(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102311218 B
(45)授权公告日 2014.07.09

(21)申请号 201110150798.4

(22)申请日 2011.05.25

(30)优先权数据
61/348,516 2010.05.26 US

(73)专利权人 康宁股份有限公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 R·德利亚 K·R·盖落
V·Y·高尔亚廷 B·科卡图鲁姆
B·P·拉罗米亚 W·A·惠登

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100
代理人 张兰英 丁晓峰

(51)Int.Cl.
C03B 15/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 202164225 U,2012.03.14, 权利要求 1、6-8.
US 3723082 A,1973.03.27, 权利要求 1, 说明书第 4 栏 1-58 行及说明书附图 1-4.
US 2003029199 A1,2003.02.13, 全文.
CN 101124174 A,2008.02.13, 说明书说明书第 3 页第 7 段, 第 4 页第 2 段,第 7 页第 4 段,第 8 页第 1 段及说明书附图 2A、2M、2N.

审查员 张晓慧

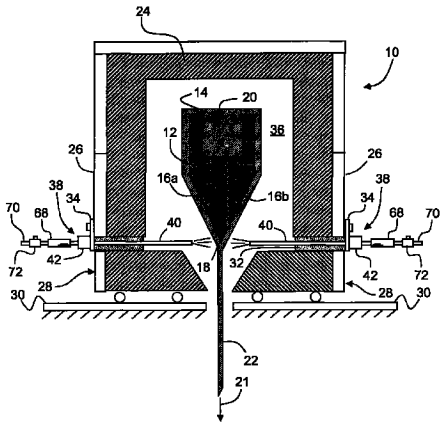
权利要求书1页 说明书9页 附图8页

(54)发明名称

用于控制熔融玻璃流带厚度的设备和方法

(57)摘要

本发明涉及用于控制熔融玻璃流带厚度的设备和方法。在由熔融玻璃形成板材过程中,冷却管定位在成形区域以将冷却气体流引导到熔融玻璃的邻近拉制线或根部的不连续部分上,以控制板的局部厚度变化并由此提供跨越板宽度的均匀玻璃板厚度。冷却管设置在枢转件内,枢转件构造成绕至少一个轴线转动,由此在跨越溢流出成形本体且来自成形本体的熔融玻璃的宽度的一部分上,致使冷却管的端部在宽的角度位置范围上引导冷却气体。



CN 102311218 B

1. 一种用于在下拉玻璃制造工艺中形成连续熔融玻璃带的设备，包括：

成形本体，所述成形本体包括在根部会聚的会聚成形表面；

封围件，所述封围件围绕所述成形本体设置；

冷却设备，所述冷却设备联接到所述封围件，所述冷却设备包括：

固定装置；

枢转件，所述枢转件设置在所述固定装置内并构造成绕穿过所述枢转件的至少一个轴线转动；以及

冷却管，所述冷却管构造成将冷却气体流引导朝向溢流出所述成形本体的熔融玻璃，所述冷却管联接到所述枢转件，其中，所述枢转件绕所述至少一个轴线的转动致使所述冷却管的端部的侧向位置相对于所述成形本体改变。

2. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述固定装置包括与所述枢转件的配合表面互补的配合表面，所述固定装置构造成接纳所述枢转件并防止所述枢转件与所述固定装置之间的气体流动。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的设备，其特征在于，所述冷却管包括近端和远端，所述远端比所述近端更靠近所述熔融玻璃带，且所述冷却管还包括邻近所述远端的弯曲部。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的设备，其特征在于，所述设备包括与所述成形本体的长度的至少一部分相邻布置的多个冷却管。

5. 一种在熔融下拉工艺中控制连续熔融玻璃带的厚度的方法，包括：

使熔融玻璃流过成形本体的会聚成形表面，所述会聚成形表面在根部处会合；

引导来自至少一个冷却管的冷却气体流撞击靠近所述根部的所述熔融玻璃，所述冷却管联接到构造成绕至少一个转动轴线转动的枢转件；以及

其中，所述至少一个冷却管的中心纵向轴线的至少一部分不垂直于穿过所述根部的竖直平面。

6. 如权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述冷却管包括近端和远端，所述远端比所述近端更靠近熔融玻璃流，且所述冷却管包括邻近所述远端的弯曲部。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的方法，其特征在于，所述冷却气体流撞击在所述根部上方的所述熔融玻璃上。

8. 如权利要求 5 或 6 所述的方法，其特征在于，所述冷却气流定向成相对于所述熔融玻璃流方向是顺流的。

9. 一种在熔融下拉工艺中控制连续熔融玻璃带的厚度的方法，包括：

使熔融玻璃流过成形本体的会聚成形表面，所述会聚成形表面在根部处会合；

引导来自至少一个冷却管的冷却气体流撞击靠近所述根部的所述熔融玻璃，所述冷却管联接到构造成绕多个转动轴线转动的枢转件；以及

其中，所述至少一个冷却管的中心纵向轴线的至少一部分不垂直于穿过所述根部的竖直平面。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于，在所述根部下方引导所述冷却气体流。

用于控制熔融玻璃流带厚度的设备和方法

[0001] 要求美国申请的优先权

[0002] 本申请要求要求 2010 年 5 月 26 日提交的美国临时申请序列号第 61/348516 的权益。该文献的内容和本文提到的公开物、专利和专利文献的全部内容以参见的方式纳入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及用于控制熔融玻璃流厚度的方法和设备，且尤其涉及控制下拉玻璃板成形工艺中连续熔融玻璃流的厚度。

背景技术

[0004] 当熔融玻璃被拉制成板状时，玻璃从初始递送厚度伸展或变薄成最终板厚度。在溢流下拉工艺中，熔融玻璃沿成形件的相反会聚侧向下流动并从成形件的根部或底部边缘拉制单个玻璃带，靠近成形件的底部边缘测量玻璃带的初始厚度，这种操作中，该底部边缘代表拉制线。然后，单个玻璃板从拉制带的自由端分离。

[0005] 在最终板的厚度特征由在变薄工艺过程中初始厚度的均匀性和玻璃黏度的均匀性确定的上拉工艺和下拉工艺中，获得玻璃带的厚度均匀性是个问题。即，最终玻璃板的给定厚度变化可能是不精确测量、成形件的玻璃接触侧的缺陷、或者致使朝向拉制线流动的玻璃黏度分布缺陷的玻璃温度环境不平衡的结果。

[0006] 在板拉制工艺中，玻璃板的厚度变化在工业上被认为是固有的问题，且其自身可显示出多种类型缺陷，诸如楔形、长周期波变化和短周期波变化。楔形是带或板在一边缘的厚度比另一边缘的厚度厚的总厚度变化。长波变化是那些具有显著振幅和范围的，诸如超过几英寸，且可通过沿横向于拉制方向的方向的路径测量带而测量。短波变化具有小振幅和俯仰，诸如约 3 英寸或更少，且通常叠加在长波变化上。

[0007] 已经发现为了制造无畸变玻璃板，需要最小化或补偿玻璃板形成区域内玻璃内和玻璃周围的局部温度变化或波动。拉制线附近的局部温度变化致使垂直拉制的玻璃带中纵向延伸的波纹、或厚薄交替部分。纵向波纹或厚度变化又致使对光学观点来说不可接受的变形，尤其是当通过玻璃以与波纹成锐角观察目标时。

[0008] 控制这些厚度变化的现有技术方法包括将来自沿成形本体的长度布置的冷却管的空气吹向熔融玻璃。直冷却管沿成形本体长度以等间距布置，并定位成每个管的中心纵向轴线垂直于穿过根部的竖直平面。此外，冷却管被外管状屏蔽件屏蔽。因此，管相对于成形本体和玻璃流刚性定位。

[0009] 遗憾的是，玻璃带中的厚度缺陷位置上不能在长时间内稳定，玻璃带本身的侧向位置也不是恒定的。因此，预定位且不可移动的冷却管在第一次时可适当地定位，但由于缺陷或带的移动，第二次对有效地控制厚度来说是有问题定位。

[0010] 本发明涉及冷却熔融玻璃流的改进方法，以消除（或实质上减少）被认为是具有几英寸或更少宽度的短波变化的常规类型厚度变化，及其设备。

发明内容

[0011] 根据一个实施例，一种用于在下拉玻璃制造工艺中形成连续熔融玻璃带的设备包括成形本体、封围件、以及冷却设备，成形本体包括在根部会聚的会聚成形表面，封围件绕成形本体设置，冷却设备联接到封围件，冷却设备包括固定装置、枢转件和冷却管，枢转件设置在固定装置内，枢转件构造成绕穿过枢转件的至少一个轴线转动，且冷却管（较佳地由耐火材料形成）构造成将冷却气体流引导朝向溢流出成形本体的熔融玻璃，冷却管联接到枢转件，其中，枢转件绕至少一个轴线的转动致使冷却管的远端的侧向位置相对于成形本体改变。枢转件可以是大致球形的，且在某些实施例中可以是圆柱形的。该至少一个轴线可以是垂直轴线。

