



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101394958 B

(45) 授权公告日 2011.12.21

(21) 申请号 200780007303.4

B22D 15/04 (2006.01)

(22) 申请日 2007.02.28

B22D 21/04 (2006.01)

(30) 优先权数据

B22D 7/12 (2006.01)

60/777,914 2006.03.01 US

B22D 9/00 (2006.01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2008.09.01

US 3353934 A, 1967.11.21,

(86) PCT申请的申请数据

US 6260602 B1, 2001.07.17,

PCT/CA2007/000309 2007.02.28

US 6495269 B1, 2002.12.17,

(87) PCT申请的公布数据

US 4567936 A, 1986.02.04,

W02007/098583 EN 2007.09.07

US 3717197 A, 1973.02.20,

(73) 专利权人 诺韦利斯公司

US 2005011630 A1, 2005.01.20,

地址 加拿大安大略省

US 6705384 B2, 2004.03.16,

(72) 发明人 罗伯特·布鲁斯·瓦格斯塔夫

审查员 刘宝聚

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 王艳江 段斌

(51) Int. Cl.

B22D 7/02 (2006.01)

权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 9 页

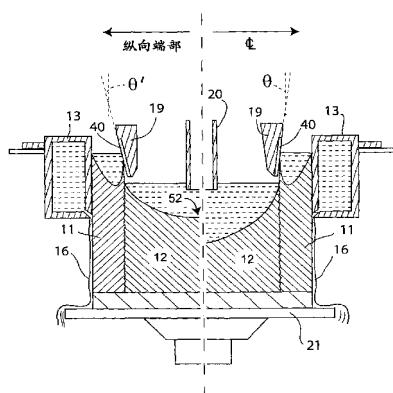
(54) 发明名称

具有高收缩系数的连铸金属

(57) 摘要

CN 101394958 B

用于在 DC 模具中浇铸金属以形成锭块的方法和设备，所述锭块具有通过连续凝固形成的至少两层。所述设备在模具的入口端部处具有至少一个冷却分隔壁，以将入口端部分成至少两个供送腔室。将金属供送到所述腔室内以形成内层和至少一个外层。所述分隔壁具有用来与用于所述至少一个外层的金属接触的金属接触表面，该表面设置成与竖向成一个角度，从而沿向下的方向远离用于所述外层的金属而倾斜。该角度在远离中央壁区并且接近分隔壁的每个纵向端部的位置处增加。所述设备适于将具有高收缩系数的金属铸造为内层或芯锭块。



1. 一种用于铸造复合金属锭块的设备,包括:

端部敞开的大体为矩形的模具腔,该模具腔具有入口端部、排出端开口以及可移动底块,所述可移动底块适于装配在排出端内并适于在铸造期间沿所述模具腔的轴向移动;

至少一个冷却分隔壁,所述至少一个冷却分隔壁位于所述模具的入口端部处并且在所述排出端开口的上方终止,以将所述入口端部分成至少两个供送腔室;以及

用来将用于内层的金属供送到所述至少两个供送腔室之一的装置和用来将用于至少一个外层的另一种金属供送到所述供送腔室中至少另一个的至少一个装置;

其中所述至少一个冷却分隔壁具有用来与用于所述至少一个外层的金属接触的金属接触表面,该表面设置成与竖向成一个角度,从而沿向下的方向远离用于所述外层的金属而倾斜,所述角度在所述至少一个冷却分隔壁上的接近所述至少一个冷却分隔壁的每个纵向端部的位置处增加。

2. 根据权利要求 1 所述设备,其中用来供送用于所述至少一个外层的所述另一种金属的所述至少一个装置设置成在所述模具中的比用来供送用于所述内层的金属的所述装置更高的位置处将用于所述外层的金属引入所述模具内。

3. 根据权利要求 1 所述设备,其中所述至少一个冷却分隔壁在所述纵向端部处的角度至少是在其中央处的角度的两倍。

4. 根据权利要求 1 所述设备,其中所述至少一个冷却分隔壁在所述纵向端部处的角度至少是  $3^{\circ}$ ,并且在其中央处的角度不大于  $2^{\circ}$ 。

5. 根据权利要求 1 所述设备,其中所述至少一个冷却分隔壁在所述纵向端部处的角度在  $3\text{--}7^{\circ}$  的范围内,并且在其中央处的角度在  $1\text{--}2^{\circ}$  的范围内。

6. 根据权利要求 1 所述设备,其中所述冷却分隔壁具有长形的中央区,所述角度在所述中央区内保持恒定,然后在超过所述中央区时增加。

7. 根据权利要求 1 所述设备,包括用于对收缩系数比纯铝更高的熔融金属的供应装置,所述供应装置连接到用来供送用于所述内层的金属的装置。

8. 根据权利要求 7 所述设备,其中所述熔融金属的供应装置是供应含有至少 2.5wt. % 的镁的铝 - 镁合金的供应装置。

9. 根据权利要求 1 所述设备,包括与用于供送所述另一种金属的装置连接的熔融金属供应装置,所述熔融金属是收缩系数比供送到所述内层的金属更低的金属。

10. 一种铸造复合锭块的方法,包括步骤:

提供用于铸造复合金属锭块的设备,该设备包括端部敞开的大体为矩形的模具腔,该模具腔具有入口端部、排出端开口、适于装配在所述排出端开口内并适于在铸造期间沿所述模具腔的轴向移动的可移动底块、以及至少一个冷却分隔壁,所述至少一个冷却分隔壁位于所述模具的入口端部处并且在所述排出端开口的上方中止,从而将所述入口端部分成用于铸造内层和至少一个外层的至少两个供送腔室,所述至少一个冷却分隔壁具有金属接触表面,所述金属接触表面用于与为所述至少一个外层引入的金属接触,该表面设置成与竖向成一个角度,从而沿向下的方向远离用于所述外层的金属而倾斜,所述角度在所述至少一个冷却分隔壁上的如下位置处增加:向着所述至少一个冷却分隔壁的每个纵向端部与所述至少一个冷却分隔壁的中央区间隔开的位置;

将用于内层的金属供送到所述至少两个供送腔室中的一个;

将用于至少一个外层的另一种金属供送到所述供送腔室的至少另一个；以及  
沿着所述模具的轴向移动所述底块，以允许锭块从所述设备的所述排出端开口中脱出。

11. 根据权利要求 10 所述方法，其中用于所述内层的金属是收缩系数比纯铝更高的金属。

12. 根据权利要求 10 所述方法，其中用于所述内层的金属与用于所述至少一个外层的金属它们各自的收缩系数具有显著的差别。

13. 根据权利要求 10 所述方法，其中在所述模具中的比被选择用来引入用于所述内层的金属更高的位置处将用于所述至少一个外层的所述另一种金属引入到所述模具内。

14. 一种在直接激冷铸造设备中铸造由一种金属制成的内层和由另一种金属制成的至少一个金属覆层的方法，所述直接激冷铸造设备具有至少一个分隔壁，所述至少一个分隔壁在该设备中形成至少两个腔室，其中用于所述内层的金属具有比用于所述至少一个金属覆层的金属更高的收缩系数，这种改进包括使所述至少一个分隔壁与竖向成一个角度，以用于接触为所述至少一个金属覆层提供的金属但沿向下的方向远离为所述至少一个金属覆层提供的金属而倾斜，以及使所述角度在如下位置处增加：向着所述至少一个分隔壁的纵向端部与所述至少一个分隔壁的中央区间隔开的位置。

## 具有高收缩系数的连铸金属

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种通过直接激冷 (DC) 铸造技术对金属——尤其是铝和铝合金进行的铸造。更具体地说，本发明涉及通过发生连续凝固的直接激冷铸造技术对金属层进行的共铸。

