60 包括插入物固持器 61 及插入物 62A 和 62B。

通常，本发明的第四种和第五种金属基质复合材料制品在包括基本上连续的陶瓷纤维的区域中包括按区域总体积计约 30~45%(在某些实施方案中，优选约 35~45%，更优选约 35~40%)体积的金属及约 5 70~55%(在某些实施方案中，优选约 65~55%，更优选约 60~65%)体积的连续的陶瓷氧化物纤维。此外，该区域包括用于固定基本上连续的陶瓷氧化物纤维的陶瓷氧化物材料和/或金属，通常包括按区域总体积计约 20~95%(在某些实施方案中，优选约 60~90%，更优选约 80~85%) 10 体积的金属及约 80~5%(在某些实施方案中，优选约 60~10%，更优选约 15~5%)体积的陶瓷氧化物材料和/或金属。

在某些实施方案中，插入物包括基本上连续的陶瓷氧化物纤维，包括按插入物总体积计约 30~70%(在某些实施方案中，优选约 35~60% 15 或甚至约 35~45%)体积的金属及约 70~30%(在某些实施方案中，优选约 65~40%或甚至约 65~55%)体积的基本上连续的陶瓷氧化物纤维。在某些实施方案中，优选插入物包括按插入物总体积计至少为 50%体积的基本上连续的陶瓷氧化物纤维。

第四种和第五种金属基质复合材料制品在基本上连续的纤维区域 20 中的纤维和金属体积含量通常按制备均匀复合材料所需的来进行控制，而在金属渗透过程中没有明显移动基本上连续的陶瓷氧化物纤维。如果纤维含量过低，那么在金属渗透过程中更难于防止或最小化基本上连续的纤维的移动。对于含有不连续的纤维的插入物而言，在不连续的纤维区域中，复合材料的纤维和金属体积含量通常由提高强度 25 和硬度及降低延展性和机械加工性之间的平衡来控制。

选择特定的纤维、基质材料、固持器等及制备金属基质复合材料制品的方法步骤，以提供具有所需要的性能的金属基质复合材料制品。例如为制备所需要的制品，选择彼此及与制品制作方法充分相容 30 的纤维和金属基材料。在某些实施方案中，优选选择包括金属基质复

合材料的金属，使得基质材料与陶瓷氧化物材料(尤其是基本上连续的陶瓷氧化物纤维)没有明显的化学反应(即相对于金属难熔材料是相对化学惰性的)，从而例如不需要在纤维外部提供保护性涂层。

5 对于制备铝和铝合金基质复合材料的某些方法的其他细节，例如公开于 1995 年 6 月 21 日提交的共同未决的申请 U.S. 08/492,960, 2000 年 7 月 14 日提交的 09/616,589、09/616,593 和 09/616,594, 2002 年 8 月 20 日提交的 60/404,672, 及 1991 年 1 月 9 日公布的公布 WO 97/00976 的 PCT 申请中。

10

 本发明第四种或第五种金属基质复合材料制品的金属包括含有金属的插入物、固持器和/或金属，其可相同或不同。在某些实施方案中，固持器优选包括 6000 系列铝合金，本发明第四种或第五种金属基质复合材料制品的金属包括 6000 系列铝合金。如果插入物是含有金属的插入物，那么在某些实施方案中，包括插入物的金属优选是 200 系

15 列金属。

 可使用本发明第一种、第二种和第三种制品根据本领域中公知的方法来制备本发明的第四种和第五种金属基质复合材料制品(例如模压铸

20 造和永久工具重力浇注)。对于多孔插入物而言，这种制造包括使熔融金属渗入多孔插入物。可以使用有限元分析(FEA)模型，例如确定陶瓷氧化物纤维的最佳位置和量，以满足所需要的性能规格。这种分析也可被用于例如选择本发明第一种、第二种和第三种制品所用的结构、组成、数量和位置。通常，在浇铸前预热插入物和/或模具。尽管

25 不希望限于理论，但可以认为预热本发明的第一种、第二种和第三种制品有助于在固持器和/或插入物与第四种或第五种金属基质复合材料制品的铝或铝合金间形成金属粘结。在含有金属的插入物的某些实施方案中，优选地插入物被预热到 500°C-600°C。在含有陶瓷的插入物的某些实施方案中，优选地插入物被预热到 750°C-800°C。在某些实

实施方案中，优选地模具被预热到 200°C-500°C。尽管浇铸通常在空气中进行，但在其他气氛中(例如氩气)进行浇铸也在本发明范围内。

也可以使用 FEA，以例如用于选择浇铸本发明的插入物和/或金属基质复合材料制品的浇铸方法、浇铸条件和/或模具设计。适合的 FEA 软件可在商业得到，包括由 UES, Annapolis, MD 以商品名"PROCAST"出售的软件。如上所述，通常根据某些应用来设计本发明的制品，因而其需要具有某些性能、具有某些结构并由某些材料制成等。通常，选择模具或制造模具，以提供所需要形状的第四种或第五种金属基质复合材料制品，从而提供网形或接近网形制品。网形或接近网形制品例如可最小化或取消对浇铸的金属基质复合材料制品随后加工或其他浇铸后处理的需要。通常，制造模具或用来使插入物处于所需要的位置，使得基本上连续的陶瓷氧化物纤维在制得的金属基质复合材料制品中处于适当位置。制备适合腔体的方法和材料对本领域所属技术人员是公知的。用于制备特定模具的材料取决于例如用于制备金属基质复合材料制品的金属。通常所用的模具材料包括石墨或钢。

此外，令人惊讶的是，本发明的第一种、第二种和第三种制品可用于制备金属基质复合材料制品，其中模具中的熔融金属在熔融态小于 75 秒(在某些实施方案中，优选小于 60 秒)。尽管在模具中保持熔融金属在熔融态较长时间也是可用的，但优选较短时间(即小于 75 秒)，尽管不希望限于理论，但是可以认为较长时间会使固持器和/或含有金属的插入物变形。在某些实施方案中，优选在浇铸金属基质复合材料制品过程中固持器和插入物没有明显变形(即固持器和插入物在浇铸前具有第一种外部尺寸结构(即尺寸和形状)，浇铸后具有第二种外部尺寸形状，其中第一种和第二种外部尺寸结构相同，且其中可以理解的是在高于至少 200°C 时具有正的 Gibbs 氧化自由能的金属和可选择的金属如 Ni 易于扩散进浇铸金属的金属中(及可能的插入物的金属中))。

对于在插入物和插入物周围的金属铸件界面处的氧化高于所需水平的金属基质复合材料制品而言，可以使用热等静压(HIPing)进一步处理制品，以降低或避免不需要的氧化。HIPing 也可用于降低金属基质复合材料制品中的多孔性。HIPing 技术在本领域中是公知的。可用于本发明实施方案的 HIPing 温度、压力和时间的实例分别包括 500°C~600°C，25Mpa~50Mpa，4~6 小时。也可以使用这些范围之外的温度、压力和时间。较低温度易于例如提供较小的压实性和/或提高 HIPing 时间，而较高温度使金属基质复合材料制品变形。较低压力易于例如提供较小的压实性和/或提高 HIPing 时间，而较高压力可能是不需要的，或在某些情况下甚至会损坏金属基制品。较短时间易于例如提供较小的压实性，而较长时间可能是不需要的。

对于制备金属基质复合材料制品的示例性插入物和方法的其他细节，请参见 2002 年 8 月 20 日提交的共同未决的申请 U.S. 60/404,704。

在阅读说明书后，制备金属基质复合材料制品的其他方法对本领域所属技术人员是清楚的。

制备金属基质复合材料的其他细节公开于例如美国专利 4,705,093(Ogino)、5,234,080(Pantale)和 5,394,903(Kennerknecht)。

此外，对于形成含有陶瓷的插入物和从陶瓷氧化物预型件制得的金属基质复合材料制品的其他细节，请参见例如 2001 年 9 月 27 日提交的 U.S.申请 09/966,946；09/967,401；09/677,562(分别要求临时申请 60/236,091；60/236,092；60/236,110 的优先权，这些都是在 2000 年 9 月 28 日提交的)及 2002 年 4 月 4 日公布的公布 WO 02/26658、WO 02/27048 和 WO 02/27049 的 PCT 申请。