[0012] 根据某些实施例，固定装置包括与枢转件的配合表面互补的配合表面，且壳体构造成接纳枢转件并由此通过在配合表面之间形成紧公差配合来防止枢转件与插座件之间的气体流动。

[0013] 冷却管包括最远离熔融玻璃流的近端和延伸到熔融玻璃流近侧的远端。冷却管可以是在其整个长度上是直的，或者冷却管可包括靠近远端的弯曲部或纽结部，由此允许冷却管绕冷却管的纵向轴线转动以绕圆弧引导冷却气体流。

[0014] 较佳地，设备包括多个冷却管，多个冷却管与成形本体的长度的至少一部分相邻布置，且较佳地沿成形本体的每一侧布置。根据需要控制的厚度变化，冷却管可沿水平线或垂直地错列构造。例如，第一冷却管可定位在相对于成形本体的根部的一个垂直位置处，而第二冷却管可定位在不同于第一冷却管的垂直位置的第二垂直位置。

[0015] 另一实施例中，揭示了一种在熔融下拉工艺中控制连续熔融玻璃带的厚度的方法，包括：使熔融玻璃流过成形本体的会聚成形表面，会聚成形表面在根部会合；将来自至少一个冷却管的冷却气体流引导撞击邻近根部的熔融玻璃，该至少一个冷却管联接到枢转件，该枢转件构造成绕至少一个转动轴线转动，且该至少一个冷却管的中心纵向轴线的至少一部分不垂直于穿过根部的竖直平面。

[0016] 与前面的实施例一样，冷却管包括近端和远端，远端比近端更靠近熔融玻璃流。冷却管可以是直的，或冷却管可包括邻近远端的弯曲部或纽结部，由此允许冷却管绕冷却管的纵向轴线转动以绕圆弧引导冷却气体流。冷却气体流可被引导穿过单个管或可穿过多个冷却管引导到熔融玻璃流处。较佳地，冷却管沿成形本体的两个纵向侧的长度水平地布置。但是，冷却管可以如上述地垂直交错。冷却气体流可在成形本体根部上方撞击熔融玻璃，或在其它实施例中可被引导到成形本体根部下方位置处（例如，定向成相对于熔融玻璃流动方向是顺流的）。

[0017] 至少一个冷却管的纵向轴线的一部分垂直于根部所位于的竖直平面。因此，可使用具有中心纵向轴线的直管，且该直冷却管的纵向轴线垂直于穿过成形体的根部的竖直平面。或者，冷却管可包括邻近远端的弯曲部，且在弯曲部与近端之间的直管部分的中心纵向轴线垂直于穿过成形本体的根部的竖直平面。

[0018] 该方法还包括绕转动轴线转动枢转件，以使冷却管至少显示出了摇摆运动（偏转）。枢转件可构造成绕至少两个正交转动轴线转动，诸如摇摆偏转和上下俯仰。

[0019] 还另一实施例中，描述了一种在熔融下拉工艺中控制连续熔融玻璃带的厚度的方

法，包括：使熔融玻璃流过成形本体的会聚成形表面，会聚成形表面在根部处会合；将来自至少一个冷却管的冷却气体流引导撞击邻近根部的熔融玻璃，该至少一个冷却管联接到枢转件，该枢转件构造成绕多个转动轴线转动，且该至少一个冷却管的中心纵向轴线的至少一部分不垂直于穿过根部的竖直平面。多个轴线可包括垂直轴线和水平轴线。

[0020] 某些实施例中，冷却气体流可在根部下方沿与熔融玻璃流方向相同的方向引导（例如，具有引导分量）。

[0021] 本发明的另外的特征和优势在下面的详细说明中予以阐述，并且对于本领域技术人员而言，一部分可从说明中变得明白或通过实施在此所述的本发明得以认知。所包括的附图用于提供对本发明的进一步理解，且被结合到本说明书中并构成其一部分。应当理解的是，在本说明书和附图中予以公开的本发明的各种特征可被用在任意和所有的组合中。

附图说明

[0022] 图 1 是使用根据本发明实施例的冷却单元的示例性熔融下拉玻璃制造设备的剖视图。

[0023] 图 2 是图 1 的设备的侧视图，示出多个冷却单元的大致水平排列。

[0024] 图 3 是根据本发明实施例的示例性冷却单元的剖视图。

[0025] 图 4 是图 3 的冷却单元的正视图，示出安装支架。

[0026] 图 5 示出包括直冷却管的枢转件－冷却管单元的示例。

[0027] 图 6 是图 5 的枢转件视图，示出键槽和由键槽接纳的键。

[0028] 图 7 是包括图 3 的冷却单元的转动平台，示出用于联接枢转件的键槽和键。

[0029] 图 8 示出具有绕垂直轴线的单一移动自由度的枢转件的示例，允许枢转件显示出偏转、或侧对侧摆动。

[0030] 图 9 示出具有绕水平轴线的单一移动自由度的枢转件的示例，允许枢转件显示出俯仰、或上下移动。

[0031] 图 10 示出显示出倾斜的示例性圆柱形枢转件。

[0032] 图 11 是包括图 3 冷却单元的插座件的侧剖视图，示出接纳枢转件的中心区域。

[0033] 图 12 示出包括弯曲冷却管的枢转件－冷却管单元的示例。

[0034] 图 13 示出由弯曲冷却管发射的流体的环形范围。

[0035] 图 14 示出使用弯曲冷却管的示例性熔融下拉工艺的剖视图。

[0036] 图 15 冷却管弯曲末梢或远端的各角度位置处连续流动的熔融玻璃带上的与单一弯曲冷却管相关的拟合厚度比较图。

[0037] 图 16 图解地示出两种情形之间的不同，其中撞击角保持恒定（270 度）而远端到玻璃距离通过将管远离玻璃带平移而增加。

[0038] 图 17 示出由直的、刚性安装的冷却管提供的拟合厚度控制与包括可基于原始测量的厚度数据成角度进入不同方位的远端的冷却管之间的图形比较。

[0039] 图 18 是图 17 数据的 25mm 移动窗的厚度变化范围图。

[0040] 图 19 是弯曲管方位模型厚度与图 17 带的拟合厚度数据的比较图。

具体实施方式

[0041] 在以下详细描述中，为了解释而非限制的目的，陈述公开具体细节的示例实施例以提供对本发明的透彻理解。但是，本领域的普通技术人员在借鉴了本文所揭示的内容之后，对他们来说显而易见的是，可以不偏离本文所揭示具体细节的其它实施例来实践本发明。此外，关于已知器件、方法及材料的描述可被省略，以便于不混淆本发明的描述。最后，尽可能用相同的附图标记来标示相同的构件。

[0042] 图 1 所示的是用于根据示例性熔融下拉工艺拉制玻璃带的设备 10。设备 10 包括成形本体 12，成形本体 12 具有设置在其中的上通道或槽 14。成形本体 12 包括会聚成形表面 16a、16b，其可在下部边缘或拉制线 18 处会聚，熔融玻璃从成形本体下部边缘 18 拉制。下部边缘 18 也可称为根部 18。熔融玻璃 20 被供应到槽 14，并溢流出槽，使得熔融玻璃溢流出槽的上边缘并作为两分离的熔融玻璃流沿会聚的成形表面 16a、16b 向下流动。熔融玻璃的这些分离流动在成形本体根部重聚或合并，并作为单个玻璃带 22 从根部沿方向 21 继续向下。因此，该工艺有时称为熔融工艺，或熔融下拉工艺。熔融玻璃的接触成形本体 12 成形表面的部分位于从根部 18 拉制的玻璃带的内部内，而玻璃带的外表面留在原始状态。

[0043] 为控制围绕成形玻璃的热环境，成形件 12 定位在具有结构支撑件 26 的耐火封围件或隔焰窑 24 内。隔焰门 28 沿玻璃带 22 的相反侧定位在隔焰窑 24 下方，且可沿支承导轨 30 向内或向外移动。为防止空气泄漏或通风，隔焰窑 24 与隔焰门 28 之间的空间可填充适当的耐火隔离材料 32，诸如矿棉纤维。外屏蔽件 34 附连到隔焰窑 24 并向下延伸（裙状）到隔焰门 28 的顶部。屏蔽件 34 可由诸如不锈钢的金属制成。屏蔽件 34 用于进一步消除由于隔焰窑内的空气与隔焰窑外部的空气之间的空气交换而导致的潜在通风。但是，因为每个隔焰门构造成相对于玻璃带向内或向外移动，外屏蔽件 34 不永久地附连到隔焰门 28。