### 背景技术

[0002] 金属锭块通常通过对熔融金属进行直接激冷铸造而进行生产。这需要将熔融金属倒入具有冷却壁、敞口上端和（开始后）敞口下端的模具内。金属从模具的下端以金属锭块脱出，所述金属锭块在铸造操作进行的过程中向下行进。在其它情形中，铸造沿水平方向进行，但是程序实质上是相同的。这种铸造技术尤其适合于对铝和铝合金进行铸造，但是也可以用于其它金属。

[0003] 这种铸造技术在 Wagstaff 的美国专利第 6,260,602 号中进行了详尽的论述，该专利专门涉及单锭块的铸造，也就是完全由相同的金属制成并铸造成单层的锭块。在 Anderson 等人的美国专利公报第 2005/0011630A1 号中公开了用于通过连续凝固技术铸造分层结构的设备和方法。连续凝固包括对第一层（例如，预期作为内层或者芯的层）的铸造，随后一旦所述第一层已经达到合适的凝固程度，就接着但以相同的铸造操作在所述第一层上铸造一层或多层其它金属。

[0004] 虽然这些技术是有效的并且是成功的，但是在尝试在凝固和冷却时具有高收缩系数的一种或者多种合金上使用连续凝固技术可能会遇到困难。特别地，已经发现，当使用这种金属作为内层用以形成其它金属外层的基体时，在铸造操作期间，所述内层可能具有折断所述外层的趋势（或者表现出差的粘着力），尤其是在以分层结构铸造的矩形锭块的最末端以及尤其在锭块成型的初始阶段更是如此。

[0005] 众所周知在纯铝中加入其它元素可以将铝的收缩系数改变到更大或者更小的程度。一些元素可以增大收缩系数，而另一些元素可以降低收缩系数。与纯铝相比，诸如镁和锌这样的元素可以增大所述系数，而诸如铜、铁、硅和镍这样的元素可以降低所述系数。所述系数的变化程度一般与添加到铝中的元素的百分比大约呈线性方式变化。

[0006] 虽然所有连铸金属结构都可能会遇到上文中提到的困难，但是当内层由具有高收缩系数的铝合金制成时——尤其是当内层由具有比铝本身的系数更高的系数的铝合金时——这些困难会更趋于明显，特别是当内层由含有含量相对较高的镁和 / 或锌——例如镁的含量超过约 2.5wt. %——的铝合金制成时更是如此。然而，当一层金属的收缩系数不是特别高，但是两个相邻层的系数之间存在很大的差别时，会遇到同样的问题，例如在一层中镍的含量很显著的合金与在相邻层中含有铜的合金。虽然相对于纯铝而言这两种元素都会造成所述系数降低，但是镍比铜对所述系数有更反面的影响，因此根据这些元素的相对含量的情况，各个系数的差别可能相当大。

[0007] 因此，当对这些种类的金属进行共铸时，需要有改进的铸造设备和技术。

## 发明内容

[0008] 本发明的示例性实施方式提供了一种用于铸造复合金属锭块的设备。所述设备包括端部敞开的大体为矩形的模具腔，该模具腔具有入口端部、排出端开口以及可移动底块，所述可移动底块适于装配在所述排出端内并适于在铸造期间沿所述模具的轴向移动。所述设备还具有至少一个冷却分隔壁，所述至少一个冷却分隔壁位于所述模具的入口端部处并且在所述排出端开口上方终止，以将所述入口端部分成至少两个供送腔室，所述设备还具有用来将用于内层的金属供送到所述供送腔室之一的装置以及用来将用于至少一个外层的另一种金属供送到另一个供送腔室的至少一个装置。所述至少一个分隔壁具有用来与用于所述至少一个外层的金属接触的金属接触表面，该表面设置成与竖向成一个角度，从而沿向下的方向远离用于所述外层的金属而倾斜，所述角度在所述至少一个分隔壁上的与所述至少一个分隔壁的中央区间隔开 并且到所述至少一个分隔壁的每个纵向端部的位置处增加。

[0009] 另一个示例性实施方式提供了一种铸造复合锭块的方法。该方法包括提供用于铸造复合金属锭块的设备，该设备具有端部敞开的大体为矩形的模具腔，该模具腔设置有入口端部、排出端开口、适于装配在所述排出端内并适于在铸造期间沿所述模具的轴向移动的可移动底块、以及至少一个冷却分隔壁，所述至少一个冷却分隔壁位于所述模具的入口端部处并且在所述排出端开口的上方中止，从而将所述入口端部分成用于铸造内层和至少一个外层的至少两个供送腔室，所述至少一个分隔壁具有用于与为所述至少一个外层引入的金属接触的金属接触表面。该表面设置成与竖向成一个角度，从而沿向下的方向远离用于所述外层的金属而倾斜，所述角度在接近所述壁的每个纵向端部的位置处增加。所述方法还包括：将用于内层的金属供送到所述至少两个供送腔室中的一个；将用于至少一个外层的另一种金属供送到所述供送腔室的至少另一个；以及沿着所述模具的轴向移动所述底块，以允许锭块从所述设备的所述排出端开口中脱出。

[0010] 而且，另一个示例性实施方式提供了一种在直接激冷铸造设备中铸造由一种金属制成的内层和由另一种金属制成的至少一个金属覆层的方法，所述直接激冷铸造设备具有至少一个分隔壁，所述至少一个分隔壁在该设备中形成至少两个腔室，其中用于所述内层的金属具有比用于所述至少一个外层的金属更高的收缩系数，这种改进包括使所述至少一个分隔壁与竖向成一个角度，以用于接触为所述至少一个外层提供的金属但沿向下的方向远离为所述至少一个外层提供的金属而倾斜，以及使所述角度在接近所述分隔壁的纵向端部的位置处增加。

[0011] 应当理解，在该说明书中用到的术语“矩形”应该包括术语“正方形”。

## 附图说明

- [0012] 图 1 是以局部竖向横截面示出的具有单个分隔壁的铸造设备的正面图；
- [0013] 图 2 是示出在图 1 的设备中的金属合金之间的接触区的图；
- [0014] 图 3 是图 1 的铸造设备的局部正面图，示出了在锭块铸造期间产生的端部卷曲的示例；
- [0015] 图 4 是在铸造期间内层的端部的三维视图，示出了金属凝固线和收缩力；
- [0016] 图 5 是图 4 的内层的端部的俯视图，示出了作用在金属上的力；

[0017] 图 6 是内层（芯锭块）的俯视图，以夸大的方式示出了由作用在金属上的力造成理想矩形形状的扭曲；

[0018] 图 7A-7D 以透视横截面和示例性横截面示出了在图 9 的设备中使用的分隔壁的一种形式；

[0019] 图 8 是根据本发明的分隔壁的一个可选的示例性实施方式的视图；以及

[0020] 图 9 是根据本发明的一个示例性实施方式构造的铸造设备的竖向横截面图。

## 具体实施方式

[0021] 本发明可以使用例如 Anderson 等人的于 2005 年 1 月 20 日出版的美国专利公报第 2005/0011630 号中描述的类型的铸造设备（在此通过引用将该专利的公开内容纳入本申请中）。该设备使通过连续凝固以在内层（例如芯锭块）上形成至少一个外层（例如覆层）的金属铸造成为可能。本发明还延伸到 Wagstaff 的美国专利第 6,260,602 号中所公开的技术（在此通过引用将该专利的公开内容纳入本申请中）。

