[19]中华人民共和国专利局

[11] 公开号 CN 1094675A

[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 93121691.5

[51]Int.Cl[5]

[43]公开日 1994 年 11 月 9 日

B32B 15/20

[22]申请日 93.12.10

[30]优先权

[32]92.12.10[33]US[31]07/989,205

[71]申请人 美国铝公司

地址 美国宾夕法尼亚

[72]发明人 K·S·帕佩基 R·巴库斯克

S·F·鲍曼 R·A·卡戈尔

J·E·卡金 D·J·克莱门茨

J·P·帕尔库 E·P·佩特里克

S·J·伦内克姆 P·C·谢布尔

W·R·夏金斯 E·P·斯威格

W·G·特拉克纳 P·W·甘克

A·V·帕杰斯基 R·H·霍夫曼

L·G·默克尼

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

代理人 全 菁

C23C 4/06 C23C 4/12

B22D 11/06 B21B 1/46

B21B 47/00

说明书页数: 附图页数:

[54]发明名称 复合冶金产品和制造的方法

[57]摘要

本发明公开了一种复合冶金产品，它包括轧铸铝合金芯和结合在芯上的填充材料。用填充材料结合的组件的制作是将该产品加热，使填充材料流进接缝，继而使接缝中的填充材料固化而制成。该复合材料产品可以通过几种方法制作，包括在轧铸机辊处层压和在轧铸机的出口侧层压或热喷镀等方法。本发明还提供了一种角度轧制的方法以改变复合材料上包层的百分率和高锰铝合金用作以铝硅钎接合金钎接薄板包层的芯材。

权 利 要 求 书

1. 一种冶金产品，它包括铝合金芯和结合到芯上的包层，所述产品的特征至少为以下的一种：

(*a*)含有微粒的芯，该微粒基本上具有单峰的晶粒尺寸分布，其对数平均面积小于 2 微米^2；

(*b*)该芯具有易于接受包层的，并且大于 0.06mm^2 的平均晶粒表面积；

(*c*)该芯包括轧铸的铝和铝合金，该包层包括填充材料；

(*d*)该芯呈现的偏析主要在其厚度的中部；

(*e*)该包层包括含 5—13%硅，并主要为等轴的微粒的铝基合金；或

(*f*)该包层包括含 5—13%硅的轧铸铝基合金。

2. 根据权利要求 1 的冶金产品，该芯具有一种或多种以下的特性：

(*a*)呈现的偏析主要在其厚度的中部；

(*b*)包括一种非热处理的铝合金；

(*c*)含锰的范围为 0.5—2.2%或；

(*d*)包括一种可热处理的铝合金。

3. 根据权利要求 1 的冶金产品，该包层具有的固线温度低于

芯的固线温度。

4. 根据权利要求 1 的冶金产品，该包层包括铝钎接合金。

5. 根据权利要求 4 的冶金产品，该包层具有小于约 20μm 的平均晶粒长度。

6. 根据权利要求 1 的冶金产品，另外还包括阻挡层材料，插在该包层和芯之间以防止原子从包层移动到该芯中。

7. 根据权利要求 1 的冶金产品，另外还包括在芯上的阳极层。

8. 根据权利要求 1—7 中的任一种产品的用途，该产品作为一种填料金属结合组件或作为通过临时将该组件加热至包层的固线温度以上，而结合在一起的组件的一部分。

9. 根据权利要求 8 的用途，所述组件包括管和翅片结构的热交换器，通过填料金属保持热交换关系。

10. 一种制作复合薄板材料的方法，所述复合板材包括填充材料的包层和铝合金芯，该方法包括选择轧铸材料以供作铝合金芯，和轧制该填充材料和芯 以使它们结合在一起。

11. 根据权利要求 10 的方法，该方法包括几个步骤，在轧铸机中，该轧铸机包括在辊缝处安装的彼此面对的两个轧辊，沿两轧辊之一将填充材料带送入辊缝，将开始时呈熔化状态用作芯的铝合金向着辊缝输送，由于放热而固化，其中熔融芯合金在辊缝中最靠近两轧辊之前变硬，这样，热加工在辊缝中发生；或将合

金送到轧辊处，并通过所述带材，当填充材料带进料时，将其置于张力之下，使其受到纵向变形。

12. 根据权利要求 11 的方法，该方法包括下述步骤之一：

(*a*)所述热加工压缩复合薄板材料的厚度至少约 2%；

(*b*)该填充材料带在接触弧大于约 5 度与其轧辊接触；

(*c*)当填充材料带进料时，将其置于张力之下。

13. 根据权利要求 12 的方法，该方法包括在纵向变形的基础上控制复合薄板材料包层厚度的百分率，必要时，所述纵向变形大于约 5%。

14. 根据权利要求 11 的方法，该方法包括至少以下一种：

(*a*)使用包括铝钎接合金的填充材料；

(*b*)通过轧铸制作填充材料带，其中，在必要时，填充材料带的制作包括将液流中的熔融金属流入轧铸机的辊缝，通过送入合金组分到所述液流中使之合金化；

(*c*)用于芯的铝合金进料包括将液流中的熔融金属流向辊缝，并通过供入合金组分到所述液流中使之合金化；

(*d*)在填充材料和芯之间施加中间层，其中，在必要时，该中间层相对于芯是阳极的，和/或该中间层包括阻挡层材料以防止填充材料移动进入芯中；

(*e*)中间层的敷设包括电弧喷镀的步骤；或

(*f*)沿另外的轧辊将带材送入辊缝。

15. 一种制作复合薄板材料的方法，所述复合薄板材料包括包层和铝合金芯，该方法包括热喷镀该包层到芯上，和/或其中芯在循环模系统中浇铸，而衬里被结合到芯上，这种改进包括采用电镀、涂层或表面处理将材料涂敷到衬里上。

16. 根据权利要求15的方法，其中，该热喷镀材料：

(*a*)包括一种相对于芯是阳极的材料；

(*b*)包括锌；

(*c*)包括阻挡层材料。

17. 根据权利要求15的方法，该方法包括在轧铸机中制作芯，将衬里与芯结合，这样，该材料即在芯和衬里间形成中间层。

18. 一种轧制复合材料的方法，该复合材料包括结合在芯上的包层，该方法包括以形成角轧制复合材料，其中，优选该包层是填料金属的组合物例如铝钎接合金。

19. 一种铝基合金，它含不大于约0.4%铁、不大于约0.15%硅、从约0.1%至约0.7%铜、大于约1.5%锰。

20. 一种根据权利要求19的合金，其中：

(*a*)锰含量范围为1.5%—2.5%，优选大于约1.6%；

(*b*)铜含量范围为0.2%以上—0.7%，优选0.6%—约0.7%；和/或

(*c*)该合金含至多0.4%镁。

说　　明　　书

复合冶金产品和制造方法

本发明涉及复合冶金产品及其制造和应用。本发明的一个实施例涉及用于钎接(*brazing*)的复合铝合金的制造，该复合铝合金是由铝合金钎接材料或填充材料和铝合金熔体通过直接铸造和轧制的方法制成的，该熔体固化形成基底或芯，可在后续工序中用作钎接组件的构件。

众所周知，用作钎接的复合铝合金材料是由铝合金芯和作为表面层的铝合金填充材料形成的。这种材料最常采用的制造方法是将铝合金板叠合，该铝合金板作为表层材料覆盖在供作芯的铝合金铸锭上。填料板可以敷设在该铸锭的一面或两面上；然而，在两侧面包覆的情况下，一面可由铝或铝合金板构成，(所用的铝或铝合金板除了用作钎接法的填料之外，还有其它的原因，例如防腐蚀或防磨蚀、强度、扩散性能等)。然后，将该复合材料进行热轧，使上述两层材料结合在一起，其厚度达 0.150 至 0.300 英寸以上。继而将该复合材料冷轧使其厚度压缩到 0.0060 至 0.120 英寸，从而制得钎接板材。有时，还可进行退火以提高轧制效率或达到最终要求的机械性能。

可以根据用途采用不同厚度的铝钎接薄板，例如在空调领域

中，当其用作支承材料时，其厚度范围为 0.060－0.080 英寸(1.5－2*mm*)；用作蒸发器的板材时，厚度为 0.019－0.025 英寸(0.5－0.65*mm*)；用作所谓的"管材"时(它是薄板材料，被加工成管后，用以输送流体，即气体、蒸气和液体)，厚度为 0.012－0.015 英寸(0.3－0.4*mm*)；而用作所谓的"散热片材料"或用于例如制造散热器翅片的薄板材料时，厚度为 0.003－0.006 英寸(0.075－0.15*mm*)。

日本专利申请公开 *No.* 56(1981)－91,970(*Mitsubishi*)在实施例 2 中介绍了轧铸生产由铝合金芯制成的钎接薄板，该铝合金芯的组成为 0.44%铁、0.21%硅、0.12%铜、1.1%锰，其余为铝，用组成为 0.12%铁、9.2%硅、0.1%铜、1.1%镁，其余为铝的衬在两侧面上包覆。据称，将厚度为 1*mm* 的衬料送进轧铸机，结果，复合材料产品在芯的每一面上具有 1*mm* 的包层厚度。

除非另有说明，本说明中的合金成分均以重量百分率计。铝业协会的合金牌号以字母"*AA*"开头、后接 4 个数字表示，即写成"*AAXXXX*"。有关合金成分的详细情况可参考"*Registration Record of International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys*"，*The Aluminum Association*，*Washington*，*D.C.* 1991 年 4 月修订版。

例如，"*H*13"中的"*H*1"部分表示"应变硬化(*strain*－

hardened)获得所需的强度而无需补充热处理"，而"3"表示"标度0—8的应变硬化程度"，其中，0代表完全退火，"8规定表示相当于完全退火后通过约75%冷轧压缩(冷轧过程的温度不超过120F°)所达到的硬度(*tempers*)"，参见 *ALUMINUM STANDARDS AND DATA* 1990，*P.* 10，*the Aluminum Association*，*Washington*，*D.C.*。

"*H23*"中的"*H2*"部分表示"应变硬化大于最终所要求的数值，然后，通过局部退火，降低强度使之达到要求的水平"，而"3"表示"标度0—8的应变硬化程度"，其中，0代表完全退火，"8规定表示相当于完全退火后通过约75%冷轧压缩(冷轧过程的温度不超过120F°)所达到的硬度"，参见 *ALUMINUM STANDARDS AND DATA* 1990，*P.* 10，*the Aluminum Association*，*Washington*，*D.C.*。

"*ksi*"或"*KSI*"表示每平方英寸千磅。

机械性能例如强度和延伸率均按 *ASTM E6—89*，*Standard Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing* 中的规定，并按 *ASTM B557—84. Standard Methods of Tension Testing Wrought and Cast Aluminum—and Magnesium—Alloy Products* 测定。

术语"熔化试验(*run down*)"是指将钎接薄板垂直悬挂在处于钎接温度的炉中所进行的试验。钎接合金包层熔化，一部分沿芯流

到钎接薄板的底部。通过测量一段已知尺寸的"已钎接"薄板的重量并与钎接前相同尺寸的一段钎接薄板重量作比较，即可计算出金属的百分流出量。两者的重量差代表流出的钎接合金量。可通过金相法测量加热至钎接温度前的衬厚度，并计算具有所述已知尺寸的每片钎接合金量，即可测定出可流出的钎接合金总量。百分流出量等于"流出量"除以"可流出的总量"再乘以100。

术语"*SWAAT*"试验是指*ASTM G85—A3*试验，即酸化的合成海水(生雾)试验。样品定位到凝结液最大限度地与管接触。

本文所用的术语"填充材料"是基于承认这一事实，例如通常总是将"软钎焊(*soldering*)"和"硬钎焊(*brazing*)"加以区别，而本文的意思是术语" 填料"包括用于这两种方法中的材料，事实上包括任何可以熔化，随后可以在构件之间的结合处固化的材料。

术语"固线温度 " 是指某种材料开始发生一些熔化的温度。而在"液线温度"(高于或等于固线温度)下材料就完全熔化。" 等于"是指发生在例如使用纯净的材料、低共熔组合物等情况下。

在说明组合物的成分或温度或其它方法的物料或特性或改进的程度或本发明的任一种其它的物料等的数字范围时，除开和除了舍入数的通常规则之外，即是企图特别表示和公开每一个数，包括用最小和最大表示的所述范围之间的每一个分数和/或小数。(例如，范围为1—10的数，公开1.1、1.2...、1.9、2、2.1、2.2等等，直到10。同样，范围为500—1000的数公开501、502...等等，直到

1000，包括其中的每一个数和分数或小数)。"*x max.*" 表示"*x*"和每一个小于"*x*"的数，例如"5*max.*"公开 0.01...0.1...1 等等直到 5。

1. 本发明的产品包括一些复合材料，该复合材料包括芯和一种或多种芯上的包层。这些材料可以包括所谓的钎接薄板，该薄板包括结构芯和钎接合金芯上的包层。本发明的产品包括结合或钎接的填充材料、具有显示本发明钎接薄板芯独特性能构件的组件。本发明的产品具有以下特性：

A. 显微结构特性

1. 芯

a. 非热处理的

i. 偏析—在铝合金的情况下，所有普通非热处理的芯合金组合物在轧铸(*roll cast*)时在显微结构上均显示出一定的低共熔类元素(*Fe*、*Si*、*Mn*)的偏析量。这些偏析通常集中在薄板厚度的中部。这种偏析现象充分说明该材料已被轧铸。例如以 *AA*3003 合金为基础的 *Al*—*Mn* 类合金的芯合金的情况下，该偏析是明显的，呈薄的、游离的、不连续的富含 $Al_{12}(Fe、Mn)_3Si$ 微粒的料层。这些料层不会由于热处理而分散，仅由于变形而稍微破裂。该偏析区的长度可沿轧制的方向伸长至几百微米。在本发明的一侧面包覆的材料中，虽然偏析稍向薄板包层表面位移，但是，仍然主要在其厚度的中部。

ii. 晶粒尺寸—产品的晶粒尺寸随组成的特性、加工过程、产品的硬度和规格而变化。例如，*Al—Mn* 型合金的晶粒总是扁平形的，而与绝对尺寸无关。*AA*3003 型合金和厚度 0.012″的管材样品，在钎接前其平均芯晶粒尺寸为：27*μm* 厚×660*μm* 长，宽度估计约为 200*μm*。将该管材加工成厚 0.005″的翅片毛坯，会使晶粒变得较薄和较长，例如约为 11*μm* 厚和 1600*μm* 长。晶粒尺寸的一个重要方面是在钎接循环的过程中形成的，因为在钎接过程中基体会重结晶或经历晶体的生长。上述 *AA*3003 型管材的相同样品在钎接后平均晶粒尺寸为 100*μm* 厚，470*μm* 长和 340*μm* 宽。这样，就提供了扁平形的晶粒结构，它暴露到钎接液中的平均晶粒表面积很大，约 2.5 倍于最相似的被检验竞争样品的表面积，即，暴露到钎接液中的平均晶粒表面积约为 0.06mm^2。本发明优选的芯材，其平均晶粒暴露表面积大于 0.075、0.1 或 0.125mm^2。