[0044] 多个冷却单元 38 可较佳地定位在隔焰窑 24 与隔焰门 28 之间，且可例如安装在外屏蔽件 34 上。每个冷却单元 38 包括冷却管 40，冷却管 40 与相邻冷却单元的相邻冷却管间隔开，较佳地在大致水平平面 41 内（见图 2）。每个冷却单元还包括固定装置 42（图 3 和 4），固定装置 42 封闭每个冷却管的一部分。固定装置 42 的支架 44 可用于将每个冷却单元联接到外屏蔽件 34，并以间隔开关系将各冷却管保持在外屏蔽件 34 上。每个冷却管延伸入由隔焰窑 24 封闭的内体积 36。每个冷却管 40 紧邻成形本体 12 终止，且尤其紧邻根部 18 终止。

[0045] 每个冷却管 40 由能够在隔焰窑 24 内高温中（例如超过 1000℃，且在某些情况中大于约 1250℃）不变形的材料形成。例如，冷却管可由耐高温金属形成，诸如海恩斯国际公司 (Haynes International Corporation) 提供的某些高温合金，包括诸如海恩斯合金 214 或 230 材料。其它实施例中，每个冷却管可由耐火材料形成，诸如氧化铝、石英或某些高熔化温度玻璃。这里，耐火材料定义为具有可用于暴露于约 538℃以上的环境温度的系统的结构或部件的化学或物理特性的非金属材料。

[0046] 每个冷却管 40 联接到枢转件 46，其中每个枢转件包括冷却管通过其延伸的通道 48。冷却管可刚性地粘结在枢转件通道 46 内，诸如用高温粘合剂，或冷却管可通过其它方法固定，诸如压缩固定或夹紧。在冷却管由诸如氧化铝或石英的脆性材料形成时，优选的是粘合，因为各种夹紧方法可能致使管子破碎。

[0047] 如图 5 和 6 最佳示出的，每个枢转件 46 可以是大致球形的，且可例如是形成上述通道 48 的钢球体。大致球形的意思是枢转件的外表面的大部分是球形的，或至少，与下文

将更完整描述的插座件的配合表面接触的那些部分是球形的。枢转件 46 联接到平台 50，平台 50 包括例如精确转动台 51，其中转动台 51 允许枢转件绕平台的转动轴线 52 精确运动。枢转件 46 可键合到平台 50 以防止枢转件与平台之间绕垂直轴线 52 的相对转动。因此，键 54 可通过分别在平台和枢转件每个中的相应槽或键槽 56、58 定位在枢转件 46 与平台 50 之间（图 6 和 7 为清楚起见移除了键）。键 54 可紧紧地安装在平台键槽或枢转件键槽的任一个中（或两者中）。替代地，键 54 可紧紧地安装到平台键槽或枢转件键槽中的一个，且仅在另一个中可滑动地安装。例如，键 54 可紧紧地安装在球形枢转件键槽 58 内，且可滑动地安装在平台 50 上相应且互补的键槽 58 内，由此允许球形枢转件不仅绕垂直转动轴线 52 转动，还可绕水平转动轴线 53 转动，给予枢转件以及冷却管两个转动自由度。图 8 和 9 示出关于这两个自由度的运动，即图 8 中水平摆动或偏转，图 9 中垂直俯仰。由于隔焰门与隔焰窑之间的空间通常非常窄，所以，通常限制了绕水平转动轴线的转动，即俯仰。应当显而易见的是，去除键并取决于夹紧力（下文将进一步描述），枢转件 46 可沿多个方向移动且不限于简单的俯仰或偏转。

[0048] 将枢转件 46 和冷却管 40 整合成不永久地联接到平台 50 的单一件便利了枢转件和冷却管组合的更换。例如，损坏的冷却管可通过将损坏的枢转件－冷却管组合移除，并简单地插入新的枢转件－冷却管单元而容易地更换。平台与新枢转件－冷却管之间的键－键槽连接（如果使用了的话）允许将新枢转件和冷却管部署在如原始枢转件一样的精确角度定向。因此，枢转件－冷却管单元可被移除而不扰乱平台 50 和键 54 的位置，且新枢转件－冷却管单元重新安装入与损坏单元一样的水平角度位置。

[0049] 在仅需要绕垂直转动轴线转动（偏转）的情形中，枢转件 46 可以是圆柱形的，其中圆柱形枢转件的中心纵向轴线与平台转动轴线 52 重合（图 10）。该情形中，下文将更详细描述的插座件的配合表面应该是与圆柱形枢转件互补的圆柱形。

[0050] 冷却管 40 通过通道 48 延伸穿过枢转件 46，使得冷却管 40 的第一部分 60 从枢转件沿朝向流动的熔融玻璃方向延伸，而冷却管的第二部分 62 从枢转件 46 远离玻璃带延伸。冷却管 40 包括两端：最远离熔融玻璃流设置的近端 64 和最接近熔融玻璃流的远端 66。近端 64 通过穿过合适的软管或管子 70 的联接件 68 联接到压缩气体源，诸如空气（未示出），从而气体可沿朝向熔融玻璃流方向流过冷却管。气体流通过流动控制器 72（见图 1）控制成小于约 0.085 立方米／小时，较佳地小于约 0.06 立方米／小时。气体流可通过常规已知方法控制，诸如通过旋转式流量计或电子质量流量控制器控制。电子质量流量控制器的使用有利地允许遥控气体流量，但任一方法，或控制气体上述的流量的任何其它方法可适当地替换以测量供应到冷却管的气体流量。如果需要，冷却气体可以被冷却，诸如通过将冷却气体流过供应有冷却水（未示出）的热交换器。

[0051] 固定装置 42 还包括前插座件 74 或第一插座件 74 和后插座件 76 或第二插座件 76，图 11 中最佳可见且为清楚起见，未示出枢转件 46。第一插座件 74 包括内表面 78，内表面的至少一部分与枢转件的一部分互补。开口 80 延伸穿过第一插座件的厚度，使得当枢转件 46 与插座内表面 78 的互补部分接触时，冷却管 40 延伸穿过开口 80。开口 80 尺寸做成允许枢转件和冷却管的运动而在计划的运动范围内无阻挡。即，开口 80 尺寸做成允许枢转件至少绕轴线 52 转动且因此允许冷却管 40 在开口内摆动或偏转。较佳地，冷却管 40 自由摆动过至少约 40 度的角度。类似地，第二插座件 76 包括内表面 82，内表面 82 的至少一部

分与枢转件 46 互补，且冷却管 40 穿过其延伸的第二开口 84 允许冷却管 40 的第二部分在枢转件 46 转动时摆动。

[0052] 后插座件 76 联接到前插座件 74，使得设置在前插座件与后插座件之间的枢转件 46 静止地保持。例如，前插座件和后插座件可通过螺栓、螺钉、夹子或其它合适的附连方法彼此联接，使得枢转件 46 夹在各插座件之间。例如，图 11 中示出用螺栓联接的插座件 74 和 76。枢转件 46 可首先定位成使得冷却管 40 沿适当方向引导冷却气体，上紧夹持件（例如螺栓）以沿所需定向锁定枢转件和冷却管。

[0053] 现有技术方法中，直冷却管沿一方向刚性地安装使得直管的纵向轴线垂直于与管端部相邻的熔融玻璃流，而从每个冷却管递送到熔融玻璃的气体射流被限制于冷却管远端的正前方区域（且允许射流的某些自然发散）。因此，常规冷却布置中，各冷却管之间的距离必须小，从而从冷却管射出的气体射流的接触面积直接相邻于（或甚至重叠）相邻管的撞击区域。

[0054] 相比于常规方法，根据本发明的枢转件绕轴线 52 转动并因此使冷却管 40“摆动”通过水平弧度的能力，有利于达到熔融玻璃宽度所需的冷却单元 38 的数量的减少。例如，冷却管 40 可转过至少约 10 度、20 度、30 度、或甚至大于 40 度的角度。