[0022] 应该解释的是，这里使用的术语“外”和“内”是相当宽松的。例如，在两层结构中，严格地说并没有外层或内层，但是外层通常是指的是当制造成最终产品时暴露在空气中、露天的或者是肉眼可以看见的那一层。而且，所述“外”层通常比“内”层薄，通常大部分是这样的，因此，将外层提供成在下面的“内”层或者芯锭块上面的薄镀层。在要将锭块用于热轧或者冷轧以形成板材物件的情形中，通常需要在锭块的两个主要（轧制）面上进行镀层，在这种情形下，可以确定得识别“内”层和“外”层。在这种情形下，内层通常指的是“芯”或“芯锭块”，外层通常指的是“覆盖层”或者“覆层”。

[0023] 图 1 示出 Anderson 等人的用于在矩形内层或者芯锭块 12 的两个主要表面（轧制面）上铸造外层 11 的形式的设备 10。需要注意的是，在这种形式的设备中，在铸造期间，镀层首先（至少部分地）凝固，然后将芯层铸造成与所述外层接触。在铸造具有高收缩系数的合金（例如高镁合金）作为芯层 12 时，这种布置是典型的。该设备包括矩形铸造模具组件 13，所述模具组件 13 具有模具壁 14，模具壁 14 形成水套 15 的一部分，冷却水的水流 16 从水套 15 配送到正在脱出的锭块 17 上。以这种方式铸造的锭块通常具有矩形横截面并且其尺寸达到 178 厘米 × 89 厘米（70 英寸 × 35 英寸）。它们通常用于在轧机中通过传统的热轧或者冷轧工序轧制成包层板，例如钎接板。

[0024] 模具的入口端部 18 由分隔壁 19（有时指的是“激冷结构”或者“激冷壁”）分隔成三个供送腔室，一个供送腔室用于锭块结构的一层。为了有良好的热传导性，所述分隔壁 19 通常由铜制成，所述分隔壁 19 借助于与熔融金属平面上方的分隔壁接触的水冷冷却设备（未示出）来保持冷却。因此，分隔壁使与它们接触的熔融金属得到冷却和凝固。如箭头 A 所示，借助于单独的装配有可调节节流阀（未示出）的熔融金属输送喷嘴 20 使三个腔室的每个中供应的熔融金属达到所需的水平。为外层 11 选择的金属通常与芯 12 的金属是不同的（在该示例性实施方式中，后者是具有高收缩系数的金属）。可竖直移动的底块单元 21 初始时将模具的敞口端部 22 封闭，然后在铸造期间在锭块从模具中脱出时支撑刚形成的复合锭块的同时向下行进（如箭头 B 所示）。

[0025] 图 2 是在图 1 中设备的左侧的分隔壁 19 附近区域的放大图，在该区域中芯层 12 的熔融金属 23 与左侧的覆层 11 的熔融金属 24 在模具中相互接触。在金属合金从液态向固态

冷却时,当金属的温度处于金属的液化温度与固化温度之间时,会经历中间半固态或者“糊状”态。形成覆层 11 的金属 24 具有熔液池区 25,半固态或者糊状区 26 一般位于熔液池之下,全固态区 27 一般位于糊状区之下,但是由于模具壁 14 和分隔壁 19 的冷却作用,这些区域的轮廓线以图示的方式绘出。紧接在冷却分隔壁 19 之下的覆层 11 的内表面 28 是固态的,但是该固态金属的外壳由于围绕着糊状区 26 和熔液池 25 所以非常薄。该表面与芯层 12 的熔融金属 23 接触,熔融金属 23 稍低于分隔壁的下端,来自于熔融金属的热量将所述外壳内的浅区域 29 内的覆层的固态表面 28 的一部分重新熔化。这种重新熔化使两层在它们的接触面之间在它们凝固时具有良好的粘着力。在该区域 29 之下,芯层的金属的温度降到低于其液化温度,从而形成糊状区 30,在糊状区 30 之下具有固态金属 31。然而,当芯层的金属变成全固态时,由于其具有高的收缩系数,所以芯层的金属在箭头 32 的方向上剧烈收缩,即向内朝着锭块的中央收缩。与此同时,这样会牵拉覆层 11 的金属,从而将覆层的整个内表面 28 向内拉动。覆层以这种方式的运动在其上端处由于与分隔壁 19 的接触而被阻止,所以覆层的金属可能会如图所示地在分隔壁的下端附近形成裂口。如果出现这样的裂口,铸造工序就不得不终止,这是因为芯层与覆层的熔融金属发生混合并且接触面不再完整。

[0026] 这种断裂最有可能在锭块成型的早期——即在锭块的最初 12-30 英寸从模具脱出期间——发生。这是因为在铸造程序开始时遇到的众所周知的“端部卷曲”现象在此时将额外的应力作用在了锭块上。图 3 中以简化夸大的示意形式示出了从其中一个覆层面观察到的这种现象,其中示出了正在脱出的锭块 17 的底部在其一个纵向端部处的区域。就在锭块的这个底部 34 处,金属与底块 21 接触,由于底块 21 具有相当大的热容量因此快速地将锭块在锭块的底部端冷却。因此,在该区域内,锭块从底部和侧面均得到冷却(通过来自于被冷却的模具表面的主冷却以及来自于紧接在模具下方的与锭块接触的水喷嘴或者喷射器 16 的二级冷却)。当锭块进一步脱出并且长度增加时,由于距离增加,底块的冷却影响减小,然后进行的冷却主要是来自于锭块的侧面。来自于底部的冷却与来自于侧面的冷却的结合使锭块的初始区域以所示的方式卷曲。锭块的下端受到扭矩  $\tau_1$  的影响,扭矩  $\tau_1$  将锭块的角提起并造成锭块的壁在 35 处向内弯曲。可以理解的是,在这些位置上产生的施加在锭块上的竖直应力与由芯金属的收缩而施加的水平应力的结合大大增加了覆层断裂的风险。

[0027] 还有一种通常的情形就是铸造的初始阶段进行的速度要比初始阶段之后铸造进行的速度更快。这样会在不同的层中产生更深的熔融金属池,而这样又增加了由芯金属产生的收缩力(沿着凝固表面产生的力,后面要进行更全面的说明)。同样因为这个原因,在程序中的铸造的初始阶段期间要比后面的阶段更有可能发生断裂。

[0028] 在铸造的初始阶段期间同样更有可能发生的是,所示出的裂口或者 金属断裂发生在锭块纵向端部处区域内的可能性要比发生在锭块中央的可能性更大。其中的原因解释如下。图 4 是矩形锭块 17(为了简单起见仅示出了内层 12) 当其在图 1 所示的那种类型的设备中铸造时的一个纵向端部的示意图。虚线 50 是锭块内从液态向固态过渡的线——即所谓的热收敛线(更确切地说指的是一个表面)。可以看出所述线在朝向锭块的纵向中央的方向上非常深,在锭块的纵向中央处,金属靠近熔融金属输送喷嘴 20(图 1),并且所述线在朝向锭块的最末纵向端部的方向上变得更加浅平。然而,在点 52 处,所述热收敛线分叉并

向上延伸到锭块的每个角。这是由于在锭块的端面 54 以及侧面 56 和 58 上进行的冷却造成的。当金属在热收敛线处凝固时,收缩平行于箭头 A、B 和 C 所示的凝固表面进行。在锭块上比分叉点 52 更靠近中央的位置处,锭块被冷却,从而距每个侧面的距离大体相等地发生收缩,但是沿着超过分叉点而朝着锭块端部的方向,当向端面靠近时,来自于端面 54 的冷却(热损耗)和收缩变得更具有影响性。如在下文中更详细地解释的一样,这样会造成锭块在侧面的端部向内卷曲或扭曲。

