



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00817801.1

[43] 公开日 2003 年 4 月 23 日

[11] 公开号 CN 1413135A

[22] 申请日 2000.10.24 [21] 申请号 00817801.1

[30] 优先权

[32] 1999.10.25 [33] US [31] 09/427379

[86] 国际申请 PCT/US00/29269 2000.10.24

[87] 国际公布 WO01/30528 英 2001.5.3

[85] 进入国家阶段日期 2002.6.25

[71] 申请人 联合讯号公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 A·拉宾金 N·德克里斯托法罗

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

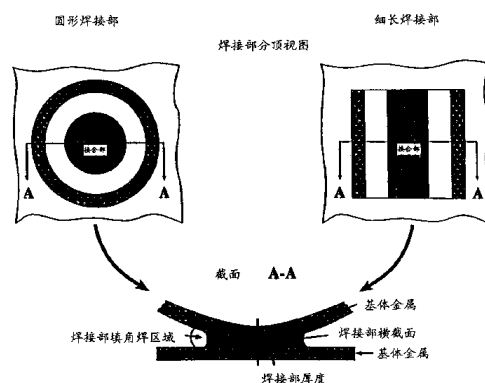
代理人 蔡民军 黄力行

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 6 页

[54] 发明名称 一种制造钎焊多通道结构的方法

[57] 摘要

公开一种方法，该方法采用非晶型钎焊金属箔片作部件之间的钎焊填料金属来钎焊板/板和板/翅片式的多通道结构，以形成具有最佳尺寸、形状和强度的均匀钎焊接合部。该部件被组装成不受约束的叠置组件，然后在叠置组件的顶部施加可控的负载。随后将叠置组件加热到间层熔化并与基体金属反应的温度，由此形成钎焊接合部。接着，冷却叠置件，使钎焊结构具有要求的特性，其中，结构的强度等于基体金属基本强度。



ISSN 1008-4274

1. 一种钎焊部件的方法，包括以下步骤：
 - a) 将一非晶型箔片形状的金属间层配置在要焊接的部件之间；
 - b) 将该部件组装成一个不受约束的叠置组件；
 - 5 c) 在该叠置组件的顶部加上可控的负载；
 - d) 将该叠置组件加热到该间层熔化并与基体金属发生反应的温度；以及
 - e) 冷却该叠置组件，形成一个具有均匀接合部的结构，该接合部具有最佳的尺寸、形状和强度。
- 10 2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，该部件选自下列一组部件，该组部件包括板部件和翅片部件。
3. 如权利要求2所述的方法，其特征在于，该板和翅片分别用金属制成。
4. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，该间层包括由非晶型
15 金属箔片制成的平的预制件。
5. 如权利要求4所述的方法，其特征在于，该非晶型金属箔片的平均厚度在约25~60 μm 之间，最好在约37~50 μm 之间。
6. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所加的负载值不超过在钎焊温度下使得该叠置组件塌陷的数值。
- 20 7. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，该均匀的钎焊接合部具有最佳的厚度以及形成整体的填角焊，从而完全焊接所有的钎焊间隙而不残留小孔。
8. 一种按照权利要求2所述方法制造的制品。
9. 如权利要求8所述的制品，其特征在于，该制品用选自下面一
25 组材料中的材料制成，该组材料包括300系列的不锈钢和400系列的不锈钢。
10. 如权利要求8所述的制品，其特征在于，该制品用一组材料中选出的材料制成，该组材料包括Inconel和Hastelloy超合金。
11. 如权利要求8所述的制品，其特征在于，该制品用一种材料
30 制成，该材料包括耐热、高铬、低碳钢。
12. 如权利要求8所述的制品，其特征在于，制造该制品的材料由粉末冶金的弥散硬化合金构成，该合金包括铁、铬、铝和氧化钇。

13. 如权利要求 8 所述的制品, 其特征在于, 制造该制品的材料包括低合金、低碳钢。
14. 如权利要求 8 所述的制品, 其特征在于, 该制品的强度等于该制品基体金属的强度。
- 5 15. 一种钎焊结构, 包括:
- a) 许多部件; 以及
- b) 一在上述部件之间的非晶型金属箔片间层, 该间层形成均匀的钎焊接合部, 该钎焊接合部具有最佳的尺寸、形状和强度; 其中, 该结构的强度等于该部件基体材料的强度。
- 10 16. 如权利要求 15 所述的结构, 其特征在于, 该部件选自一组部件, 这组部件包括板和翅片。
17. 如权利要求 16 所述的结构, 其特征在于, 该板和翅片分别是金属。
- 15 18. 如权利要求 15 所述的结构, 其特征在于, 非晶型金属箔片的平均厚度在约 25 ~ 60 μm 之间, 最好在约 37 ~ 50 μm 之间。
19. 如权利要求 15 所述的结构, 其特征在于, 均匀的钎焊接合部具有最佳厚度, 该钎焊接合部具有整体的填角焊, 从而完全焊接所有钎焊间隙而不残留小孔, 使得结构可以抗渗漏。
- 20 20. 如权利要求 15 所述的结构, 其特征在于, 该部件用选自下列一组材料中的材料制成, 这组材料包括 300 系列的不锈钢和 400 系列的不锈钢。
21. 如权利要求 15 所述的结构, 其特征在于, 该部件用选自下列一组材料中的材料制成, 该组材料包括 Inconel 和 Hastelloy 超合金。
22. 如权利要求 15 所述的结构, 其特征在于, 制作该部件所用材料包括耐热、高铬、低碳钢。
- 25 23. 如权利要求 15 所述的结构, 其特征在于, 制造该部件的材料包括粉末冶金的弥散硬化合金, 该合金包括铁、铬、铝和氧化钇。
24. 如权利要求 15 所述的结构, 其特征在于, 制造该部件的材料包括低合金、低碳钢。