[0055] 与现有冷却方法相比，根据本实施例，冷却管 40 可进一步间隔开。如果熔融玻璃流的特定区域需要冷却，由于厚度的破裂，位于最接近于该缺陷的冷却管可通过转动平台 50 而横向地摆动到位置，且由此冷却管 40，从而由冷却管发射的气体射流可撞击在该缺陷区域上。因此，需要更少的冷却单元，且更重要地，减少外屏蔽内的开口数量。外屏蔽 34 内开口数量的减少减少了由于泄漏而导致的流入（或流出）由隔焰窑 26 围绕的体积 36 的不受控通风。

[0056] 某些实施例中，冷却管 40 是直的，具有中心纵向轴线 88（见图 5）。但是，在其它实施例中，每个冷却管包括靠近远端 66 的肘部或弯曲部 86。通过将冷却管 40 联接在枢转件 46 的通道 48 内使得冷却管不永久地且刚性地粘结到枢转件，诸如使用联接枢转件和冷却管的可释放方法（例如夹持方法或过盈配合），冷却管可绕其纵向轴线 88 转动（至少纵向轴线 88 的在弯曲部和近端之间的直部分）。在通道 48 内转动冷却管 40 致使冷却管的远端 66 画出绕纵向轴线 88 的弧。“画出”的意思是运动中本体（或材料流，诸如气体流）上的一点或一系列点描绘空间中（或表面上）的几何形状。例如，如果冷却管 40 转过 360 度，则通过冷却管发射的气体射流画出或描绘了熔融玻璃上与熔融玻璃的表面相交的完整圆，如图 13 所示，其中箭头 91 表示气体流相对于冷却管的水平纵向轴线 88 的角度方向。圆的半径取决于冷却管内弯曲部角度上的路线和冷却管延伸穿过该弯曲部的长度（即，冷却管在弯曲部与冷却管远端之间的直部分的长度。较佳地，冷却管朝向熔融玻璃流延伸超过弯曲部的长度小于约 5cm）。

[0057] 替代地，一系列枢转件－冷却管单元可制造成具有弯曲冷却管相对于枢转件的键合位置的各种定向。当需要冷却管的不同角度定向时，可用一个具有所需定向的枢转件－冷却管单元替换在位的枢转件－冷却管单元。

[0058] 还另一实施例中，如果不使用键合的枢转件，仅将联接第一和第二插座件的夹持件松口就可允许整个枢转件转动，由此转动弯曲冷却管的远端的定向。图 14 示出使用弯曲冷却管的设备 10。

[0059] 已发现气体流的定向可用于增加或减少熔融玻璃的在气体流撞击在熔融玻璃流上的点处的厚度。即，如果气体流沿与熔融玻璃流相反的方向移动（即代表气体流的向量包括与熔融玻璃的流动向量相反的向量），则气体流对厚度的影响不同于如果气体的流动向量包括与熔融玻璃的流动向量相同方向的向量时的气体流对厚度的影响。更简单地，当气体流大致逆流（与玻璃流相反）时，对熔融玻璃的厚度的影响不同于如果气体流大致顺流移动（与玻璃相同）时对熔融玻璃的厚度的影响。当弯曲冷却管的远端沿大致 90 度方向指向（参见图 13）时，出现前一种情况。当弯曲冷却管的远端沿大致 270 度定向指向时，出现后一种情况。这些不同的影响在图 15 中图形示出，其中熔融玻璃流的厚度变化（例如根部处的玻璃带厚度）以四种不同定向拟合：当弯曲冷却管的远端指向 0 度定向、90 度定向、180 度定向、270 度定向以及 0 度定向时。假设管的远端保持离熔融玻璃流的表面约 4 英寸。

[0060] 90 度定向中（曲线 92），气体流所撞击的地方是这些实验中熔融玻璃流的最高垂直位置。厚度变化绘（以微米）在垂直轴线上，而相对于带宽度的水平位置显示在水平轴线上。曲线 92 的特征宽度（水平轴线上最内 0 交叉点之间的距离）通常是约 9.7cm。周围的外区域延伸约内区域的四倍并相应于与质量守恒一致负厚度变化（熔融玻璃变薄）。

[0061] 270 度定向中（曲线 94），空气流在其最低垂直位置撞击且赋予了非常不同的厚度变化。这种信号可看作是变厚效果或变薄效果。看作变厚效果时，特征宽度通常约 2.8cm 但具有由负厚度变化和正厚度变化（分别变薄和变厚）构成的特别宽的周围外区域。主要地看作变薄效果时，特征宽度通常约 22.4cm，正厚度变化的外区域比内区域延伸约 3 倍远，但正厚度变化的内区域特别窄。

[0062] 0 度和 180 度情况中（分别是曲线 96 和 98）示出当管的角度更明显地指向玻璃带的任一边缘时，撞击位置如何变化。峰值之间间隔开约 15.2cm，接近于从简单三角法计算到的。还示出厚度变化度在撞击位置最接近于管出口的侧上最大。这里所示的四种角度之间的角度在某种程度上也可能；其厚度效果也在最近的相邻角度之间的中间。如果可提供足够的定向灵活性，这些效果也可用直管实现，诸如具有两个或更多个运动自由度。

[0063] 在冷却管不是刚性地固定到枢转件的实施例中，诸如当冷却管通过压缩配件或夹紧机构联接到枢转件时，每个冷却管可在其相应的枢转件内平移。即，冷却管可从枢转件松开（通过松开压缩配件或夹具）并通过在通道 48 内滑动冷却管而更靠近于熔融玻璃或更远离熔融玻璃移动。冷却管 40 相对于枢转件 46 的平移可与冷却管 40 的俯仰和偏转结合，或相对于枢转件 46 转动。

[0064] 从管的远端到撞击点的距离的效果也可改变因而发生的厚度响应。图 16 图解地示出两种情形之间的不同，其中撞击角保持恒定而远端到玻璃距离通过将管远离玻璃带平移而增加。这里，在其 270 度构造中的管被从离玻璃带的平面约 10.2cm（曲线 100）至约 14.0cm（曲线 102）处拉回。简单三角法预测了从约 11.7cm 至约 16.3cm 增加的撞击距离。当管从带拉回时，中心峰值变得小得多，且整体上，厚度效果更接近像纯变薄效果。

[0065] 通过利用由通过允许可变的撞击角度和从管子出口到撞击点的可变距离（撞击距离）提供的额外的能力，可实现多个重大的优点，例如，当自然出现的厚度偏离不对称和在补偿动作时变薄效果比变厚效果更适合的情况中。图 17a、17b 和 18 示出如何调整撞击角致使比纯垂直撞击角更有效的厚度改正。图 17a 中，曲线 104 代表熔融拉制操作中跨越

其根部宽度一部分的连续玻璃带的测量厚度。曲线 106 代表通过将直冷却管 40 对准在离纯垂直布置中移动玻璃带的边缘约 118.4cm 的点处的发射的冷却气体流施加的拟合厚度改正的效果。即，冷却管的中心纵向轴线垂直于穿过成形本体的根部的竖直平面。曲线 108 代表通过将弯曲管对准在以 180 度定向相同位置而施加的拟合厚度改正效果。图 18 示出以图 17 的厚度数据的每个点为中心间隔 25mm 处的厚度变化范围。即，曲线 110 指示以用于曲线 104 的测量数据的厚度测量的每个点为中心间隔开 25mm 的厚度范围。例如，对于图 17 的曲线 104 的厚度数据点，到图 17 的基础数据点的右侧 12.5mm 的厚度数据和到曲线 104 的基础数据点的左侧 12.5mm 的厚度数据都被分析，且该窗口中数据之间的最大差异的绝对值由图 18 的曲线 110 绘出。类似地，曲线 112 代表以曲线 106 的厚度测量的每个点为中心移动 25mm 间隔处的厚度测量范围，而曲线 114 是曲线 108 的厚度测量的每个点为中心移动 25mm 间隔处的厚度测量范围。最小化玻璃带的整个宽度上局部厚度变化值是厚度改正的主要目标。如各曲线指示，该范围数据的最小值和最大值通过改变弯曲管的定向获得。具体来说，图 18 示出 118.4cm 位置附近最大范围值已经从～ 0.0028mm（基础情形）减少到～ 0.0019mm（直管）减少到～ 0.0014mm（弯曲管）。此外，133.8cm 位置附近最大变化值已经从～ 0.0021mm（基础情形）减少到～ 0.0019mm（直管）减少到～ 0.0016mm（弯曲管）。图 19 对比了通过使用相比于拟合结果（图 17 中曲线 108）以 180 度定向的弯曲管定向获得的实际测量的厚度结果（曲线 116），并示出拟合结果和实际结果直接的良好一致性。