[0029] 在图 5 中示出了作用在锭块上端处的力。在锭块的超过分叉点 52、朝向端面 54 的部分上,锭块的顶部上作用有力(由双箭头 62 表示),这些力包括从中线 60 向外朝着侧面——例如侧面 56——作用的力(力 X)和向内朝向中线 60 作用的力(力 Y)。随着向端面的靠近,向外的力 X 逐渐变得比向内的力 Y 小,这是因为力的方向的改变沿着热收敛线 50 的分叉进行。这样就产生了如图 5 中所示的作用在锭块角部上的扭动旋转或者扭矩  $T_2$ ,因此趋向于将所述角部朝向较短侧 54 的中央转动。结果,锭块就会呈现出以极其夸大的形式在图 6 中示出的与理想矩形形状 59 形成对比的形状。因此可以看出,外表面 56 和 58 在锭块的最末端处向内卷曲,可以认为,这种卷曲增加了作用在覆层上的应力,从而在对锭块进行铸造时增加了所述层在该区域内分离的趋势。由于先前解释过的原因,外金属层(未示出)在其与内层或者锭块接触时,不能容易地随着向内转动,因为分隔壁 19 对外金属层进行了阻止。因此,增加了在端部区域中断裂的可能性。

[0030] 通过将分隔壁 19 在与覆层的金属接触的表面 40 处设置成锥形或者具有一定的角度,并且通过增加分隔壁在锭块的中央与纵向端部之间的点处的锥角(表面的斜度)以适应锭块的收缩以及由芯锭块在其纵向端部处的端部卷曲和转动产生的附加力,所述示例性实施方式可以克服该问题。例如,对于图 1 所示的这种类型的铸造设备,分隔壁 19 可以设置成锥形或者相对于竖直方向倾斜一个角度,该角度优选在 0–2° 的范围内,但是优选 1–2°。这意味着接触和限制外层或覆层的金属的分隔壁 19 的表面 40 在从分隔壁的顶部向底部的方向上朝着芯层向内倾斜。此外,对于传统尺寸的锭块,分隔壁的锥角在模具的纵向端部处增加到例如 3–7° 的范围,或者更优选为 3–4° 的范围。角度的选择可以视内层金属的收缩系数而定(一般来说,所述系数越高,中央和纵向端部处所需的锥角就应该越大)。为了进行对比,当铸造没有高收缩系数的金属单锭块时,分隔壁的锥角可以是约 1.5° 并且在分隔壁的整个长度上保持不变。

[0031] 在图 7A–7D 中示意性地示出了朝着分隔壁的各个端部的锥度的增加情况,其中中央处的锥角以  $\theta$  表示,纵向端部的锥角以  $\theta'$  表示。在所述端部处的角度  $\theta'$  优选地至少是中央处的角度  $\theta$  的两倍,但是这取决于所使用的具体合金。已经发现朝着分隔壁端部的锥角的任何度数的增加通常都是有益的,但是优选的双倍的或者更多倍的增加具有显著的进步。对于适合于任何特殊设置的情形的最优角度可以容易地通过使用不同的角度进行测试铸造操作并观测结果来根据经验确定。与分隔壁的角度设置相比,模具壁 14 可以是竖直的或者本身设置成锥形的——即朝着模具的底部向外倾斜(在这种情况下,锥角一般达到大约 1°)。然而,当在模具壁 11 上应用这种锥度时,整个模具长度的锥度一般是保持不变的。

[0032] 分隔壁 19 的表面 40 的锥角的增加可以沿着分隔壁的长度从每个纵向侧的中央到纵向端部逐渐地并且线性地进行。但是,并不是总是必须以这种方式来增加锥角。已经

发现,在分隔壁的从模具的中央到与锭块内的分叉 52 的开始处成一直线的点的区域内,需要很小的锥角增加或者不需要锥角增加。因此,锥角在长形的中央区域内可以保持恒定,然后在沿着分隔壁、与模具的中央间隔开的端部区域内增加。在所述端部区域内,所述增加可以逐渐地进行,这样是优选地;或者锥角可以在该区域的开始处在一个短的距离上快速地增加到最大锥角,然后到分隔壁的端部的余下的整个区域内保持恒定。作为一般的近似值,在示例性实施方式中,可以将锥角在中央每侧开始增加的位置认为是锭块长度的四分之一点。也就是说,恒定(最小)锥度的中央区域沿着分隔壁延伸越过该中央区域(第二和第三个四分之一点)到达近似是四分之一点处和四分之三处,然后锥角在更远的第一和第四个四分之一上增加。图 8 中示出了以这种方式进行锥形设置的分隔壁。

[0033] 同样是沿着其长度以增加的角度进行锥形设置,分隔壁 19 还可以(以 US2005/0011630 的图 7 中示出的方式)设置成向外的拱形以在冷却和凝固期间与锭块的长侧面 56 和 58 的收缩相适应。这会补偿图 6 所示的这些面的“拱入”并且生成与轧制成板材所需的理想平面形状更接近的侧表面。

[0034] 图 9 是与图 1 类似的视图,示出了根据本发明的一个示例性实施方式的铸造设备。该图沿着铸造设备的中央竖直向下剖开。右侧以在锭块的纵向中央点处的竖向横截面示出了所述设备,左侧示出了在朝着锭块的一个纵向端部的位置处的铸造模具。图中标示出了热分叉点 52,但是图的左侧实际上示出进一步朝着锭块端部稍微超过该点的情况。图的两半示出了分隔壁 19 在这些不同位置处的不同角度( $\theta$  和  $\theta'$ )以及内层金属在这些点处的中央凝固点在高度上的变化。可以看到,朝着锭块端部的锥角  $\theta'$  要比在中央处的锥角(角  $\theta$ )大得多。

[0035] 在本发明中,用于铸造内层的合金可以是具有高收缩系数的金属,例如高镁或高锌铝合金,例如含有至少 2.5wt. % 镁的铝合金,所述镁含量更优选为 2.5–15wt. %,进一步优选为 2.5–9wt. %,更进一步优选为 2.5–7wt. % 的镁。适合的合金的示例一般从 AA5xxx 系列中选出并且包括 AA5083、5086、5454、5182 和 5754。

[0036] 用于覆层的合金可以是不具有高收缩系数的合金,例如根本不含有镁或锌的铝合金,或者不具有很高的镁或锌含量的铝合金,例如含有 2–3wt. % 或更少的镁的铝合金。

[0037] 但是,应该注意的是,本发明在如下的这些情形中也是有益的,即,内层金属与外层金属之间的收缩系数存在显著的差别,尽管这些金属本身不具有特别高的热收缩系数,因为这样的结合也可以表现出朝着层分离发展的趋势。为了本发明的目的,如果收缩系数的差别大到足以导致发生层分离,则收缩系数的差别就是显著的。