一种制造钎焊多通道结构的方法

技术领域

- 5 本发明涉及一种制造方法，该方法采用非晶型钎焊薄片作钎焊填料金属，(硬)钎焊均质板/板和板/翅片多通道结构。

背景技术

- 钎焊是一种焊接金属部件的方法，该金属部件通常彼此间具有不同的组份。通常将其熔点低于待焊接基体金属部件熔点的钎焊填料金属放置在部件中间，形成一个组件，然后将该组件加热到足以使钎焊填料金属熔化的温度。在冷却时便形成强度高的最好是耐腐蚀的钎焊接合部。

- 用钎焊方法生产的一类产品是热交换器，交替的金属平板和翅片或波纹板构成的三维结构保持紧密实体接触的状态。钎焊的钎焊接合部在板/翅片热交换器的情况下机械连接平板和翅片，并焊接平板和翅片之间的接触区域，而在板/板钎焊的情况下，连接冲压的波纹板，并焊接该冲压波纹板之间接触区域。该波纹板的结构具有人字形图案、压出的各种圆形的凹部和其它的结构。在钎焊后的情况下，与这些凹部分平板焊接或凹部彼此焊接，形成一个精巧的通道系统和相互交织的空腔。在使用时，热的或冷的流体和/或气体可以分开的流过这些通道进行热交换。在很多情况下，这些结构用耐热和耐腐蚀钢制作，并操作在高温下，用作公共系统中的冷却器、航天结构中的热交换器，以及用作化学工业、粮食和其它加工业中所用的同流换热器。

- 制造大多数多通道钎焊结构的方法是在进行实际钎焊之前，将填料金属放在基体金属部件之间。粉末状的填料金属可以喷在基体金属部件的表面上，或以粉末/聚合物混合泥浆的形式涂在表面上。在两种情况下，粉末状的填料金属是多孔的，包含相当多的氧化物杂质。以这种方式使用粉末填料金属导致不均匀的多孔的和质量差的钎焊接合部。作为选择，将金属箔片形状的填料金属直接放在要焊接的基体金属部件之间。相比较，金属箔片是100%致密的，包括很少量的杂质，而且可以在焊接区域上更准确地进行计量。在约束的组件中应用金属箔片，虽然比粉末更为有效，但是金属箔片的厚度必须进行一些小的

改变。钎焊期间约束这些组装的交替的基体金属板和箔片预制件组件，使其不能相对运动，这是特别重要的。

为了优化钎焊结构的性能，人们必须进行麻烦的预先试验，以确定粉末或金属箔片相对于基体金属板的厚度和几何形状的正确用量。

- 5 另外，受约束的组件要求所有部件具有很精确的尺寸和很精确的部件定位，采用现有技术，这些要求是难以达到的，而且要满足这些要求成本很高。为说明起见，以板/板热交换器中的波纹板为例，该板为250mm宽，100mm长，0.1mm厚，通道高度为5mm。最佳的钎焊接合部具有间隙0.025~0.050mm。通道高度1%的变化将引起间隙变化
- 10 0.05mm。板的平整度偏差1%将引起间隙变化1mm。焊接这些局部很大间隙的唯一方法是用钎焊填料金属将这些间隙填满。当间隙很大，而可用的填料金属的量很少或填料金属流动性差时，则在机械约束的板和预制件组件中，过大间隙的填塞将不是很充分的。因此，可能产生很大的没有钎焊的区域。

- 15 正确设计的热交换器在其适当的通道内必须包括液体和/或气体，并且必须安全地承受由流体介质作用的压力。这些设计标准应适用于结构上钎焊的各个钎焊接合部。钎焊接合部的强度是由钎焊接合部尺寸和微结构决定的参数。它受到时间-温度焊接条件的影响。如果在热交换器中有许多钎焊接合部，则很难预测焊接强度和整体性，甚至很难规范。在高强度焊接的理想情况下，在临界内压力作用下，钎焊结构可能的失效，发生在由基体金属制成的结构部件上，而不是发生
- 20 在钎焊接合部。

- 钢制热交换器通常用Cu填料金属、Ni-或Co-基填料金属进行钎焊。Cu填料金属可以采用金属箔片形式。然而使用Cu只限于用在承受
- 25 中等温度和包含少量腐蚀性介质的热交换器上。Ni-和Co-基填料金属产生的钎焊焊接区域能够抗高温和中等腐蚀介质。焊接这些结构的大多数新的Ni-和Co-基填料金属包括大量的非金属元素，例如B、Si和/或P。因此，这种金属的常规晶体状态是很脆的，只能作为粉末、粉末-粘接剂糊状物、条状和大体积铸造的预制件应用。粉末和粉末基
- 30 的预制件不容易钎焊形状复杂的结构。然而这些Ni和Co-基合金可以转化成为有延展性的软的箔片，这种箔片用快速固化工艺生产，在固态状态下，这种箔片为非晶型结构。在很多专利中，例如美国专利NO