晶粒尺寸的测量—本发明的晶粒尺寸采用″截距″法的变型或*″Directional Grain Count″ Method of ASTM Specification E*122 测量。几张晶粒结构的随机显微照片是在适当的放大倍数下拍摄的，因而晶粒清晰可辨。放大倍数太低，晶粒太小而不能辨认，放大倍数太高，显微照片上仅有少数晶粒。上述照片是在三种不同材料的横截面上拍摄的：一种包含纵向的和短横向的取向，另一种包含短横向的和长横向的取向，第三种包含纵向的和长横向的取向。该第三种截面是在钎接合金和芯合金界面上芯的一侧拍摄的。

因此，它可显示出该界面上的芯晶粒结构。它是通过仔细地抛光整个残余的钎接层而获得的。然后，按照相当于纵向、短横向和长横向的方向将测量线描绘在显微图上。沿测量线段长度的晶粒截距数(给定长度的测量线段，它展现在整个晶粒的图象上)计数。通过该方向上的测量线段的总长度(由于放大而作了调整)除以沿该测量线段的晶粒截距总数，即可测定出不同样品方向的平均晶粒尺寸。当涉及平均晶粒面积(例如衬/芯的界面处)时，按平均晶粒长度和平均晶粒宽度的乘积计算。当晶粒尺寸太大而不能有效地拍摄在显微照片上时(这在轧铸 *AA*3003 基的芯合金时常常如此)，可采用与上述类似的技术，但不使用显微放大器。即，将样品抛光和蚀刻到显露出晶粒结构。使用装有目镜的显微镜(其上有重叠在图象上的参考标记)，将该样品按给定的方向横向移动一段可测距离样如果要利用整个　品的长度，则可根据游标尺读数或简单地通过样品的尺寸测量)。当样品横向移动时，沿目镜中参考标记限定的有效线段的晶粒截距计数。在给定的方向上重复横向移动几次，在需要时，可按其它的方向横向移动。按照上述规定的同样分类法将所测量的结果换算为平均晶粒尺寸或面积。

iii. 次生相微粒(有时称为"组分微粒"，有时称为"弥散体")—除了铝基固熔体的初生相，或基体，的晶粒之外，在本发明的 *AA*3003 基轧铸芯合金中还有这类晶粒，并受两种金属互化物相：$Al_{12}(Fe、Mn)_3Si$ 和 $Al_6(Fe、Mn)$所支配。与来源于铸锭的 *AA*3003

合金所形成的晶粒(它们具有双峰的微粒尺寸分布)不同，轧铸的*AA*3003 的晶粒被最好地描绘为单峰的、对数正态分布，通过组成和特殊的热过程测定，具有对数平均尺寸(x)，典型的 x 在 0.5—0.7μm 的范围。

b. 可热处理的— 本发明轧铸芯的可热处理铝合金的一个实施例是 *AA*6951。

i. 偏析—本发明的 *AA*6951 中的偏析与 *AA*3003 型合金中的偏析不同，在 *AA*3003 合金中可以出现下列相：$Al_{12}Fe_3Si$、Mg_2Si、$FeAl_3$ 和一些 Q—相($Al_4CuMg_5Si_4$)。

ii. 晶粒尺寸——种零—硬度的翅片材料样品，*AA*6951，具有如下近似的晶粒尺寸：钎接循环之前为 10μm 厚，30μm 长。钎接循环之后为：20μm 厚，35μm 长。

本发明的这一实施例与上述基于 *AA*3003 的实施例比较，晶粒形状的差异是由于影响该两种合金晶粒形状的某些因素造成的。在轧铸合金中，例如在本例中，初始的晶粒形状在轧制后是按轧制/铸造的方向伸长的。而在 *AA*3*XXX* 合金系统中，按照上述的方法加工后，出现大量的 *Al*—*Mn* 弥散体沉淀，这样，就在很大程度上抑制了通常由于晶界迁移而重结晶的机制。于是，在高温下暴露的期间，*AA*3*XXX* 材料主要经历晶粒的生长反应，该反应保持起始的晶粒结构的表面形态。*AA*6951 合金并不具有 *Al*— *Mn* 弥散体，因而，它可以自由地重结晶，呈现出比较平衡的、等轴的晶粒

结构。

iii. 微粒—*AA*6951 中的微粒大致与 *AA*3003 微粒的尺寸相同，不过，如所指出的那样 *AA*6951 的微粒属于不同的类型，而且出现的体积分数较小。

2. 包层(也称为"衬")

a. 钎接合金衬(也称为"填料")

i. 偏析—该种微粒的性质以及该包层材料接受的热处理使偏析的结果较低。迄今所研究的样品其偏析的位置不在 $T/2$ 处，即，有些偏析靠近表面。

ii. 晶粒尺寸—由于被组分微粒稳定，形成衬料的薄板材料晶粒尺寸是较细的。通常该晶粒尺寸均小于 20*μm*。在本发明的钎接薄板样品上的 *AA4XXX* 衬(标称组分为 9.8%*Si*，1.5%*Mg*，*Al* 配平)具有晶粒厚度为 6*μm*，晶粒长度为 20*μm*。因此，例如本发明的钎接合金衬的平均晶粒长度为小于 20*μm*。

iii. 次生相微粒—与采用通常的热轧的层压坯料比较，本发明的衬中 *Si* 和金属互化物组分微粒在形状上通常是较圆的或等轴的。该圆的直径约为 4*μm*。这种形状是轧铸加工和该材料接受热处理循环的结果。例如，市面上铸造的其它钎接薄板材料的衬具有棒形的微粒，其厚度约为 4*μm*，而其长度估计为 10*μm*。这种不同显微结构的优点在于，它在轧制过程中生长成大的初生相 *Si* 微粒的机会比在传统的铸锭轧制中的机会少。已有报道称，这类微粒不利于

成形(参见：*SAE Trans.* 852228)。

b. 阳极衬—本发明阳极衬的一个重要方面在于，它们甚至在钎接热循环后仍可保持其阳极特性。

i. 偏析—本发明的阳极衬基本上无偏析。

ii. 晶粒尺寸—钎接循环后，本发明的阳极衬的晶粒尺寸比较粗，即，晶粒厚度是衬的全部厚度，晶粒的长度大于 40*μm*。

iii. 微粒—本发明的阳极衬中的微粒很少。

c. 阻挡层衬—本发明阻挡层衬的结构取决于将其引入到总组合物中的方法。在电弧喷镀衬的情况下，这类衬几乎难以用通常的叙述性特性说明。从宏观的角度讨论这种衬或许较好，即，通过其组合物和厚度的有效性评价其所起的作用是否能保护芯不受钎接过程中来自熔融钎接合金的某些元素的影响。有关本发明所用阻挡层衬的详细资料可参阅美国专利 2,821,014(*M. A. Miller*)1958 年 1 月 28 日颁布的"*Composite Aluminous MetalAticle*"。

B. 元素组成

1. 芯—可从材料体系常用的类型中选择芯。

a. 非热处理的—非热处理的芯最通常的是符合要求达到设计标准的含锰的铝合金族(*AA3XXX*)。在特殊的情况下，要求具有耐腐蚀性能，因此，使用的铝合金含：0.5—2.2%，优选 1.1—1.8%锰；0.1—0.7%，优选 0.1—0.3%铁；0.05—0.6%，优选 0.05—0.3%硅；0.05—0.5%，优选 0.10—0.4%铜。在需要增大晶粒尺

寸和改进晶粒的表面形态时，也可以在该组合物中添加钛或锆，优选其含量为0.01—0.2%。在铸造过程中为了使晶粒细化而添加钛时，还需要添加硼，其添加量为钛加入量的20—40%。如果需要提高强度，可以将0.25—1.2%的镁或0.05—0.25%的铬添加到该熔体中。除上述提及的元素之外，通常不需要其它的元素。

本发明的铝基合金特别适合于用作轧铸钎接薄板的芯，其中含：铁不大于约0.4%，硅不大于约0.15%，铜从约0.1%至约0.7%，锰大于约1.5%。在某些情况下，也可以添加至多约0.4%的镁。添加的锰含量优选从约1.5%至约2.5%。锰含量最好大于约1.6%。应该注意的是，这种新合金的组成基本上与*AA*3003的类似，不过，例如，锰含量较高，而铜含量增大到高于*AA*3003情况下的值。这种合金最好在具有至少在轧铸中所能达到的尽可能高的固化速率的过程中固化，或在固化速率更高的过程中固化，这是为了在固熔体中尽可能多地捕获锰和铜。本发明的这种合金优选用作具有铝—硅钎接合金的芯包层。铸造后的加工过程，直到生产包层钎接薄板产品，必须使该薄板的热暴露降低到最小的程度，使得在固熔体中能保留尽可能多的锰和铜。例如，按要求应将该薄板保持在低于700°*F*(尽可能低)的条件下。因此，对这种材料加工的方法优选：仅在铸造后冷轧，继而进行最终的局部退火；例如，使该材料制成*H*24硬度。随后，在钎接操作达到钎接温度时，可以认为，本发明的这种合金在接触熔融钎接合金的一面上会形成阳

极表面层，有助于防止该芯产生麻点腐蚀孔。钎接后，使固熔体中的铜达到要求的程度，即增加的铜会使芯相对于阳极表面层更加阴极化。优选采用铜在铜组成范围的较高端，即优选铜的含量范围为从约大于0.2%至约大于0.7%，甚至在从约0.6%以上至约0.7%的范围。从钎接温度快速进行冷却可以保持固熔体中的元素，在不损坏给定组件(例如产生翘曲或引入不希望的残余应力)的条件下可以采用。

b. 可热处理的一铝合金*AA*6951所要求的合金元素是0.2—0.5%硅，0.15—0.4%铜和0.4—0.8%镁。

2. 包层

a. 钎接合金一钎接合金可以选自*AA4XXX*族的铝合金，即根据钎接薄板(由包层材料生产的)的用途该铝合金主要包括铝和硅。通常的做法是采用含5—13%硅的铝一硅合金，或添加不同的元素例如镁到同样的合金族中。

b. 阳极衬一阳极衬可以是相对于芯是阳极的任何材料，锌或含锌的铝合金可供选择。

c. 扩散阻挡层衬— 本发明中所用的阻挡层衬是典型的高纯铝。然而，与纯*Al*比较，*Al—Mn*能较好地限制*Si*渗入芯(例如*AA*6951)中，所以，*Al—Mn*合金是优选的。

C. 机械性能— 根据本发明制造的具有轧铸包层和轧铸芯的钎接薄板材料，其抗拉强度高于现有技术(热轧铸锭法)生产的钎接

薄板材料。在给定的硬度下，该抗拉强度比现有技术的高10%以上，甚至高15%以上。

D. 装置的特性

1. 钎接性能—钎接循环对晶粒结构的影响已在上文中叙述。本发明的芯合金中扁平形的大晶粒导致较少的硅渗入芯中，而且钎接合金的流动性较好，易于形成圆角。在对本发明的钎接薄板进行的熔化试验中，具有*AA*3003型薄板芯、*AA*4104钎接金属，可流出的钎接金属约为31%。

E. 维护

1. 腐蚀—本发明中*AA*3003基芯合金的腐蚀试验结果表明，本发明的轧铸芯具有优异的耐腐蚀穿孔的潜力。在*SWAAT*试验中，钎接管材/翅片样品被暴露达21天，对该管材的检验结果表明，大部分芯受到的腐蚀很小或无明显的腐蚀。不过，曾观察到严重的晶间腐蚀处有少数导致管穿孔的孤立的麻点。在这些特殊的样品中产生局部腐蚀的原因尚未确定。然而，大部分材料上的腐蚀情况表明，一旦消除造成局部腐蚀的原因后，我们一定能得到具有优异的耐腐蚀穿孔性能的材料。

方法

Ⅱ. 本发明的方法可分为几种，现叙述如下：

A. 在轧铸机轧辊(*roll caster rolls*)上层压

1. 总说明—根据本发明的方法，复合铝合金材料(例如用于

钎接)按直接连续铸造法(轧铸)制造，通过将带形铝合金填充材料薄板送入至少一对旋转的、冷却(例如水冷)的辊中的一个轧辊上。进入由薄板和轧辊或由多层薄板(如果有一块以上的薄板)形成的连续模，同时送入熔化的铝或铝合金形式的芯 ，通过放热到轧辊上，然后经过带或一些带放热而固化。该复合材料，包括所述的带形表层材料和固化的熔体芯，通过轧辊施加的铸造负载被挤出所述的连续模。这样，即造成至少 2%的包层复合材料热加工。

带形铝填充材料薄板用作包层产品的表层材料。如上所述，如果只有一面需要包层，则只沿一个辊进料，但在要求生产两面包层的产品时，分开的薄板可沿两个辊送入，与此同时，铝合金熔体在两薄板之间固化。在某些情况下，要求两面包层产品的一面上用某种材料而不用标准的填充材料包层。例如，可采用其它的铝合金、不锈钢、铜等等，这取决于产品的规格或需要达到的设计标准。由于增加了工艺流程的灵活性，这种直接铸造的方法已胜过常规的生产包层材料的热线法，这种方法甚至可以获得 4 和 5 层包层复合材料。一种 4 或 5 层的复合材料可以为：衬在顶部和底部，并具有 1 或 2 层喷涂的中间衬。一种 3 层的复合材料可以是衬在顶部和底部或者是 1 层衬(顶部或底部) 并具有一层喷涂的中间衬。

带或多条带的输入方式如下：铝合金填充材料的带形薄板在接触弧度大于 5 度下沿辊输入，与此同时，通过摩擦制动系统或任何其它适合于施加张力的方法对薄板施加张力。进入辊缝的铝合金

填充材料的带形薄板的厚度范围为 0.006—0.070 英寸。

2. 制造带形填充材料薄板—虽然其它制造方法是可行的，然而，优选采取直接连续铸造的方法，例如轧铸法(*roll casting*)，预先制造铝填充材料薄板。此后，在被用作轧铸生产复合材料薄板的衬供料之前，该材料接受冷轧和热处理以达到所要求的机械性能。该铝表层薄板可以在包层工序之前需要进行净化处理以除去表面上的外来微粒或轧辊残渣，因为这些杂物对钎接的性能可能有害。

3. 铸造和热加工的详细说明—如上所述，芯是采用类似于由熔融金属供料生产固体金属产品的轧铸法提供的。由该种熔体形成的芯的厚度通常为 0.15—0.300 英寸，优选 0.190—0. 275 英寸。铸造速率(铸造带在轧辊出口的速度)通常为 35—75 英寸/分钟。铸造温度为 1240—1300°*F*，而与特殊的铝合金熔体组合物不同。

当应用于制造钎接薄板时，本发明的显著特点在于，铝钎接合金表层薄板(或衬)可以在比芯低的温度下熔化，可是，当其与轧辊缝区域中的熔融芯接触时，该钎接合金并未熔化。该过程在轧辊足够冷却的条件下进行，例如，用内循环的冷却剂，例如水，因而该钎接合金保持在其固线温度以下。表 1 列出了根据本发明制造钎接薄板的各种重要材料的固线温度和液线温度。应该注意的是，该钎接合金的固线温度，甚至于它们的液线温度均低于芯合金的固线温度。