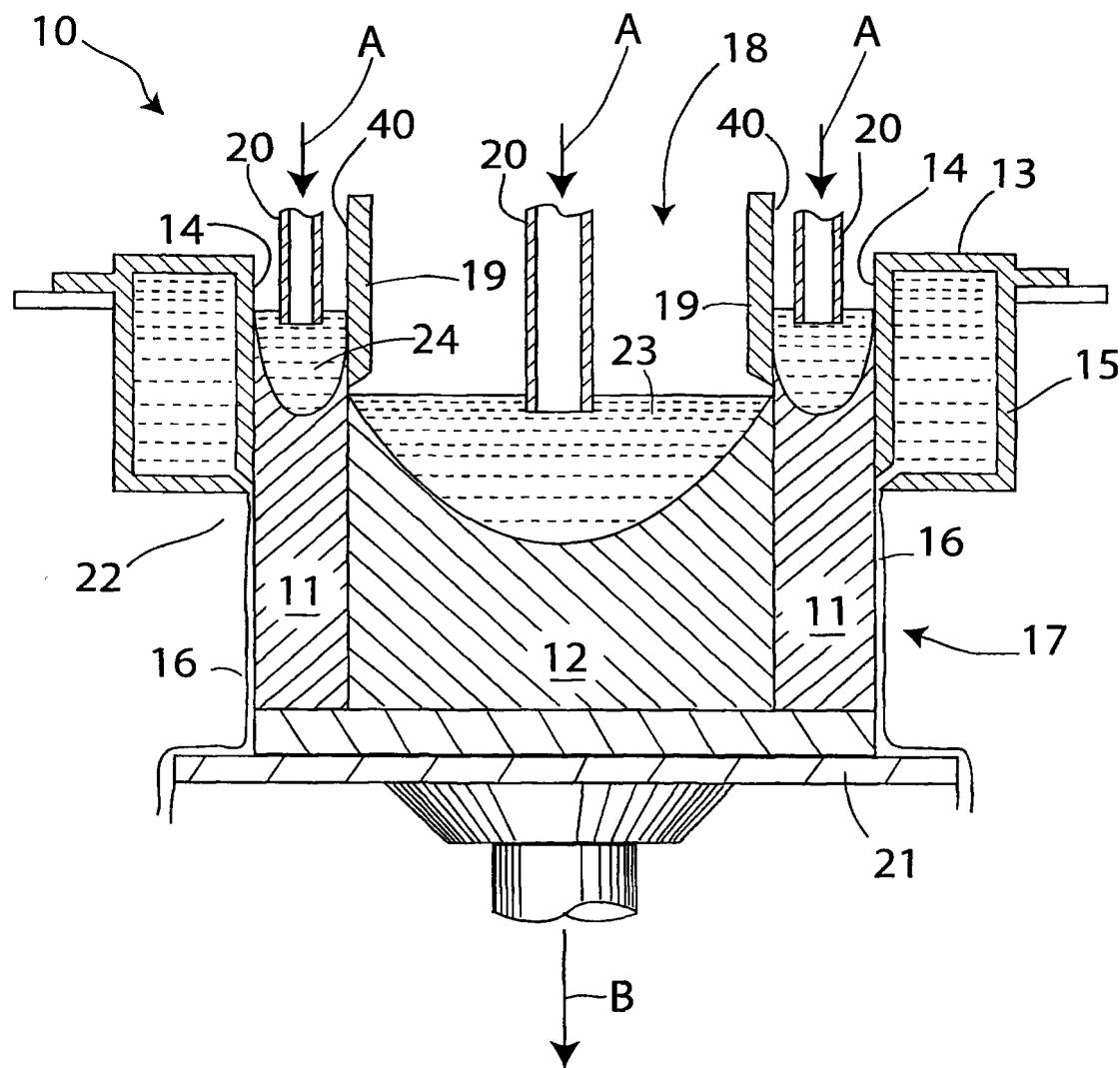


图 1 (现有技术)

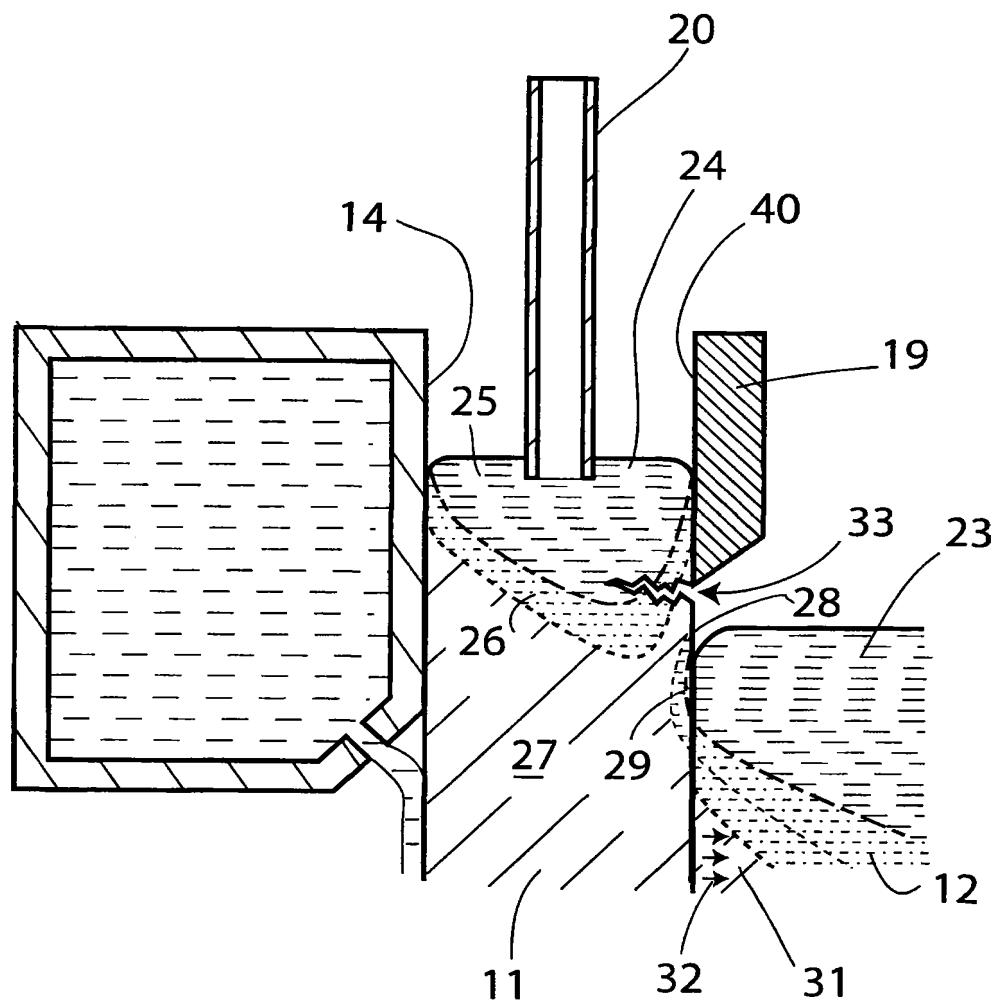


图 2 (现有技术)

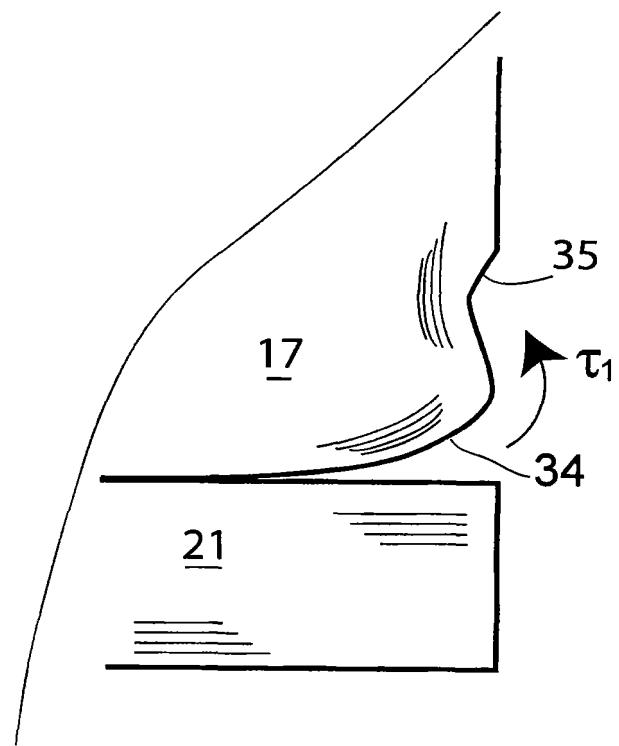


图 3 (现有技术)