根据下面至少为 100MPa(在某些实施方案中，优选至少为 125MPa，至少为 150MPa，至少为 175 或甚至至少为 180MPa)的"结合

强度峰值测试", 本发明某些金属基质复合材料制品的实施方案在使用的插入物或固持器(即取决于测试哪一种)与插入物周围的铝或铝合金铸件间具有"结合强度峰值"。压缩剪切测试装置的示意图如图 9 所示, 其中压缩剪切测试装置 140 包括推出工具 141、测试样品 142、支撑块 143 和 100,000 牛顿(22,482 磅)的压缩负载元件 147。待测试的金属基质复合材料其横截面垂直于所使用的插入物或固持器的纵轴; 插入物的横截面厚度为 1.16cm(0.46 英寸), 固持器的横截面厚度为 0.4cm, 直径均为 2.5cm(1 英寸)。

推出工具 141 包括接触所用插入物或固持器 144 及测试样品 142 的相应横截面, 但是推出工具 141 的横截面积小 10%(即推出工具 141 与所用插入物或固持器 144 的横截面形状相同, 推出工具 144 的横截面尺寸更小)。推出工具 141 夹在液压卡盘的上夹爪 145 中, 液压为 10.34MPa(1500 磅/平方英寸)。支撑块 143 直径为 2.54cm(1.0 英寸), 沉孔深 0.15cm(0.06 英寸)。1.1cm(0.435 英寸)直径的通孔设在液压卡盘 146 底部的张开夹爪 145 的上部。

待测试样品 142 放在支撑块 143 上, 并套在沉孔、所用插入物或固持器、通孔中心。升高液压卡盘 146 的底部 148, 直到在待推动的上部推出工具 141 和所用插入物或固持器之间的空隙(即待测试样品 144)为 0.025cm(0.01 英寸)。然后利用推出工具 141 的匹配尖端手动水平和旋转地滑动支撑块 143, 以目测定位在测试样品中露出的所用插入物或固持器, 直到两个元件的横截面匹配。

然后通过朝向固定的推出工具 141 以 0.05cm(0.020 英寸)/分钟的速率向上移动较低的液压卡盘进行测试, 同时监测负载和偏转。从而所用插入物或固持器与固定的推出工具表面接触, 将其间的接触力记录成位移的函数。在到达峰值力之后立即停止测试, 总偏转约为 0.05cm(0.020 英寸)。

测试完成后，用光学显微镜以 100X 的放大倍率检测样品，以验证所用的测试插入物或固持器和推出尖端完全对齐，使得其横截面重叠。

5 使用下式计算平均剪切应力：

平均剪切应力 = (第一滑程时的负载，N (lbs.)) / (插入物和铝合金间的接触面积， m^2 (in^2))。

10 负载被绘制成插入物位移的函数。推出曲线中断处的负载是结合强度峰值(即在插入物或固持器与所用插入物或固持器周围的铝或铝合金铸件的界面处的是原始滑程)。

15 使用有限元分析(FEA)计算结合强度峰值。有限元分析(FEA)软件(从 Ansys Inc., Canonsburg, PA 以商品名"ANSYS"得到)被用来模拟所用插入物或固持器，表明结合强度峰值与测得的平均剪切应力比值约为 3.0。

20 FEA 的计算如下。创建测试样品的有限元几何模型。所用插入物或固持器与尺寸为 0.02cm×0.02cm×0.05cm(0.01 英寸×0.01 英寸×0.02 英寸)的立方体元件组成网，除了所用插入物或固持器的上部，在所有方向上网格大小为 0.02cm。所用插入物或固持器周围的铝/铝合金铸件与立方体组成网，在模拟的测试样品中该立方体接近所用插入物或固持器的侧面为 0.05cm(0.02 英寸)，其他处为 0.10cm(0.04 英寸)。FEA 软件计算沿着所用插入物或固持器表面各点处的剪切应力，施加的压力为 533.3MPa(相应于推出测试负载为 2900 磅)。计算确定穿过所用插入物或固持器表面各点的剪切应力峰值和穿过所用插入物表面或固持器表面的剪切应力平均值。结合强度峰值与平均剪切应力的比值约为 3：1。

本发明某些金属基质复合材料制品的实施方案在插入物或固持器与插入物或固持器周围的铝或铝合金铸件界面处不含有氧，这可由下面的"氧层测试"确定。切割金属基质复合材料制品的一部分，以得到插入物或固持器及插入物或固持器周围的铝或铝合金铸件的横截面。

5 然后用半自动金相研磨/抛光装置(从 Struers, Inc, Cleveland, OH 以商品名"ABRAMIN"得到)抛光横截面。抛光速度为 150 rpm。按下面连续的 6 个步骤进行抛光。抛光力是 150N，除了步骤 6 是 250N：

-步骤 1 使用 120 粒度的碳化硅纸(从 Pace Technologies, Northbrook, IL 得到)将样品抛光 45 秒，同时在抛光过程中连续自动地将水滴到研磨衬垫上。抛光后，用水彻底清洗样品。

-步骤 2 使用 220 粒度的碳化硅纸(从 Pace Technologies 得到)将样品抛光 45 秒，同时在抛光过程中连续自动地将水滴到研磨衬垫上。抛光后，用水彻底清洗样品。

15 -步骤 3 使用 600 粒度的碳化硅纸(从 Pace Technologies 得到)将样品抛光 45 秒，同时在抛光过程中连续自动地将水滴到研磨衬垫上。抛光后，用水彻底清洗样品。

-步骤 4 使用抛光衬垫(从 Struers, Inc.以商品名"DP-MOL"得到)将样品抛光 4.5 分钟，其用周期性滴下的润滑剂(从 Struers 以商品名"PURON, DP-LUBRICANT"得到)轻微润湿并用 6 微米金刚石的粗砂(从 Struers 以商品名"DP-SPRAY, P-6 μ m"得到)喷射 1 秒。抛光后，用水彻底清洗样品。

25 -步骤 5 使用抛光衬垫("DP-MOL")将样品抛光 4.5 分钟，其用周期性滴下的润滑剂(从 Struers 以商品名"PURON, DP-LUBRICANT"得到)轻微润湿并用 3 微米金刚石的粗砂(从 Struers 以商品名"DP-SPRAY, P-3 μ m"得到)喷射 1 秒。抛光后，用水彻底清洗样品。

-步骤 6 使用多孔合成抛光布(从 Struers 以商品名"OP-CHEM"得到)将样品抛光 4.5 分钟，通过用手将水和硅胶悬浮液(从 Struers 以商品名"OP-S SUSPENSION"得到)倒在布上来润湿。在抛光的最后 5 秒中用水洗涤样品。抛光后，干燥样品。

30

用光学显微镜以 250X 放大倍率观察制得的抛光样品，以确定在插入物或固持器与插入物或固持器周围的铝或铝合金铸件间是否存在可目测区分的连续氧化物层。请参考 2002 年 8 月 20 日提交的共同未决的申请 U.S. 60/404,672 的实施例 3(如图 10)，测试表明在界面处没有可目测区分的连续氧化物层，而该申请的比较例 H(如图 11)有连续氧化物层。参照图 10，实施例 3 的抛光横截面在插入物基质 166 和浇铸合金 163 的界面处 162 没有明显的边界。参照图 11，比较例 H 的抛光横截面在插入物基质 186 和浇铸合金 183 的界面 182 处表现出明显的边界，被认为是氧化物层。

10

机动车辆用的盘式制动器的例子包括转子；置于转子的相对侧并可移动而与其配合制动的内制动片和外制动片；用于使内制动垫靠近转子的活塞；及制动钳，其包括在转子一侧上具有用于容纳该活塞的圆柱体的主体元件，位于转子另一侧并用于支撑外制动垫的臂状元件，及在该主体元件和该臂状元件间延伸穿过该转子平面的桥。

