

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C03B 5/16 (2006.01)

C03B 5/235 (2006.01)

C03B 5/237 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00126228.9

[45] 授权公告日 2007 年 10 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 100341805C

[22] 申请日 2000.8.16 [21] 申请号 00126228.9

[30] 优先权

[32] 1999.8.16 [33] US [31] 09/374,921

[73] 专利权人 波克股份有限公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 N·G·辛普森 T·G·克莱顿

G·F·普鲁沙 A·P·理查森

S·M·卡尼 J·R·勒布朗

[56] 参考文献

CN1054408A 1991.9.11

WO9931021A1 1999.6.24

US5139558A 1992.8.18

EP0754912A2 1997.1.22

CN1163866A 1997.11.5

审查员 刘桂英

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 周承泽

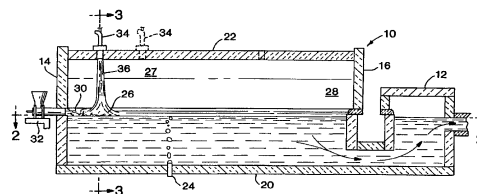
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 8 页

[54] 发明名称

使用炉顶安装的氧气燃料烧嘴对玻璃熔炉进行辅助加热的方法

[57] 摘要

在具有同流换热器、交流热器、电辅助加热器的工业玻璃熔炉或其它向玻璃批料提供热量的装置中，在熔炉炉顶的至少一个氧气燃料烧嘴提供了额外的热量，用于熔化批料。安装和使用这种炉顶安装的氧气燃料烧嘴的方法包括操作各个参数，使传热最大化，同时使对批料的干扰最小。



1. 在玻璃熔炉中熔化玻璃批料的方法，所述玻璃熔炉具有至少一个交流换热器或至少一个同流换热器，所述玻璃熔炉具有侧壁、后壁、前壁和炉顶，且包括上游熔化区和下游精炼区，所述方法包括下列步骤：在所述熔炉炉顶，于批料上方提供至少一个氧气燃料烧嘴；

向所述至少一个炉顶氧气燃料烧嘴提供气态氧化剂流；

向所述至少一个炉顶氧气燃料烧嘴提供气态燃料流；

从至少一个所述炉顶氧气燃料烧嘴产生火焰，在靠近所述批料的表面，将所述火焰的速度控制到小于 30 米/秒，所述烧嘴安装时要垂直于批料表面或者要偏离垂直线高达到 30° ，并对着熔炉下游的端壁，所述火焰具有足以将所述火焰的热量最大限度地传递给所述批料，而不会干扰所述批料的速度。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于在靠近所述批料的表面，将所述火焰的速度控制到小于 25 米/秒。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于在靠近所述批料的表面，将所述火焰的速度控制到小于 21 米/秒。

4. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述方法还包括至少部分封闭所述熔炉内的至少一个交流换热器或至少一个同流换热器的步骤。

5. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于安装所述烧嘴的步骤还包括使所述烧嘴在烧嘴砖内后退 3—18 英寸。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于所述方法还包括由在所述熔炉炉顶上的至少另一个氧气喷射器，在所述批料表面或靠近该表面处提供为使燃烧完全用的额外氧气。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于产生所述火焰的步骤产生的火焰长度至少为烧嘴砖底部到达批料表面的距离。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于安装的烧嘴与垂直线的偏离不大于 10° ，并对着熔炉下游的端壁。

使用炉顶安装的氧气燃料烧嘴对 玻璃熔炉进行辅助加热的方法

技术领域

本发明涉及在玻璃熔炉顶部使用至少一个氧气燃料烧嘴，用来提高产率，或者由于减少电辅助加热或由于现有热回收设备如同流换热器或交流换热器劣化时采用来保持原有产率。这种方法涉及以氧气燃料能源代替部分现用或以前用的空气燃料能源或电能。除了端焰的交流换热炉和电炉外，这种方法涉及交流换热通气口的封闭，或同流换热炉的隔离。具体是，设计的选择，在进入熔炉的玻璃原料上方烧嘴的角度和位置的确定，都会提高熔化速度，提高产率，增大能效，并改善玻璃质量。利用对烧嘴中燃烧的化学计量比值精确控制，烧嘴的燃料贫和富的相互作用和熔炉的中燃料/氧气的区域分配，可以在使氮氧化物和二氧化硫排放最小的同时，优化热传递。

背景技术

制造玻璃和有关的玻璃料产品中，通常用到交流换热炉、同流换热炉、电炉和直接燃烧炉。

空气-燃料交流换热炉分为两类：横焰的和端焰的。横焰交流换热炉在炉子的两侧通常分别有 3-8 个通气口，它们连接到一个共用的或划区的交流换热器，用来预热燃烧空气。交流换热器有各种形状和尺寸，根据炉子的操作情况，每 15-30 分钟变换一次。一个变换周期中，来自转风机的燃烧用空气通过换向阀中一个路径，进入在炉子一侧的交流换热器底部，并在进入连接炉子的通气口之前进行预热。油和/或燃气形式的燃料被喷射到通气口的下部、上部、内部或侧面，产生在玻璃熔炉内燃烧的火焰。燃烧的炽热产物通过对面一侧的通气口排出，向下通过交流换热器格子砖，释放热量，然后经过换向阀中的第二路径排放到排气烟囱。随着空气侧交流换热器的冷却，排气交流换热器就加热直到换向阀变换，燃烧空气进入已预热的排气交流换热器。

由于空气燃料火焰的辐射，但主要是来自燃烧产物从炉顶和炉壁的再辐射，玻璃原料就部分熔化。要达到高的熔炉玻璃产率，许多熔炉采用浸在玻璃中的电极进行电辅助加热。这样的加热成本高，并且可能对玻璃接触的炉壁造成危害。由于交流换热器的热/结构损坏和/或玻璃原料(也称作批料)的吹入，或玻璃批料所释放挥发物的冷凝，交流换热器随时间推移可能开始堵塞。当交流换热器开始

堵塞或失效时，熔炉内空气的预热温度降低。因为提高了压降，在排气侧废气的除去会受到限制，从而限制了能量输入熔炉，降低熔炉的玻璃产率。

要恢复产率的损失至原来交流换热器时的情况，或者提高未受阻塞时熔炉的产率，采用了四种方式来使用氧气：对空气的一般富氧，在通气口火焰下面使用特定的氧气喷枪，在第一通气口和加料端壁之间安装氧气燃料烧嘴，通气口内安装水冷氧气燃料烧嘴。这些方法对生产率的提高受到安装方便程度、过程要求或耐火材料使用温度的限制。

端焰交流换热熔炉的操作与横焰熔炉相同，在端壁仅有两个通气口，连接到各交流换热器。端焰交流换热器损坏的机理与横焰交流换热器相同，也可同样采用电辅助加热和氧气补充。

要恢复产率损失至原来交流换热器时的情况，或者提高产率，采用了三种方式使用氧气：对空气的一般富氧，在通气口火焰下面使用特定的氧气喷枪，在熔炉下流的炉壁中安装氧气燃料烧嘴。这些方法的效率通常由于装设的位置和过热带来的问题而受到限制。

同流换热熔炉使用至少一个同流换热型热交换器。与交流换热器不同，同流换热器是连续于炽热的并流热交换器的，在其中，废气对燃烧空气预热，燃烧空气通入沿熔炉侧面的各空气燃料烧嘴。同流换热熔炉也可以使用电辅助加热。象交流换热熔炉一样，同流换热器会开始损失其效率和预热空气的能力。它们会堵塞或形成孔洞。