表 1

与铝钎接薄板有关合金的一些近似固线温度和液线温度

合金	固线温度 (°F)	液线温度 (°F)	参考
芯合金			
AA3003	1190	1210	1
AA3005	1180	1215	1
AA6951	1140	1210	2
钎接衬			
AA4104	1038	1105	2
AA4045	1070	1095	2
AA4047	1070	1080	2
层间衬			
AA1100	1190	1215	2
锌	786	786	

参考

1＝*Metals Handbook*，*9th Ed. Vol.* 2，*American Society for Metals Metals Park. Ohio*

2＝*Metals Handbook*，*9th Ed. Vol.* 6，*American Society for Metals Metals Park. Ohio*

施加到松开的制动系统的压力使表层薄板保持在张力范围下，例如薄板中的拉伸应力约为 30—700 磅/英寸^2(对 46 英寸宽×0.025 英寸厚的薄板而言，压力范围约为 40—800 磅) 表层薄板的纵向变形从大于 5%至优选 10—60% 。可以采用较大的纵向变形例如 120%和 120%以上。表层薄板的张力也具有造成表层薄板贯穿其在轧辊上的接触弧紧紧压在轧辊机的轧辊上的作用，这有助于热传导到冷却的轧辊机上，特别是在使用钎接合金的情况下，有助于防止表层薄板达到较高的温度(如果这样，就可能熔化钎接合金)。

在 50 英寸宽的铸造带情况下，铸造机荷载的范围从 100—900 吨/侧(*tons/side*)和 450—750 是符合要求的，这是芯和表层薄板的新的铸造叠层产生热变形时，通过铸辊施加的压力的测量。

表层薄板的纵向变形(也称为衬延伸)和复合铸件的热加工，有助于将表层薄板粘合到芯上。至于热加工，在芯固化后只可能发生这样的情况：换言之，仅有推进两个固化的表面层进入液体或糊状的中心的零—负载。热加工的百分率可根据芯的固化完成时复合材料的厚度 t_0 与轧辊出口的复合材料厚度 t_2 按公式：$100(t_0-$

$t_2)/t_0$ 进行计算。然而，这在实际上一般是难以做到的，因为这要取决于知道芯在何时已完全固化，而这一过程是发生在复合件内部，处于或靠近芯的中心线。因此，本发明提供了根据铸造机负载来测定热加工百分率的方法，例如，用测压仪在轧辊的轴向轴承处测定。优选热压缩百分率大于20%，更优选30—60%。在铸造宽度为50英寸的情况下，这些数据等于轧制机的负载＞200吨，分别在400—1500吨之间。铸造机的负载或热加工百分率可以改变，主要通过改变铸造机的速率或位置（熔融金属由陶瓷铸造机喷嘴排放到轧铸机的轧辊间的区域）。提高铸造速率，可以降低 t_0，因而降低热加工的百分率（通过铸造机负载的降低测定）。降低铸造速率，则结果相反。增大延迟或陶瓷铸造机喷嘴距最靠近轧辊缝中轧辊的部位之间的距离 t_2，这样，热加工率增加(通过铸造机负载的降低测定)。降低延迟，则结果相反。表层薄板粘结到芯上表明，在过程中热加工的确发生。在含锰的铝芯合金的另一种情况下表明，存在中心线偏析。

1987年7月7日颁布的美国专利 *No.* 4，678，023（***Knapp andWaltz***）关于 *"Closed Loop Delivery Gauge Control in RollCasting"* 公开的技术可以利用来控制铸造机的负载。例如，***Knapp*** 和 ***Waltz*** 利用轧铸机的轧辊驱动的电机引发的电流作为铸造机负载的一种测量，并说明利用比例— 积分控制保持电流可使铸造机的负载恒定。***Knapp*** 和 ***Waltz*** 对如何补偿轧辊偏心率作了说明。此外，

他们还说明了直接基于铸造机负载的控制。

关于衬的延伸(也称为纵向变形)可能是衬在轧辊缝之前伸长加上热加工中衬变薄而产生伸长的综合。由于难以区分这两部分伸长，本说明中给出的纵向变形值是总值，在实际测量时，预先在进厂的衬薄板上作一标准长度标记 l_1，同时观察铸造机出口(辊缝)上标记的标准长度的增加长度 l_2。于是，衬的纵向变形百分率可表示为 $100(l_2-l_1)l_1$。

测定复合材料的包层率，可以利用下列公式：

$$包层率=100(l_1\times t_1)/(l_2\times t_2)$$

式中，l_1 和 l_2 的定义同上，

t_1=进厂的衬坯料的厚度，和

t_2=轧辊出口处的复合材料厚度。

衬的延伸可以改变，例如通过改变衬坯料送入辊缝时的张力。除必要时可利用冷轧过程中薄板角度来改变包层率之外，在任何后续的冷轧中均可保持包层率。

熔体的组分，包括添加的晶粒细化剂例如钛和硼，采用普通的技术，例如在金属铸造中常用的熔融金属过滤法，可以达到所要求的清洁度。特别有助于制造本发明包层产品的新的方法中，在轧铸芯或钎接薄板衬时，可直接将低熔点金属(例如锌)添加剂加到金属液流中。高熔点金属(例如镁、锰、硅等等)添加剂优选采用适宜于电弧喷镀的母合金例如铝基含锰母合金制成，在最高的可行

电压下（这是为了获得最小的金属微粒尺寸和最低可行的雾化压力，以使熔融金属的湍流降低到最小程度）直接将其加入金属液流中。可以利用空气作为载气，不过，也有必要利用其它气体例如氩气或氮气以减少金属液流和/或喷镀金属的氧化。

4. 后续工序—然后将包层金属冷轧至规定的硬度，以获得所需的钎接薄板。在轧制过程的任一阶段均可进行退火处理，以获得所要求的物理和机械性能。根据所要求的性能，上述处理通常在200—850°*F* 下进行。在铸造后省去匀化工序或许可以使耐腐蚀性得以提高；然而，在某些情况下仍可采用匀化处理，例如为了改进可成形性。

B. 出料侧层压—在本发明的这种变型方法中，至少是芯被轧铸，然后将芯和衬轧制在一起，形成结合的复合材料。

1. 芯的制造—关于在轧铸机的辊上层压芯的轧铸已如上所述，只是衬不再沿任一个轧辊送入。

2. 衬的制造—衬或许可以按如上所述在轧铸机的辊上层压的方法制造。

3. 结合—在包括温度、表面准备的综合条件下，将芯和衬轧制，使其厚度压缩能有效地达到芯和衬粘合。

C. 镀层，例如阳极和阻挡层—在轧铸机的轧辊上层压完毕时，送入的衬最好不超过两层，以每个辊上一层为好。在这种情况下，衬之一可以是钎接合金而另一种是具有中间层（为阳极的或

阻挡层材料，以熔融状态送入辊缝)的芯合金。然而，当两种衬都是例如钎接合金，而熔融合金是芯，甚至(可任选)当只有单一的钎接合金衬被置于轧铸芯上时，中间层可以采用镀层、涂层或表面处理衬的方法提供。在出料侧层压的情况下，可以涂敷附加层，可采用轧制粘合或也可以采用镀层、涂层的方法提供，或表面处理其它待轧制在一起以便粘合的薄板材料。根据本发明的一种变型，钎接合金本身被涂敷在芯上。优选采用上述涂层的技术，特别是与轧铸结合的方法，该方法也可应用到任一种包层工艺或应用到任一种连续带铸造系统，例如，1980 年 7 月 22 日颁布的美国专利 *No.* 4,213,558(*Hirobe* 等)关于"*Continuous Casting and Clading Process and Apparatusfor Producing Metal Clad*"所列举的使用循环模系统，具有对置的连续旋转模表面，例如一对轧辊、一对皮带或轮和带的组合或履带式轨道。

关于镀层、涂层或表面处理的背景资料可以在以下两个来源中及其引用的参考文献中查到：

1. *Metals Handbook*, *9th Edition*, *Vol.* 5, "*Surface Cleaning*, *Finishing*, *and Coating*", *American Society for Metals* (*ASTM*), *Metals Park*, *Ohio*(1982)；和

2. *ASTM Handbook*, *Vol.* 18, "*Friction*, *Lubrication*, *and Wear Technology*", *ASTM International*, *Metals Park*, *Ohio* (1992)。

在各种镀层、涂层或表面处理的方案中，热喷涂的方法是优选的。上述引用的两份参考文献中，包含了有关热喷涂法的章节，并提供了关于该方法补充细节的参考文献。如 *Metals Handbook* 中所解释，热喷涂法是任一种涂层的方法，其中，材料被加热到熔融或塑性状态，并被喷射在基材上从而形成涂层；该方法包括火焰和等离子喷涂(使用金属丝或粉末材料源)。电弧喷镀法是优选的一种应用于本发明方法。

D. 钎接形成结合的或钎接的填料金属组件—本发明包括形成填料金属结合组件的步骤(作为可选附加步骤)。

关于图的简要说明

图 1 是本发明管材复合材料纵向截面显微照片，图中示出了微粒分布(0.5%*HF* 蚀刻)。

图 2 是与图 1 相同的复合材料的纵向截面显微照片，放大倍数大于图 1，图中示出了靠近衬/芯界面(0.5%*HF* 蚀刻)。

图 3 是相同复合材料的显微照片，图中示出了钎接前的晶粒结构(阳极化＋偏振光)。

图 4 是相同复合材料的显微照片，图中示出了钎接后的晶粒结构(阳极化＋偏振光)。

图 5 是相同复合材料钎接后芯表面的显微照片，它是在垂直于轧制平面方向上观测的。

图 6*a*—6*c* 是一系列钎接薄板的纵向截面显微照片，图中示出

了微粒分布(0.5%*HF* 蚀刻)，图 6*a* 是本发明的一个实施例，而图 6*b* 和 6*c* 是用现有技术热轧制方法由铸锭轧制而成的材料的实施例。

图 7 是轧铸 *AA*6951 芯的显微照片，图中示出了模拟钎接循环后的晶粒结构(阳极化＋偏振光)；本图 7 上部的 100*μm* 标尺适用于本图 7 以及图 6*a*－6*c*。

图 8 是有关 *AA*3003 实施例的具有给定对数平均面积的微粒百分率曲线图。

图 9*a*－9*d* 是一系列本发明钎接薄板的纵向截面显微照片，图中示出了成分的浓度；图 9*a*－9*b* 的标尺都相同，并示于图 9*a* 上。

图 10 是本发明另一种复合材料的横截面显微照片，图中示出了微粒分布(0.5%*HF* 蚀刻)。

图 11*a*－11*c* 是说明本发明三种层压方法变型的示意图。

图 11*a*'－11*c*' 分别是图 11*a*－11*c* 的部分详图。

图 11*d* 是双辊轧铸机每侧的操作负载与带宽的关系曲线图，图中标出了下限和上限。

图 11*e*－11*h* 是说明本发明四种附加方法变型的示意图。

图 11*e*'－11*h*' 分别是图 11*e*－11*h* 的部分详图。

图 11*i* 是说明图 11*e* 和 11*f* 的一个 *MIA* 弧清洁头的局部透视图，该清洁头在铝合金带的局部横截面上(接受该清洁头表面预处理的部位)示出。

图 11*j* 是图 11*i* 清洁头部分和清洁头的弧旋转带卷的侧视截面图，图中示出了该清洁头在图 11*i* 的带上布置的情况。

图 12*a* 和图 12*b* 是说明本发明两种冷轧方法的变型的示意图。

图 13*a* 和 13*b* 是在不同的放大倍数下(用电蚀刻和偏振光)观测的显微照片，图中示出了用本发明的钎接薄板制成的钎接接缝。

实施本发明的方法

现参照以上图形作详细说明，图 1 是一张显微照片，图中示出了微粒分布，它是根据本发明的方法(在轧铸的轧辊处层压)制成的包层管材一侧的纵向截面图，是本发明产品的说明。该包层合金是 *AA*4104，芯合金是 *AA*3003 基合金；该合金的硬度为 *H*14。芯中的微粒分布显然缺少粗粒成分，而如果按现有技术由铸锭金属制造的芯，则必然会出现粗颗粒。本发明却相反，所有的微粒都是细小的，通常小于 1.5*μm*。中心线偏析明显地靠近芯的中心线。衬(*Si*、*Pi* 和 Mn_2Si)中的微粒比芯中的粗，因为衬的加工在包层之前。图 2 示出了放大倍数较高的衬/芯界面的显微照片。该界面轮廓分明，光滑而没有氧化物或碎片。这种界面的微探针分析结果证实，在铸造过程中没有熔融衬坯料进入芯合金。

图 3 示出了上述相同材料纵向截面上的晶粒结构。该芯的薄、"扁平形"的晶粒结构是明显的，一般具有几百微米的晶粒长度。衬的晶粒结构也是明显的，大约为几十微米。

图 4 示出了钎接型热循环后上述材料的纵向晶粒结构。该芯

中的晶粒尺寸有所增长。将钎接合金再凝固到芯合金上已出现外延。图5说明在钎接后在很大的轧制平面上钎接薄板的芯中的晶粒表面积正好在钎接合金之下。该视图是在钎接薄板达到钎接温度后通过从管材的外表面对固化的钎接合金稍喷砂而获得的。

图 6*a*—6*c* 提供了根据本发明(图 6*a*) 的方法制造的本发明的钎接薄板与现有技术(图 6*b* 和 6*c*)基于用铸锭热轧制的钎接薄板的晶粒分布的比较。在每一种情况下，该芯 10、12 和 14 是 *AA*3003 基合金，而钎接合金 16、18 和 20 是 *AA*4104。本发明的钎接合金包层 16 中的晶粒与现有技术的包层比较主要是等轴的。本发明芯 10 中的晶粒是单峰分布，而现有技术的晶粒是双峰分布的。

图 8 进一步说明本发明的轧铸芯的情况下，*AA*3003 中金属互化物晶粒与现有技术 *DC*(直接激冷)由铸锭而获得的晶粒的不同分布情况。在轧铸的情况下，发现金属互化物晶粒的单峰对数正态晶粒尺寸分布，具有的对数平均面积小于 2 微米^2，优选小于 1 微米^2。相反，在 *DC* 铸锭的材料的情况下，有不同类型的双峰(或两个峰值)的分布。事实上根据对图 6*b* 和 6*c* 与图 6*a* 的观察比较即可看出这种不同的分布是明显的。图 8 的数据是用扫描电子显微镜(*SEM*)接口的 *LeMont* 图象分析系统测得的。用 *SEM* 接口的其它的图象分析系统可以用来获得相同的数据。用 *SEM* 接口的 *IBAS* 系统是另一种实例。

关于上述各种晶粒分布及其图象，包括概念"对数正态分布

log normal distribution"和"对数平均(*mean log*)(*X*)"(其中 *X* 是重要的例如面积的参数),可以从 1971 年 *James R. King* 编著,*Inducstrial Press Inc.* 出版的"*Probability Charts for Decision Making*"书中查到。