15

参照图 7A 和图 7B，盘式制动器组件 70 包括制动钳壳体 71，其由主体元件 72、臂状元件 73 及连接主体元件 72 一端与臂状元件 73 另一端的桥 74 组成。主体元件 72 其中包括通常为圆柱形的凹部 75，其可滑动地接收活塞 76，以压缩内制动垫 77。臂状元件 73 的内表面 78 支撑与内制动垫 77 相对的外制动垫 79。制动转子 701 与汽车的轮子相连(图未示)，并分别位于内制动垫 77 和外制动垫 79 之间。制动钳壳体 71 包括插入物 200A 和 200B，界面为 202A 和 202B。液压活塞 76 或施以其他动力使内制动垫 77 靠近转子 701 的一侧，而反作用力使制动钳壳体 71 漂浮，从而使外制动垫 79 与转子 701 的另一侧配合，这在本领域中是公知的。

20

25

本发明可由下面的实施例进一步阐明，但在实施例中所述的特定材料、其量及其他条件和细节不应被解释为不适当地限制本发明。本

发明的各种修改和变化对于本领域所属技术人员是显然的。除非另有所指，所有的份数和百分比是以重量计的。

实施例 1

5 插入物固持器的制备如下。厚度为 1.5mm 的铝薄片原料，由 6061 铝合金制成，用标准 T4 加热处理机(从 Vincent Brass and Aluminum, St. Paul, MN 以商品名"6061-T4"得到)进行热处理，进行激光切割得到图 8 所示的结构。切割铝薄片原料所用的激光是 1500 瓦数字控制的 CO₂ 激光器(从 Coherent, Inc., Santa Clara, CA 得到，并由 Laser Manufacturing, Inc., Somerset, WI 组成数字控制激光切割系统)。插入物固持器被设计成容纳 3 个插入物，两个尺寸为 72mm×15.5mm×5mm，一个尺寸为 82mm×35mm×5mm。

15 用钳子沿图 8A 所示的折叠线 a、b、c、d、e、f、g 和 h 弯折切下的薄片，得到图 8A 和图 8B 所示的形状，从而提供插入物固持器。尺寸 A 是 158.2mm，B 是 35mm，C 是 126.2mm，D 是 13.6mm，E 是 28mm。然后由 Co-Operative Plating Co., St. Paul, MN 涂覆插入物固持器，以提供无电镀沉积的约 3 微米厚的镍，然后电镀约 12 微米厚的银。

20

 如图 1 所示，将插入物 13A、13B 和 13C 置于固持器中，并用弯曲夹 12A、12B、12C 和 12D 夹紧，直到它们刚与插入物接触。插入物 13A、13B 和 13C 的制备如下。

25 使用去离子水胶料缠绕连续 α 氧化铝纤维束(从 3M Company, St. Paul, MN 以商品名 "NEXTEL 610" 得到；3,000 denier；杨氏模量约为 370GPa；平均抗张强度约为 3GPa；平均直径为 11 微米)，其中在缠绕到四面的 20.3cm(8-英寸)正方形心轴上之前立即在水浴中浸渍纤维束，以制备纤维体积装填为 65%的纤维预型件。施加张力(约 75 克，
30 用张力仪(从 Tensitron, Boulder CO 以商品名"CERTEN"得到)测定)缠

绕纤维，从而形成四个矩形的预型板(10.2cm(4 英寸)×20.3cm(8 英寸)×0.29cm(0.115 英寸)厚)。然后将心轴置于-40°C (-40°F)冷却器中，使水冷冻，并稳定制得的预型件。当冻结时，将预型板切成7.6cm×15.2cm(3 英寸×6 英寸)的预型件。

5

使用石墨模具组件(从 Schunk Graphite Technology, Inc., Menomonie Falls, WI 得到)浇铸铝基质复合材料板。石墨模具的宽度为 9.64cm，长度为 15.24cm，高度为 4.90cm。模具包括四个插入物狭槽，狭槽的中心间距为 0.89cm。用石墨颗粒的水性分散体(从 Acheson Colloids Company, Port Huron, MI 以商品名"AQUADAG"得到)涂覆石墨模具组件。将四个冻结的 7.6cm×15.2cm 预型件置于石墨模具组件中，四个腔体的每个腔体中一个预型件。然后将其中装有预型件的模具组件置于 120°C (250°F)的烘箱中约 16 小时，直到预型件中的水蒸发完。

10

15

然后将模具组件置于不锈钢罐中(长度 102mm，宽度 53mm，高度 500mm)，其一端开口，内部用氮化硼悬浮液(从 ZYP Coatings Inc., Oak Ridge, TN 以商品名"RS 1000"得到)涂覆。尽管不希望限于理论，但可以认为氮化硼涂层可抑制在后面的浇铸过程中不锈钢和熔融铝间的反应。

20

涂层干燥后，然后将 2500 克铝-2%铜合金锭(切成两块，每块 5.1cm×2.5cm×30.5cm(1 英寸×2 英寸×12 英寸))(从 Belmont Metal, New York, NY 以商品名"1980-A"得到)置于组件上部的不锈钢罐中。将 K 型热电偶(从 Omega Engineering Inc., Stamford, CT 得到)置于模具组件上部，以监测浇铸过程中铝-2%铜熔融体的温度。固定杆固定在石墨组件上部，以防止在浇铸过程中组件在熔融铝中漂动。然后将不锈钢罐置于压力浇铸机(从 Process Engineering Technologies, Plaistow, NH 得到)的压力容器内部，并闭压力容器。压力浇铸容器的尺寸约为 16.9cm(内径)×88.9cm(长度)。

25

30

然后用真空泵抽空关闭的浇铸容器，直到压力小于 1 torr。然后打开压力浇铸机的电炉电源，将石墨模具组件和 Al-2%的 Cu 合金锭加热到温度为 710°C (高于合金熔点约 100°C)。平均加热速率约为 340°C/小时。到达熔融温度 710°C 后，关闭电炉电源，关闭容器真空阀，从而将容器与真空泵隔开。

然后打开与加压的瓶装氩气槽连接的低压力阀，从而用氩气回填容器，至初始低压力为 1.79MPa(260psi)。当到达此压力时，关闭低压力阀，打开高压氩气阀，直到压力为 8.96MPa(1300psi)。将压力保持在 8.96MPa $\pm$ 1%(1300psi $\pm$ 15psi)达 15-20 分钟，从而使熔融铝-2%铜合金完全渗入预型件中。

接下来，降低压力，温度降至 500°C。当温度低于 500°C 时，打开容器排气阀，将氩气通到大气中。然后打开容器，取出不锈钢罐。将模具组件与罐分开，从石墨模具中取出四个铸铝基质复合材料板。

用垂直轴金刚石研磨机(#11 Blanchard 研磨机，从 Precision Instruments, Minneapolis, MN 得到)对铸板进行表面研磨至厚度为 0.25cm (0.1 英寸)。然后沿纵向切割铸板至宽度为 0.94cm(0.37 英寸)，从而得到 15.2cm(6 英寸) $\times$ 0.95cm(0.375 英寸) $\times$ 0.25cm(0.1 英寸)的铸板。

然后三个铸板的表面处理/涂覆如下。所有的铸板用 100 粒度的研磨轮(从 Norton Company, Worcester, MA 以商品名"DIAMDOND WHEEL, ASD100"得到)研磨，并用标准漆冲淡剂(从 HCI, St. Paul, MN 以 Grade 401 得到)清洗，用毛巾纸涂擦，直到没有可看到的残渣被从表面除去。

将两个制得的铸板经无电镀沉积涂覆约 3 微米的镍(通过 Co-Operative Plating Co., St. Paul, MN), 然后电镀约 12 微米的银。固持器和插入物由 3M Company 供给 THT Presses, Inc., Dayton OH, 使用 354 铝合金模压铸造, 制得的制动钳如图 6 所示。

5

实施例 2

本发明示例性固持器的一部分的制备如下。利用喷水切割法通过 Eagle Tool (Spring Lake Park, MN)切割一片薄片原料 6061 铝(从 Vincent Brass and Aluminum, St. Paul MN 以商品名"6061-T4"得到)。制得的薄片厚度为 0.095 英寸(0.24cm)。切下的薄片其尺寸为 0.367 英寸×0.095 英寸×6.00 英寸(0.93cm×0.24cm×15.24cm)。使用 150 粒度的砂纸抛光铝片边缘, 以除去因喷水切割产生的小波纹。为以后将该部分插入到模具中, 使用 150 粒度的砂纸(可从 3M Company, St. Paul, MN 以商品名"WETORDRY"得到)将铝片一端逐渐减小至 0.327 英寸×0.055 英寸(0.83cm×0.14cm), 最终长度为 0.40 英寸(1.0cm)。