要从上述交流换热器情况恢复产率损失或增加产率，通过三种方式使用氧气：对空气的一般富氧，在通气口火焰下面使用特定的氧气喷枪，通过熔炉侧壁或端壁安装氧气燃料烧嘴。这些方法的效率通常由于装设位置的困难和熔炉过热的问题而受到限制。

直接燃烧的熔炉不使用预热空气，因此其效率小于前述熔炉设计的例子。为提高热效率或产率，侧壁氧气燃料烧嘴已取代了空气燃料烧嘴。

使用电熔炉，操作成本通常很高，其寿命比常用的矿物燃料熔炉短。电熔炉在设计好后，很难再提高产率。本发明涉及热顶部的熔炉，本发明不能应用于冷顶部的熔炉。

美国专利 5,139,558 (Lauwers) 公开了在玻璃熔炉中使用安装在顶部的高动量用氧进行燃烧的辅助烧嘴，该烧嘴朝向形成玻璃的固体原料和玻璃熔体的界面，从而机械地防止玻璃的固体原料从熔化区逸出。

美国专利 3,337,324(Cable)揭示一种在玻璃熔炉中熔化批料的方法,所述方法使用的烧嘴位置,是使得它基本上在水冷熔炉进料端上方向下燃烧。

美国专利临时申请 08/992,136 公开使用安装在炉顶的烧嘴作为玻璃熔炉的主要热源,这种玻璃熔炉没有交流换热器或同流换热器。

发明内容

简言之,根据本发明,使用至少一个安装在顶部,位于批料进入熔炉位置的上方的氧气燃料烧嘴,可强化各种设计的玻璃熔炉,即可提高熔化速率,改善玻璃质量和/或玻璃产品的收率。因为视熔炉的条件和类型的不同,这种烧嘴的设计和安放位置会提高玻璃熔化的速度和产率,所以能达到下面至少一个或多个效果:提高玻璃产率,改进玻璃质量,减少电辅助加热,弥补由于无效的热量回收(即交流换热器的堵塞)导致的产率损失,通过取代熔炉富氧气氛而减少氧用量,通过取代氧喷枪而减少氧用量,通过取代常规装在玻璃熔炉壁上的氧气燃料烧嘴而减少氧用量,提高熔炉寿命,提高能效,减少氮氧化物和二氧化硫的排放,减少的矿物燃料用量,减少回炉碎玻璃,提高玻璃产品的产率。

本发明可应用于下列类型的熔炉。本发明应用于热顶部电炉时,在熔炉炉顶安装至少一个氧气燃料烧嘴。本发明应用于横焰交流换热熔炉时,必须有至少一对面对面的通气口被完全或部分封闭或者隔离。本发明应用于端焰交流换热熔炉时,在熔炉炉顶至少安装一个氧气燃料烧嘴,并且燃烧用空气的流量比原设计的最大流量要减少一部分。本发明应用于所有同流换热熔炉中时,在熔炉炉顶至少安装一个氧-燃料烧嘴。在多烧嘴的熔炉中,应除去在炉顶安装的烧嘴附近的烧嘴并将空气供应隔绝。在单个烧嘴或单个通气口的应用中,燃烧用空气流量比原设计最大流量要减少一部分。

本发明在所有直接燃烧的熔炉应用中,在熔炉炉顶安装至少一个氧气燃料烧嘴。多烧嘴熔炉中,应除去在炉顶安装的烧嘴附近的烧嘴并将空气供应间断。在单个烧嘴或单个通气口的应用中,燃烧用空气流量比原设计最大流量要减少一部分。

对上面所有情况,本发明范围实际上都是相同的:原先由空气燃料或氧燃料进行的玻璃熔制,包括但不排除使用电辅助加热或常规氧气强化方法的熔炉,都被安装在炉顶且位于进入熔炉的批料上方的氧气燃料烧嘴所取代,结果能提高熔化速度和/或改进玻璃质量和/或玻璃产品的产率。因为能够在一些特定位置安装这些烧嘴,达到增加向未熔化批料进行热量传递的效果。

在所有情况下,在进入熔炉的批料上方的炉顶至少安装一个氧气燃料烧嘴,用以提高熔化速度,并改进玻璃质量改进,而且在所有多通气口和多烧嘴的空气燃

料应用中,至少一对通气口或一对烧嘴隔离。在所有单个通气口或单个烧嘴的应用中,空气和燃料减小到少于最大设计的一部分。安装在炉顶的更为有效的烧嘴可提供能量代替从过程中除去的常规能量,并提供额外能量以达到所需过程的要求。烧嘴安装在批料进入熔炉位置的上方,可以提高熔化速度。化学计量比和炉顶安装的烧嘴以及余下的空气燃料烧嘴的控制,对于减少氮氧化物和二氧化硫的排放气很重要的。

附图说明

参照附图,由下面的详细描述可以清楚地理解本发明的进一步的特征、其它目的以及优点。

图1是本发明玻璃熔炉的纵截面图。

图2A是图1玻璃熔炉沿2-2剖线的一种横焰交流换热器的截面平视图。

图2B是图1玻璃熔炉沿2-2剖线的一种端焰交流换热器的截面平视图。

图2C是图1玻璃熔炉沿2-2剖线的一种横焰同流换热器的截面平视图

图2D是图1玻璃熔炉沿2-2剖线的一种端焰同交流换热器的截面平视图。

图2E是图1玻璃熔炉沿2-2剖线的一种实施方案的截面平视图图。

图3是图1玻璃熔炉沿3-3剖线的截面图,表示靠近熔炉上游端壁的两个氧气燃料烧嘴。

图4是图1玻璃熔炉沿3-3剖线的另一个截面图,表示靠近熔炉上游端壁的一个氧气燃料烧嘴。

图5是一个氧气燃料烧嘴的截面图,并示意表示氧燃烧烧嘴产生的火焰。

具体实施方式

参看图1,玻璃熔炉10用于将玻璃熔体提供给玻璃前炉或精炼炉12,玻璃熔体在后者中进一步精炼,随后送入一个或多个玻璃成形机器如容器、玻璃纤维化器、金属液槽等(图中未示)。在参看附图时,应当理解,为清楚起见,图中并未提供那些一旦公开和说明本发明后,本领域技术人员不难理解的常规细节。图中还未表示的装置是交流换热器的通气口、空气燃料烧嘴和排气装置,因为对各种类型的熔炉,这些装置各不相同。

玻璃熔炉10通常包括一个长形的通气口,该通气口具有上游端壁14和下游端壁16、侧壁18、炉底20和炉顶22,它们都是由合适的耐火材料如氧化铝、二氧化硅、氧化铝-二氧化硅、锆石、氧化锆-氧化铝-二氧化硅氧化铬等构成。炉顶22一般为横与通气口纵轴垂直的弧形,然而,炉顶22可以设计为任何合适的形状。典型玻璃熔炉10的炉顶22在玻璃原料表面上方大约3-15英尺处。本领域皆

知，玻璃熔炉 10 还可以包括一个或多个鼓泡器 24 和/或电辅助电极(未示出)。鼓泡器和/或电辅助电极可提高整体玻璃的温度，并增加在批料层下面的玻璃熔体循环。

玻璃熔炉 10 包括两个相连的区域，熔化区 27 和下游精炼区 28。熔化区 27 在玻璃熔炉 10 的上游，在这里用本领域已知类型的加料装置 32 将玻璃原料加入熔炉。玻璃原料 30 可以是制造玻璃通常使用的原料混合物。玻璃原料(或称批料)的组成取决于要制造的玻璃类型。通常，原料中包括含二氧化硅的材料包括通常称作碎玻璃的废玻璃。还可以使用的其它原料包括长石、石灰石、白云石、纯碱、钾碱、硼砂和氧化铝。要改变玻璃的性质，还可以加入少量砷、锑、硫酸盐、碳和/或氟化物。而且，可以加入着色的金属氧化物，使玻璃获得要求的颜色。

