



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105683104 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 15

(21) 申请号 201480058612. 4

(22) 申请日 2014. 10. 22

(30) 优先权数据

61/895, 075 2013. 10. 24 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 04. 25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/061662 2014. 10. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/061376 EN 2015. 04. 30

(71) 申请人 康宁股份有限公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 K·R·盖洛

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 徐鑫 项丹

(51) Int. Cl.

C03B 40/00(2006. 01)

C03B 29/02(2006. 01)

C03B 29/08(2006. 01)

C03B 23/025(2006. 01)

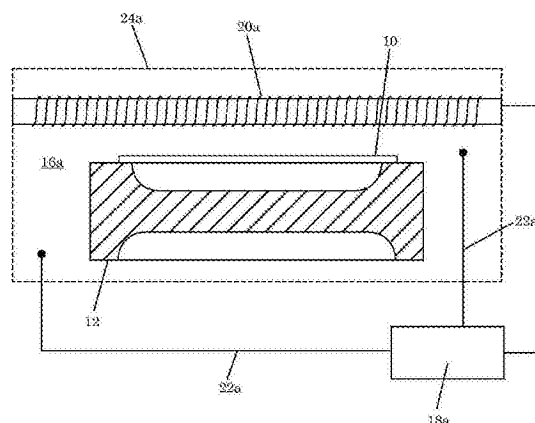
权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

对玻璃进行再成型的方法

(57) 摘要

对玻璃片进行再成型的方法包括：将玻璃片放在具有成形表面的模具上，将玻璃片成形为具有形状的玻璃制品。为模具选择目标起始模具成形温度和温度窗口。还为玻璃片选择目标起始模具成形温度和温度窗口。将玻璃片和模具同时暴露于第一炉条件，其控制成高于目标起始模具成形温度的炉温设定点，直至模具的温度位于第一温度窗口内。将玻璃片和模具同时暴露于第二炉条件，其控制成目标起始模具成形温度和第一炉温设定点之间的炉温设定点，直至玻璃片的温度处于第二温度窗口内，之后开始玻璃片的成形。



1. 一种对玻璃进行再成型的方法,所述方法包括:

(a)将玻璃片放在具有成形表面的模具上,用于将所述玻璃片成形为具有形状的玻璃制品;

(b)对所述模具的目标起始模具成形温度和包括所述目标起始模具成形温度的第一温度窗口进行选择;

(c)对所述玻璃片的目标起始玻璃成形温度和包括所述目标起始玻璃成形温度的第二温度窗口进行选择;

(d)提供第一炉条件,其控制成具有高于所述目标起始模具成形温度的第一炉温设定点;

(e)将所述玻璃片和模具同时暴露于所述第一炉条件,直至所述模具的温度位于所述第一温度窗口内;

(f)提供第二炉条件,其控制成具有高于所述目标起始模具成形温度但是低于所述第一炉温设定点的第二炉温设定点;

(g)将所述玻璃片和模具同时暴露于所述第二炉条件,直至所述玻璃片的温度位于所述第二温度窗口内;以及

(h)在所述玻璃片的温度位于所述第二温度窗口内之后,开始将所述玻璃片成形为具有所述形状的玻璃制品。

2. 如权利要求1所述的方法,所述方法还包括:

(i)提供第三炉条件,其控制成具有高于所述第二炉温设定点但是低于所述第一炉温设定点的第三炉温设定点;以及

(j)在(g)的同时暴露之前,将所述玻璃片和模具同时暴露于所述第三炉条件持续一段时间,在该时间过程中,所述玻璃片的温度从步骤(e)的同时暴露的终点的第一水平跌落至所述第一水平和所述目标起始玻璃成形温度之间的第二水平。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,(i)的提供包括选择所述第三炉温设定点高于所述目标起始玻璃成形温度。

4. 如权利要求1-3中任一项所述的方法,其特征在于,(e)的同时暴露包括使得所述玻璃片和模具通过多个炉区,其中,每个炉区控制成具有高于所述目标起始模具成形温度的炉温设定点。

5. 如权利要求1-4中任一项所述的方法,其特征在于,在(e)的同时暴露期间,所述玻璃片的温度超过所述第二温度窗口。

6. 如权利要求1-5中任一项所述的方法,其特征在于,在(g)的同时暴露期间,所述模具的温度保持处于所述第一温度窗口内。

7. 如权利要求1-6中任一项所述的方法,其特征在于,所述第二炉温设定点约比所述目标起始玻璃成形温度范围低10-50℃。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述第二炉温设定点约比所述目标起始模具成形温度范围高80-100℃。