15

然后将制得的铝片经无电镀涂覆镍(通过 Co-Operative Plating Co, St. Paul, MN), 然后用银电镀。镍涂层的厚度约为 3 微米, 银涂层约为 17 微米。

20

通过将固持器部分置于预热到约 550°C 的炉子中 20 分钟来空气加热制得的示例性固持器部分。然后将固持器部分放入钢模腔中。参照图 12, 模具 130 包括基座 132(9.8cm×9.8cm×14cm(3.9 英寸×3.9 英寸×5.5 英寸)), 其带有固持器部分用的矩形狭槽 134(1.3cm×0.25cm(0.5 英寸×0.1 英寸)), 及上部元件 136 (7.3cm×7.3cm×12.7cm(2.9 英寸×2.9 英寸×5.0 英寸))。上部元件 136 包括腔体 138, 其直径为 2.54cm(1 英寸), 深度为 10.2cm(4 英寸)。用氮化硼隔离剂(从 The Carborundum Corp., Amherst, NY 以商品名"COMBAT BORON NITRIDE AEROSOL SPRAY CC-18"得到)涂覆上部元件 136, 然后预热至约 400°C。在将加热的固持器部分放入模具后的 4 秒内, 将温度约为 760°C 的熔融铝合金(从

30

Alcan Inc., Montreal, Quebec 以商品名"A356"得到)沿预热的固持器部分倒入钢模腔中,进行固化。当温度冷却到约 500°C 时,从模腔中取出固持器部分和浇铸组件。

- 5 通过将其置于 535°C 的烘箱中 8 小时加热处理制得的浇铸样品,然后进行水淬火,并在 160°C 的烘箱中放置 12 小时。

10 将制得的经加热处理的样品分成四块 0.27cm(0.106 英寸)×2.5cm(1 英寸)直径的部分。将四个部分沿垂直于固持器示例性部分纵轴的方向切割。对于四个部分中每一个部分而言,将"L"形铝片(从薄片原料铝("6061-T4")切下,0.040 英寸(0.10cm)厚)(从 3M Company, St. Paul, MN 以商品名"PRONTO CA8"得到)与每一部分粘接,以标记出固持器示例性部分和周围 356 铝合金间的边界,从而在推出测试中有助于排列。

15 压缩剪切测试装置的示意图如图 9 所示,其中压缩剪切测试装置 140 包括推出工具 141、测试样品 142、支撑块 143 和 100,000 牛顿(22,482 磅)的压缩负载元件 147。推出工具 141 包括接触固持器 144 的示例性部分及测试样品 142 的相应横截面,但是推出工具 141 的横截面积小 10%(即推出工具 141 与固持器 144 的示例性部分的横截面形状相同, 20 推出工具 144 的横截面尺寸更小)。推出工具 141 夹在液压卡盘的上夹爪 145 中,液压为 10.34MPa(1500 磅/平方英寸)。支撑块 143 直径为 2.54cm(1.0 英寸),沉孔深 0.15cm(0.06 英寸)。1.1cm(0.435 英寸)直径的通孔设在液压卡盘 146 底部的张开夹爪 145 的上部。

25 待测试样品 142 放在支撑块 143 上,并套在沉孔、固持器的示例性部分、通孔中心。升高液压卡盘 146 的底部 148,直到在待推动的上部推出工具 141 和固持器的示例性部分间的空隙(即待测试样品 144)为 0.025cm(0.01 英寸)。然后利用推出工具 141 的匹配尖端手动水平和旋转地滑动支撑块 143,以定位在测试样品中露出的固持器的示例性

部分，从而将此前与样品粘合的排列条排成行，直到两个元件的横截面匹配。

5 然后通过朝向固定的推出工具 141 以 0.025cm(0.010 英寸)/分钟的速率向上移动较低的液压卡盘进行测试，同时监测负载和偏转。从而固持器的示例性部分与固定的推出工具表面接触，将其间的接触力记录成位移的函数。在总偏转约为 0.05cm(0.020 英寸)之后立即停止测试。

10 测试完成后，用光学显微镜以 100X 的放大倍率检测样品，以验证固持器的示例性部分和推出尖端完全对齐，使得其横截面重叠。

使用下式计算平均剪切应力：

15 平均剪切应力 = (第一滑程时的负载，N (lbs.)) / (固持器部分和铝合金间的接触面积， m^2 (in^2))。

负载被绘制成固持器示例性部分的位移的函数。推出曲线表现出明显非线性偏转处的负载是结合强度峰值(即在固持器的示例性部分与固持器的示例性部分周围的铝或铝合金铸件的界面处的是原始滑程)。

20

使用有限元分析(FEA)计算结合强度峰值。有限元分析(FEA)软件(从 Ansys Inc., Canonsburg, PA 以商品名"ANSYS"得到)被用来模拟固持器的示例性部分，表明结合强度峰值与测得的平均剪切应力比值约为 1.86。

25

FEA 的计算如下。创建测试样品的有限元几何模型。固持器的示例性部分与尺寸为 0.025cm5(0.01 英寸)的立方体元件组成网。固持器的示例性部分周围的铝/铝合金铸件与立方体组成网，在模拟的测试样品中该立方体接近固持器的示例性部分的侧面为 0.025cm(0.01 英寸)，
30 其他处为 0.10cm(0.04 英寸)。FEA 软件计算沿着固持器的示例性部分

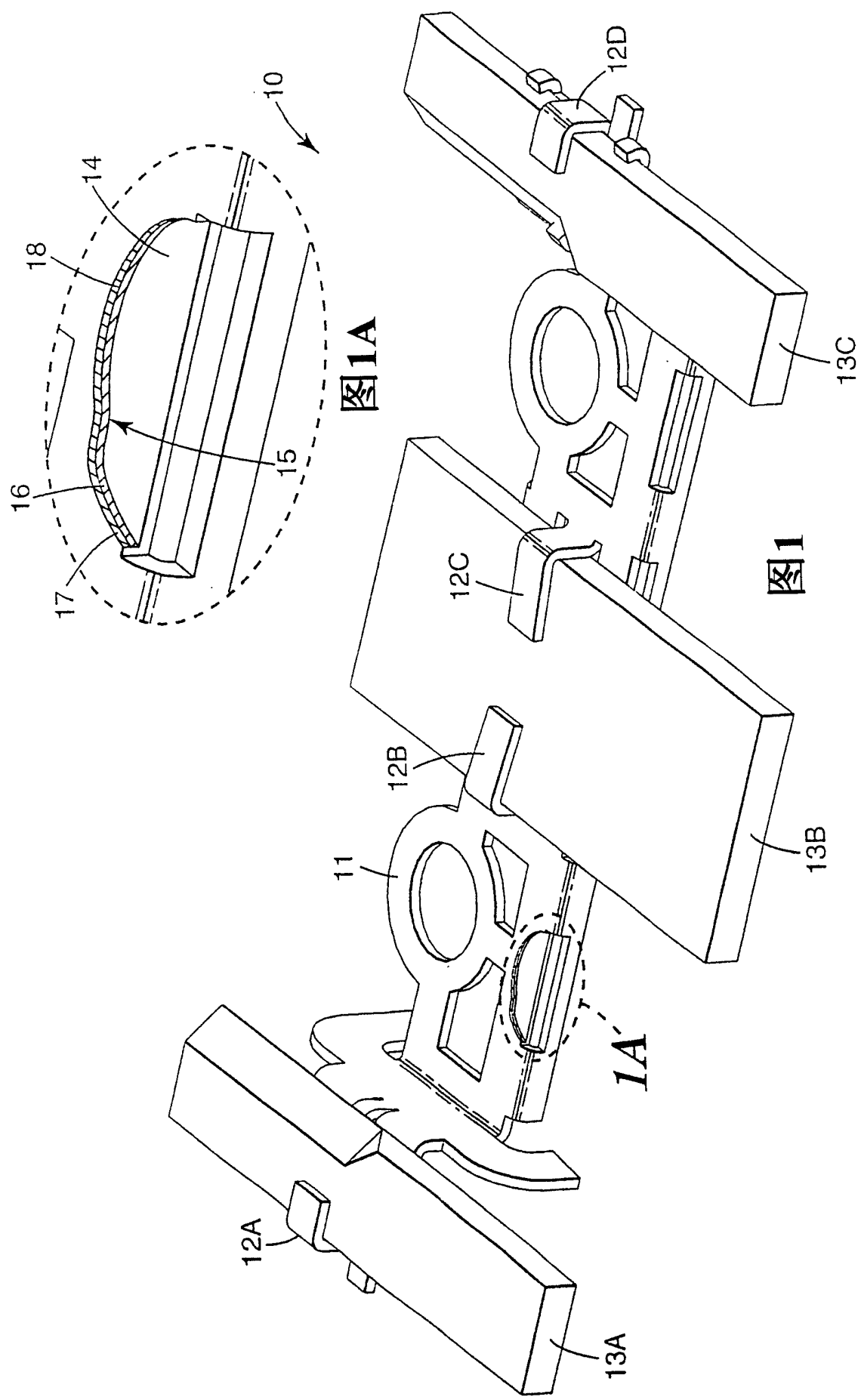
表面各点处的剪切应力，施加的压力为 228MPa(相应于推出测试负载为 1144 磅)。计算确定穿过固持器的示例性部分表面各点的剪切应力峰值和穿过固持器表面的示例性部分的剪切应力平均值。固持器表面的示例性部分而言，结合强度峰值与平均剪切应力的比值约为 1.86:

- 5 1。对于四个样品(实施例 2A、2B、2C 和 2D)的第一滑程时的负载、平均剪切应力和结合强度峰值记录在下表中。

表

实施例	第一滑程时的负载 N, (lbs.)	平均剪切应力 MPa, (psi)	结合强度峰值 MPa, (psi)
2A	4466 (1004)	70.8 (10,266)	131.7 (19,095)
2B	5418 (1218)	85.9 (12,454)	159.7 (23,165)
2C	5218 (1173)	83.7 (12,131)	155.6 (22,564)
2D	4942 (1111)	79.7 (11,567)	148.3 (21,515)

- 10 本发明的各种变化和修改对于本领域所属技术人员是显然的，这不会脱离本发明的范围和精神，也应该理解本发明不限于其中所述的实施方案。



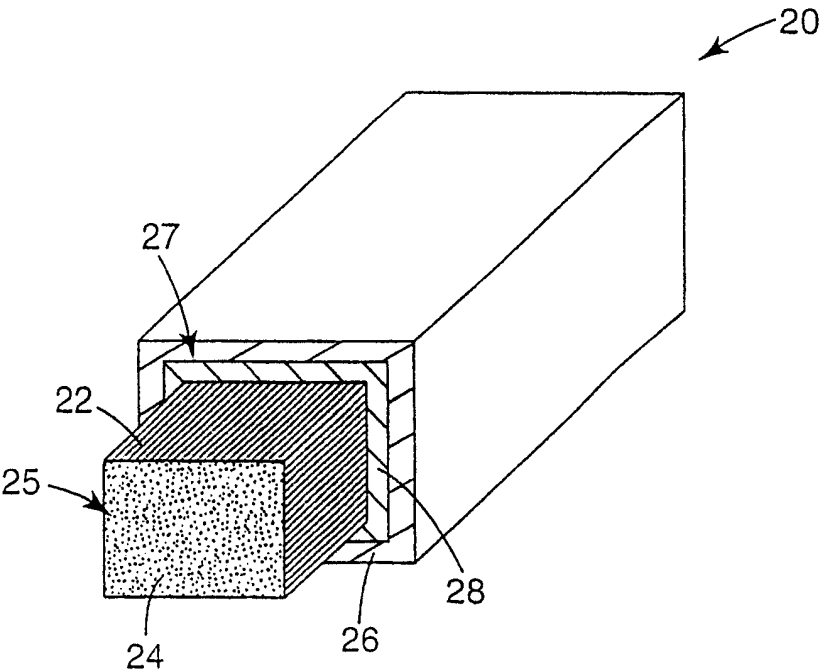


图2

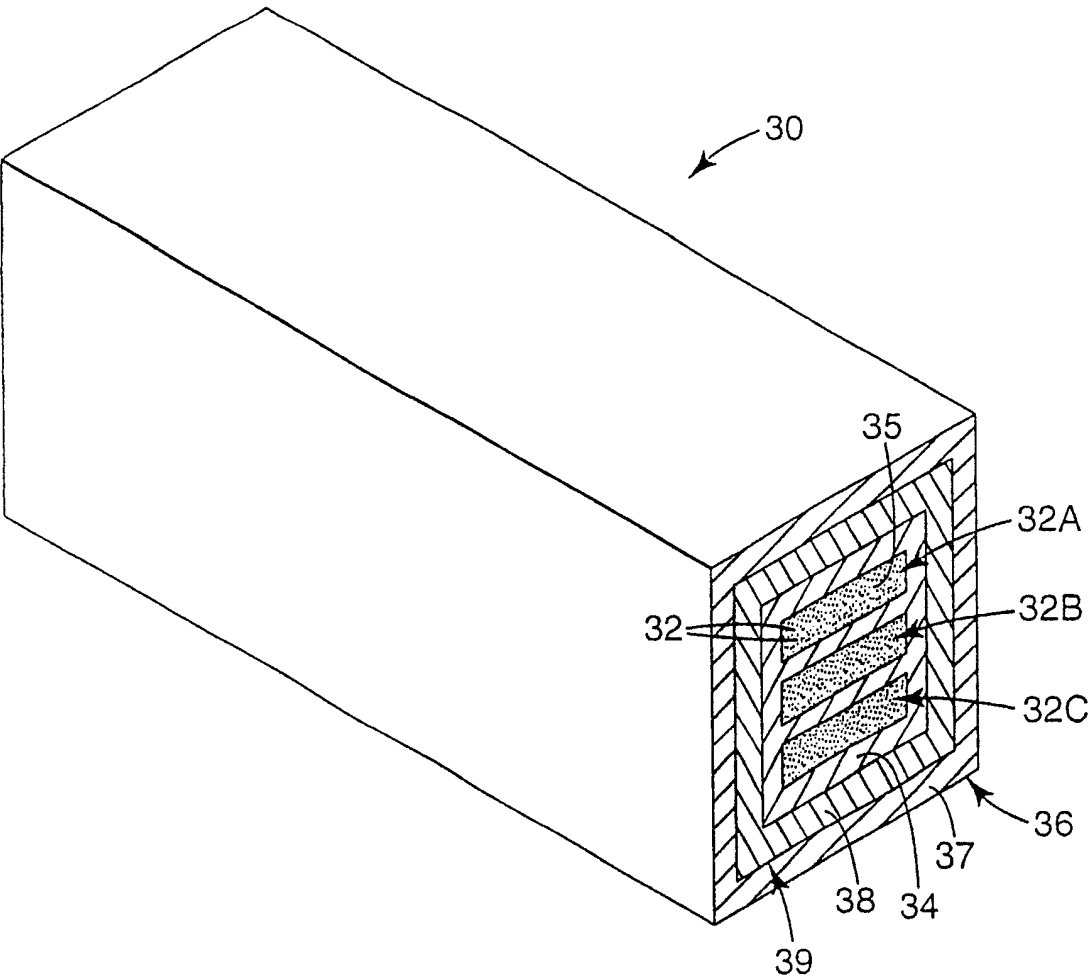


图3

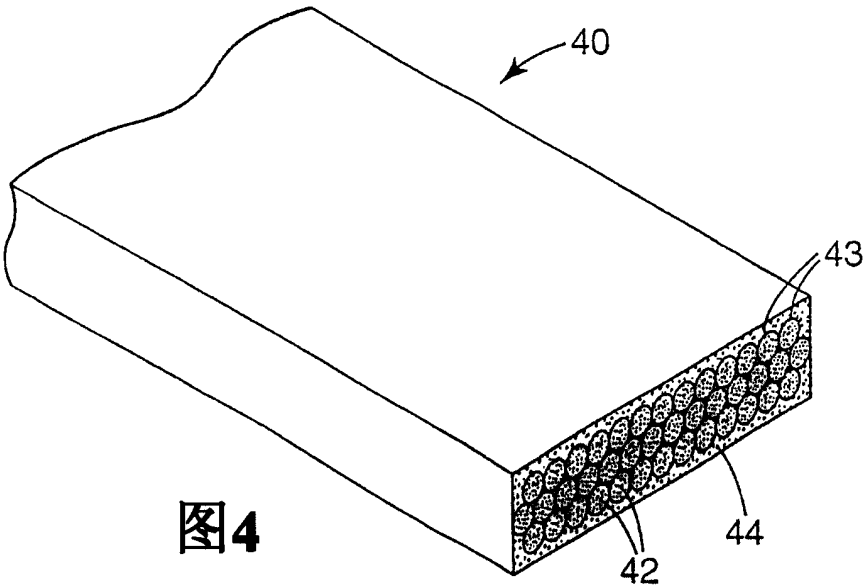