玻璃原料 30，在玻璃熔炉 10 熔化区 27 的玻璃熔体表面形成固体颗粒的批料层。主要通过至少一个产生受控形状和长度的冲击火焰，装在玻璃熔炉 10 炉顶 22 的氧气燃料烧嘴 34，使浮在上面的玻璃原料 30 的固体颗粒发生熔化。已经发现，根据本发明，在玻璃原料 30 上方，于玻璃熔炉 10 的顶部 22 装设至少一个氧气燃料烧嘴 34 并适当加以控制，会提高玻璃固体原料的熔化速度，同时保持周围耐火材料的操作温度在允许的操作限度之内。

本文中，“至少一个氧气燃料烧嘴”是指一个或多个氧气燃料烧嘴。而且，本文中“主要由至少一个氧气燃料烧嘴”是指增加的或恢复的玻璃产率以及用于熔化玻璃原料的被取代的空气燃料和或电/氧气补充能量来自至少一个氧气燃料烧嘴。在一个具体的实施方案中，如图 1 和 2A 所示，玻璃熔炉 10 采用三个氧-燃料烧嘴 34。一个氧气燃料烧嘴 34 位于两个相邻的下游氧气燃料烧嘴的上游位置。然而，任意数量的氧气燃料烧嘴 34 都可以位于在批料上方的玻璃熔炉 10 炉顶部 22 的几乎任何合适位置，以便熔化玻璃原料 30。例如，两个氧气燃料烧嘴 34 可位于并排的位置(如图 3 所示)，也可以使用一个氧气燃料烧嘴(如图 4 所示)。然而，根据本发明，位于玻璃熔炉炉顶 22 的每个氧气燃料烧嘴 34 的角度取向，必须使产生的火焰 36 基本上垂直于玻璃批料的表面，产生冲击在玻璃表面的火焰，形成一个冲击区 26。在一个较好实施方案中，氧气燃料烧嘴 34 以相对于玻璃原料 30 大约 90° 角度，基本上垂直于批料。该角度可朝下游端壁方向偏离于垂直方向，高达 30° ，但小于 10° 为宜。发现根据本发明，以至少一个产生受控的冲击形状和长度向下燃烧的火焰的氧气燃料烧嘴 34，来熔化玻璃原料 30，可提高玻璃生产速度并改善玻璃质量。

这至少一个氧气燃料烧嘴需要燃料和氧化剂。燃料可以是气态或液态，或者两者的组合。气态燃料包括天然气(甲烷)、城市煤气、发生炉煤气、LPG、丙烷、丁烷、以及上述气体的混合物。液态燃料包括重质、中等和轻质燃料油、煤油和柴油。液态燃料需经雾化和/或蒸发。可以通过机械方式或辅助雾化介质包括空气、蒸气、氧气、上述气态燃料的任一种、以及有些情况下的惰性气体来雾化。蒸发则依赖于燃烧气体周围产物的热量来使油蒸发。氧化剂可以是 100% 的纯氧或氧和惰性气体的混合物(其氧浓度为 40—100%)。

参看图 5，在玻璃熔炉 10 的炉顶 22 的至少一个氧气燃料烧嘴 34，具有至少一个用于提供燃料的燃料管导 40 和至少一个用于提供氧气流的氧气导管 42。视玻璃熔炉 10 的尺寸以及要求的提拉速度，氧气燃料烧嘴 34 的容量范围约为 1-15MM Btu/hr。氧气燃料烧嘴设计为使用比空气高的氧百分含量，因此，来自氧气燃料烧嘴 34 的火焰 36 的冲击区域上方的温度明显高于使用空气燃料烧嘴的常规玻璃熔炉内相同位置的温度。然而，如本领域技术人员所知，由氧气燃料烧嘴 34 提供的火焰 36 的温度取决于燃料质量和氧气/燃料比值。在一较好的实施方案中，氧气燃料烧嘴 34 的氧气浓度通常约为燃烧该燃料所需氧气的化学计量量的大约 95—120%。然而，可以改变燃料与氧气的比值，在玻璃熔炉中产生一定的操作条件范围，从而影响一个或多个要求的性能，包括例如氧化还原程度、玻璃颜色、玻璃中气泡的多少以及其它玻璃性能。

氧气燃料烧嘴 34 装在位于玻璃熔炉 10 炉顶部 22 的烧嘴砖 38 中，喷口朝下。各个烧嘴砖 38 中有一个开口，其内径至少和最大导管 42 或 40(视烧嘴构型而异)的外径一样。烧嘴砖 38 中该开口的内径范围约为 2—8 英寸。氧气燃料烧嘴 34 初级燃烧区的终端离烧嘴砖 38 终端的距离(LBb)约为 0—18 英寸。二级和有些情况下会有的三级燃烧区在烧嘴砖 38 的外面。有些情况下，在氧气燃料烧嘴 34 终端和烧嘴砖终端之间的烧嘴砖开口起着集中烧嘴火焰，防止烧嘴火焰向外散开的作用，但更为重要的是保护烧嘴的导管。烧嘴砖 38 由本领域皆知的耐火材料制成，可以是任何合适的形状如长方形等。

烧嘴砖 38 的底面可以和炉顶 22 的内表面齐平，或者突出在炉顶内表面的下方，最大距离达 2 英寸，保护烧嘴砖 38 不致磨损。而且，如图 5 所示，氧气燃料烧嘴 34 的燃料导管 40 和氧气导管 42 在烧嘴砖 38 内向下延伸，它们的末端与烧嘴砖 38 的出口处于基本相同的垂直高度，或不相同的垂直高度。

在烧嘴砖 38 内外的燃料分配和氧分配的分数可能改变很大，视烧嘴砖 38 距

批料的高度以及要求的烧嘴操作条件而异。安装了另外的氧气喷射器 60，用来延缓完全燃烧，直到火焰冲击在批料上。这些另外的氧气喷射器 60 的位置取决于炉顶安装的烧嘴的数目和位置，然而可以位于炉顶和炉壁上的任何位置。

根据本发明，精确控制由至少一个氧气燃料烧嘴 34 产生的向下冲击的火焰 36，使火焰长度大于或等于从烧嘴砖 38 出口到玻璃原料 30 表面和玻璃熔体表面的距离，并使火焰不靠近周围的耐火材料，减少玻璃熔炉 10 的炉顶 22 和侧壁 18 过热的危险。通过如化学过程中常规和标准的控制装置，可以对冲击火焰 36 进行控制。例如，阀、热电偶、与合适的伺服线路连接的热敏电阻器、加热器控制器等不难购得，通常用来控制来自氧气燃料烧嘴 34 的燃料和氧气的量以及速度。

通过控制燃料和氧气流的相对速度与最大和最小速度，以及来自至少一个氧气燃料烧嘴 34 的内外分配，可以精确控制冲击火焰 36。

必须控制好冲击在玻璃原料 30 表面的燃料和氧气流的最大和最小速度，防止批料受到扰动，并防止玻璃原料相对于侧壁 18 和炉顶 22 耐火材料的冲刷运动因而将耐火材料碎片夹带其中，同时又要保持最佳的对流热传递到玻璃原料的表面。应该理解，玻璃原料相对于侧壁 18 和炉顶 22 的冲刷运动对熔炉耐火材料是有害的，会缩短玻璃熔炉 10 的操作寿命。