图 7 示出了在模拟钎接循环之后,本发明轧铸 *H*19 硬度的 *AA*6951 芯的晶粒结构。

图 9*a*—9*d* 示出了本发明的钎接薄板翅片坯料的背散射电子图象和 *X* 射线图,其中,纯锌夹层是在轧铸的轧辊上包覆 *AA*3003 基芯合金之前,用电弧喷镀在 *AA*4045 钎接合金衬上的。钎接衬和芯的相对位置可以分别从硅和锰的 *X* 射线图上看出。锌的 *X* 射线图示出了在薄板经过所有的热处理和机械加工达到最终的产品规格后锌的位置。在原子数大于铝基体的局部区域背散射电子图象是明亮的;因此,大部分明亮的微粒区含铁和锰,而且,这些元素主要含在芯中,而不是含在含硅的钎接合金包层中。图 9*a*—9*d* 含本底噪声;它们实质上是这样定性的,根据相对强度显示出较高的浓度的区域。

图 10 是采用本发明出口侧层压变型方法生产的本发明的钎接薄板产品的显微照片说明。*AA*3003 芯和 *AA*4045 包层都首先分别地轧铸,然后,接着轧制在一起以使它们产生结合。

现在,参看工艺示意图 11*a*,图中示出了包括内冷式钢辊 24*a* 和 24*b* 的轧铸机 22 和输送熔融铝合金 25 的输送系统。该输送系

统包括导槽 26、中间包或清洁头盒 28 和进料喷嘴 30。根据本发明的衬带材 32 被送入通过按方向 36 旋转而从带卷 34 松开的轧铸机中。通过轧辊 24*a* 和 24*b* 按方向 40*a* 和 40*b* 旋转将带材 32 拉进辊缝 38。制动器 42 可以控制带 32 的张力。如图所指出，通过相反的轴向轴承负载 L_1 和 L_2，固化合金 25 和带 32 在轧辊缝 38 中发生热加工。合金成分可以从给料器 44 直接加入导槽 26。图 11*a*' 是图 11*a* 的详图，它示出了包括由带 32 产生的衬合金 46 和由合金 25 产生的芯合金 48 的轧铸的复合材料产品。

图 11*b* 中的机构不同于图 11*a* 的装置，不同之处在于另一种衬带材，带 50，是通过按方向 54 旋转从带卷 52 松开而进入轧辊铸造机的另一侧的。带 50 也是通过轧辊 24*a* 和 24*b* 按方向 40*a* 和 40*b* 旋转而被拉入辊缝 38。制动器 56 可以控制带 50 的张力。图 11*b*' 是图 11*b* 的详图，示出了包括由带 50 产生的衬合金 58 的轧铸的复合材料产品。

图 11*c* 中的机构在于提供复合材料中的热喷镀夹层的供给装置上不同于图 11*b*。热喷镀沉积区 60*a* 和 60*b* 喷射涂层例如锌到带 32 和 50 上。带上的涂层以夹层 62*a* 和 62*b* 的形式出现在轧铸复合材料产品中，详细情形如图 11*c*' 中所示。

图 11*d* 示出了图 11*a*—11*c* 的工艺示意图中 L_1 和 L_2 的优选值范围。

图 11*e* 示出了本发明出口侧层压法的一种变型实施方案。图

中还示出固态铝合金带 64，呈熔融铝合金 25 的固化产品形式，从轧铸机 22 的出口侧 66 排出的情况。在必要时，带材 64 可进行表面预处理。在这种情况下，图中示出了该带材接受 *MIA*(磁激励弧)清洁头 68 表面预处理的情况，有关的详细情况将在下文中参照图 11*i* 和 11*j* 中叙述。另外，带材 64 通过适宜的热源 70 预热。同时，随着带材 64 移出轧铸机 22，铝衬合金的带材 72 在衬松开区 76 从带卷 74 送入。必要时，带材 72 同样进行表面预处理。在这种情况下，图中示出了该带材接受 *MIA*(磁激励弧)清洁头 78(按清洁头 68 的方式安装，其结构将在下文中参照图 11*i* 和 11*j* 中叙述)表面预处理的情况。在某些情况下，只用清洁头 68 和清洁头 78 中之一进行操作即足够了。带材 72 在轧辊 80 处预热，然后，在轧机 82 中结合到带材 64 上，从而形成如图 11*e*' 所示的由铝芯合金带材 64 和铝芯合金带材 72 组成的包层薄板产品 84。包层薄板产品 84 的一个实例是由 *AA*3003 芯和 *AA*404 5 衬组成的钎接薄板，例如在下文的实施例章节中使用的。

图 11*f* 中的机构不同于图 11*e* 的装置，不同之处在于送入另一种衬带材，带材 86，是在轧铸机 82 的另一侧。采用另一种 *MIA* 清洁头 88 在带材 64 的两面上进行表面预处理。带材 86 从带卷 90 进料，并用 *MIA* 清洁头 92 作清洁处理。如图 11*f* 所示，该包层薄板产品由芯合金带材 64 和两个衬合金带材 72 和 86 所组成。

图 11*g* 示出了采用热喷镀法，例如电弧喷镀对芯进行钎接包

层的一个实施方案。带材 64 从轧铸机 22 排出，然后，通过擦刷 94 进行表面预处理。然后，将该带材在 70 处预热，从该处移过热喷镀头 96，在此处喷涂铝－硅钎接合金以形成复合材料产品 98(如图 11*g*' 所示的由芯合金带 64 和铝衬合金 100 组成，呈铝－硅钎接合金形式)。一种采用图 11*g* 的方法制成的钎接薄板，将由如 *AA*3003 芯和 *AA*4047 衬(如在下文的实施例章节中使用的) 组成。

图 11*h* 中的机构不同于图 11*g* 的装置，不同之处在于提供了另一套热喷镀头(头 102，用于喷涂另一种衬)，以及附加的擦刷 94*a*，从而形成两面包覆的产品 104，如图 11*h*' 所示，由芯合金带 64 和两个衬合金层 100 和 106 组成。

图 11*i* 和 11*j* 说明用于图 11*e* 和 11*f* 中的 *MIA* 弧清洁头的实施例。这套装置较为充分地公开在共同未决美国专利申请系列号 07/670,576(1991 年 3 月 18 日申请)题为"*Arc－Grained Litho-plate and Two－Step Method for Making It*"中。共同未决美国专利申请系列号 07/670,576 的内容及其相应的欧洲专利申请公开号 0 504\811 A1(1992 年 9 月 23 日公布)均包括在本文中供作参考。

图 11*i* 是 *MIA* 弧清洁头的局部透视图，所述部分是椭圆形的电极 41，图中示出该清洁头位于待清洁处理的金属带(例如图 11*e* 中的带材 72)上部。该带材相对于电极按箭头 109 的方向移动。椭圆形电极优选至少与准备进行表面预处理的薄板一样宽。最优选椭

圆形电极比薄板宽，这样使得来自椭圆的两个圆顶的电弧放电处于薄板范围之外。常规的 *DC* 反极性焊接电弧在椭圆形的电极 41 和薄板 72 的面之间形成(必要时，可叠加高频电流以引弧和稳弧)。该电弧环绕椭圆形的路径(电极和薄板表面间形成的)移动或旋转(如图中的箭头 109 所示)。电弧旋转出于何种原因，将在以下图 11*j* 的说明中解释。电弧旋转非常快，以至仅能看见如线 108 所示的弧幕。电弧与薄板的表面相互作用使薄板得以清洁处理(如点状区所示)。

图 11*j* 是电极 41 的侧视图，图中示出了电弧旋转线圈 110，同时包括了清洁头的一部分。当线圈 110 被直流电激磁，即提供恒定的磁场，从而使电弧环绕电极的椭圆形路径快速地移动或旋转。相匹配地安装的线圈 110 以两个直流线圈的横截面 110*a* 和 110*b* 示于图 11*j* 中。线圈引起电弧按一定的方式旋转，这在磁激励电弧(*MIA*)焊接领域中是熟知的(首先在美国专利 2,280,800 中作了介绍)，外形适配、强度足够的永磁体也可以采用。

在操作中可使用气动缸、电动气压控制以及类似的装置(均未在图中示出)以使椭圆形的电极定位与薄板的表面建立等离子发生的关系。不与电极或铝薄板反应的可电离的气体(未在图中示出)以足够的流量环绕椭圆形电极流动，以确保置换环境气体。为了节省气体，可以在清洁头上部安装罩。

所用的直流电范围从 0.005 至约 0.1 千瓦小时/英尺^2，而其确

切用量则可通过所选择的在电极下移动的薄板线性速度、薄板表面上的污染物(润滑剂和氧化物)量以及预处理后要求达到的表面的结构而定。采用电流输出稳定，优选无高电流/电压峰值的工业用的直流焊接电源供电，以防止熔化点或非均匀的表面区产生。开路电压可以在10*V*－60*V*范围变化。

图12*a*说明了本发明的冷轧产品。例如图11*a*'、11*b*'和11*c*'中任一图所说明的产品，可以采用能达到所需产品硬度，例如*H*24硬度的方法冷轧而得。图12*a*所示的方法中，较厚的产品63在轧制线65处进入(或水平地进入)轧辊64*a*和64*b*，然后以较薄的产品66离开。

图12*b*示出了使用薄板形成角(*angulation*)的冷轧产品。该"形成角(*angulation*)"是待轧制的薄板进入辊缝处的角度，在此情况下，该角度为α。在轧制图11*b*'产品的情况下，薄板厚度的上半部的压缩率大于下半部。这样，顶部衬比底部变得更薄，即改变了包层比率。如果送入图11*a*的产品，在厚度百分率为上述规格的情况下，这可能是一种降低复合材料包层厚度百分率的方法。

图13*a*和13*b*示出了本发明的钎接组件，它是采用在轧铸机轧辊上层压的方法制造的。从图中可看到*AA*3003翅片68，它是用*AA*4104钎接合金70结合到以铸锭生产的*AA*3003基片72上的钎接薄板的芯。该钎接合金在真空钎接操作过程中从芯上熔化，然后，流入翅片68和基片72之间的接缝中，以形成界面和翅片68

和基片 72 之间的圆角条。该基片 72 可以是例如散热器或蒸发器的管材，因而翅片 68 可在管上起热交换器的作用。

下列实施例将对本发明作进一步说明：

在轧铸机轧辊处层压的实施例

一种铸型包括一对水冷式轧辊（其直径为 911*mm*），被用来制造一种表面上的材料包层。铝填充材料是呈带卷形式，0.016″厚的薄板，主要含 0.3%铁、10%硅，其余为铝，即 *AA*4045。这种材料沿顶部或底部的轧辊进料，同时，以 45 磅/英寸^2 制动压力的形式向该材料施加后张力。在填充材料和铸辊之间保持 80 度的接触弧。该填充材料在铸机辊缝中产生负载之前承受 30%的可控延伸，它提供包层材料所必需的热变形，以控制施加的包层百分率。

芯的熔体含有 0.25%硅、0.62%铁、0.15%铜和 1.15%锰，其余为铝(即 *AA*3003)，在 1270°*F* 的铸造温度下以 54 英寸/分钟的速率进行铸造，以形成 0.246 英寸厚的复合包层材料(填充材料薄板厚 0.012 英寸，产生 5%包层材料)。

将该包层材料冷轧至厚度为 0.060 英寸，然后，在 800°*F* 下退火 2 小时，以获得在一个面上具有 5%填充材料的 0— 硬度的钎接薄板。

该材料具有下列 0—硬度的机械性能：抗拉强度(极限值) 21.8 千磅/英寸^2、屈服强度(偏移＝0.2%)12.1 千磅/英寸^{2}和延伸率 24.0%。相反，厚度、成分和硬度规格相同的钎接薄板，而采用现

有技术的热轧制铸锭方法制造，其抗拉强度未发现超过 19.0 千磅/英寸^2。因此，根据本发明制造的材料享有显著的强度的优越性，胜过现有技术生产的产品。

同样，在轧铸机轧辊上层压制得的总厚度为 0.3*mm* 的钎接薄板，包括 10%在芯的两面上的包层厚度，芯铝合金含 0. 7—0.9%硅、1.0—1.3%锰、0.05—0.15%铬、0.1—0.2%钛，在一侧面上包覆的铝合金含 2.0—2.4%镁、1.8—2. 2% 锌，在另一面包层的 *AA*4045(美国专利号 5,011,547 可能有关联)具有下列 *H*34— 硬度的机械性能：抗拉强度(极限值)29.8 千磅/英寸^2、屈服强度(偏移＝0.2%)25 千磅/英寸^2 和延伸率 12.5%。相反，厚度、成分和硬度规格相同的钎接薄板，而采用现有技术的热轧制铸锭方法制造，其抗拉强度未发现超过 25 千磅/英寸^2。

出口侧层压的实施例

进行了有关轧铸 *AA*3003—*AA*4045 合金夹层板的初次试运转，该合金预热至最高 1050°*F*，并压缩到至多 40%。压缩前，将该夹层板的拼合表面进行蒸气脱脂和刷擦。在压缩 20%、30%和 40%后，该衬自然地粘附到芯上。在每次压缩后，进行了两种夹层板的运行试验。来自每次压缩的样品任其冷却至室温后，进一步冷轧至 0.080″。热轧和冷轧试样的钎接合金熔化(*melt off*)试验表明包层能很好地结合到压下率为 20%的芯上。衬合金的熔化试验包括将待测试样放置在炉中，与垂直线呈 30 度角，然后，加热至约 1120°

F。衬熔化，并流到试样的底部。如果熔融的钎接合金完全润湿芯合金表面，那么，该衬也许会冶金地接合到芯上。如果该衬并未完全润湿芯合金，而留下漏接或气泡，那么，该衬未能与该芯很好地结合。试样的金相检验结果表明在任一个冷轧的试样上的芯和衬间以及在30%和40%压下率的试样中都没有发现结合线。20%压下率的试样仅显示出一些结合线的痕迹。

对进厂的(未净化)*AA*3003－*AA*4045 合金薄板的夹层板重复进行上述轧制试运转和试验。衬料熔化试验和金相检验的结果与上述所得的结果非常相似。

对进厂的(未净化)*AA*3003 型芯和 *AA*4045 衬料合金薄板的夹层板在450°*F* 预热温度下重复进行上述轧制试运转和试验。在压缩率低于40%的情况下，该衬料不会粘附到芯合金上。甚至在压缩40%的情况下，也只能勉强粘接。然后，将上述试样冷轧至 0.080″。衬的熔出试验结果表明，在芯的表面上出现许多分散的小气泡，这就表明衬未完全结合到芯上。

喷镀锌防腐蚀的实施例

将纯锌用电弧喷镀在几个 *AA*4045 试样上，采用 *TAFA* 电弧喷镀系统，它包括 30＊8*B*35 型 350 安电弧喷镀电源装置和 8830 型的电弧喷镀枪(*Hobart TAFA Technologies of Concord*, *NH* 制造) 按以下厚度 0.001″、0.00 2″和 0.003″喷镀在 0.020 厚的 4045 薄板试样上，电弧喷镀的参数如下：150 安、27－28 伏、雾化气压

30 磅/ 英寸^2 和喷枪至操作台相隔距离 3″—4″。在电弧喷镀前，在轧制方向和与其呈 90 度的方向上用金属丝擦刷(具有粗线轮)试样。擦刷后，将 0.020″的试样进行蒸气脱脂；而 0.235″的薄板试样未进行脱脂。