图4

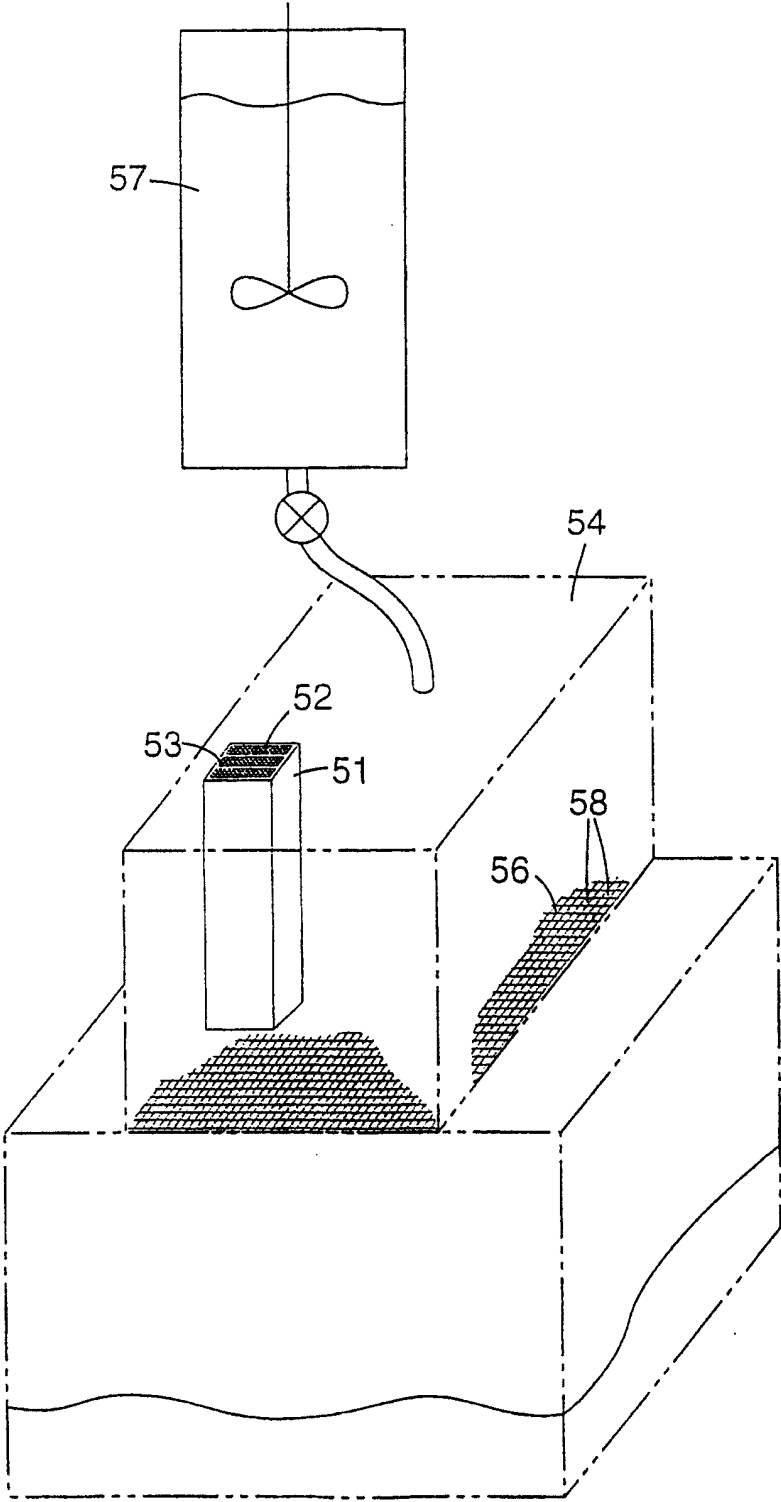


图5

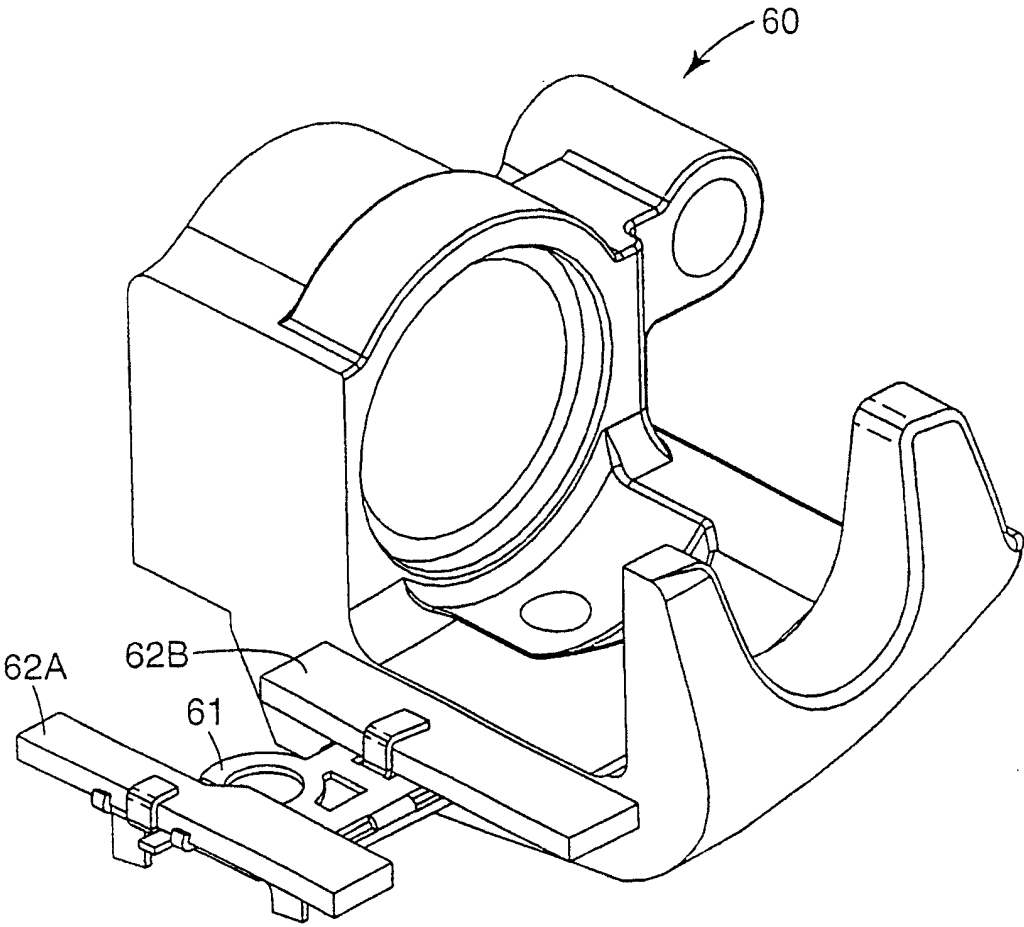


图6

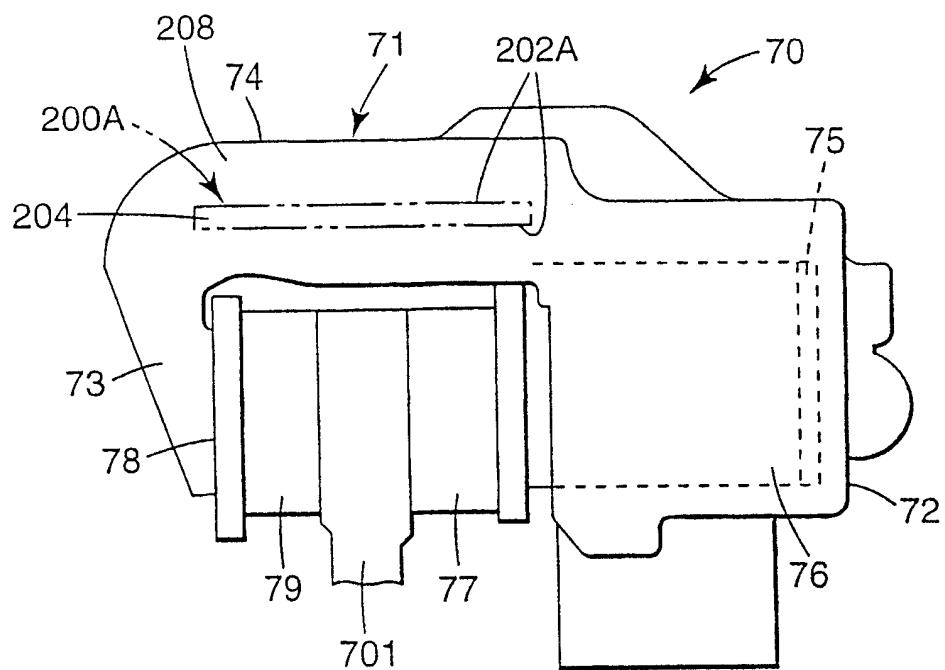


图7A

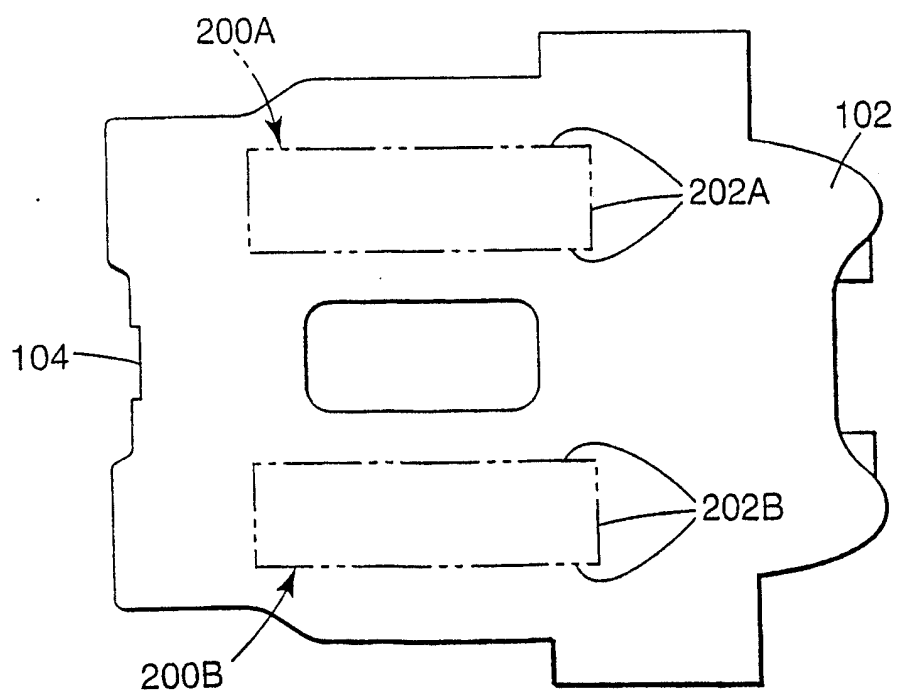


图7B

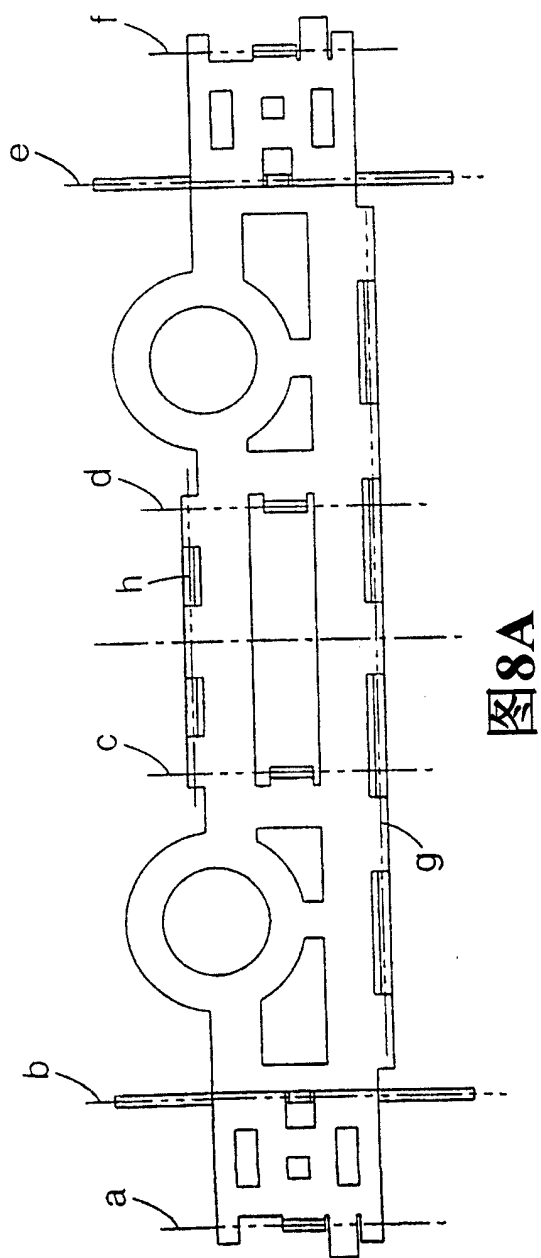


图8A