为了测定燃料和氧气流的合适最大速度，将烧嘴垂直安装，在表面呈许多槽形的玻璃砂床的上方，令烧嘴向下喷出火焰燃烧。调节烧嘴距离砂床不同的高度和烧嘴在烧嘴砖 (LB6) 中后退的距离，记录下可觉察砂运动时的燃烧速度。将这些实验结果与在一个市售计算机流体动力学程序上进行的模拟比较，从而获得一个表面最大速度，超过这个速度在上述实验中砂会受到扰动。

表 1. 烧嘴最大燃烧速度(MMBtu/小时)

高度(英尺)				
L(Bb)	5 英尺	6 英尺	7 英尺	8 英尺
13	3.9	4.4	5.4	6.2
11.5	4.9	5.0	6.2	6.8
9	5.5	6.1	6.4	7.1
6.5	6.4	7.2	7.4	8.1
4	6.9	8.8	8.3	9.1

由这些试验，通过与 CFD 模型比较可以确定最大表面速度大约为 21 米/秒。由于批料类别，批料玻璃化和批料颗粒内聚力的差异，此最大值会不同于上面计算的最大值，因此，本领域的技术人员可以改变最大速度，达到约 25 米/秒。要使批料受扰动和发生夹带的程度最小，最大速度应保持小于 30 米/秒。

氧气燃料烧嘴 34 的燃料和氧气的最大和最小速度也加以控制，从而控制冲击火焰 36 的最大能量，而不致损害周围的耐火材料。通过使释放到玻璃熔炉 10 的燃烧空间的热量最小，并使传递至玻璃原料 30 的热量最大，可从冲击火焰 36 获得最大的能量。对氧气燃料烧嘴 34，要产生合理的将热量传递到玻璃原料 30 的速度，而又不损坏耐火材料炉壁和支撑结构的最大和最小操作速度的范围与氧气燃料烧嘴的设计和位置、烧嘴砖开口的形状、来自氧气燃料烧嘴 34 的燃料和氧气的速度、烧嘴内外氧气和燃料的分配、相邻氧气燃料烧嘴的相互作用、燃料烧嘴和熔炉废气的排放有关。

第二区是停滞区 56，在其中火焰 36 穿过热边界层，冲击在玻璃原料 30 的表面。在该区 56 内，火焰 36 穿过边界层，冲击在玻璃原料表面，在此表面形成很陡的压力梯度，从而加速方向被偏转的火焰的水平流动，使火焰沿被冲击表面向外径向散布。停滞区 56 的终端定义为在玻璃原料的表面，在该处由冲击火焰 36 产生的压力梯度下降为零。在停滞区 56 内，通过小心控制火焰 36 的动量，自然存在于玻璃原料表面的热边界层会被穿透乃至消除，因此可减弱其很强的对热传递的阻力。因此，由冲击火焰 36 产生的热就较易穿透进入部分熔化的玻璃原料层 30。而且，在停滞区 56 内，火焰 36 的亮度明显提高，向相对较冷的玻璃原料 30 的辐射传热就得以加强。

在停滞区 56 的径向极限位置，开始了壁喷射区 58。在该区域中，火焰 36 基本上平行于被冲击表面散布，热边界层就沿被冲击表面从停滞区 56 向外又重新形成，因此热边界层开始长厚，恢复对热量传递到玻璃原料表面的表面阻力。

在自由喷射区 54 内受控火焰产生的热量是氧气燃料烧嘴 34 的设计、烧嘴砖 38 开口内径以及氧气和燃料流的相对速度和最大及最小速度的结果。通过选择性控制氧气燃料烧嘴 34 的设计、烧嘴砖 38 的几何设计、以及氧气和燃料流的速度，在氧气流和燃料流之间产生的剪切应力就会减小，就能提供受控的部分燃烧并会降低热辐射。可以理解，通过优化烧嘴设计以及氧气燃料烧嘴 34 的操作，在自由喷射区 54 中产生的火焰热量在停滞区 56 中的玻璃原料表面的传热阻力能够尽量减小，从而使停滞区内产生的热量最大。

自由喷射区 54 内产生的热量是下列过程的结果。首先，在自由喷射区 54 内的受控部分燃烧导致了在玻璃原料 30 表面的受控燃烧，从而能在邻近玻璃原料表面发生燃烧过程。在邻近玻璃原料表面发生的燃烧过程，提高了在玻璃原料表面产生的温度梯度，从而改进了对流传热。第二，由于在自由喷射区 54 内是受控部分燃烧，就为燃烧气体和燃烧产物的化学分解提供了合适温度，这些分解的物质一旦冲击在玻璃原料 30 的较冷表面，就部分地重新化合，并放出热量，在形成玻璃原料表面产生大量热量。放热反应带来的热量进一步促进对流传热过程。在玻璃原料表面的停滞区 56 的传热阻力最小化是下列因素的结果。

首先，通过受控火焰 36 的动量以及由在玻璃的原料 30 表面上小心控制的燃烧特征所产生的湍流，可以消除热边界层。第二，局限在表面产生的热量使热导率低的玻璃原料 30 转变为热导率明显高的玻璃熔体。这种转变可以使在表面产生的热量更有效地穿入玻璃原料的深层。

图 2A 所示的具有交流换热器 81 的横焰交流换热熔炉中，使用了至少一个顶部安装的烧嘴 34，该烧嘴 34 位于进入熔炉的批料上方，能够提高熔化速度，改善玻璃质量，恢复或提高产率，降低电辅助加热量。顶部安装的烧嘴 34 的火焰冲击在冲击区 26 中的批料表面上。本发明所有横焰的交流换热熔炉应用中，至少一对面对面的通气口 71 要完全或部分封闭或隔离。根据要求的对熔炉的强化量而异，这通常是第一通气口，并可能是第二通气口。另外的炉顶安装的烧嘴可位于玻璃熔炉的比较下游的位置，只要炉顶安装的烧嘴位于未熔化的批料上方。从炉顶安装的烧嘴释放的能量取代了以前使用的燃烧通气口，以前使用的常规电辅助加热或使用氧方法所提供的能量。

在图 2B 所示具有交流换热器 81 的端焰交流换热熔炉中，使用至少一个炉顶安装的烧嘴 34，位于进入熔炉的批料上方，能提高熔化速度，改进玻璃质量，恢复或提高产率或者降低电辅助加热量。本发明所有的端焰交流换热熔炉应用中，燃烧空气和常规的燃料用量比原设计的量有所减少，由来自至少一个炉顶安装的烧嘴 34 的能量所取代，该烧嘴 34 位于批料上方，其火焰冲击在冲击区 26 中的批料上。另外的炉顶安装的烧嘴可位于玻璃熔炉比较下游的位置，只要炉顶安装的烧嘴位于未熔化的批料上方。从炉顶安装的烧嘴释放的能量取代从以前所用的燃烧通气口、除去的常规电辅助加热或使用氧方法所提供的能量。

在图 2C 所示具有同流换热器 82 的横焰同流换热熔炉中，使用至少一个炉顶安装的烧嘴 34，位于进入熔炉的批料上方，能够提高熔化速度，改进玻璃质量，

恢复或提高产率或者降低电辅助加热量。本发明所有横焰同流换热熔炉应用中，至少一对面对面的通气口 73 要完全部分封闭或使用一块炉砖 74 隔离。根据要求的对熔炉的强化量，这通常是第一通气口，并可能是第二通气口。另外的炉顶安装的烧嘴可位于玻璃熔炉比较下游的位置，只要炉顶安装的烧嘴位于未熔化的批料上方。从炉顶安装的烧嘴释放的能量取代了以前使用的燃烧通气口，以前使用的常规电辅助加热或使用氧方法所提供的能量。