将扩散阻挡层涂敷到可热处理的芯钎接薄板上的实施例

使用上述的 *TAFA* 电弧喷镀设备，用 0.002″厚的 *AA*1100 和 *AA*1 260 铝合金对 0.020″厚的薄板样品进行电弧喷镀。电弧喷镀的参数为：160 安、28—29 伏、雾化气压 30—32 磅/英寸^{2}和喷枪至操作台相隔距离 3″—4″。在电弧喷镀前，如上述用金属丝擦刷薄板样品，然后进行蒸气脱脂。*AA*1100(99. 00%*Al*) 和 *AA*1260(99. 60%*Al*)铝合金用作扩散阻挡层合金，因为它们是可以从市场上购得的焊接电极形式的最纯铝合金。较纯铝合金可以较好地防止硅扩散进入可热处理的芯合金中，但问题是这种附加的保护(可能性小)与增加的材料费比较是否值得。如上所指出，铝— 锰合金也可以用作阻挡层防止硅的渗入。

用电弧喷镀法对芯进行钎接包层的实施例

使用上述 *TAFA* 电弧喷镀设备，用 *AA*4047 电弧喷镀 0.210″厚的轧铸 *AA*3003 薄板。对几种表面预处理进行了评价。擦刷时使用或随后不使用溶剂净化，可使被涂敷层厚度达 0.022″的涂层不致脱层。用″*MEK*″溶剂擦拭可以使厚 0.010″的涂层不脱层；蒸气脱脂可使涂层厚度达到 0.018″。该涂层在下列电弧喷镀参数下涂

数：150 安、27 伏、雾化气压 30 磅/英寸^2 和喷枪至操作台相隔距离 3″—4″。

采取擦刷，继而进行蒸气脱脂对表面预处理后，采用 *TAFA* 电弧喷镀设备，用 0.022″厚的 4047 铝合金对 5 个 0.210″厚的 3003 铝合金轧铸薄板试样进行电弧喷镀，喷镀的参数如上所述。这些薄板试样被冷轧压缩至 0.060″，在 0.100″的规格时，进行中间退火。该喷镀的涂层显示出很好地结合到基片上，未发现剥落的迹象。初步的钎接试验表明，这种钎接材料的性能很好。然而，最小的弯曲试验表明，当承受中等至剧烈的弯曲时，涂层发生裂缝和剥落，有时，裂缝移至芯中。

制造钎接组件的实施例

图 3*a* 和 13*b* 的钎接组件在真空钎接设备中制成。炉热区的温度为 1110°*F*。真空度为 1.9×10^{-5} 托。将未钎接的组件用适宜的夹具夹在一起，插入热区，在约 1100°*F* 下处理 4 分钟。此时，真空度降到约 6×10^{-5} 托。