[0066] 冷却管远端的角度定向和其离熔融玻璃流的距离之一的改正或两者都改正的能力还可通过玻璃板的变厚区域提高玻璃带的可用宽度（质量区域的宽度），玻璃板的变厚区域对于用常规方法解决来说过于窄和 / 或过于不对称。

[0067] 厚度控制能力还可通过采用针对相同冲击位置（或相同 X 坐标，但不同 Z 坐标）的多个管组合进一步扩展。

[0068] 本发明的示例性、非限制实施例包括：

[0069] C1. 一种用于在下拉玻璃制造工艺中形成连续熔融玻璃带的设备包括：

[0070] 成形本体，该成形本体包括在根部会聚的会聚成形表面；

[0071] 封围件，该封围件围绕成形本体设置；

[0072] 冷却设备，该冷却设备联接到封围件，冷却设备包括；

[0073] 固定装置；

[0074] 枢转件，该枢转件设置在固定装置内并构造成绕穿过枢转件的至少一个轴线转动；以及

[0075] 冷却管，该冷却管构造成将冷却气体流引导朝向溢流出成形本体的熔融玻璃，冷却管联接到枢转件，其中枢转件绕至少一个轴线的转动致使冷却管的端部的侧向位置相对于成形本体改变。

[0076] C2. 根据 C1 的设备，其中枢转件是大致球形的。

[0077] C3. 根据 C1 或 C2 的设备，其中枢转件是圆柱形的。

[0078] C4. 根据 C1-C3 中任一项的设备，其中至少一个轴线是垂直轴线。

[0079] C5. 根据 C1-C4 中任一项的设备，其中冷却管包括耐火材料。

[0080] C6. 根据 C1-C5 中任一项的设备，其中固定装置包括与枢转件的配合表面互补的配合表面，固定装置构造成接纳枢转件并防止枢转件与固定装置之间的气体流动。

[0081] C7. 根据 C1-C6 中任一项的设备，其中冷却管包括近端和远端，远端比近端更靠近熔融玻璃带，且冷却管还包括邻近远端的弯曲部。

[0082] C8. 根据 C1-C7 中任一项的设备，其中设备包括与成形本体的长度的至少一部分相邻布置的多个冷却管。

[0083] C9. 根据 C1-C8 中任一项的设备，其中冷却管包括近端和远端，远端比近端更靠近熔融玻璃带，且冷却管包括在近端与远端之间延伸的中心纵向轴线，在近端与远端之间该纵向轴线是直的。

[0084] C10. 一种在熔融下拉工艺中控制连续熔融玻璃带的厚度的方法，包括：

[0085] 使熔融玻璃流过成形本体的会聚成形表面，该会聚成形表面在根部处会合；

[0086] 引导来自至少一个冷却管的冷却气体流撞击靠近根部的熔融玻璃，冷却管联接到构造成绕至少一个转动轴线转动的枢转件；以及

[0087] 至少一个冷却管的中心纵向轴线的至少一部分不垂直于穿过根部的竖直平面。

[0088] C11. 根据 C10 的方法，其中冷却管包括近端和远端，远端比近端更靠近熔融玻璃流，冷却管包括邻近远端的弯曲部。

[0089] C12. 根据 C10 或 C11 的方法，其中引导步骤包括从多个冷却管引导冷却气体流。

[0090] C13. 根据 C10-C12 中任一项的方法，其中冷却气体流撞击在根部上方的熔融玻璃上。

[0091] C14. 根据 C10-C13 中任一项的方法，其中冷却气体流定向成相对于熔融玻璃流方向是顺流的。

[0092] C15. 根据 C10-C14 中任一项的方法，其中至少一个冷却管的纵向轴线的一部分垂直于根部所位于的竖直平面。

[0093] C16. 根据 C10-C15 中任一项的方法，还包括绕转动轴线转动枢转件。

[0094] C17. 根据 C10-C16 中任一项的方法，其中枢转件构造成绕两个正交转动轴线转动。

[0095] C18. 一种在熔融下拉工艺中控制连续熔融玻璃带的厚度的方法，包括：

[0096] 使熔融玻璃流过成形本体的会聚成形表面，该会聚成形表面在根部处会合；

[0097] 引导来自至少一个冷却管的冷却气体流撞击靠近根部的熔融玻璃，冷却管联接到构造成绕多个转动轴线转动的枢转件；以及

[0098] 至少一个冷却管的中心纵向轴线的至少一部分不垂直于穿过根部的竖直平面。

[0099] C19. 根据 C18 的方法，其中多个轴线包括垂直轴线和水平轴线。

[0100] C20. 根据 C18 或 C19 的方法，其中在根部下方引导冷却气体流。

[0101] 应该强调本发明的上述各实施例、尤其任何“优选”实施例仅是实现的可能示例，仅为清楚理解本发明的原理而阐述。可对本发明的上述各实施例作出许多变体和修改，而不完全背离本发明的精神和原理。所有这些调整和改变都包括在本文中，包括在本发明和说明书的范围之内，并受到所附权利要求书的保护。

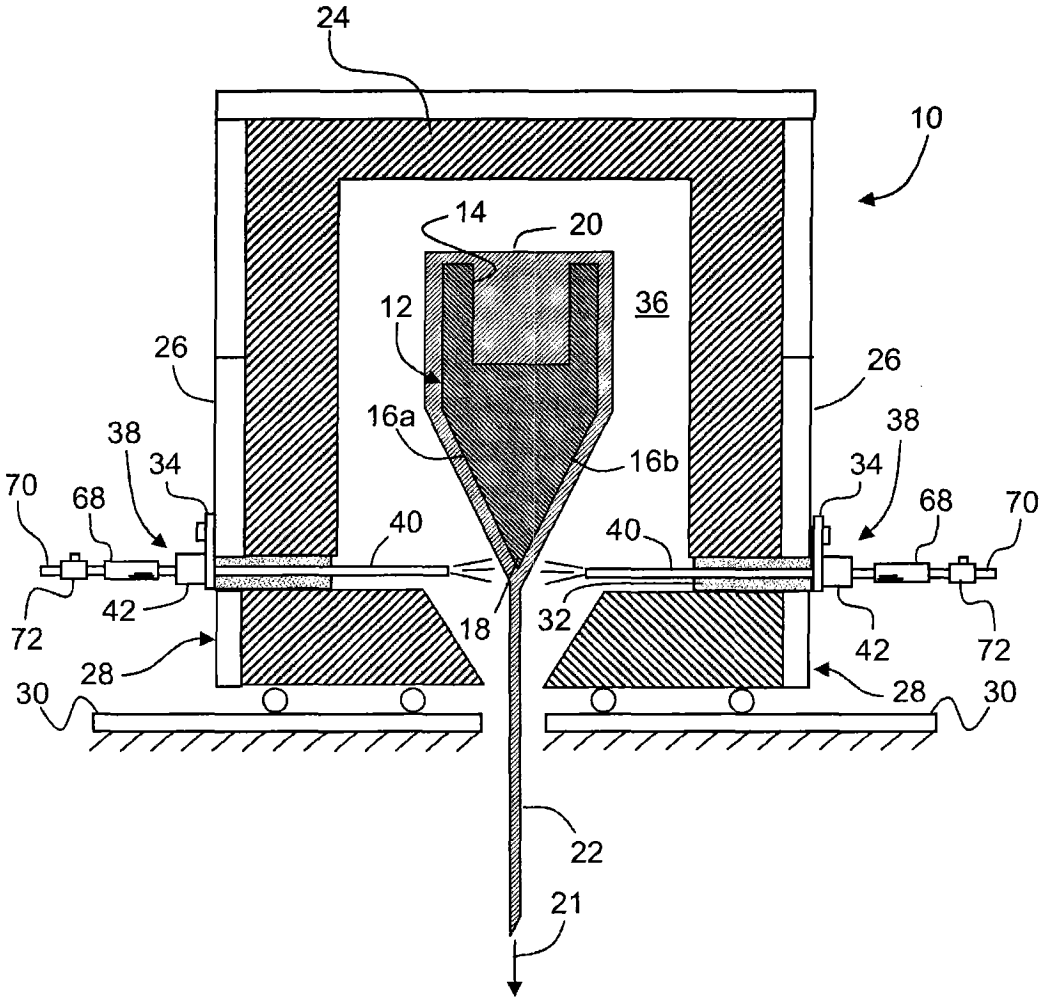

24
10
14
20
12
36
26
26
16a
16b
38
38
34
34
70
68
68
70
40
40
42
42
72
72
18
32
28
28
30
30
22
21