9. 如权利要求1-8中任一项所述的方法,其特征在于,所述第一温度窗口处于所述目标起始模具成形温度 $\pm 35^{\circ}\text{C}$ 之内。

10. 如权利要求9所述的方法,其特征在于,所述第二温度窗口处于所述目标起始玻璃

成形温度 $\pm 35^{\circ}\text{C}$ 之内。

11. 如权利要求1-10中任一项所述的方法,其特征在于,所述第一温度窗口处于所述目标起始模具成形温度 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 之内,以及所述第二温度窗口处于所述目标起始玻璃成形温度 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 之内。

12. 如权利要求1-11中任一项所述的方法,其特征在于,所述目标起始玻璃成形温度约为 $700-950^{\circ}\text{C}$,以及其中,所述目标起始模具成形温度约为 $550-750^{\circ}\text{C}$ 。

13. 如权利要求1-12中任一项所述的方法,其特征在于,所述目标起始玻璃成形温度约为 $700-800^{\circ}\text{C}$,以及所述目标起始模具成形温度约为 $600-660^{\circ}\text{C}$ 。

14. 如权利要求1-13中任一项所述的方法,其特征在于,所述目标起始模具成形温度比所述目标起始玻璃成形温度至少低 40°C 。

15. 如权利要求1-14中任一项所述的方法,其特征在于,在所述第二温度窗口中,所述玻璃片的粘度约为 10^{-7} 泊至约 10^{11} 泊。

16. 如权利要求1-15中任一项所述的方法,其特征在于,所述玻璃片包括铝硅酸盐玻璃,以及所述成形表面涂覆有金属氧化物。

17. 如权利要求1-16中任一项所述的方法,其特征在于,所述玻璃片包括铝硅酸盐玻璃,以及所述成形表面涂覆有硬陶瓷材料。

18. 一种用来对玻璃片进行再成形的系统,所述系统包括:

炉;

具有成形表面的模具,用于将玻璃片成形为具有形状的玻璃制品;

热源;以及

控制器,其配置成:

接收所述模具的目标起始模具成形温度和包括所述目标起始模具成形温度的第一温度窗口;

接收所述玻璃片的目标起始玻璃成形温度和包括所述目标起始玻璃成形温度的第二温度窗口;

调节所述热源的输出,以实现第一炉条件,其控制成具有高于所述目标起始模具成形温度的第一炉温设定点;

维持所述第一炉条件,直至所述模具的温度位于所述第一温度窗口内;

调节所述热源的输出,以实现第二炉条件,其控制成具有高于所述目标起始模具成形温度但是低于所述第一炉温设定点的第二炉温设定点;以及

维持所述第二炉条件,直至所述玻璃片的温度位于所述第二温度窗口内。

19. 一种用来对玻璃片进行再成形的系统,所述系统包括:

包括第一热源的第一炉;

包括第二热源的第二炉;

具有成形表面的模具,用于将玻璃片形成为具有形状的玻璃制品,其能够从所述第一炉转位至所述第二炉;以及

控制器,其配置成:

接收所述模具的目标起始模具成形温度和包括所述目标起始模具成形温度的第一温度窗口;

接收所述玻璃片的目标起始玻璃成形温度和包括所述目标起始玻璃成形温度的第二温度窗口；

调节所述第一热源的输出,以实现第一炉条件,其控制成具有高于所述目标起始模具成形温度的第一炉温设定点；

维持所述第一炉条件,直至所述模具的温度位于所述第一温度窗口内；

调节所述第二热源的输出,以实现第二炉条件,其控制成具有高于所述目标起始模具成形温度但是低于所述第一炉温设定点的第二炉温设定点；以及

维持所述第二炉条件,直至所述玻璃片的温度位于所述第二温度窗口内。

对玻璃进行再成型的方法

[0001] 相关申请交叉参考

[0002] 本申请根据35U.S.C.§119,要求2013年10月24日提交的美国临时申请系列第61/895,075号的优先权,本文以该申请为基础并将其全文通过引用结合于此。

技术背景

[0003] 1. 技术领域

[0004] 本发明一般地涉及玻璃再成型。更具体地,本发明涉及采用共用热源,将模具和玻璃片分别加热至目标模具和玻璃成形温度。

[0005] 2. 相关技术说明

[0006] 玻璃片再成型工艺涉及:将玻璃片放在模具上,将玻璃片和模具加热至它们各自的成形温度,以及将玻璃片成形为具有形状的玻璃制品。玻璃片的成形涉及使得玻璃片符合模具的成形表面。模具通常是由金属制造的,并且需要在会避免模具材料的失效和/或成形表面质量快速下降的温度下进行操作。通常,这意味着当与成形表面接触时,玻璃具有最大容许温度。但是,玻璃温度不能太低至无法在不损坏玻璃的情况下形成玻璃的点。结果是,模具和玻璃片分别会具有较窄限定的温度目标,必须在形成玻璃片开始的时候获得该较窄限定的温度目标,从而成功地形成玻璃。