在图 2D 所示具有同流换热器 82 的端焰同流换热熔炉中，使用至少一个炉顶安装的烧嘴 34，位于进入熔炉的批料上方，能够提高熔化速度，改进玻璃质量，恢复或提高产率或者降低电辅助加热量。本发明所有的端焰同流换热熔炉应用中，燃烧空气和常规的燃料用量比原设计的量有所减少，由来自至少一个炉顶安装的烧嘴 34 的能量所取代，该烧嘴 34 位于批料上方，其火焰冲击在冲击区 26 中的批料上。另外的炉顶安装的烧嘴可位于玻璃熔炉比较下游的位置，只要炉顶安装的烧嘴位于未熔化的批料上方。从炉顶安装的烧嘴释放的能量取代了以及的燃烧通气口、除去的常规电辅助加热或使用氧方法所提供的能量。

图 2E 所示的直接燃烧熔炉中，使用至少一个炉顶安装的烧嘴 34，它位于进入熔炉的批料上方，能提高熔化速度，改进玻璃质量，恢复或提高产率或者降低电辅助加热量。本发明所有的直接燃烧熔炉应用中，燃烧空气和常规的燃料用量比原设计量有所减少，由来自至少一个炉顶安装的烧嘴 34 的能量所取代，该烧嘴 34 位于批料上方。在多氧气燃料烧嘴 73 的应用中，至少一个烧嘴 74 被隔离。另外的炉顶安装的烧嘴可位于提供的玻璃熔炉比较下游的位置，只要炉顶安装的烧嘴位于未熔化批料上方。从炉顶安装的烧嘴释放的能量取代了以前的燃烧通气口、除去的常规电辅助加热或使用氧方法所提供的能量。

在热顶部电熔炉中，使用至少一个炉顶安装的烧嘴 34，位于进入熔炉的批料上方，能提高熔化速度，改进玻璃质量，恢复或提高产率或降低电辅助加热量。另外的炉顶安装的烧嘴可位于玻璃熔炉较为下游的位置，只要炉顶安装的烧嘴位于未熔化批料上方。从炉顶安装的烧嘴释放的能量取代了以前的燃烧通气口、除去的常规电辅助加热或使用氧方法所提供的能量。

所有情况下，仔细选择不同的炉顶安装的氧气燃料烧嘴和余下的空气燃料烧嘴的化学计量比值，可以减少氮氧化物和二氧化硫的排放。参照图 2A 的横焰熔炉的应用，安装在 AL 或 AR 位置的烧嘴 34 在氧超过化学计量的条件下操作，在熔炉内形成一个燃料贫乏(氧化性)区。而以小于化学计量的氧或空气的条件操作位于

BC 的烧嘴 34 或在第二通气口 71 的烧嘴，在熔炉内形成一个富燃料(还原性)区。其余的通气口以超过化学计量的氧操作，在熔炉内形成一个燃料贫乏(氧化)性区。这种富一贫一富的构型使熔炉内燃烧区能有效地分配氧气和燃料，优化了传热，并且通过形成一氧化碳屏障，最大限度地减少了氮氧化物的生成。

至少一个炉顶安装的氧气燃料烧嘴 34 可置于新的空气燃料玻璃熔炉 10 内，或改型应用在一个现有的空气燃料玻璃熔炉中，相对于仅使用空气燃料燃烧的熔炉，提高了玻璃质量。应理解，与不使用至少一个所述炉顶安装的氧气燃料烧嘴进行改型的同样空气燃料熔炉相比，本发明实现了显著提高提拉速度、降低玻璃熔炉壁温，改善玻璃质量。而且，本领域的技术人员不难理解，使用至少一个氧气燃料烧嘴与全部使用空气燃料的系统相比，能有效地降低 NO_x 排放。

本发明的一个证据是一个现有的热 3-通气口横焰交流换热熔炉的氧强化，100%氧转化，再转化为氧强化和最终常规的用空气进行燃料燃烧。此熔炉最初燃烧是全部用空气和燃料。然后通气口 #1 的燃烧被至少一个顶部安装的氧气燃料烧嘴取代。熔炉在其余两个通气口是用常规的空气和燃料交流换热燃烧的。通气口 #2 的燃烧被至少一个炉顶安装的空气燃料烧嘴取代，并且熔炉在第三个通气口是用常规的空气和燃料交流换热燃烧的。通气口 #3 的燃烧被已安装的炉顶安装的氧气燃料烧嘴中的能量代替。结果熔炉产量从 55 吨/天增加至 85 吨/天，而能量输入从 23.5mmBTU/hr 降低为 18 mmBTU/hr。熔炉以递增步骤再转化为空气燃料燃烧。这一例子证明了能够选择性地强化现有的空气燃料熔炉。