图 1

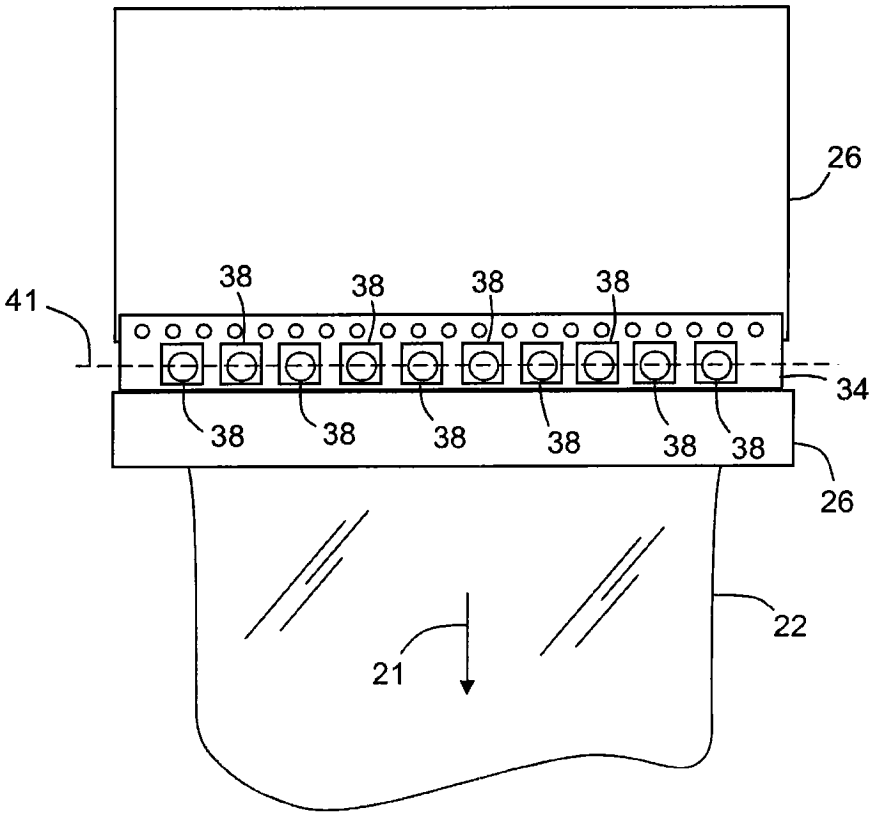

26
41
38
38
38
38
34
38
38
38
38
38
38
26
22
21

图 2

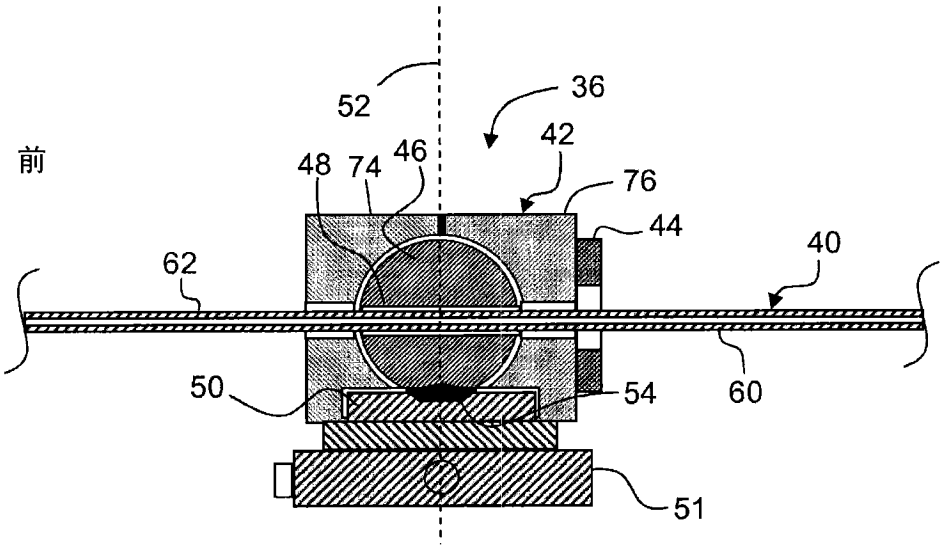

52
36
前
42
48
74
46
76
44
40
62
50
54
60
51

图 3

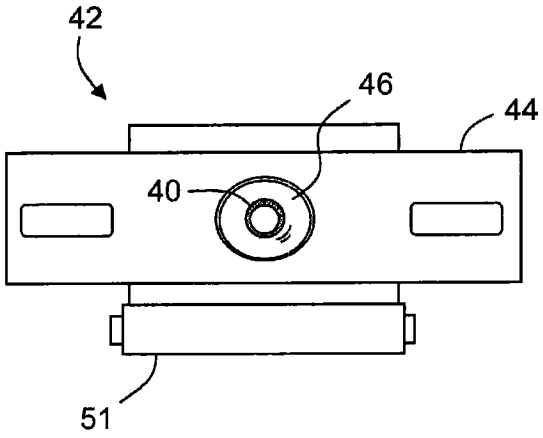


图 4

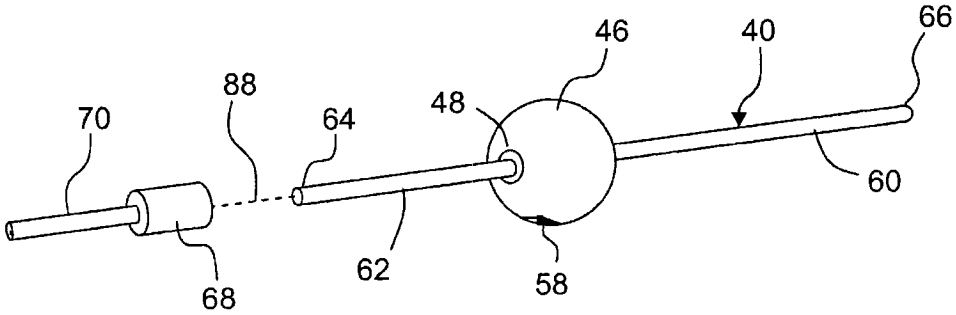


图 5

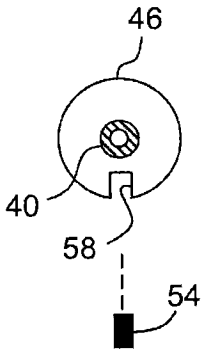


图 6

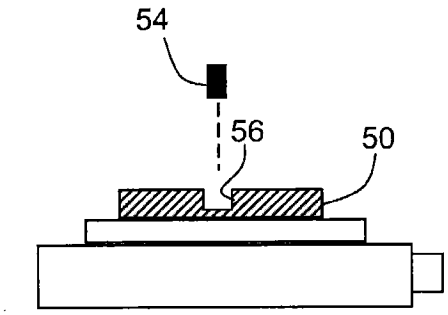


图 7

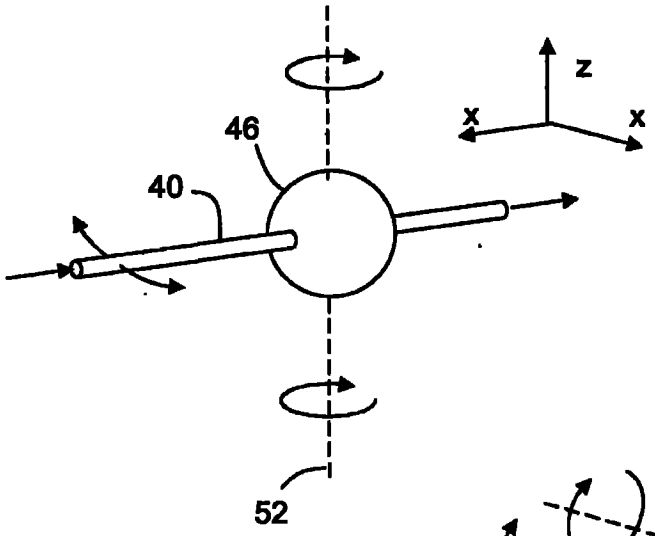


图 8