4148973 和 4745037 中公开了这种用在钎焊方面的非晶型合金。尽管迄今快速固化工艺已实现许多重要优点，但是由此法生产的箔片其横截面和纵向厚度将发生变化，有时超过 $\pm 40\%$ 。

5 因此一直需要一种改进的方法，用于钎焊复杂的三维板/板和板/翅片结构，这种方法可以提供强度大的钎焊接合部，并且可以控制横截面尺寸，而不过分依赖于：(a) 钎焊箔片的厚度及其误差；(b) 翅片和轮廓的准确尺寸和形状。

10 现有一批试验数据可以证明，垂直于要经受钎焊操作的样品钎焊接合部施加负载将产生有利的作用。在这些样品的各个部分，可以用非晶型金属箔片作钎焊填料金属。钎焊接合部厚度随所施加的负载变化。这些数据表明负载在改进液体填料金属对粗糙间隙表面的浸润和形成无孔焊接中的重要性。另外，液体填料金属的表面张力和所加负载之间自调节的相互作用也可以优化厚度、微结构，最重要的是，优化钎焊的强度。这种重要的负载作用为本发明提出的方法奠定了科学基础，从而改进了钎焊的多通道结构。

发明内容

20 本发明实施一种钎焊方法，该方法包括以下步骤：将非晶型的箔片形状の間层放置在要焊接的板和翅片之间；以不受约束的叠置的方式将部件组装在一起；在该叠置组件的顶部施加可控制负载；在适当条件下，加热该组件到一定温度，在该温度下，间层熔化并与基体金属部件发生反应；然后冷却该组件，形成一个具有均匀钎焊接合部的结构，该钎焊接合部具有最佳的尺寸、形状和强度。

本发明还包括由上述方法生产的钎焊结构。

附图说明

25 下面参考附图，可以明显看出本发明的细节以及其一个优选实施例的细节，这些附图是：

图 1(a) 是顶视图，示出在钎焊热交换器上形成的圆形钎焊接合部；

图 1(b) 是顶视图，示出在钎焊热交换器上形成的细长钎焊接合部；

30 图 1(c) 是形成在已钎焊热交换器上的图 1(a) 和 1(b) 的钎焊接合部横截面图；

图 2(a) 是钎焊前和钎焊后板/翅片组件的示意图；

图 2(b) 是板/板组件在焊接之前和之后的示意图；

图 3 (a) 是用于示范本发明实施例的一个样品的照片, 图中示出在 650℃ 进行机械测试之前的状态;

图 3 (b) 是用于示范本发明实施例的一个样品的照片, 图中示出在 650℃ 进行机械测试之后的状态;

5 图 4 (a) 是不锈钢钎焊接合部的微结构的照片, 该钎焊接合部用 25 μm 厚的非晶型箔片进行钎焊;

图 4 (b) 是不锈钢钎焊接合部的微结构的照片, 该钎焊接合部用 50 μm 厚的非晶型箔片进行钎焊;

10 图 5 (a) 是一个照片, 该照片示出在 650℃ 下进行机械拉伸测试样品失效后的侧视图, 示出失效位置在钎焊接合部;

图 5 (b) 是一个照片, 该照片示出在 650℃ 下进行机械拉伸测试样品失效后的侧视图, 示出失效位置在基体金属部件上;

15 图 6 是照片, 示出一个样品的两半件的照片, 该样品用预先放置的 25 μm 厚金属箔片非晶型钎焊填料金属制作, 图中示出由于在翅片中存在小凹部而造成大的非焊接区域。

具体实施方式

为确保制品不渗漏, 钎焊的多通道结构必须在各个接触表面具有完全的钎焊焊接。另外, 为了确保使用寿命长, 这些钎焊接合部必须是均匀的和强度高的。

20 本装置的机械性能可用三个基本参数表示: 1) 由钎焊结构承受的最大失效压力; 2) 结构对所承受压力的长期尺寸稳定性; 3) 结构对可变压力和温度的长期机械稳定性。这种装置可能在钎焊接合部失效或在基体金属结构上发生失效。如果该装置在焊接的钎焊接合部失效, 则强度由钎焊接合部总的接触表面和钎焊强度决定。如果该装置
25 在基体金属构件上产生失效, 则强度由该构件的横截面和固有强度决定。在该装置中的这些区域示于图 1。

本发明提供一种方法, 用于制造均匀的不渗漏的强度大的多通道板/翅片和板/板焊接结构, 在这种方法中, 采用非晶型的箔片做填料金属。此方法包括以下步骤:

30 (a) 选择箔片形状的填料金属, 使得该金属填料为非晶型结构, 其熔点温度选择成低于基体金属板部件和翅片部件的熔点温度;

(b) 按照图 2 所示的顺序, 在一个支承装置 5 内组装板 1、翅片

2 和钎焊填料金属预制件 3, 使得这些部件可以在垂直方向自由移动, 但是可以制止其在钎焊操作期间进行横向运动;