在此描述的专利和文献均被参考结合于本发明。

尽管参考一些具体的实施方案详细描述了本发明，本领域的技术人员可以理解，在权利要求精神和范围之内还有其它的实施方案。

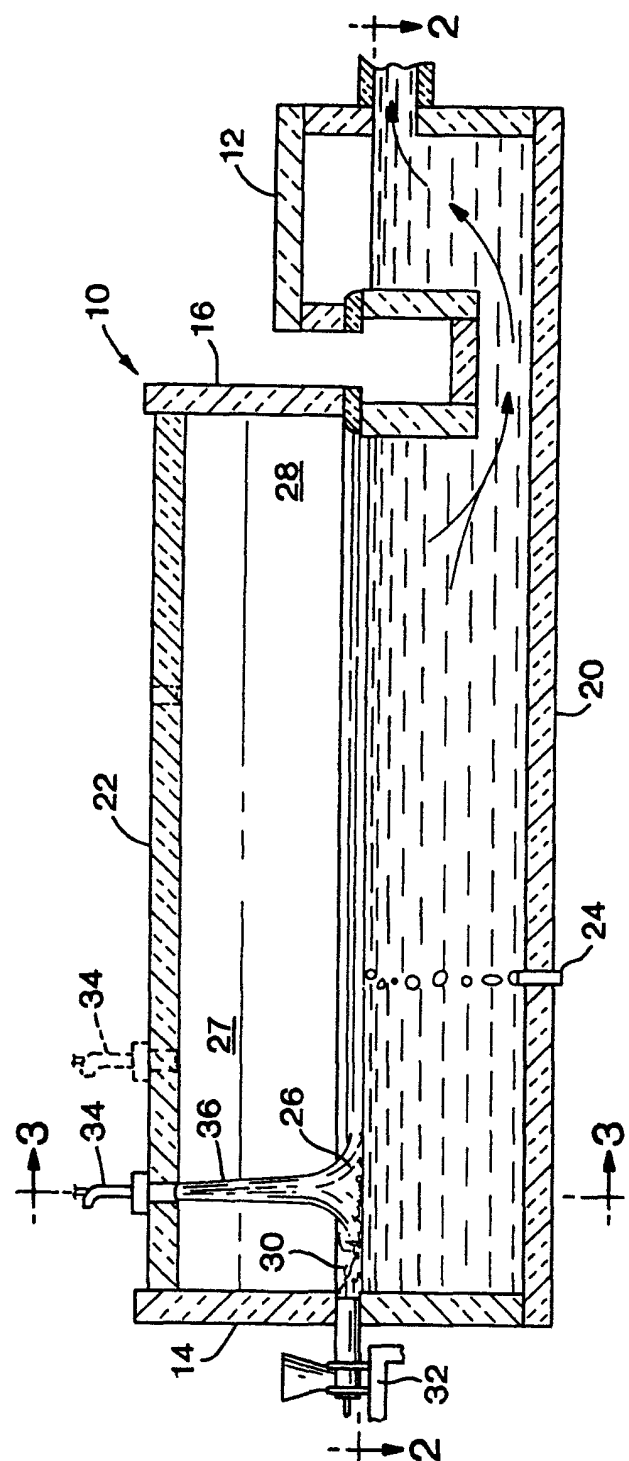


图 1

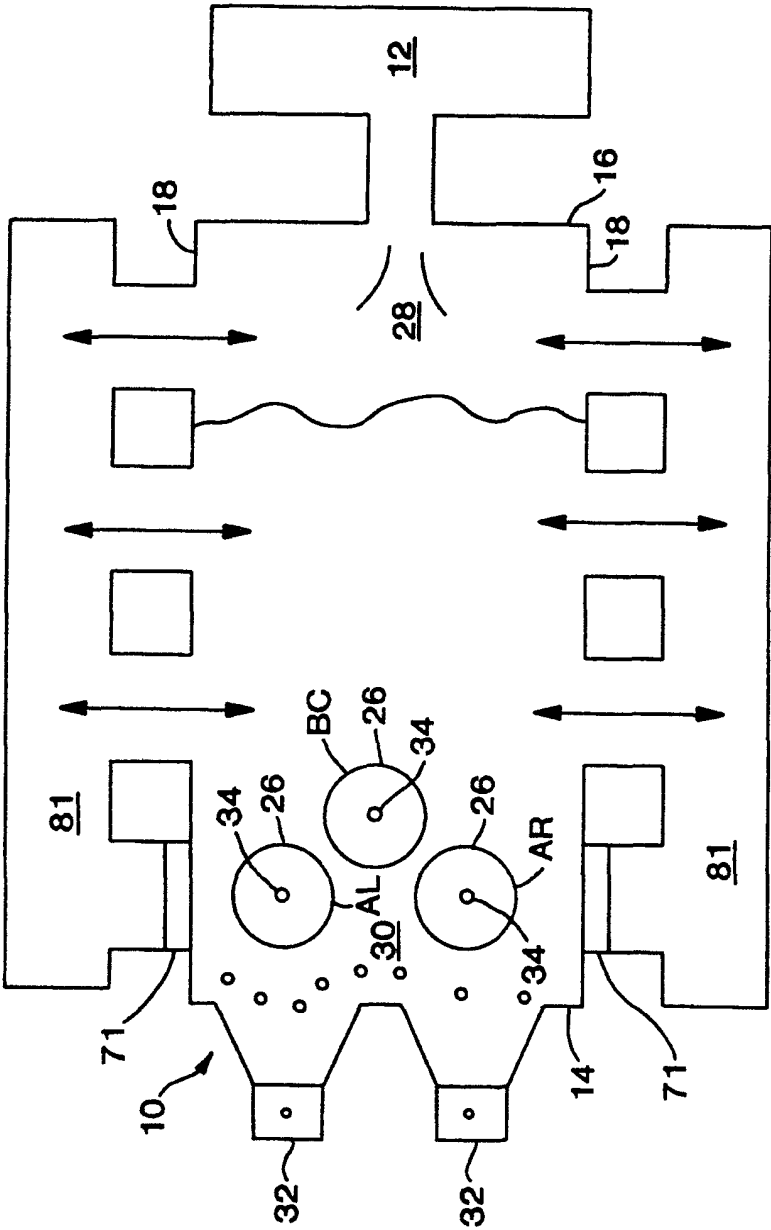


图 2A