说　明　书　附　图

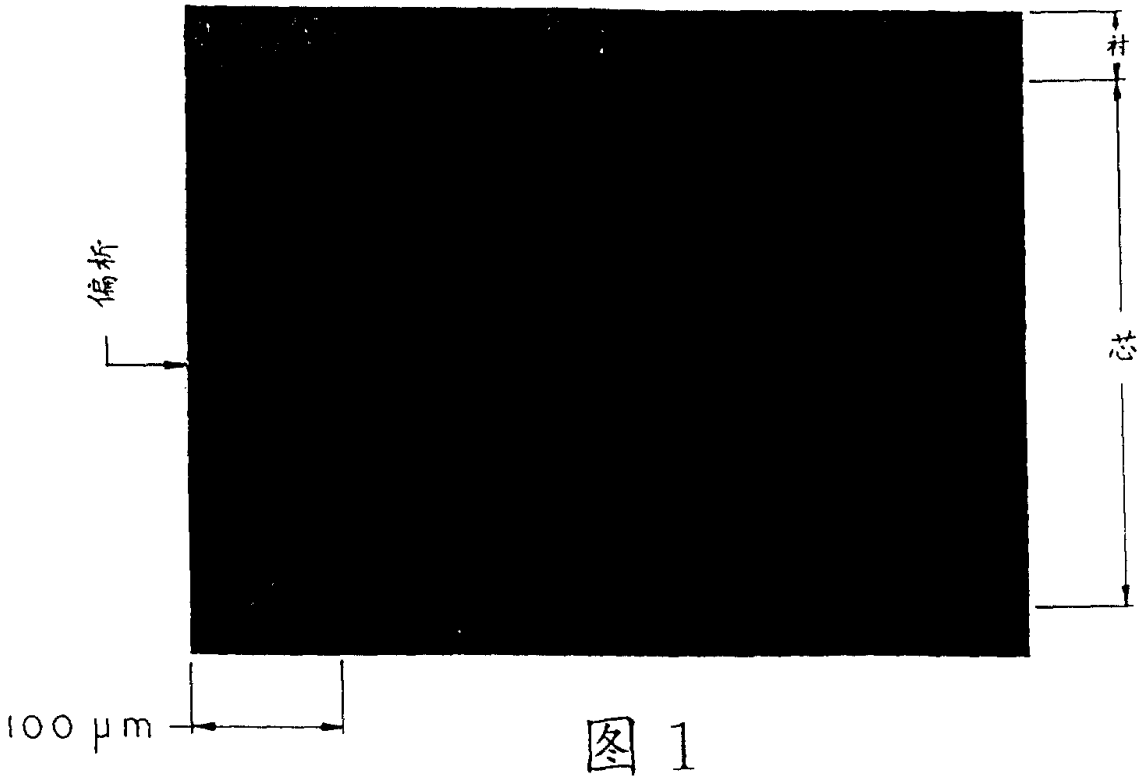


图 1

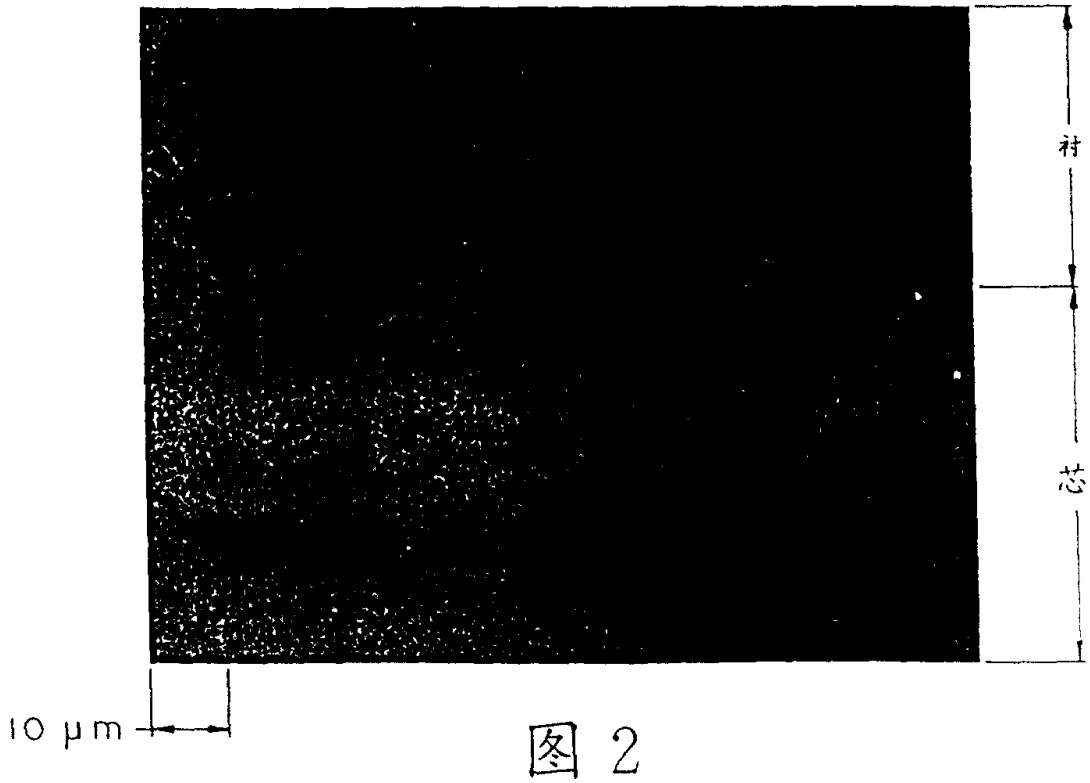


图 2

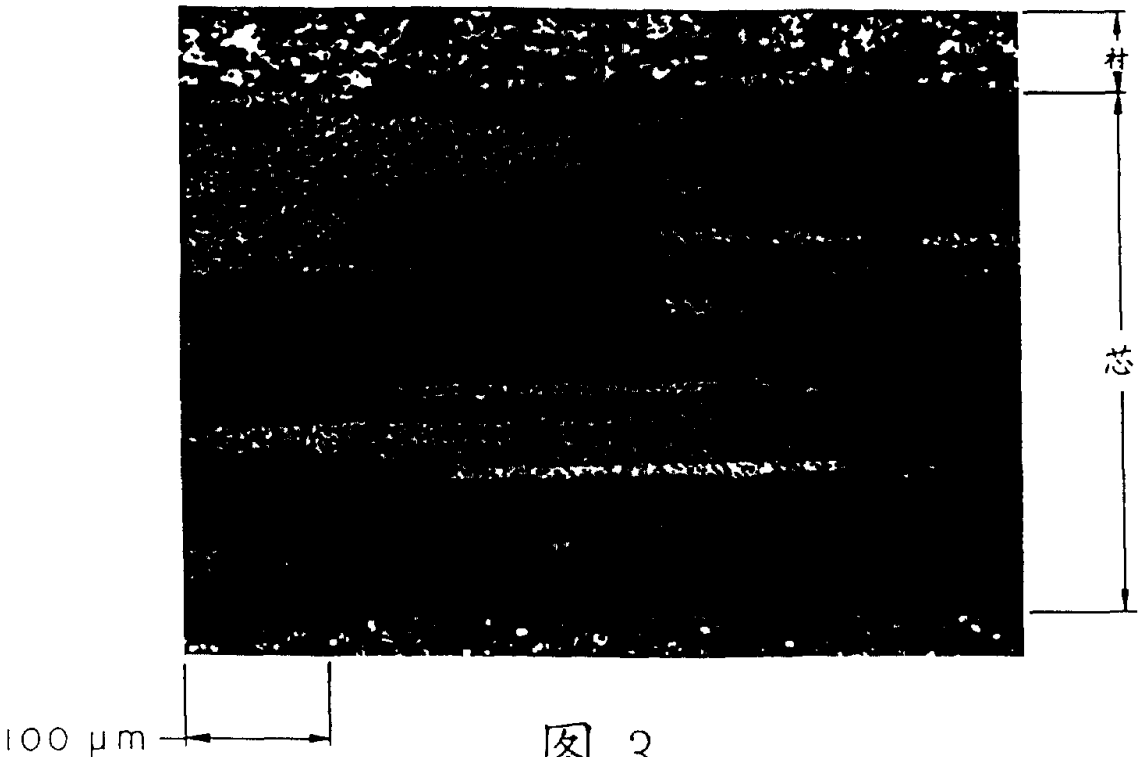


图 3

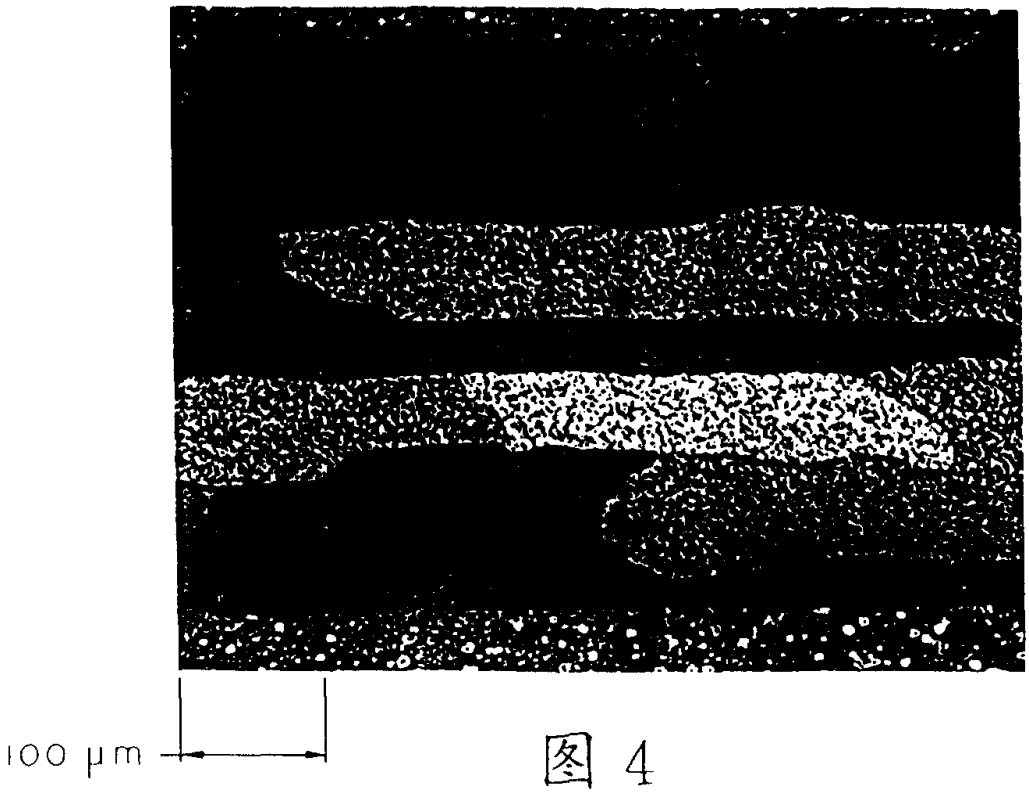


图 4



图 5

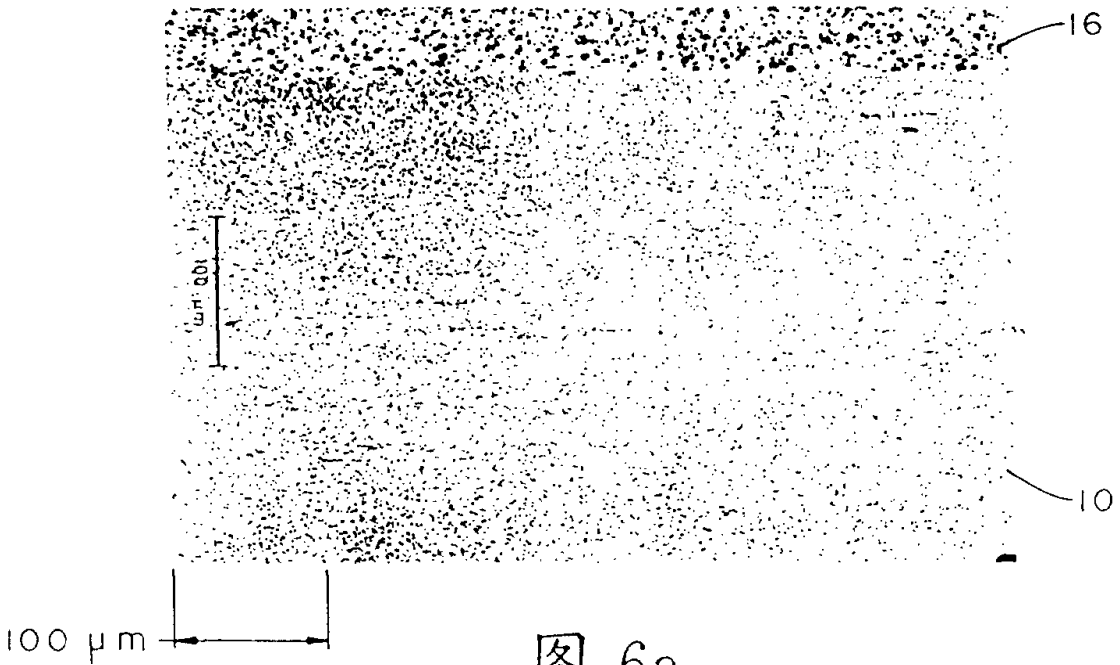


图 6a

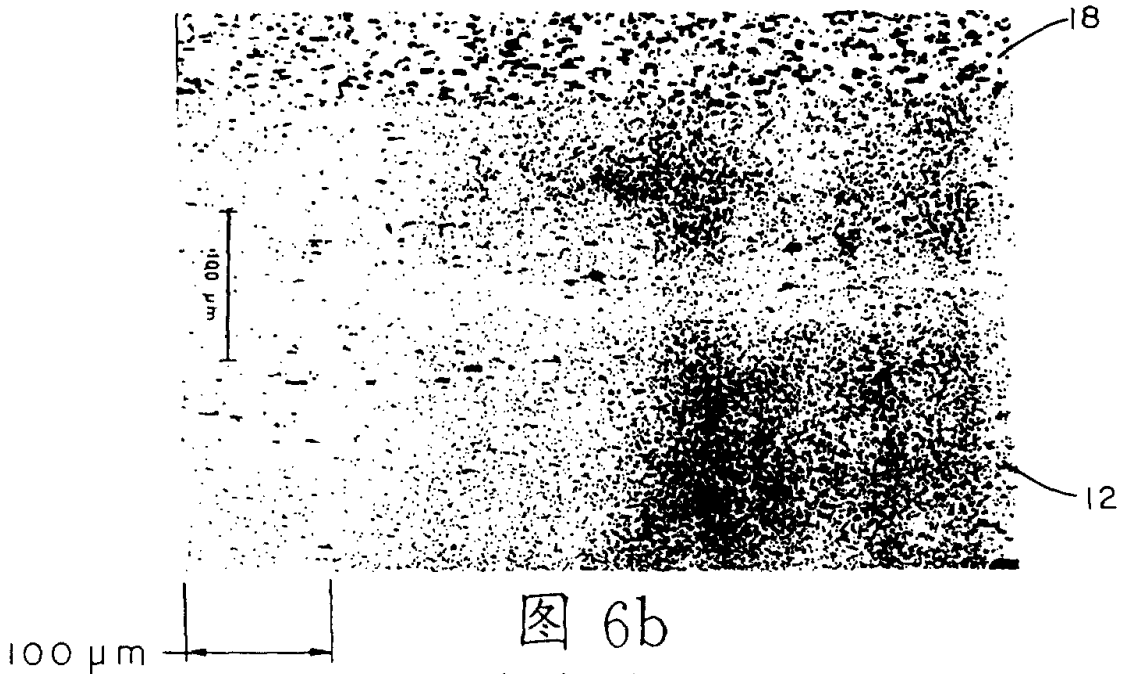


图 6b

（现有技术）

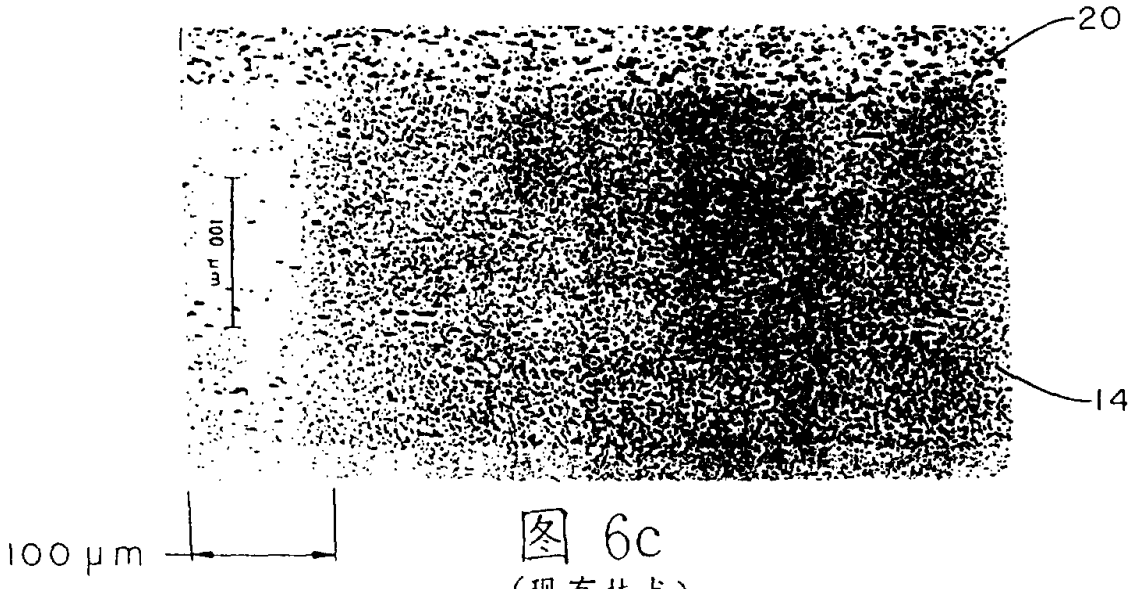


图 6c

（现有技术）

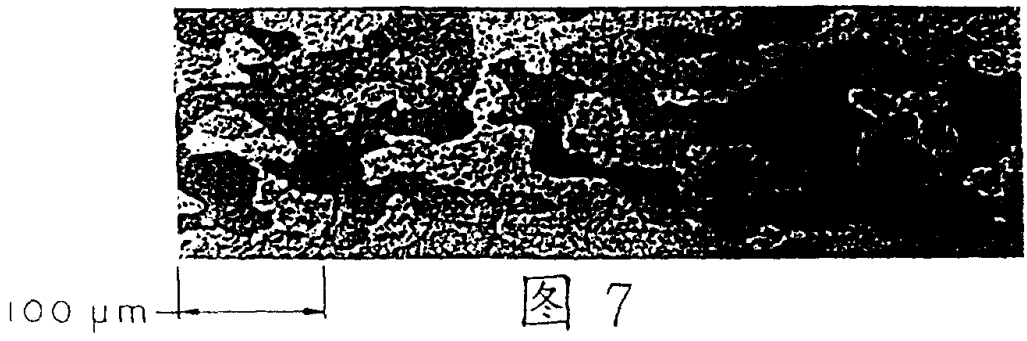


图 7

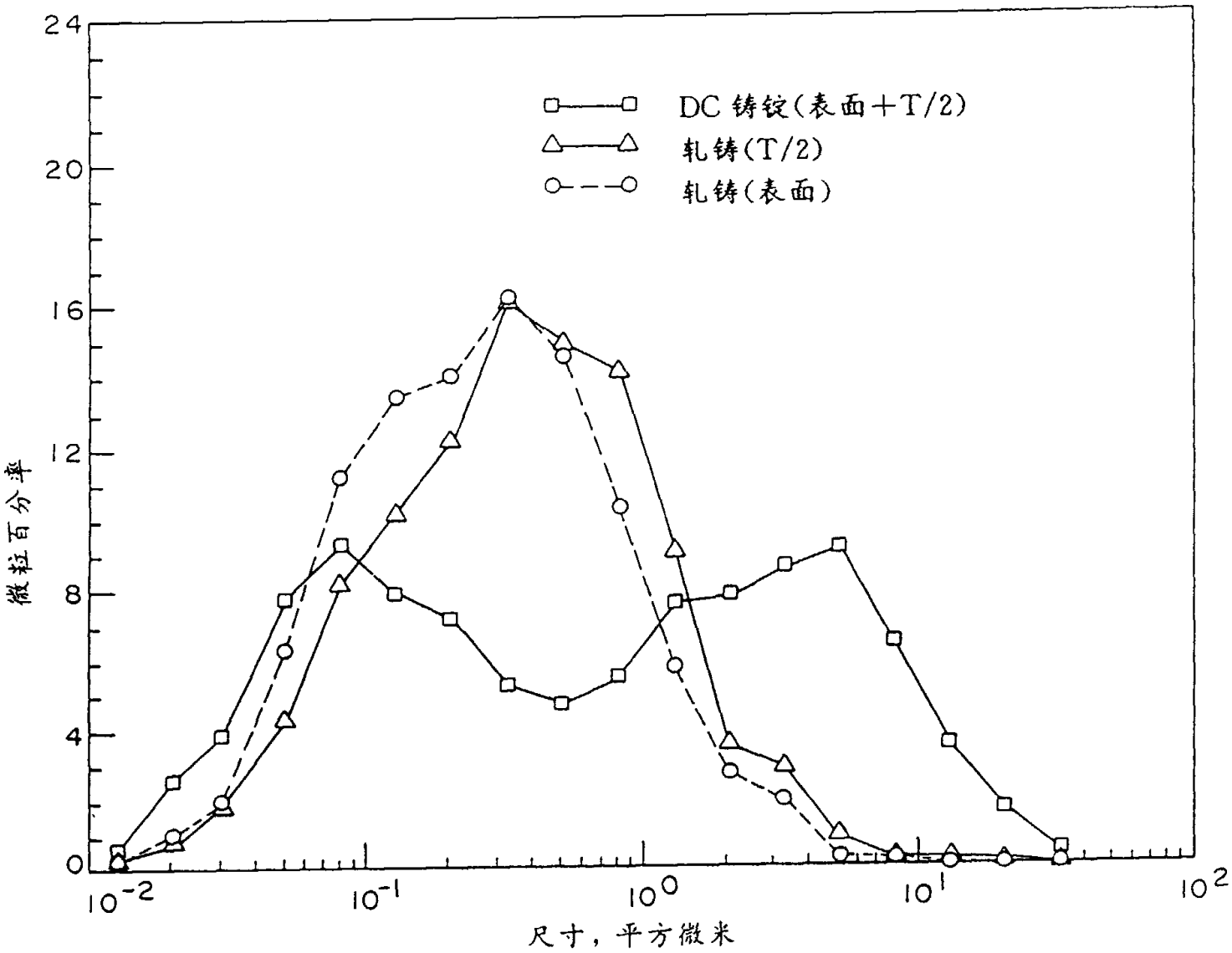
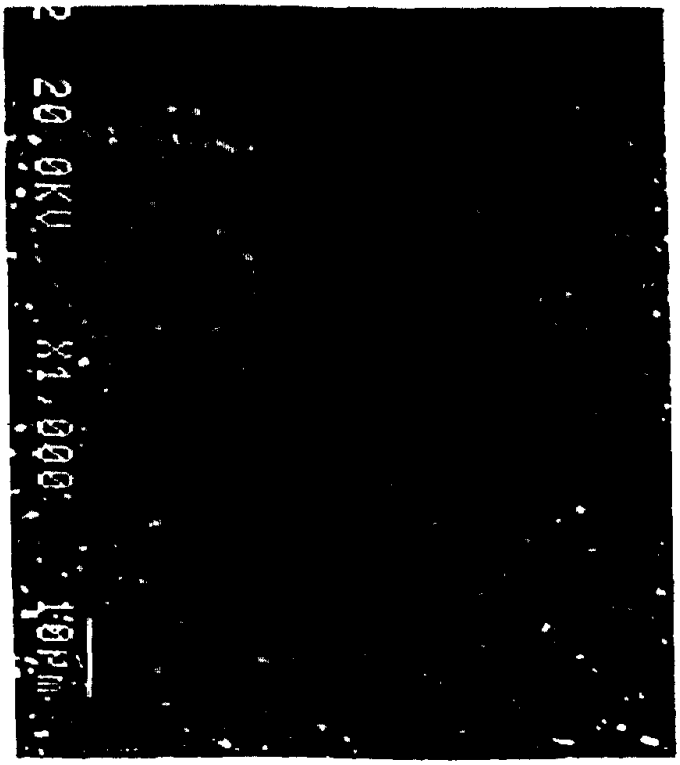
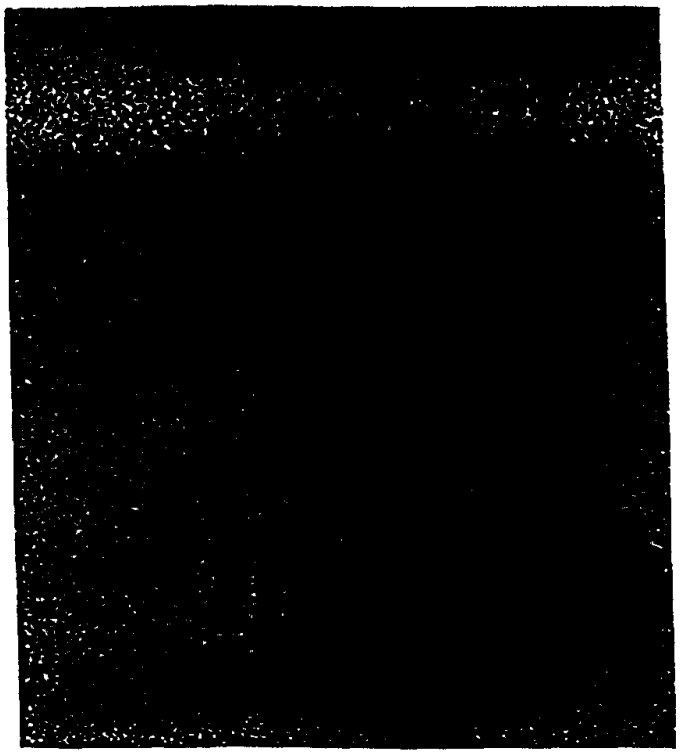

24
20
16
12
8
4
0
微粒百分率
DC 铸锭(表面+T/2)
轧铸(T/2)
轧铸(表面)
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}
10^{2}
尺寸，平方微米