(c) 在图 2 所示的叠置组件的顶部放上固定量的重物, 由此对组件施加压力负载。该压力负载不应该使叠置件在钎焊温度下塌陷;

5 (d) 将该组件放置在一个炉子内, 然后加热到至少使填料金属熔化的温度; 以及

(e) 然后冷却该组件。

在这些条件下, 钎焊填料金属熔化, 并填满部件要钎焊的部件之间的原来的间隙, 如图 2 的表示“钎焊后”状态的图所示。同时, 所
10 加的压力负载可调节个钎焊区域的间隙, 根据负载, 该间隙可以调节到 $15 \sim 30\mu\text{m}$, 调节方法是使基体金属部件更紧密地靠在一起或稍微分开一些, 直至在所加负载和这些间隙中熔融金属的表面张力之间达到平衡而停止运动。过量的熔化金属将部分地排出钎焊缝隙, 形成横截面积大的填角焊, 得到强度高的钎焊接合部。可以控制钎焊结构总的
15 尺寸, 而不管所用箔片厚度的变化和板/翅片部件的均匀性如何。另外, 结构的所有形成通道具有同等的横截面。

在上述方法中所用箔片的平均厚度通常约为 $37 \sim 60\mu\text{m}$, 这种厚度也是焊接部件之间所要求的间隔。这种间隔使得钎焊的钎焊接合部的强度增加到最大。较薄的箔片可能造成液体填料金属的量不足, 难以填满所有可能的过大间隙。较厚的金属箔片不经济, 而且是不需要的, 这是因为在本发明中所述的结构失效可能不会发生在钎焊的钎
20 焊接合部, 而是发生在基体金属件上。因此, 可以达到钎焊结构的理想性能, 其中由基体金属的强度确定该失效。

举例

25 为了例示上述方法, 制造许多样品进行试验, 该样品按照下面本发明的一般原理进行制造。

分别厚度为 $100\mu\text{m}$ 和 $50\mu\text{m}$ 的 UNS4360 号不锈钢片冲压平板并制作正弦形的翅片。按照“关于 BNi-2 的美国焊接规范 ANSI/A5.8”使用磨料水喷射切割法将 Ni 基非晶型合金切割成箔片状的平的填充金属
30 预制件。

用平均厚度为 $25\mu\text{m}$ 、 $37\mu\text{m}$ 和 $50\mu\text{m}$ 的非晶型金属箔片, 用带有细尖头探针的表面光度仪测量的整个箔片构形具有深度到达 $15 \sim 25\mu\text{m}$

5 的凹槽。这三个样品被组装成由 16 个相同部件组构成的叠置组件。每个部件组由板/预制件/翅片/预制件/板部件组成。在钎焊时，这 16 组中的每一组部件变成许多模拟实际热交换器中通道的密封通道。对于许多样品中的各个样品由相同的基体金属和翅片部件组成，但是所用的箔片预制件则取上述厚度中的一种厚度。每个样品被组装在垂直的导向件之间，该导向件固定于专用保持器的厚板上，从而可使所有叠置组件在钎焊期间可沿垂直方向自由移动。然后，在各个样品的顶部放上负载，该负载为图 2 所示的金属块和石墨块。然后将位于装置 5 中的加载的样品垂直放在真空炉中，并在约 1090℃ 温度下钎焊 15 分钟。在钎焊之后，制备该样品使其可以进行机械试验。将样品用放电方法切割和加工，作成具有 I 形梁形状的本体，该本体在样本“颈部”具有约 25mm×25mm 的横截面积，如图 3 (a) 所示。然后用切片制作金相样品。然后用光学显微镜在 100× 中等放大倍数下测量钎焊接合部尺寸和微结构与预制件厚度的关系。

15 金相观察实验证明，在所有钎焊中间部分的钎焊接合部厚度是同样的，而不管原来非晶型箔片的厚度如何，即使比较样品用如图 4 (a) 和 4 (b) 所示的 25μm 和 50μm 箔片制造时也是这样。观察到这种效果是因为钎焊的间隙没有受到约束。实际上，过量的液体 MBF-20 合金在熔化时部分从毛细间隙中排出，直至在所有间隙表面上的表面张力等于施加在样品上总的负载，该总的负载是部件重量和外加重物的重量。这种过量的熔化的 MBF-20 金属特别是在 50μm 金属箔片中的过量熔化金属便流出原来的间隙构成很大的填角焊，并局部爬到翅片的垂直壁上。越厚的填充金属造成越大的填角焊，这种填角焊具有有利的形状，不会发生如图 4 (a) 所看到的很窄的空腔形晶化收缩图案，因此造成更大的钎焊接合部横截面，如图 4 (b) 所示。

25 采用标准的光学比较仪测量所有钎焊样品中形成的各个通道的高度，测量结果如下：

填料金属厚度, μm (密尔*)	平均通道高度, mm (密*)	16 个通道总的高度, mm (密尔*)
25 μm	3.282 (129.21)	52.514 (2067.5)
37 μm	3.287 (129.4)	52.590 (2070.5)
50 μm	3.284 (129.3)	52.557 (2069.2)