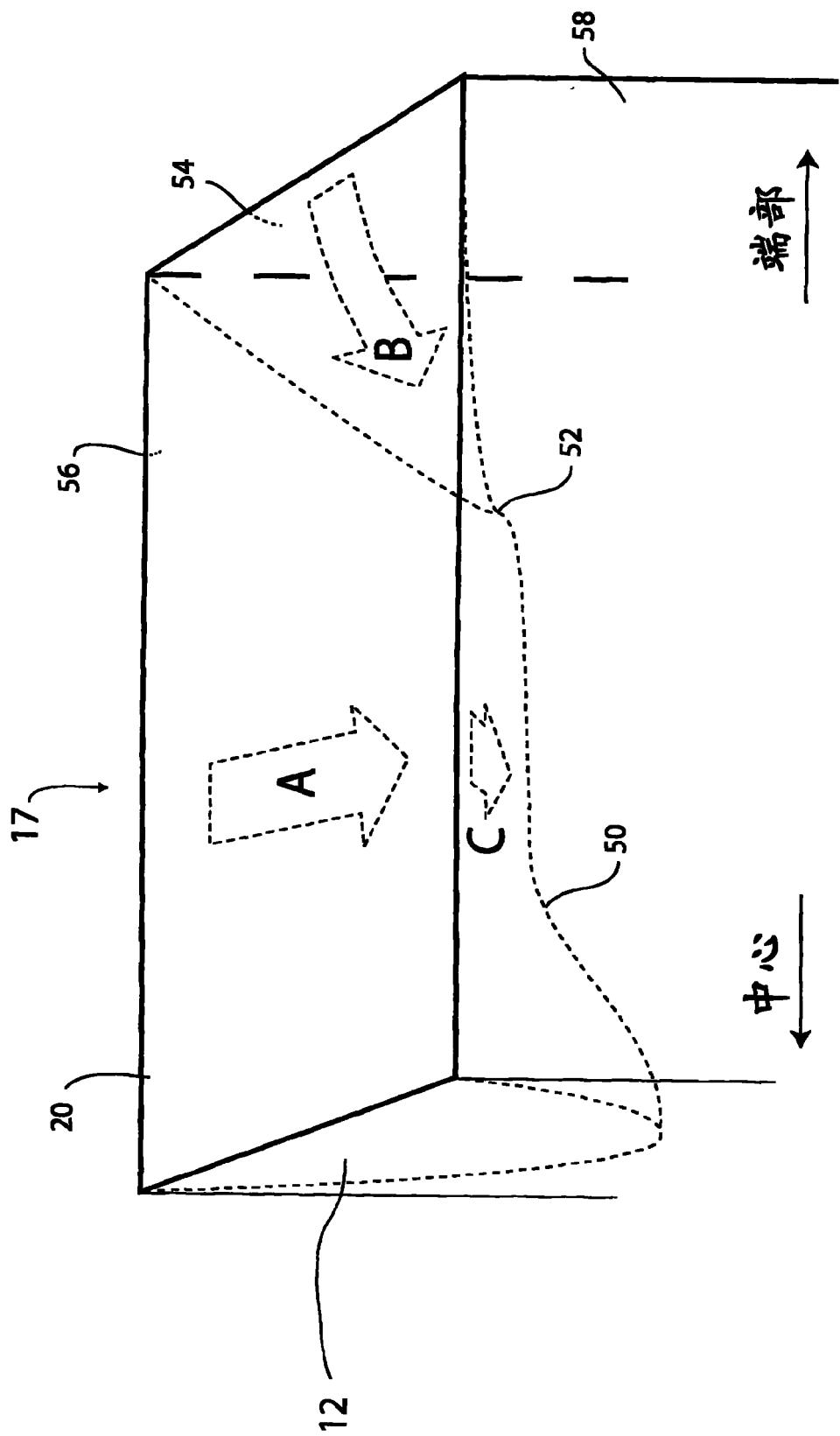


图 4 (现有技术)

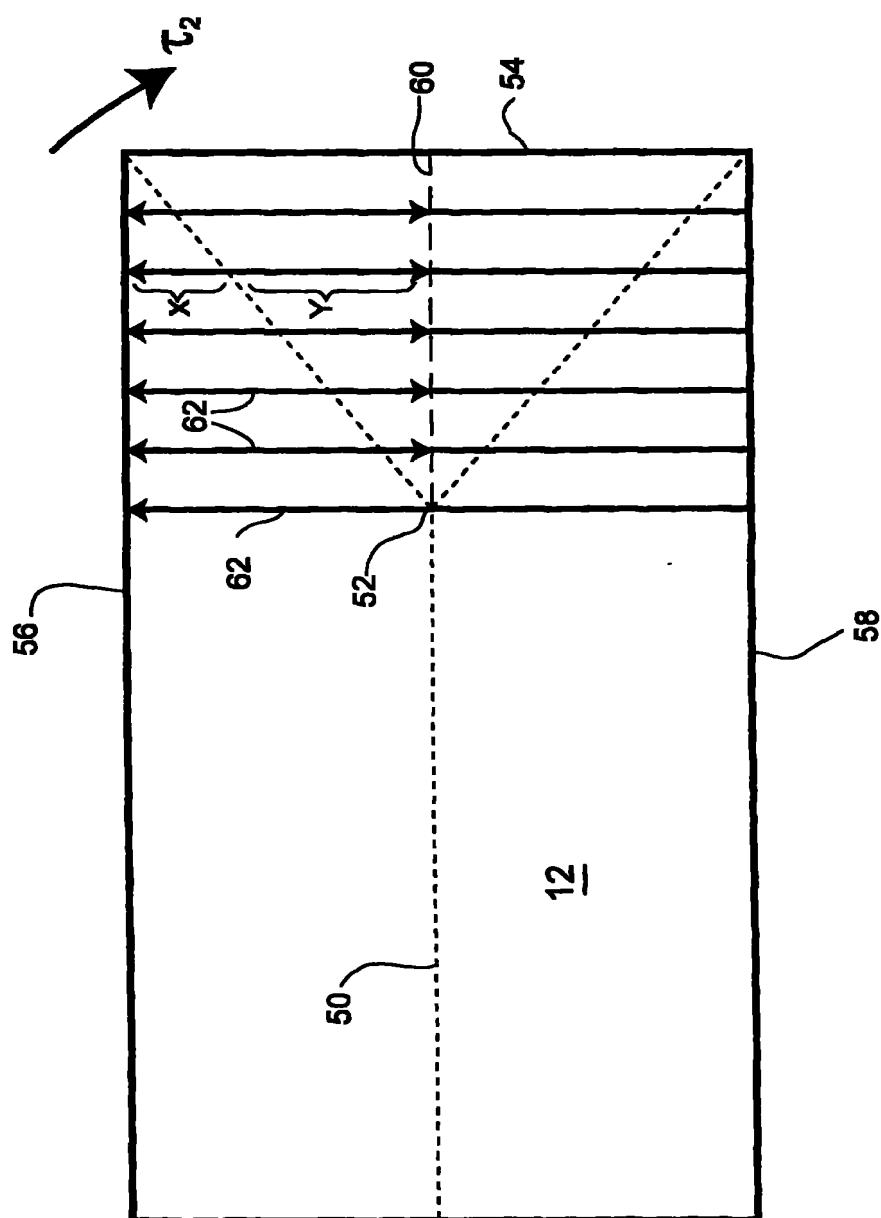


图 5 (现有技术)