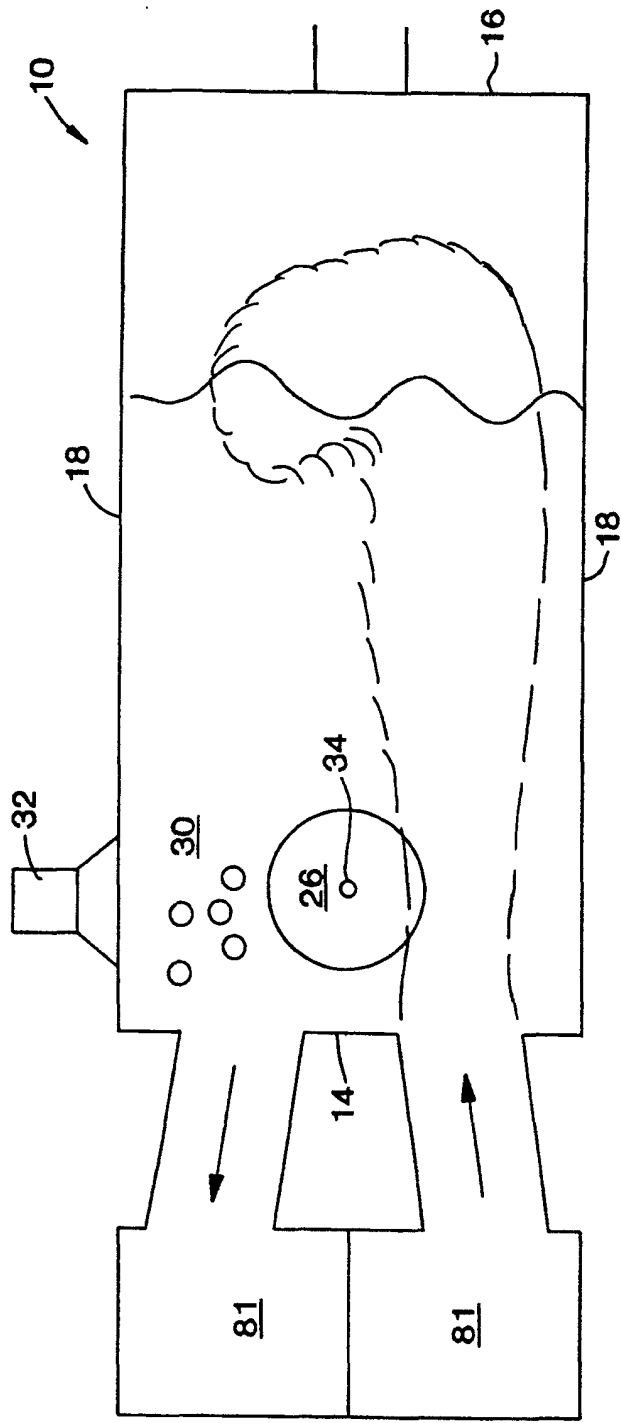


图 2B

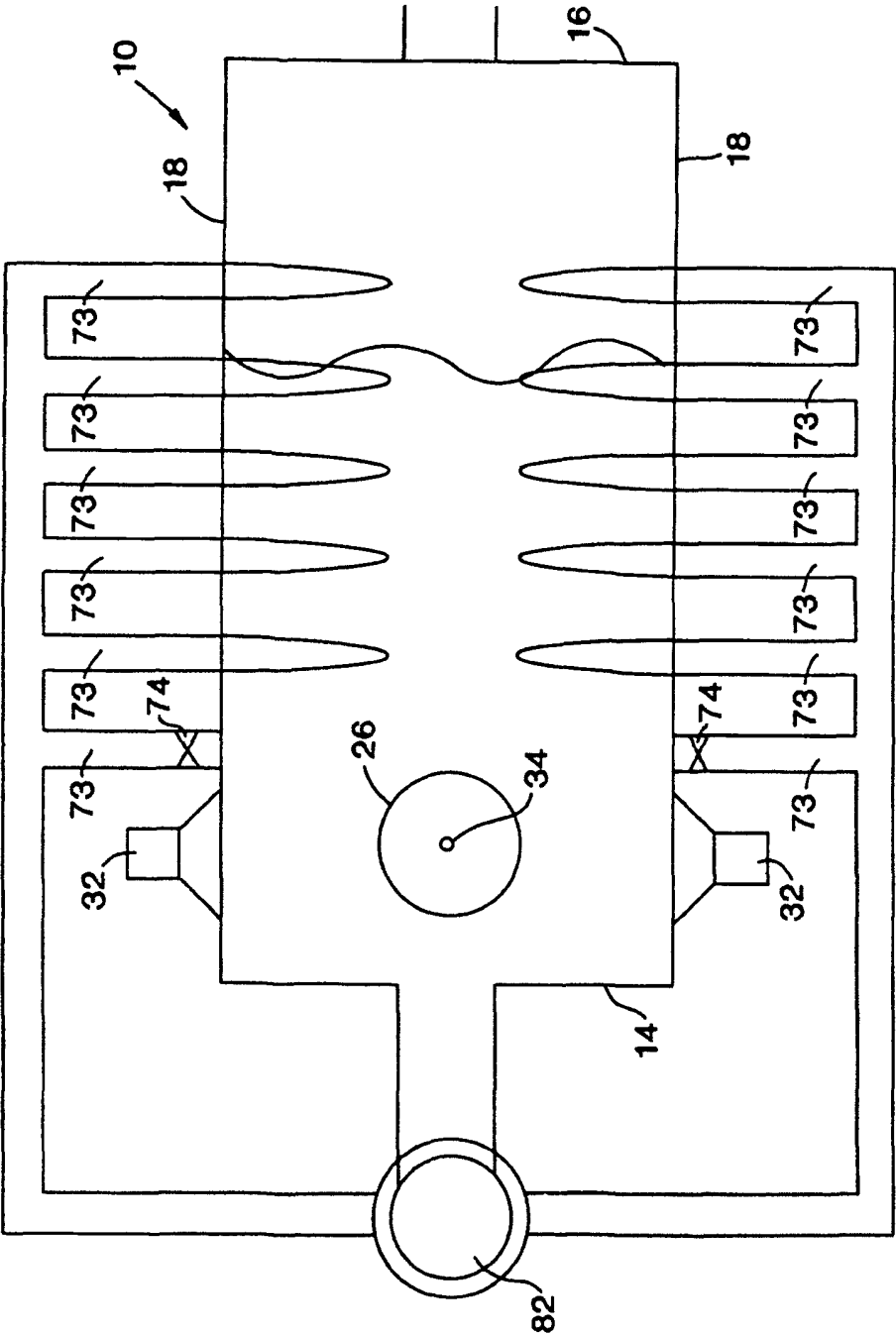


图 20

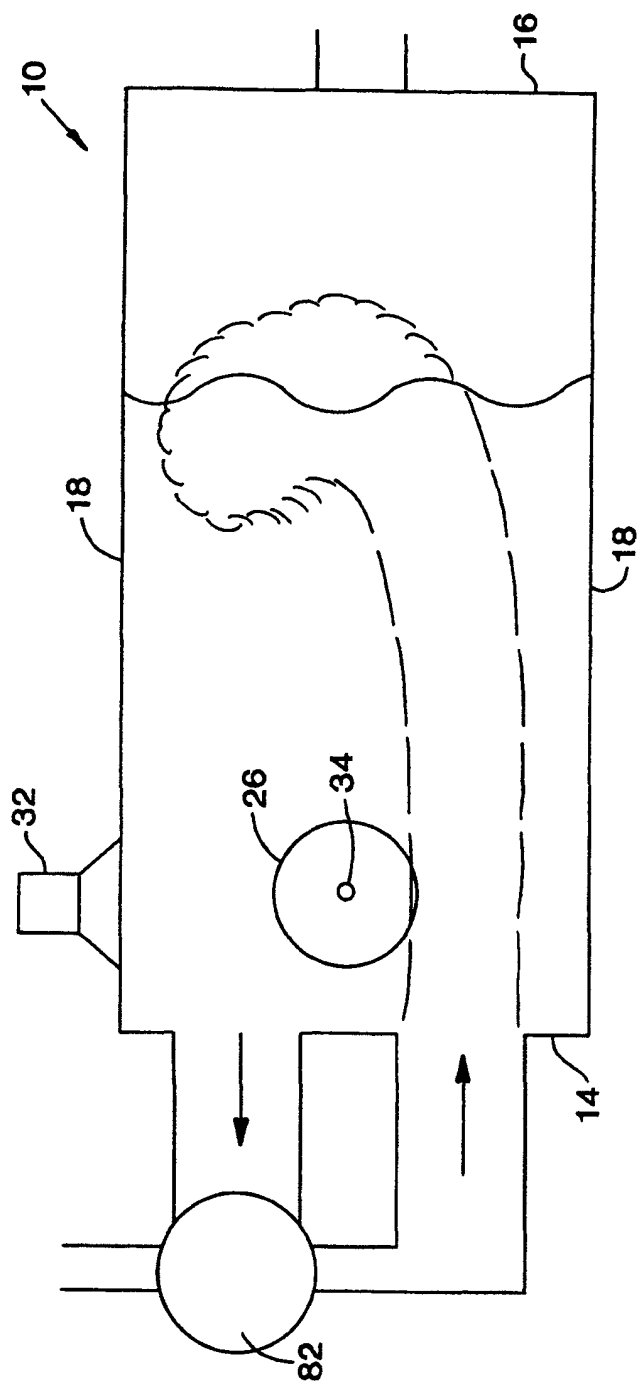
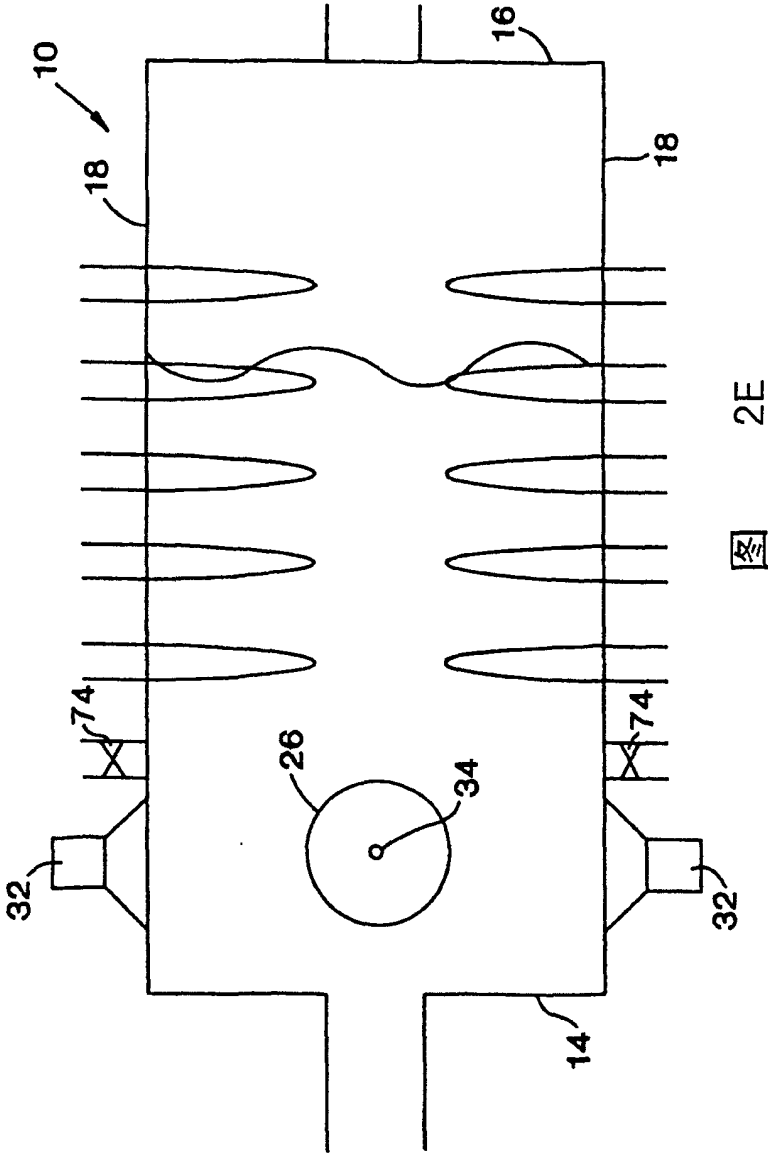