***测量这些参数的单位**

因为 16 个钎焊箔片预先配置在各个样品中，所以用 25 μm 和 50 μm 厚箔片组装的组件原来的差别是 0.4mm。这种差别在钎焊结构中可以减少到接近于 0，这两种样品高度的总差在钎焊后下仅为 0.042mm。

- 5 在 650 $^{\circ}\text{C}$ 的条件下用标准的拉伸实验机拉伸 I 形梁形状的钎焊样品，这些样品显示出在失效时的以下最大负载，这些负载随箔片的厚度线性变化。

填料金属厚度, μm (密尔*)	样品在 650 $^{\circ}\text{C}$ 时失效的最大负载, kg (英镑*)
25 μm	342 (754)
37 μm	429 (946)
50 μm	537 (1183)

- 10 如图 5 (a) 和 5 (b) 所示，在 20 \times 中等放大倍数条件下，对失效样品进行的光学研究表明，在用平均厚度为 25 μm 和 37 μm 的钎焊样品中，失效发生在钎焊接合部，如图 5 (a) 所示。另外，在用 25 μm 箔片的钎焊样品中观察到，由于钎焊填料金属的量不足以填满翅片上的偶尔出现的凹痕和其它缺陷而造成的很大的没有钎焊的点，如图 6 所示。对于用 50 μm 金属箔片的样品，失效发生在翅片的中部，如图 5 (b) 所示。因此，在这种情况下，焊接结构的强度事实上由基体金属的强度决定。
- 15

虽然已经相当详细的说明本发明，但是应当明白，本领域技术人员可以想到，这种细节不是很严格的，而可以进行各种变型和改型，所有这些变型和改型均在如所附权利要求书确定的范围内。