图 8



背散射电子图

图 9a



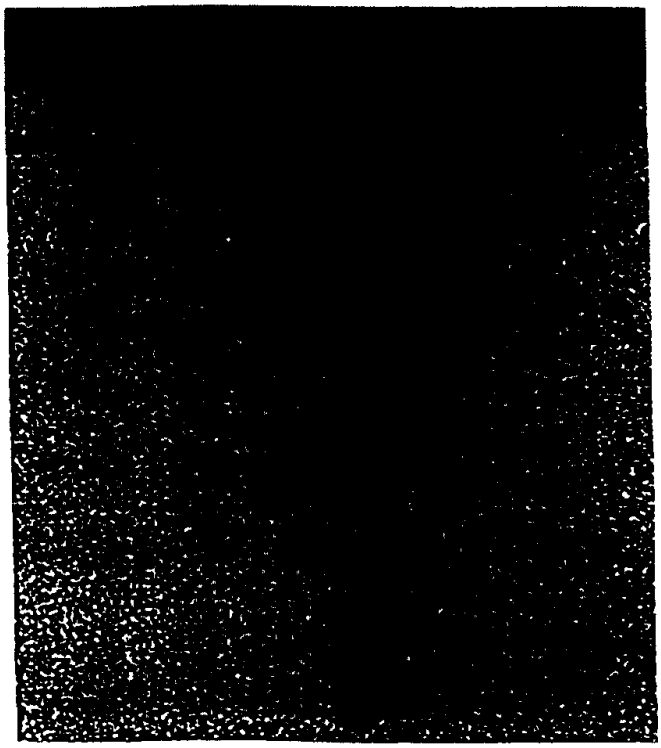
锌 X 射线图

图 9b



硅 X 射线图

图 9c



锰 X 射线图

图 9d

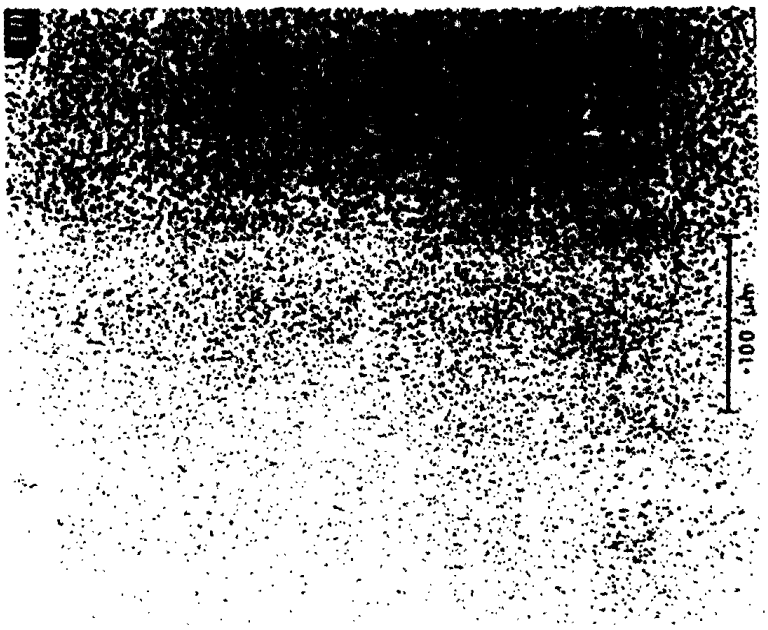


图 10

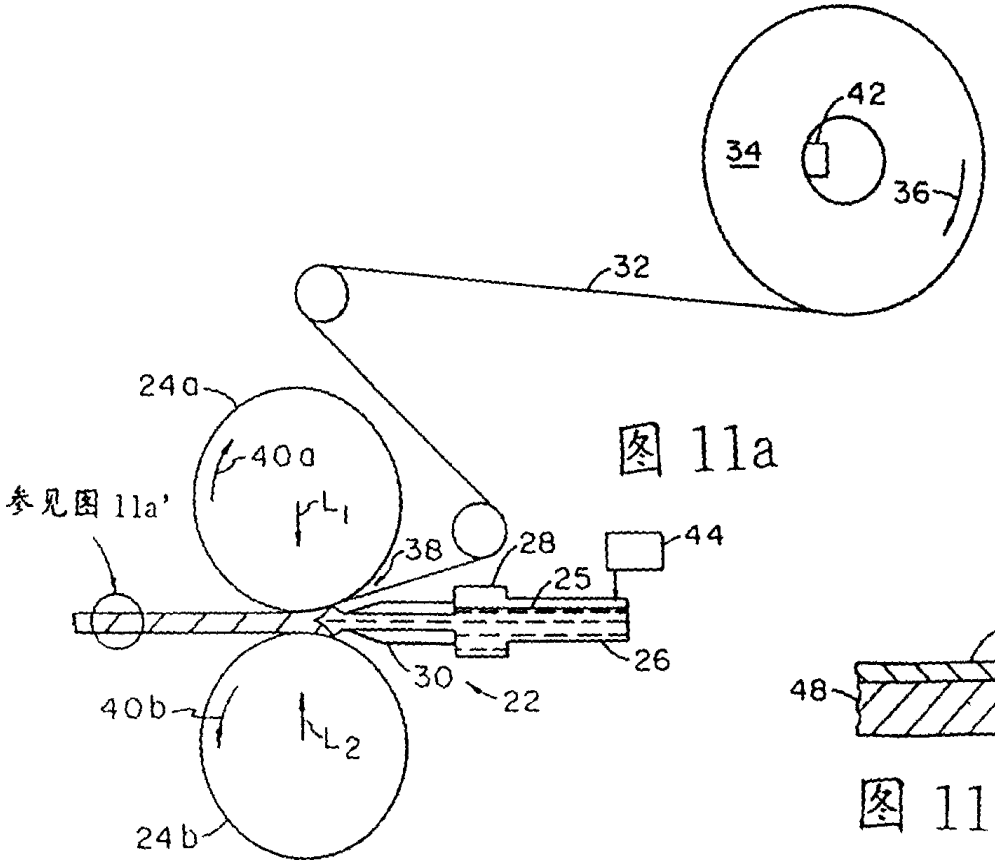


图 11a

图 11a'

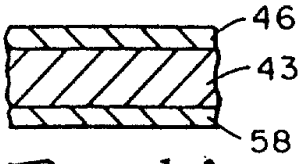


图 11b'

图 11b

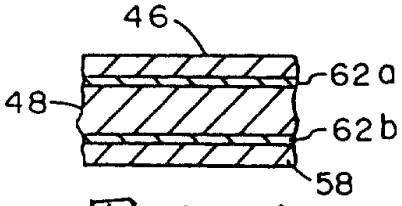


图 11c'

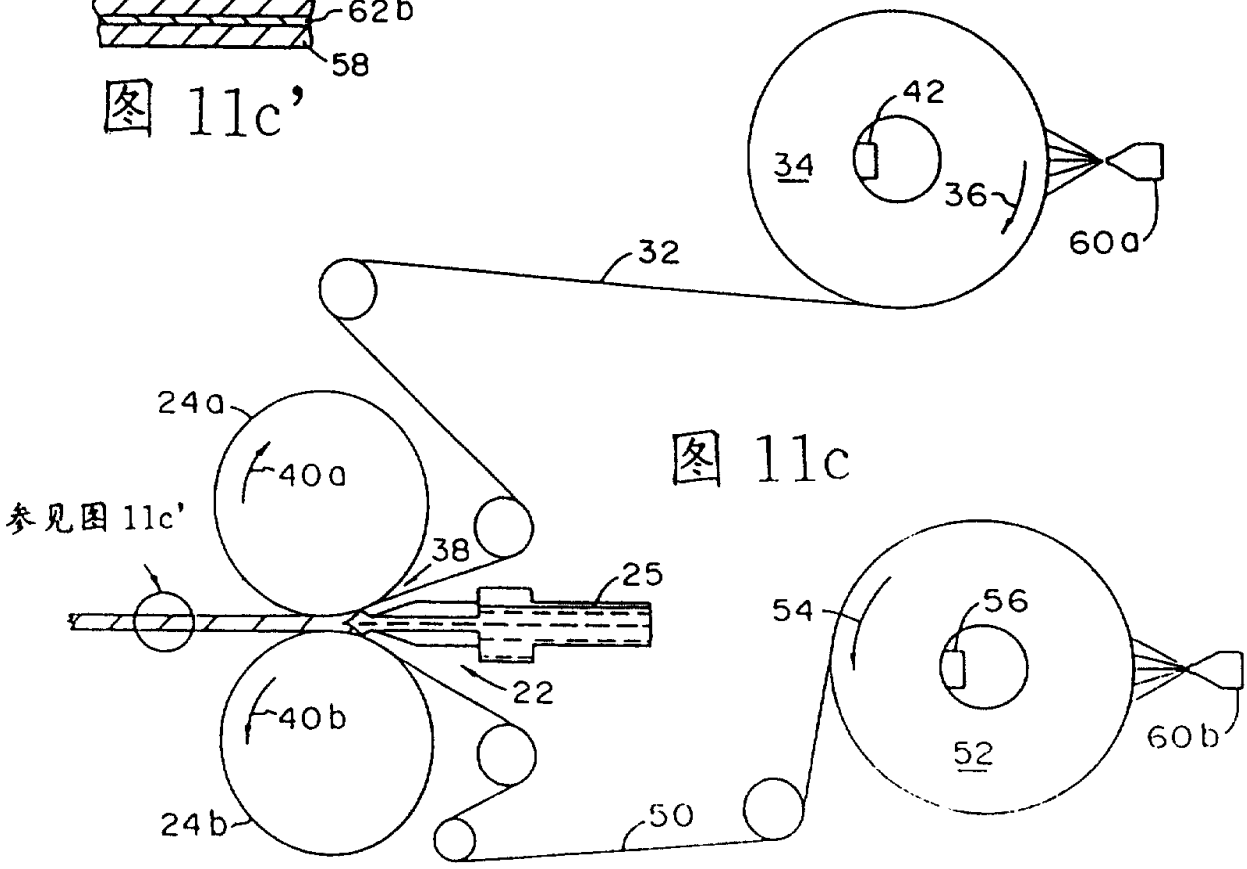


图 11c

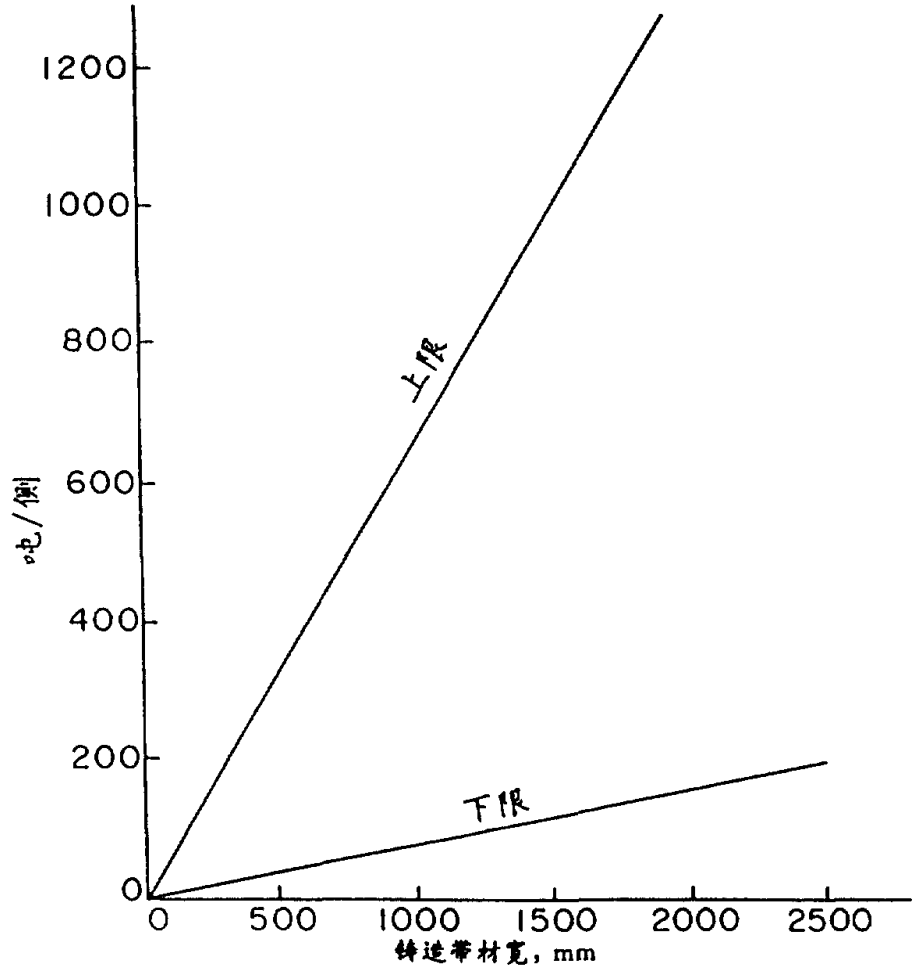


图 11d

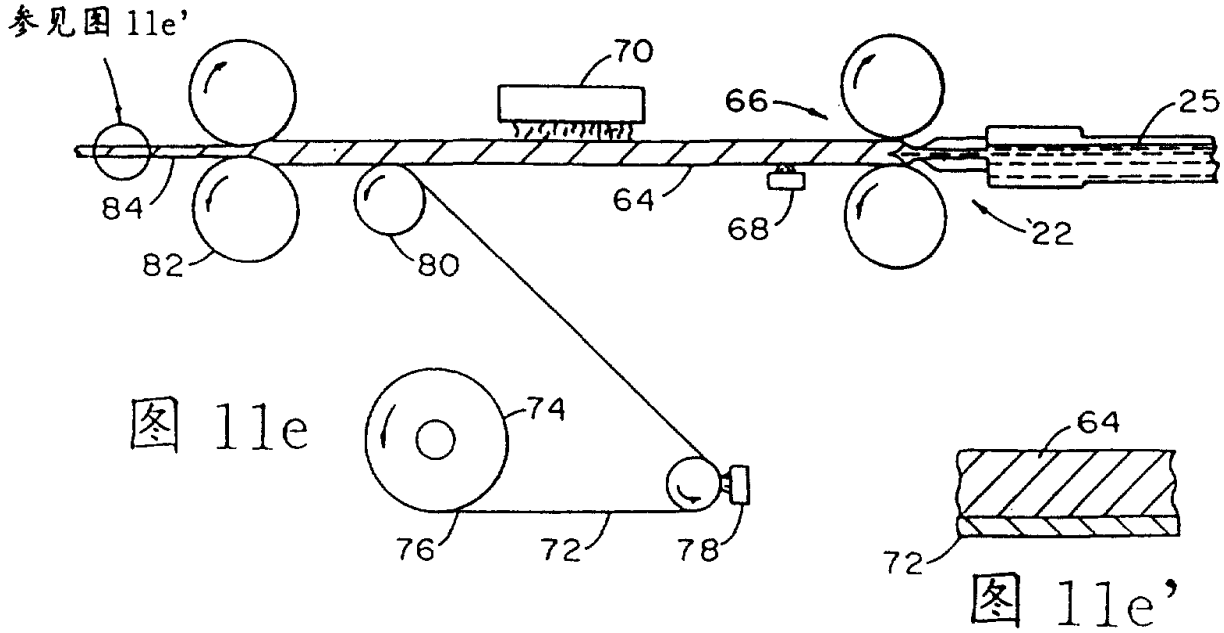


图 11e

图 11e'