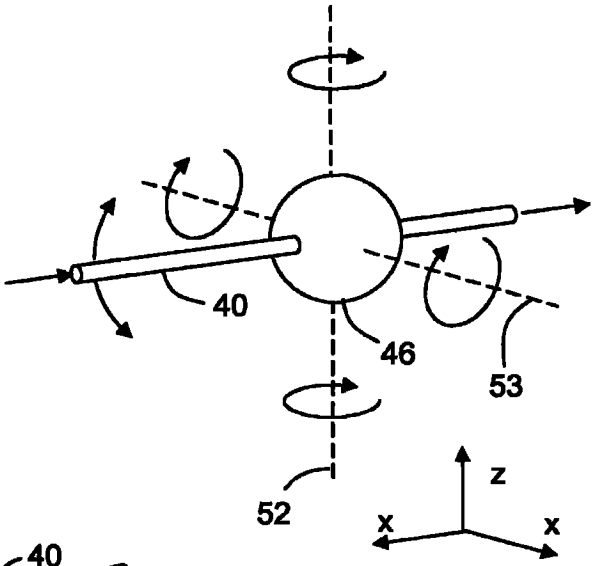


图 9

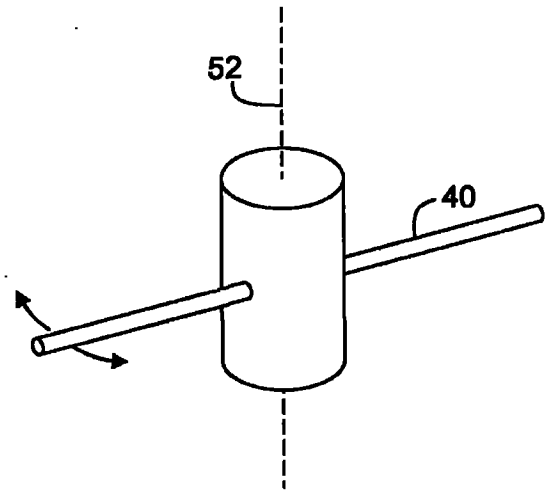


图 10

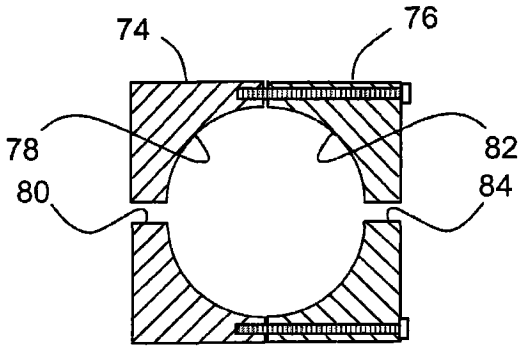


图 11

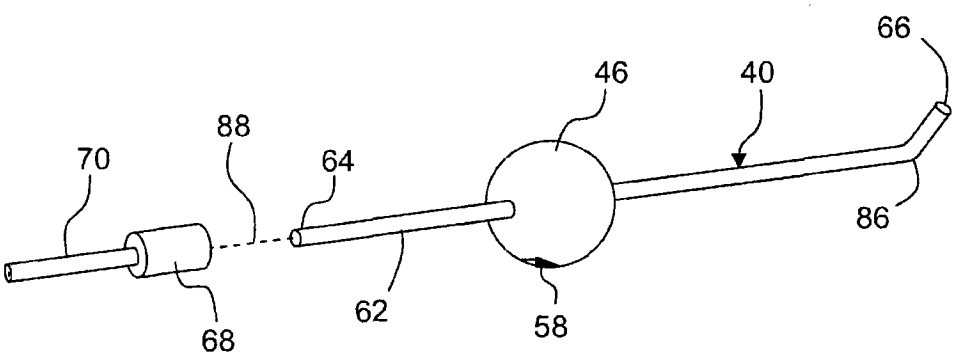


图 12

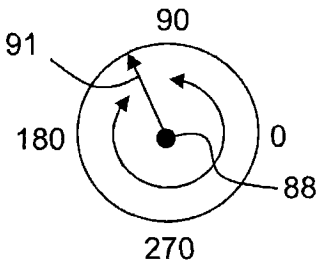


图 13

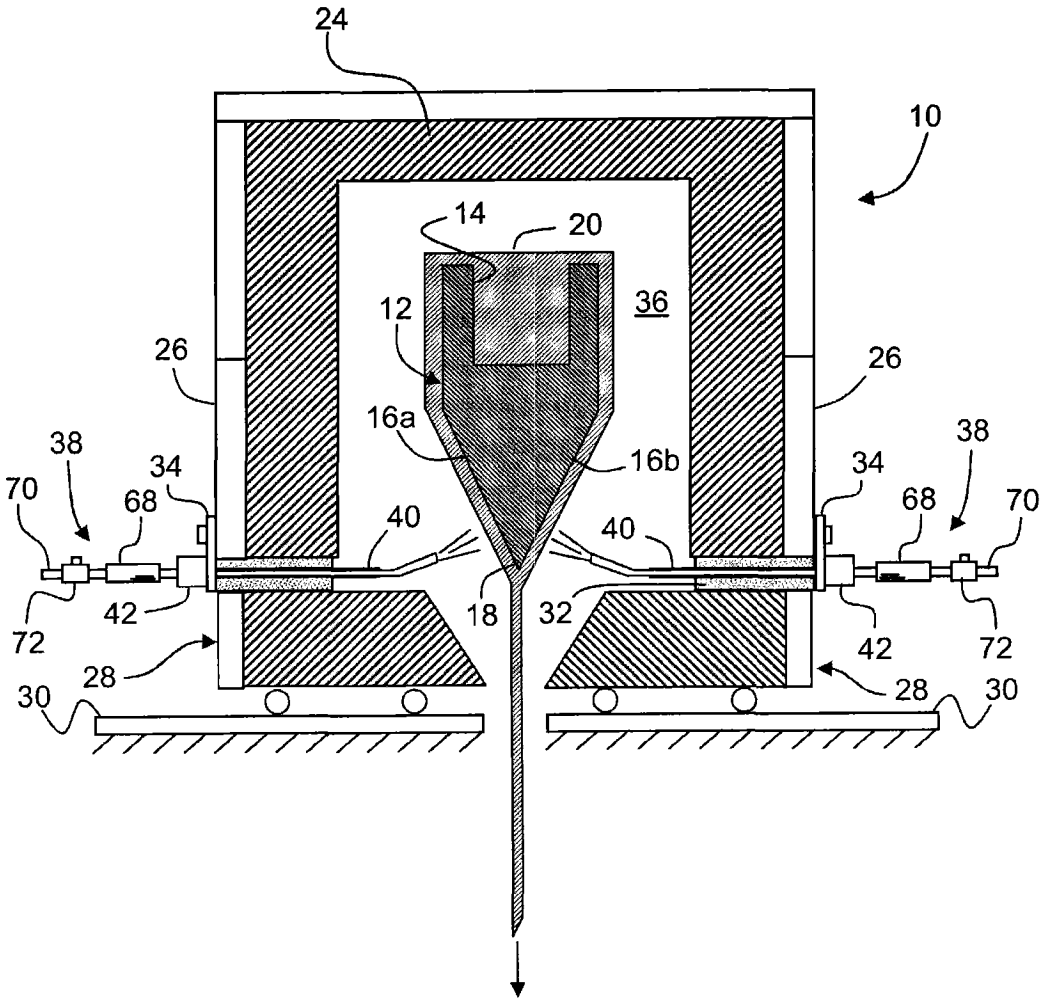

24
10
14
20
12
36
26
26
16a
16b
38
38
34
34
70
68
68
70
40
40
42
42
72
72
18
32
28
28
30
30

图 14

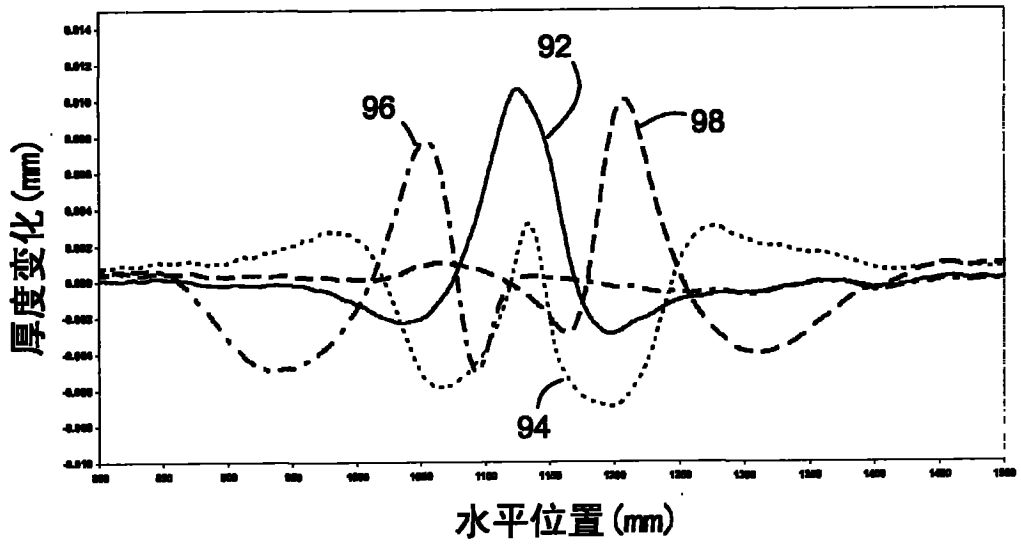

92
96
98
94
厚度变化(mm)
水平位置(mm)