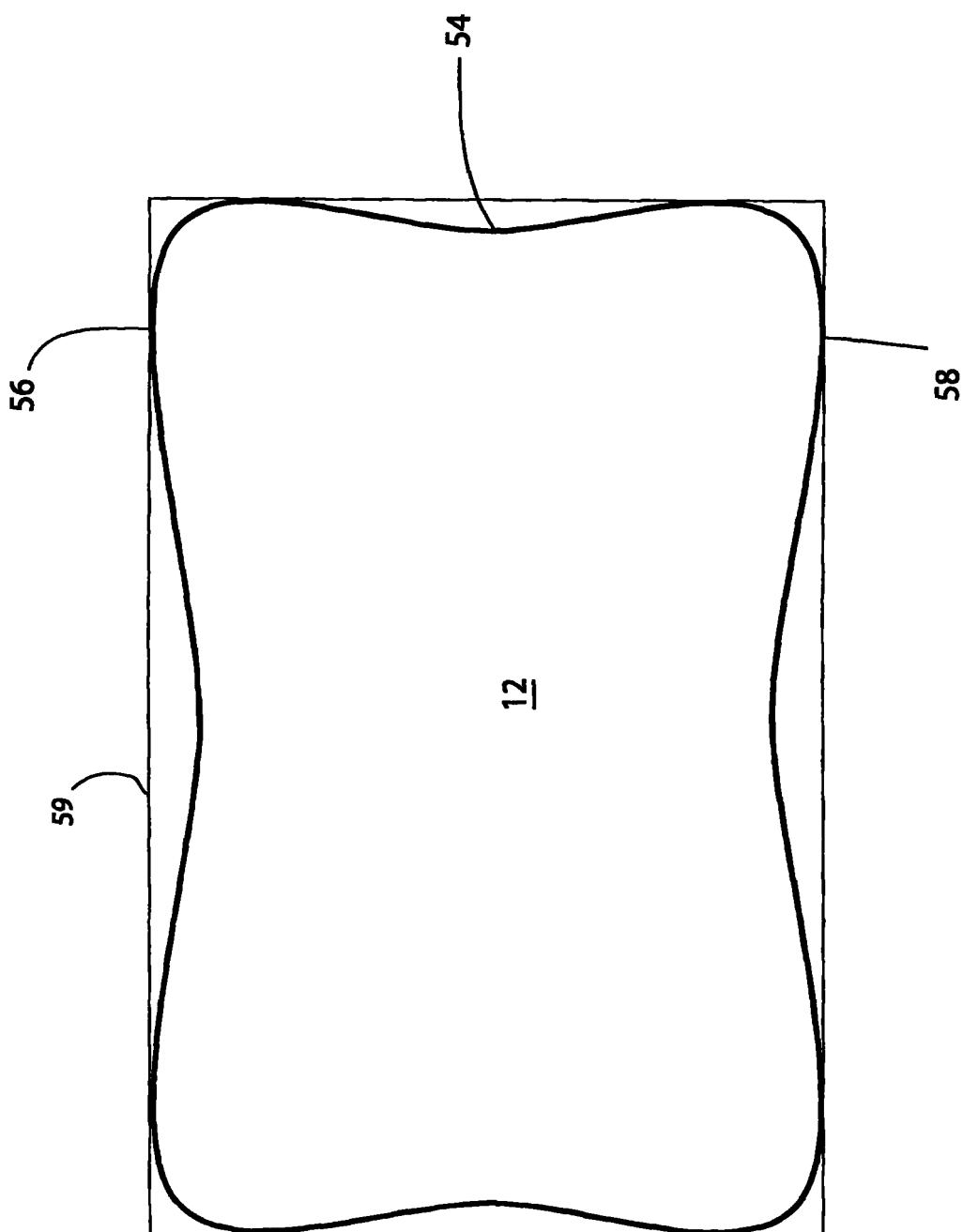


图 6 (现有技术)