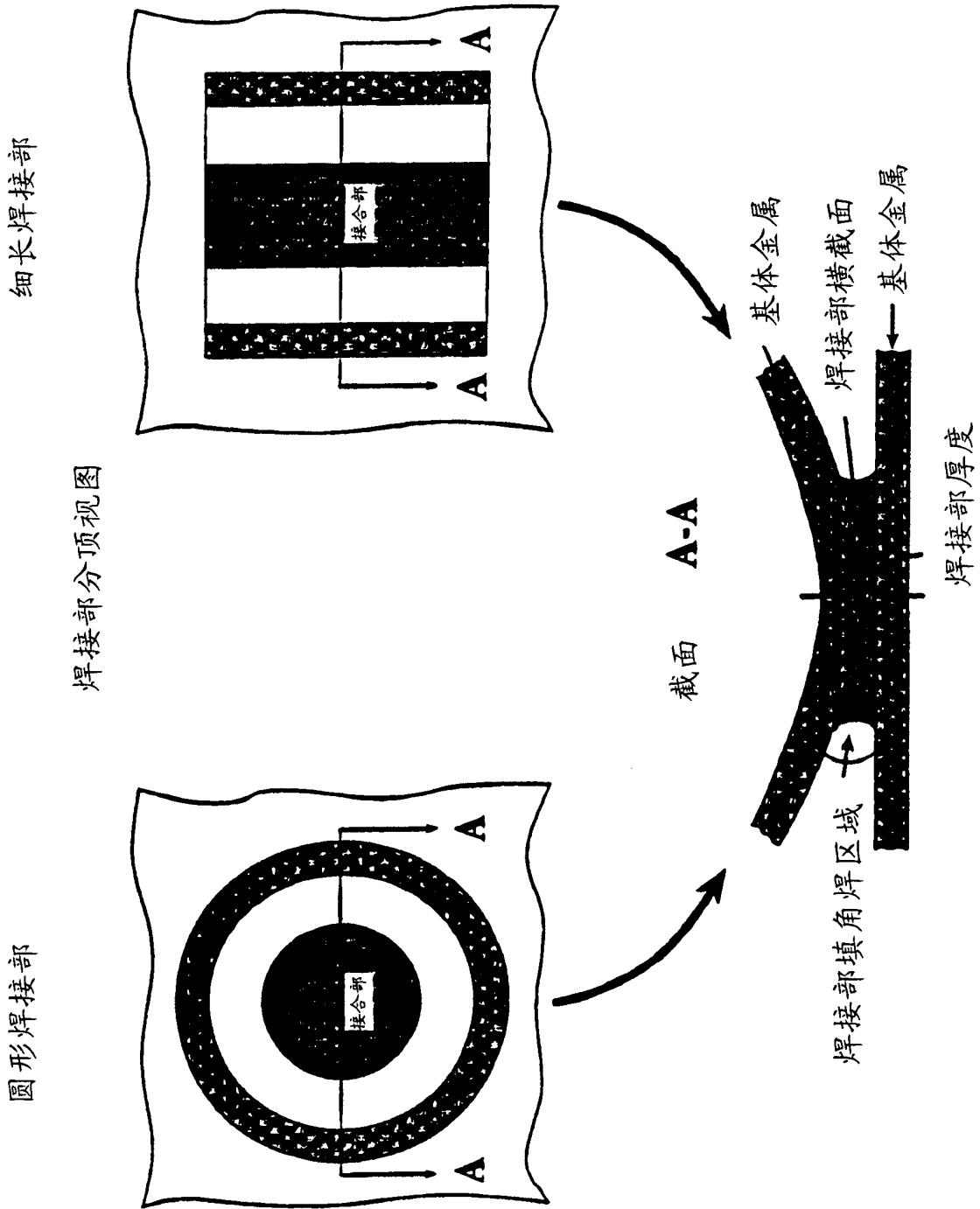


图 1

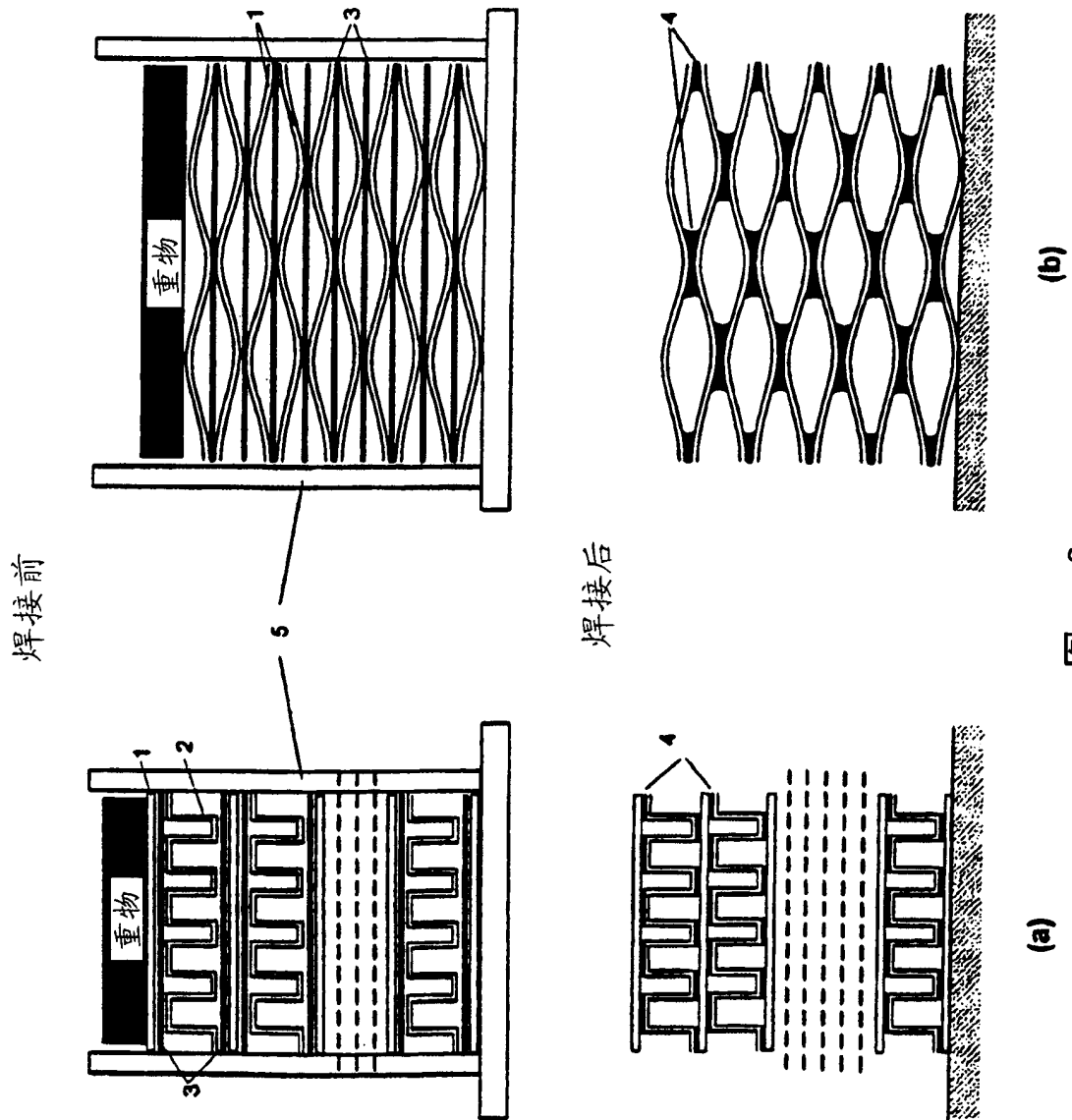