图 15

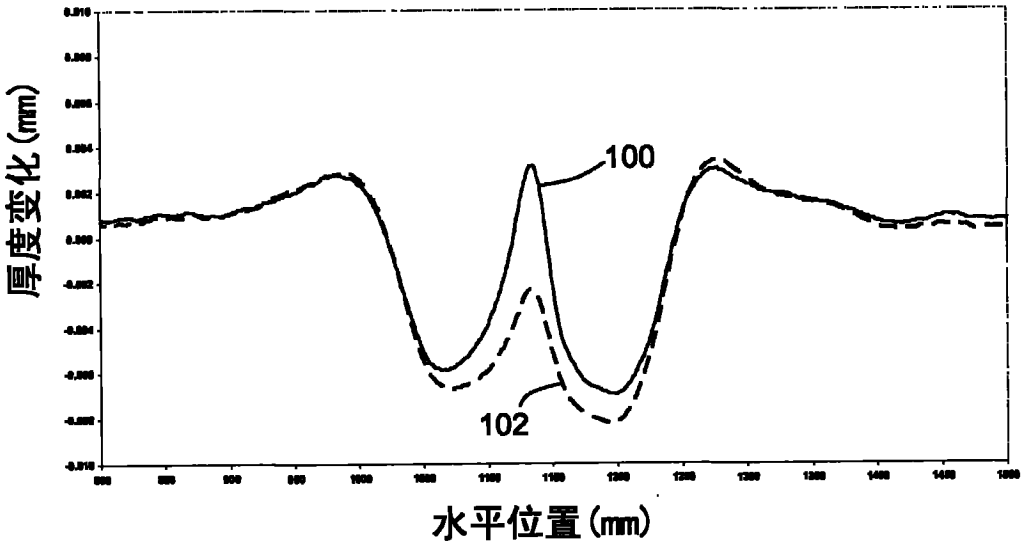


图 16

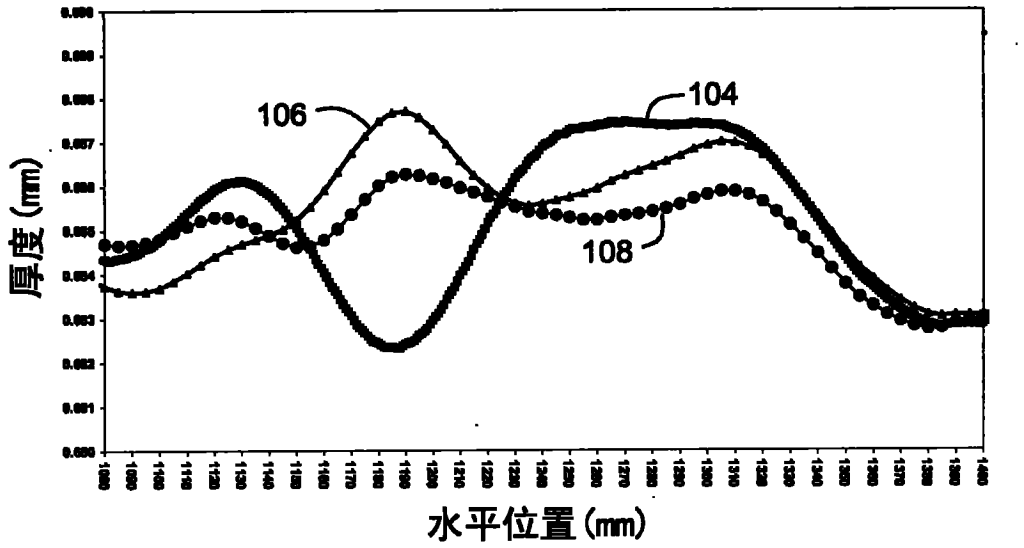


图 17

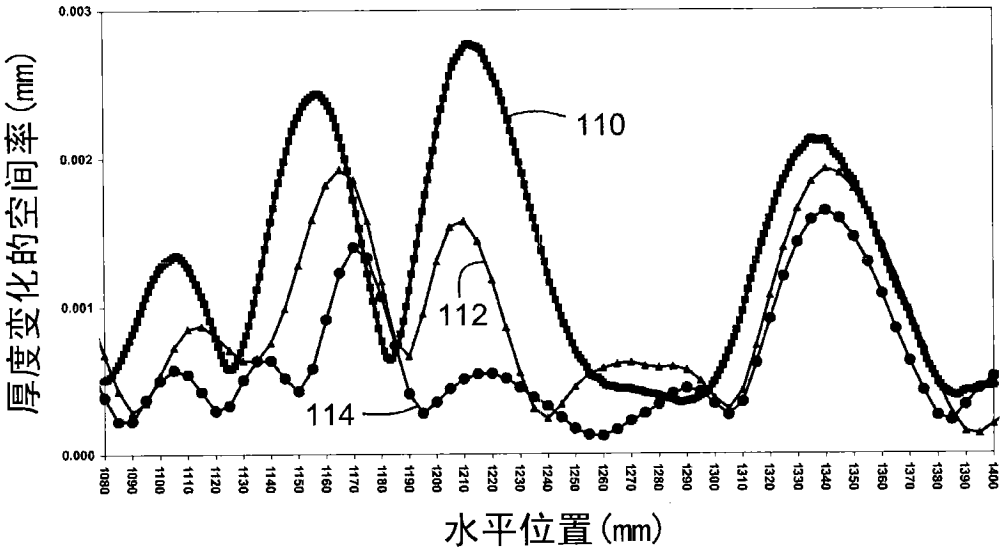

厚度变化的空间率(mm)
0.003
0.002
0.001
0.000
110
112
114
1080 1090 1100 1110 1120 1130 1140 1150 1160 1170 1180 1190 1200 1210 1220 1230 1240 1250 1260 1270 1280 1290 1300 1310 1320 1330 1340 1350 1360 1370 1380 1390 1400
水平位置(mm)

图 18

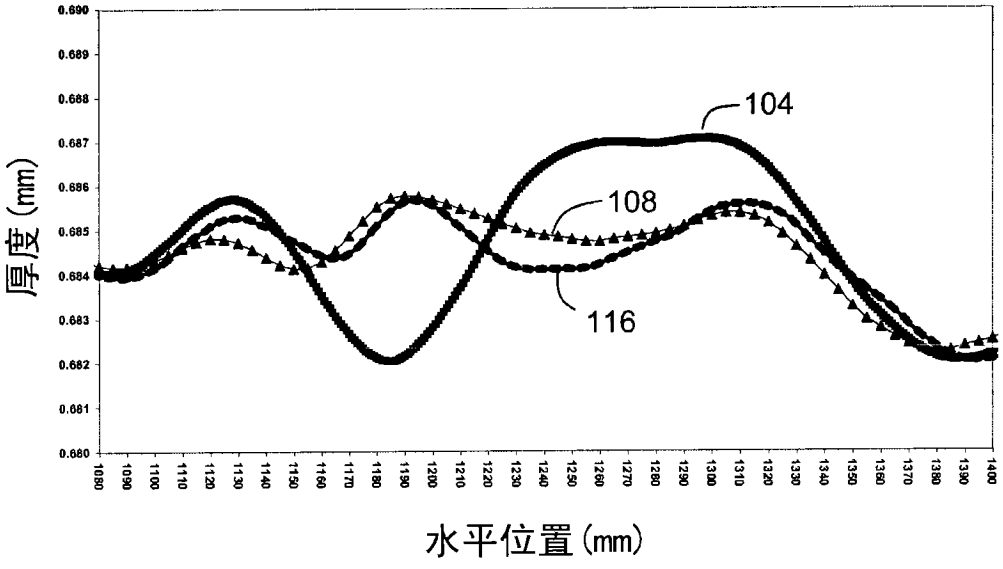

厚度(mm)
0.690
0.689
0.688
0.687
0.686
0.685
0.684
0.683
0.682
0.681
0.680
104
108
116
1080 1090 1100 1110 1120 1130 1140 1150 1160 1170 1180 1190 1200 1210 1220 1230 1240 1250 1260 1270 1280 1290 1300 1310 1320 1330 1340 1350 1360 1370 1380 1390 1400
水平位置(mm)

图 19