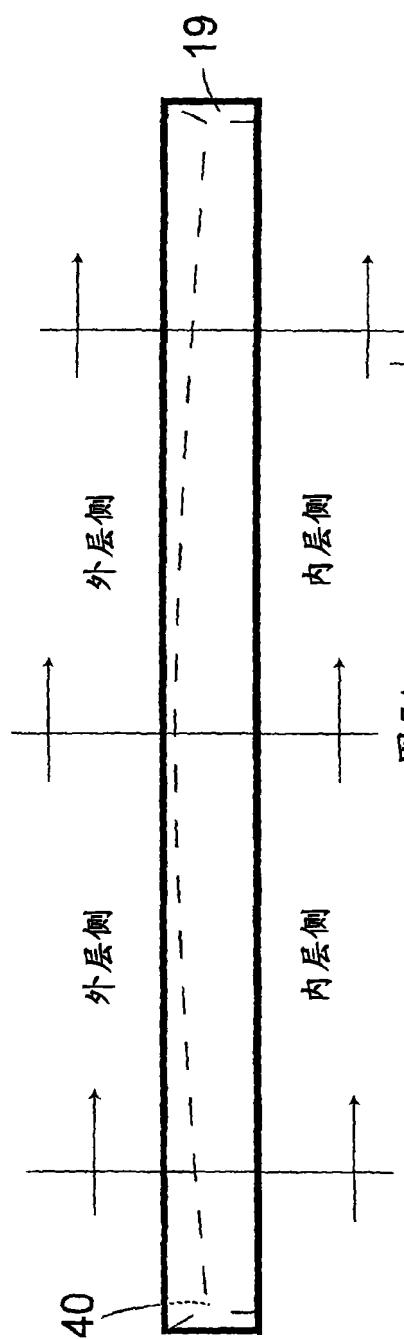


图 7A

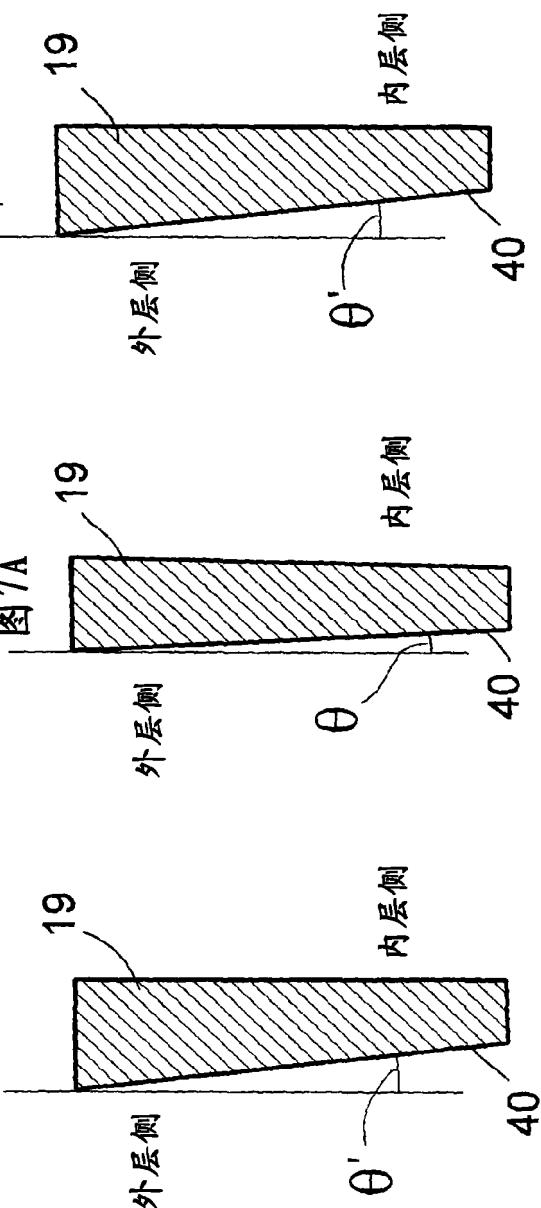


图 7B

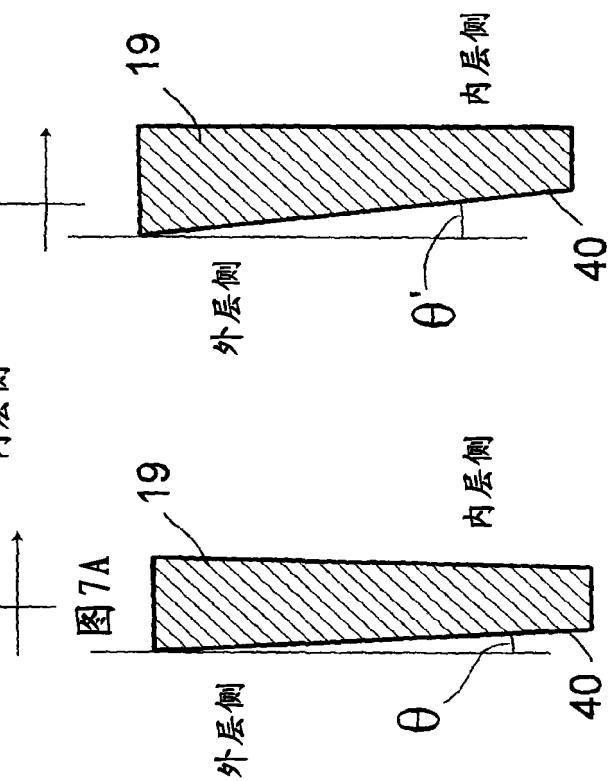


图 7C

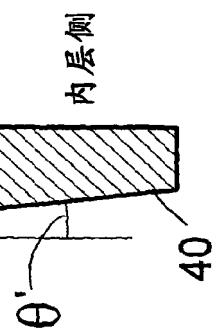


图 7D

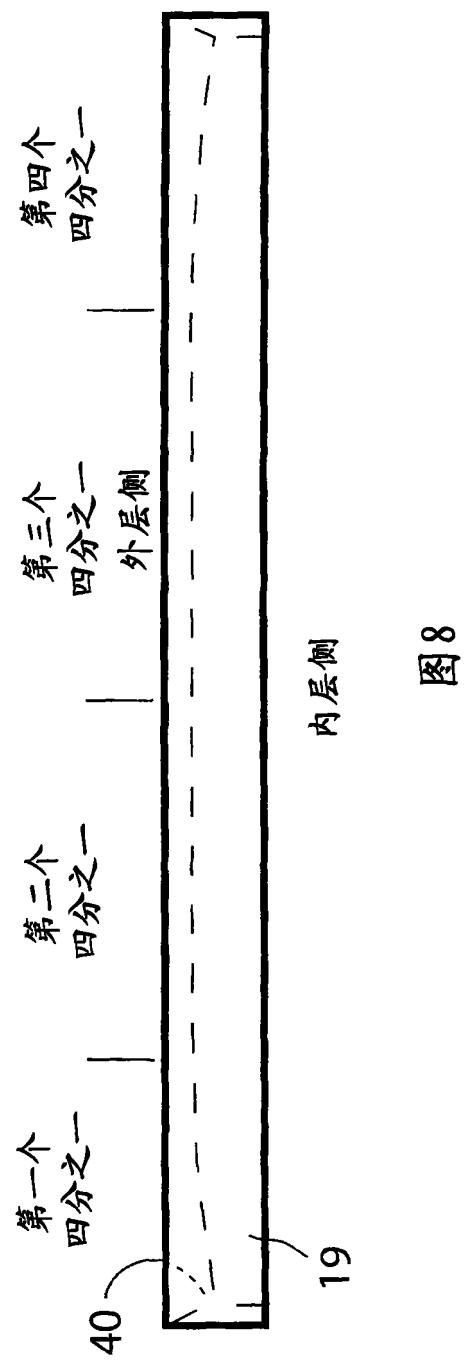


图 8

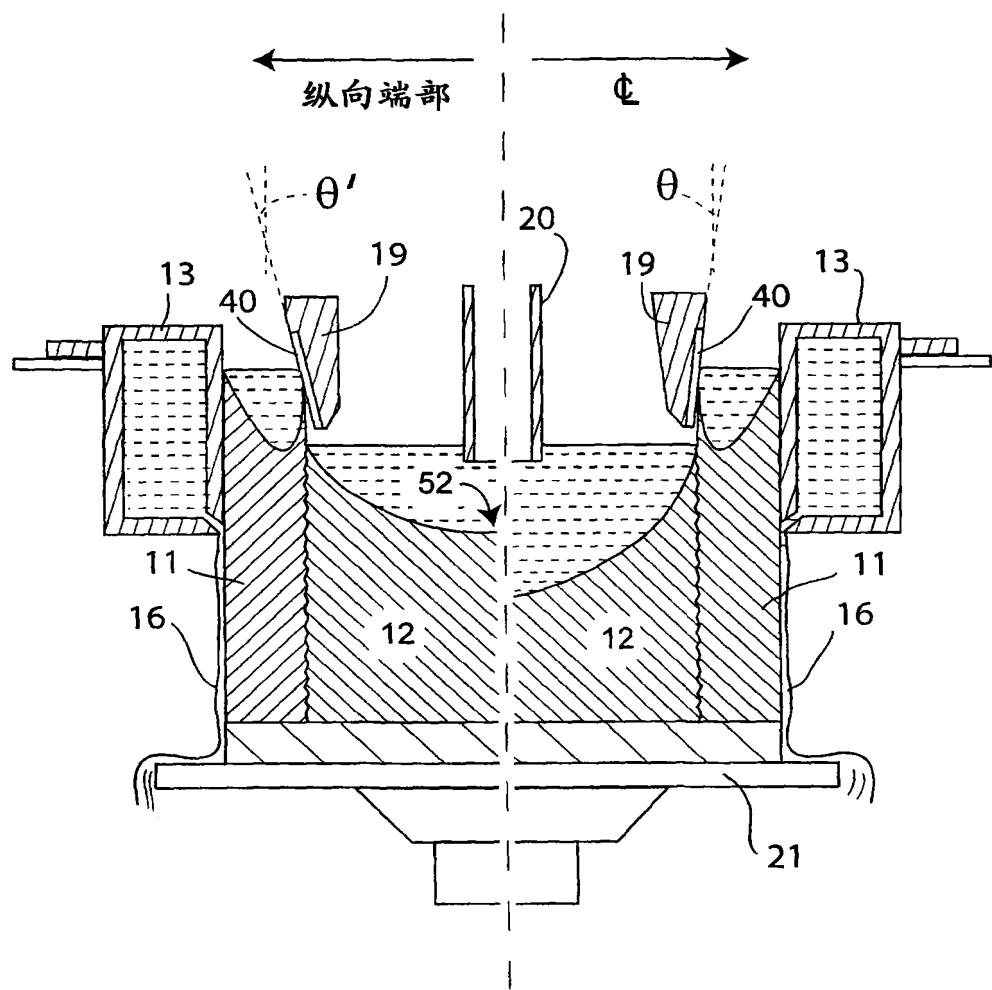


图 9