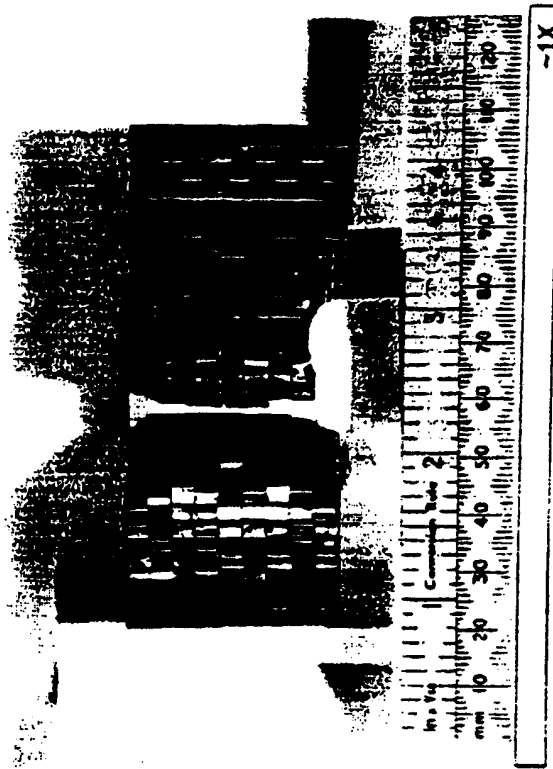
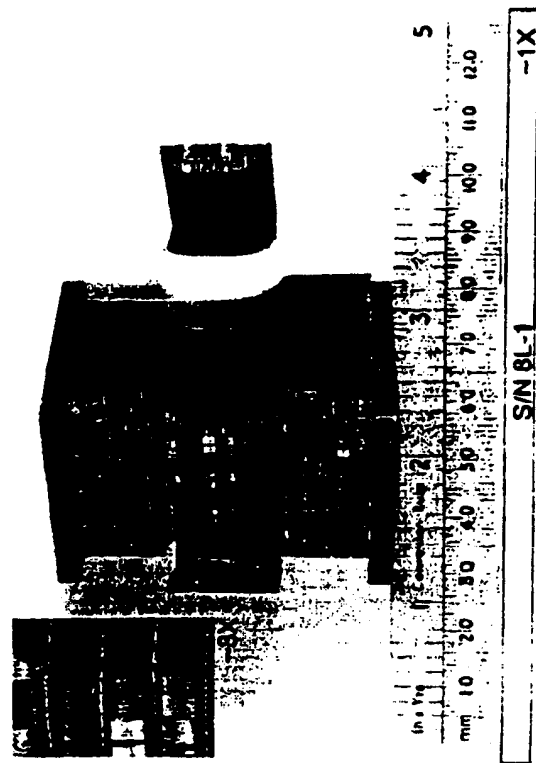