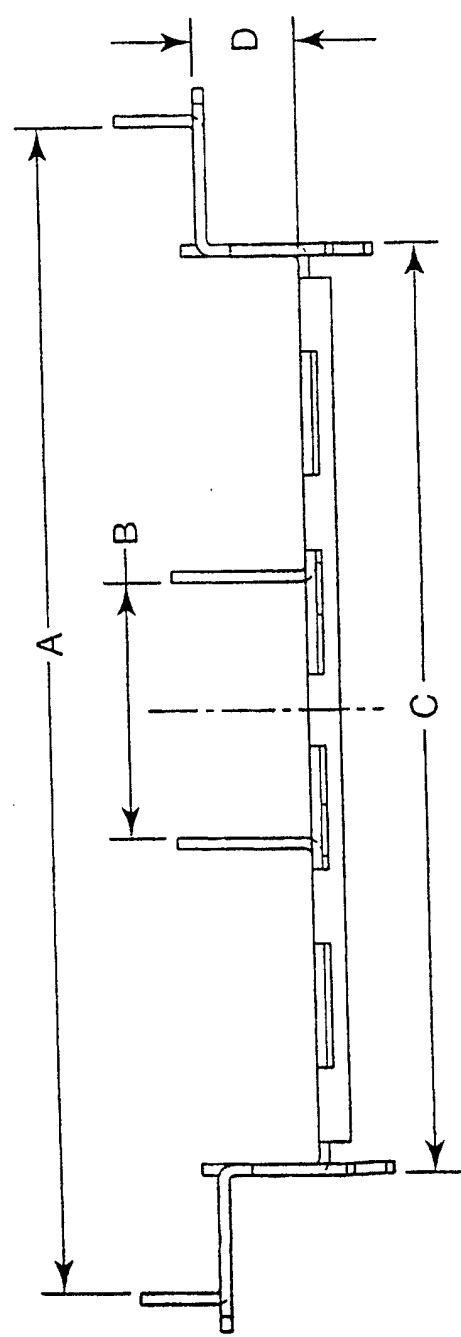


图8B

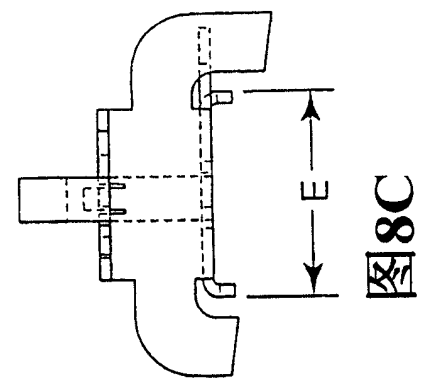


图8C

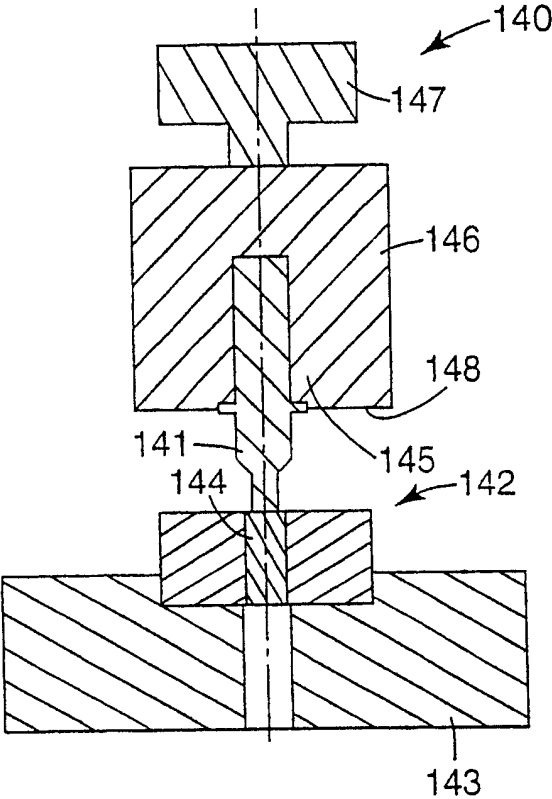
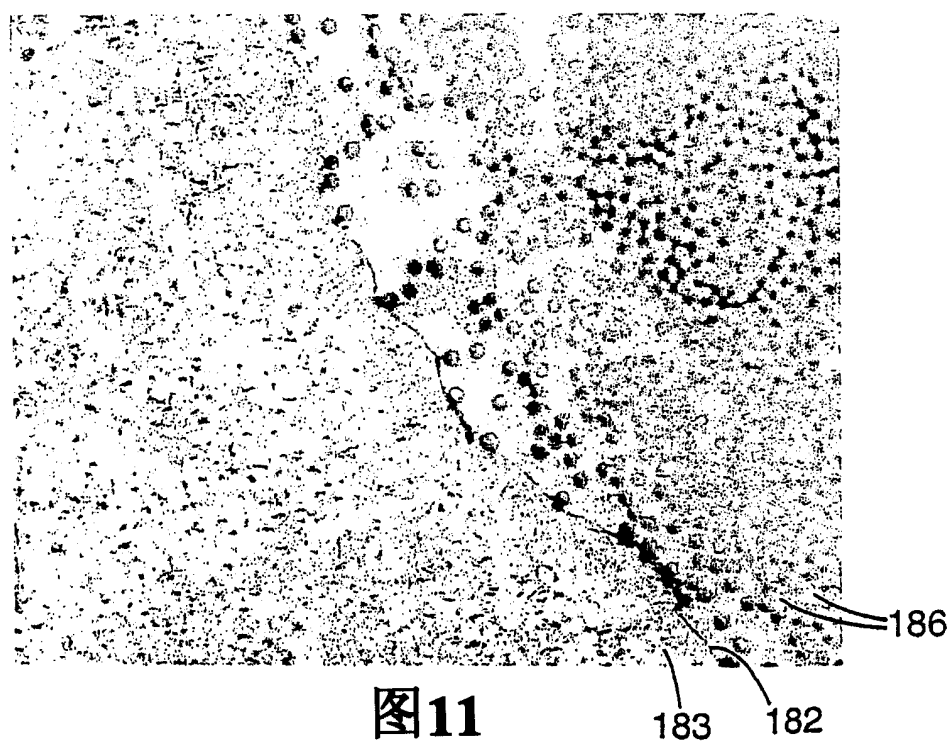
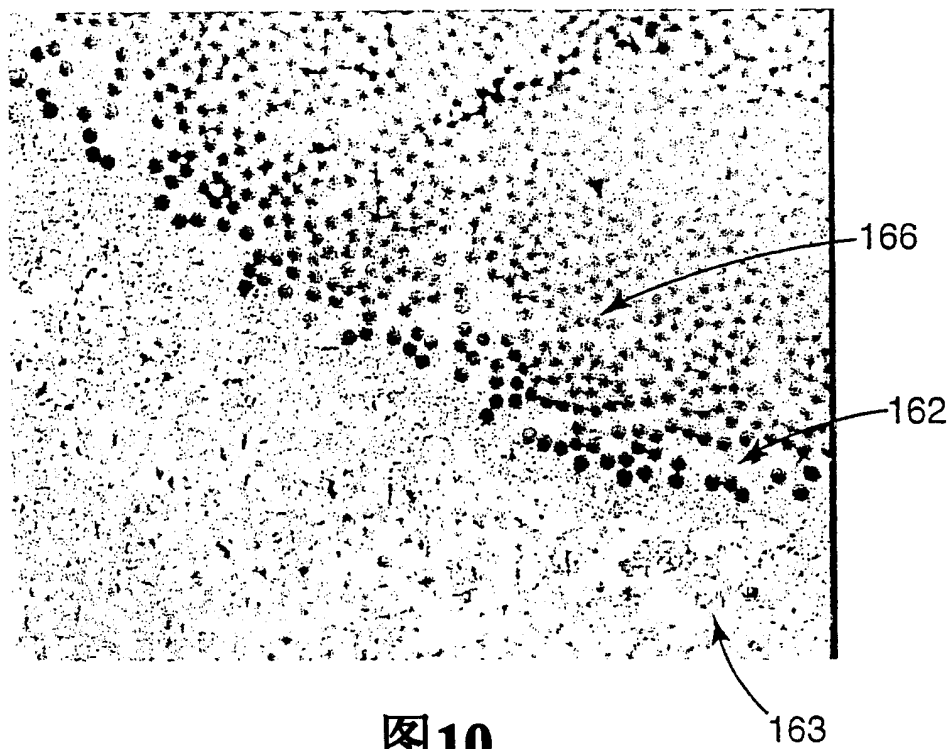


图9



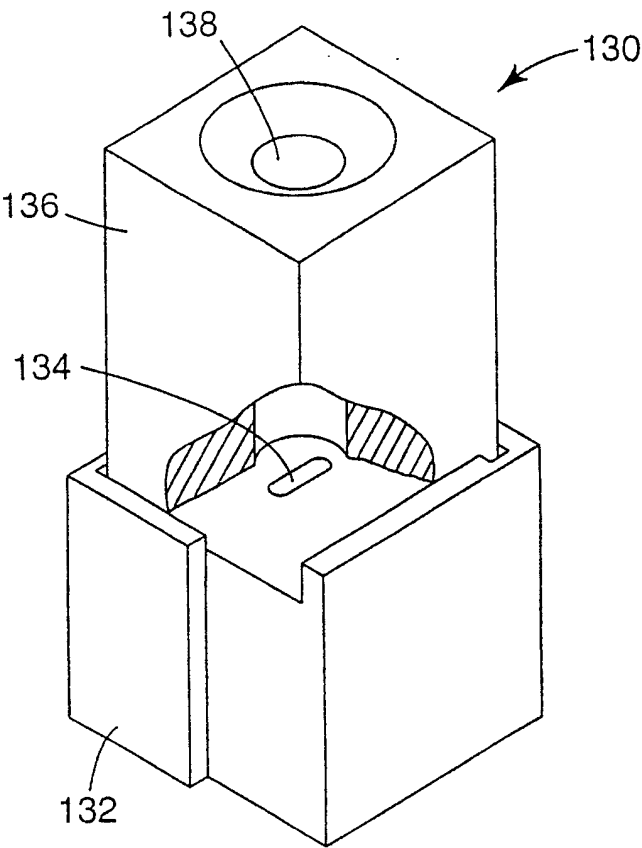


图12