图 2D



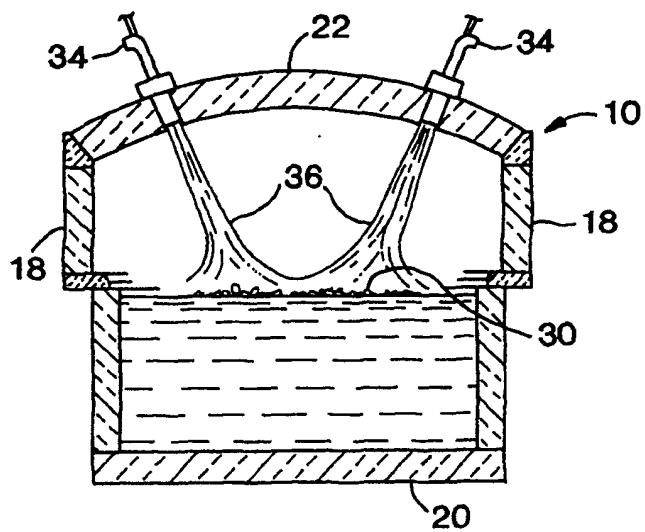


图 3

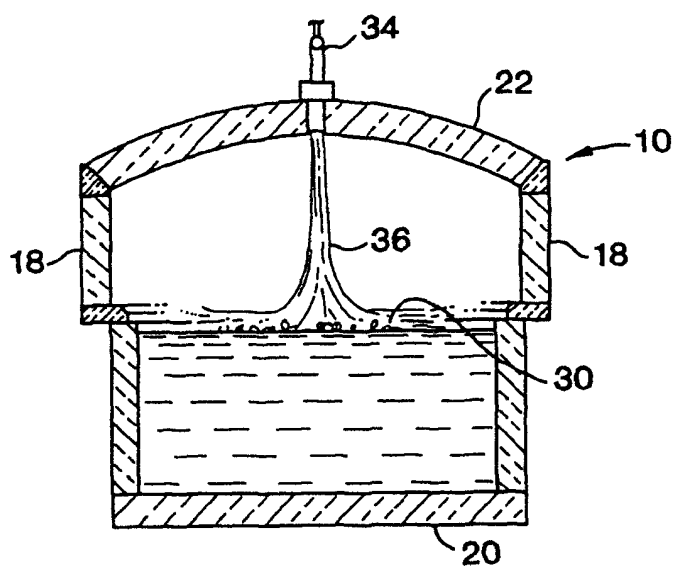


图 4

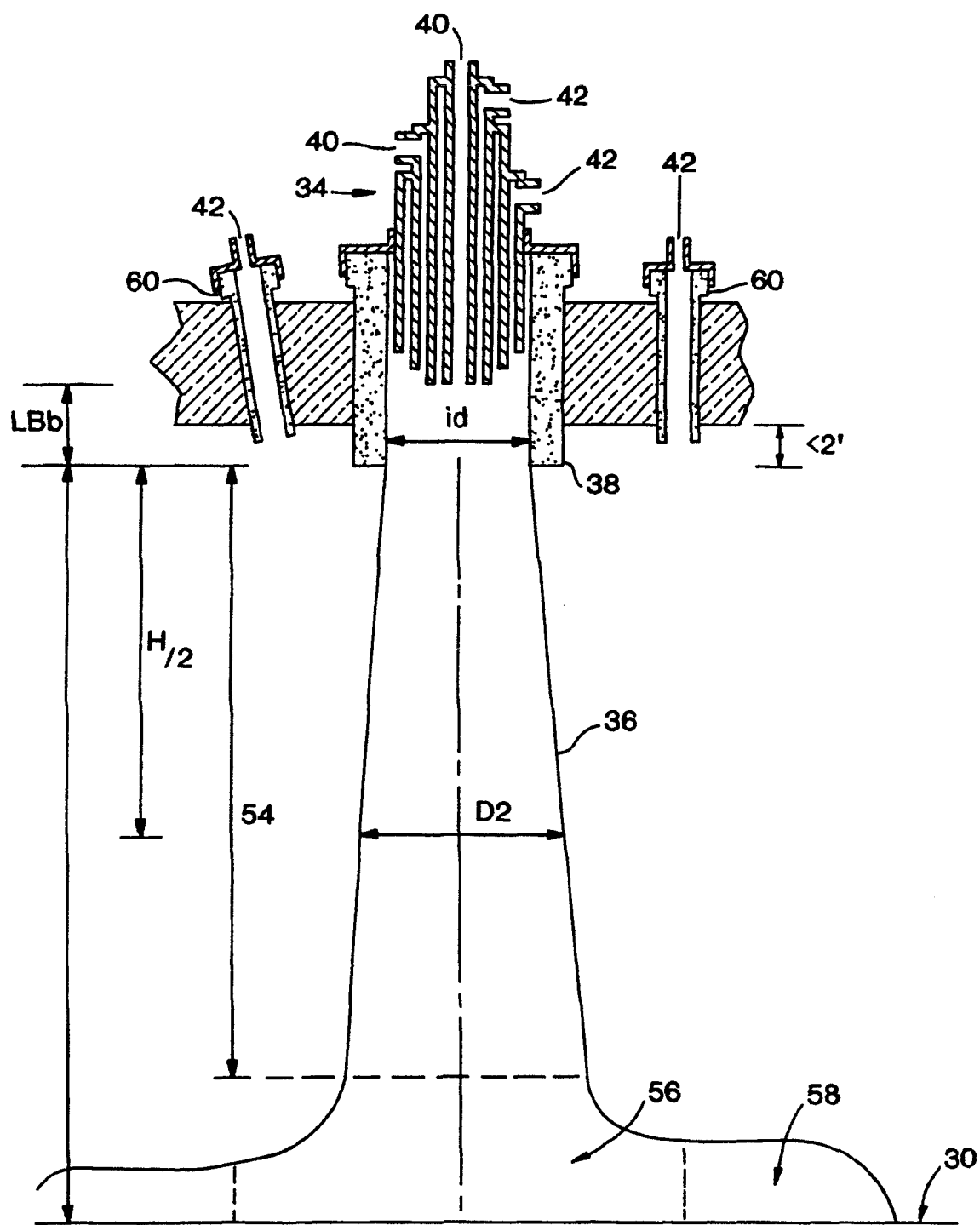


图 5