图 2



(b)



(a)

图 3

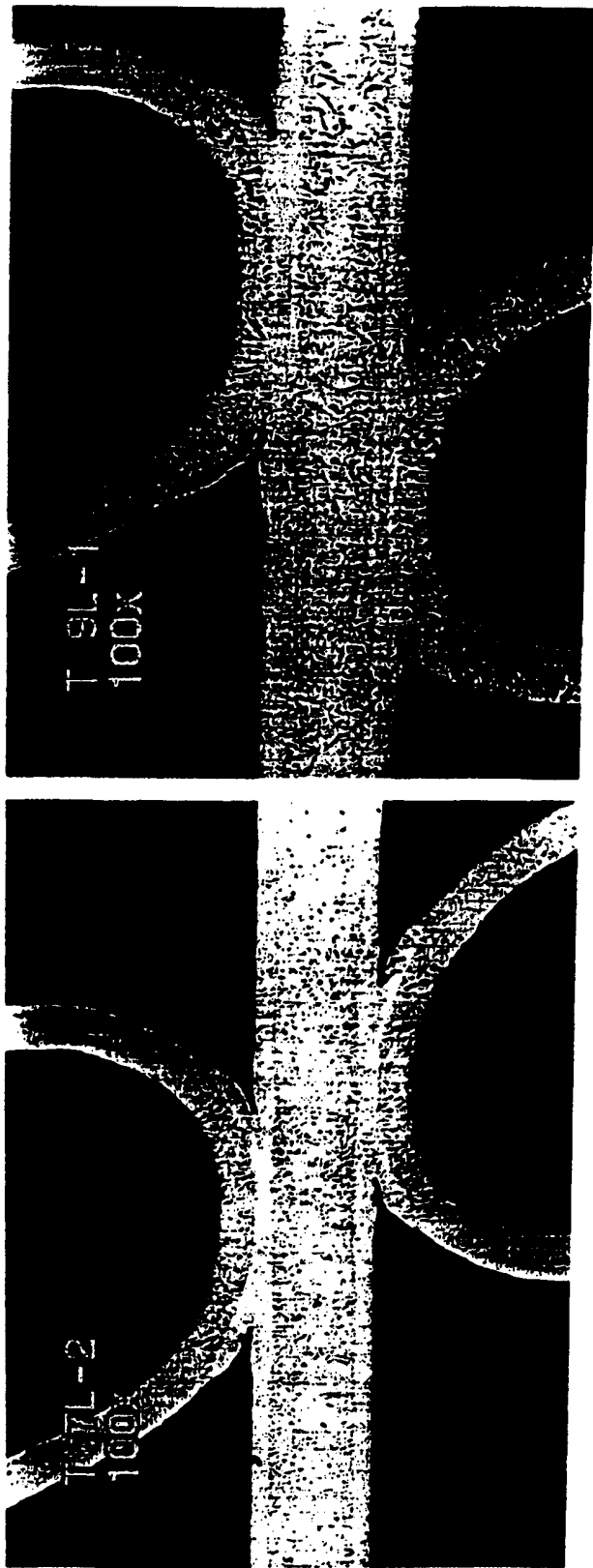


图 4

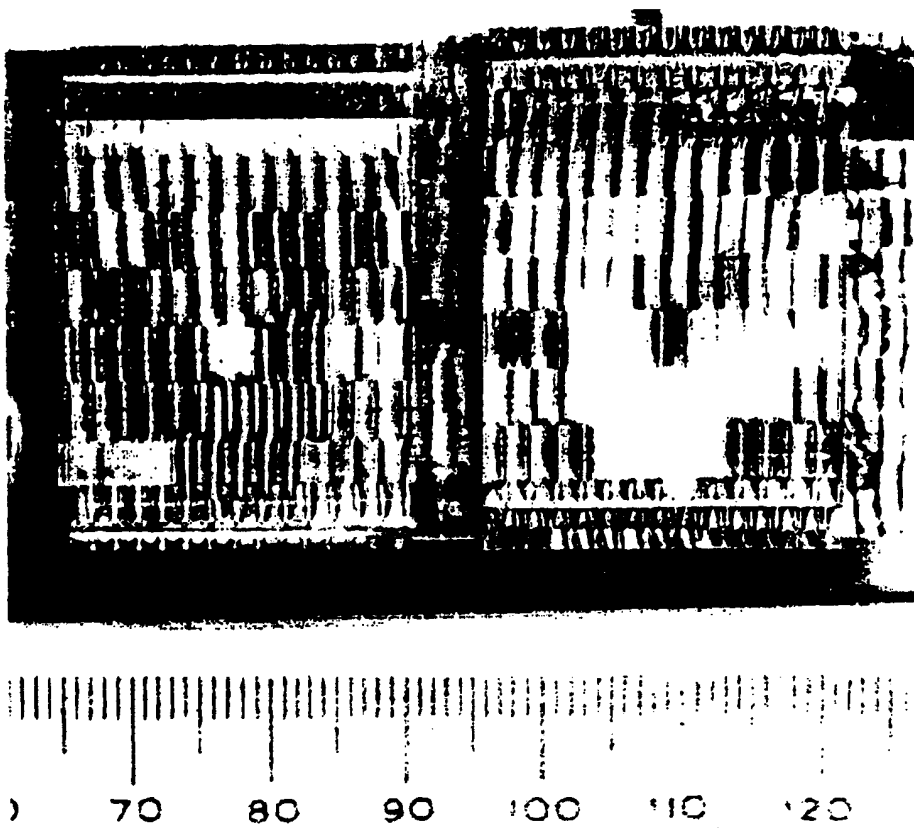
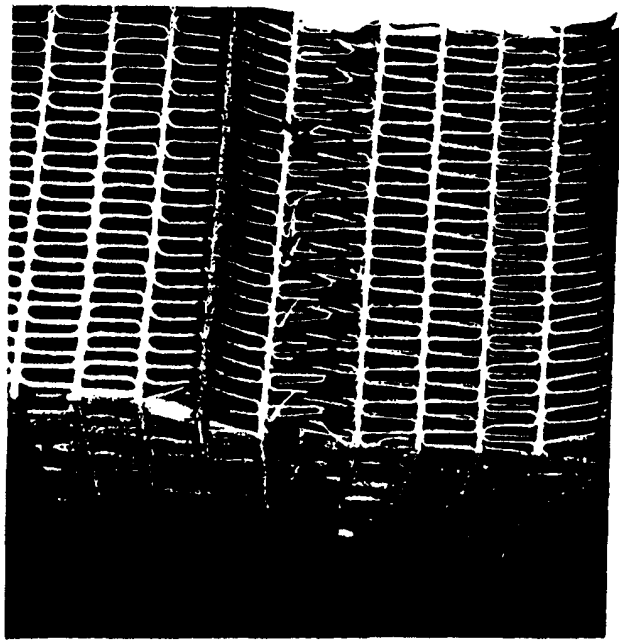
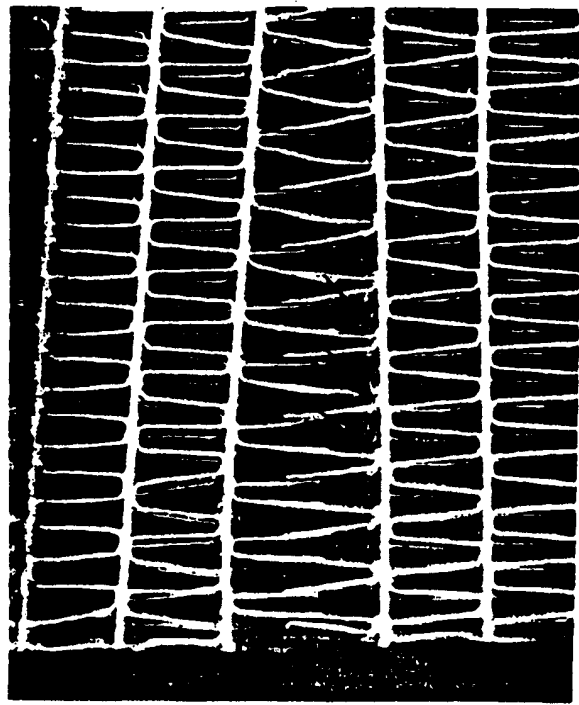
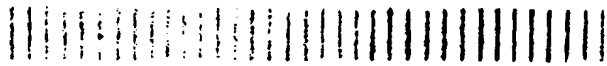


图 6



(b)



(a)

图 5