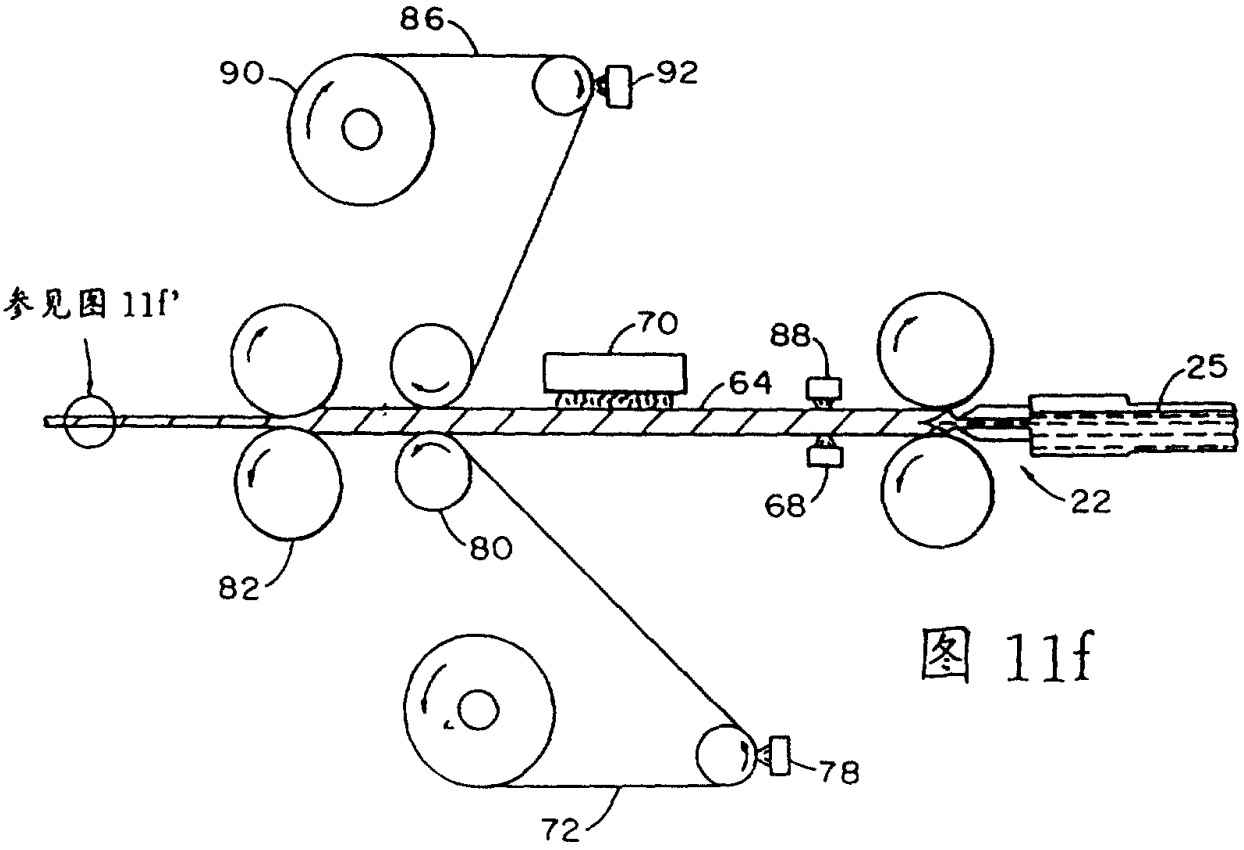


图 11f

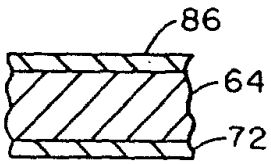


图 11f'

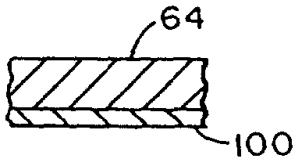


图 11g'

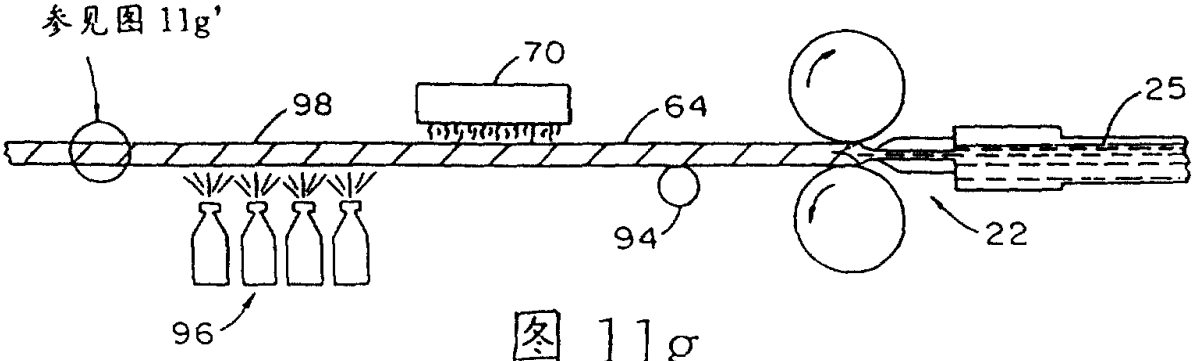


图 11g

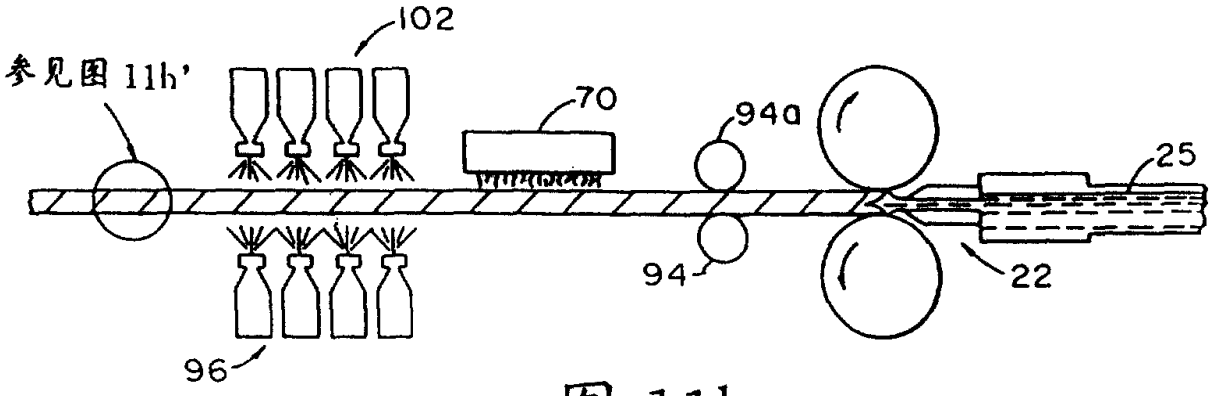


图 11h

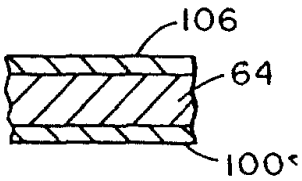


图 11h'

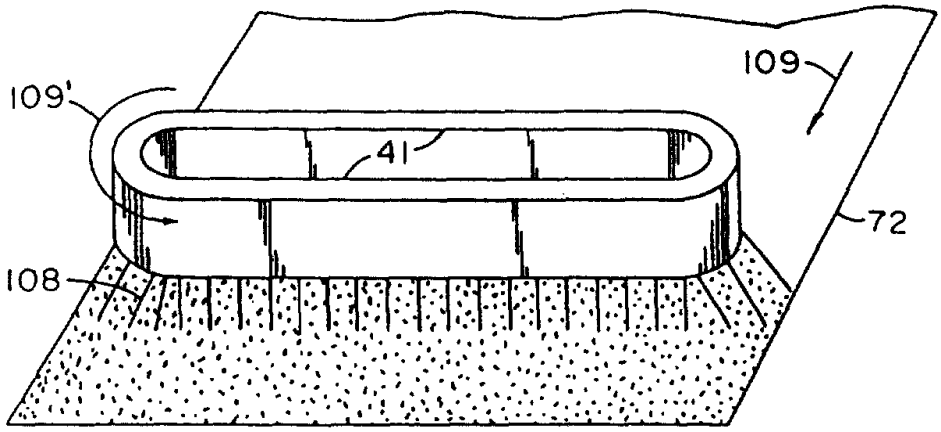


图 11i

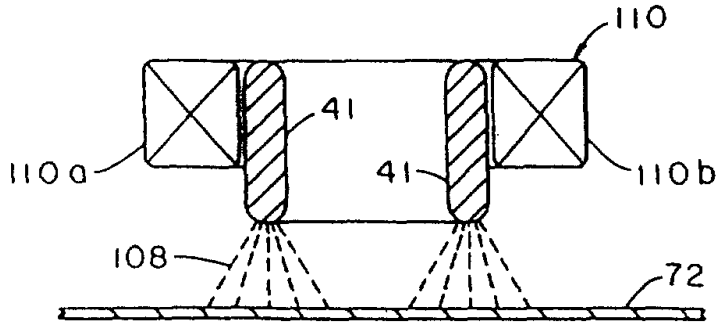


图 11j

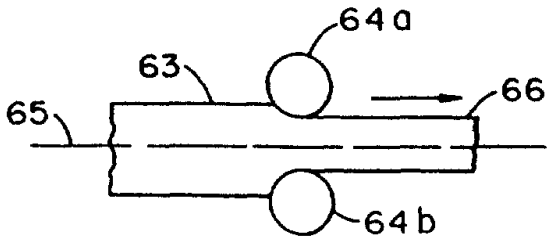


图 12a

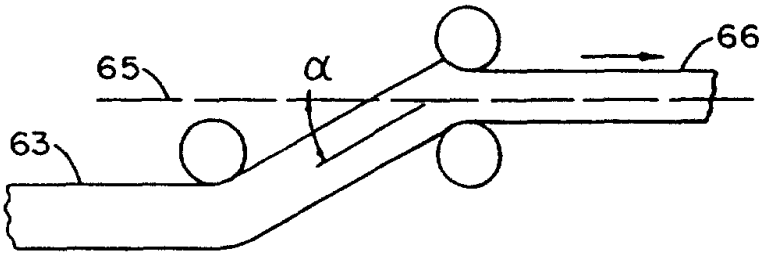


图 12b

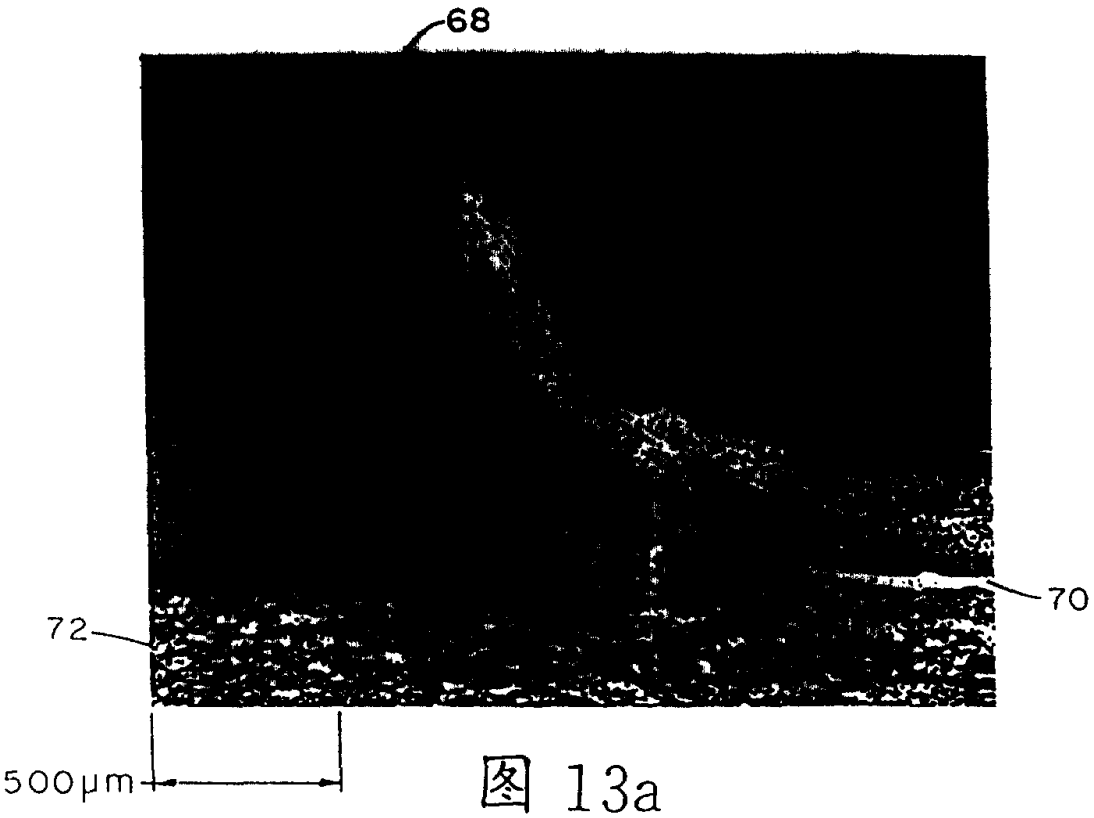


图 13a

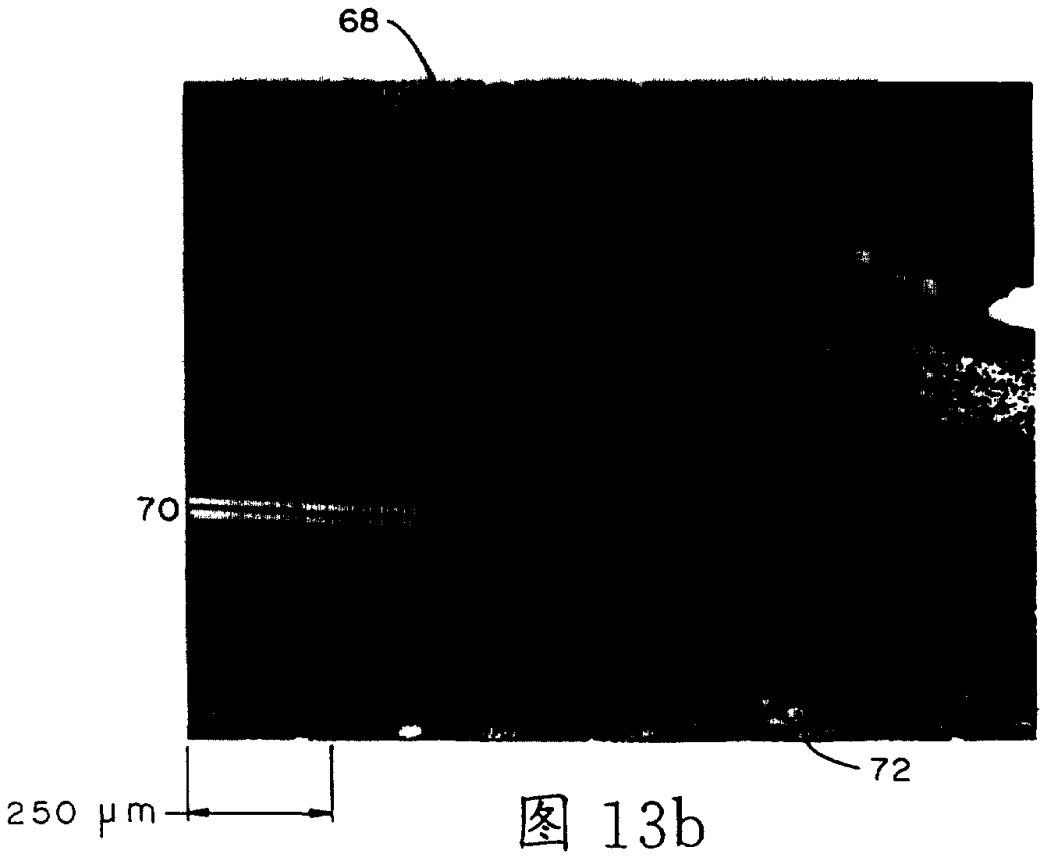


图 13b