[0007] 通常,玻璃片和模具都在低于它们所需的成形温度开始,并且在共用炉或者系列炉中被一起加热,直至实现它们各自的成形温度。在一些炉系统中,模具比玻璃片更快抵达其目标成形温度,需要额外的模具冷却以减缓模具的加热速率,以及允许更多的时间将玻璃片加热至高至其目标成形温度。在其他炉配置中,玻璃片的加热会过快,需要必须降低炉温来将玻璃温度有效地维持在缓慢加热的模具和炉壁之间的平衡状态,直至模具和玻璃片都达到它们各自的目标。这些方法都产生了比所需情况慢的加工,并且难以精确控制。

发明内容

[0008] 本文所揭示的主题一般地涉及对玻璃进行再成型的方法。在一个方面,方法包括在成形工艺开始时达到所需的玻璃和模具温度范围的方式,其具有一定程度的独立性,当对模具和玻璃这两者采用共用热源时无法预先得到该一定程度的独立性。当用于包括多个独立控制的炉的系统,模具和玻璃组件转位(index)或移动通过所述多个独立控制的炉,该方法是特别有效的,从而得到成形温度。该转位布置能够几乎瞬间改变热条件,从而避免当改变炉设定点时通常遭遇的缓慢响应。

[0009] 该方法利用了玻璃片再成型工艺的两个物理属性。首先,相比于模具,玻璃片具有小得多的质量和热容量。作为结果,玻璃片会快速响应热条件的突然改变,而模具对于新的热条件的响应会相当缓慢。其次,在成形开始时所需的玻璃温度通常高于成形开始时所需的模具温度。该情况允许对炉的一组温度设定点进行选择,其使得玻璃温度的冷却作用最大化,同时使得对于模具的该相同作用最小化。例如,高于模具温度且低于玻璃温度的炉温设定点可以同时对于模具是辐射热源以及对于玻璃是吸热装置。

[0010] 在一个示意性实施方式中,对玻璃片进行再成型的方法包括:将玻璃片放在具有成形表面的模具上,将玻璃片成形为具有形状的玻璃制品。对模具的目标起始模具成形温度和包括目标起始模具成形温度的第一温度窗口进行选择。此外,对玻璃片的目标起始玻璃成形温度和包括目标起始玻璃成形温度的第二温度窗口进行选择。基于玻璃片的可成形性以及保持模具和成形表面完整性,来选择这些温度目标和窗口。窗口通常较窄,例如约为每个目标 $\pm 20^{\circ}\text{C}$,但是取决于玻璃和模具材料对于成形条件的灵敏度,可以具有较宽的窗口,例如高至 $\pm 35^{\circ}\text{C}$ 。

[0011] 方法还包括提供第一炉条件,其控制成高于目标起始模具成形温度的第一炉温设定点。还提供了第二炉条件,其控制成高于目标起始模具成形温度但是低于第一炉温设定点的第二炉温设定点。将玻璃片和模具同时暴露于第一炉条件,直至模具的温度处于包括目标起始模具成形温度的第一温度窗口内。在暴露于第一炉条件之后,将玻璃片和模具同时暴露于第二炉条件,直至玻璃片的温度处于包括目标起始玻璃成形温度的第二温度窗口内。在玻璃片的温度位于第二温度窗口内之后,开始将玻璃片成形为具有形状的玻璃制品。

[0012] 在示意性实施方式中,用于对玻璃进行再成形的系统包括:炉;模具,其具有成形表面用于将玻璃片形成为具有形状的玻璃制品;热源;以及控制器,其配置成:(i)接收模具的目标起始模具成形温度和包括目标起始模具成形温度的第一温度窗口;(ii)接收玻璃片的目标起始玻璃成形温度和包括目标起始玻璃成形温度的第二温度窗口;(iii)调节热源的输出,以实现第一炉条件,所述第一炉条件控制成高于目标起始模具成形温度的第一炉温设定点;(iv)维持第一炉条件,直至模具的温度位于第一温度窗口内;(v)调节热源的输出,以实现第二炉条件,所述第二炉条件控制成高于目标起始模具成形温度但是低于第一炉温设定点的第二炉温设定点;以及(vi)维持第二炉条件,直至玻璃片的温度位于第二温度窗口内。

[0013] 在另一个示意性实施方式中,用于对玻璃进行再成形的系统包括:第一炉,其包括第一热源;第二炉,其包括第二热源;模具,其具有成形表面用于将玻璃片形成为具有形状的玻璃制品,其可以从第一炉转位(indexable)至第二炉;以及控制器,其配置成:(i)接收模具的目标起始模具成形温度和包括目标起始模具成形温度的第一温度窗口;(ii)接收玻璃片的目标起始玻璃成形温度和包括目标起始玻璃成形温度的第二温度窗口;(iii)调节第一热源的输出,以实现第一炉条件,所述第一炉条件控制成高于目标起始模具成形温度的第一炉温设定点;(iv)维持第一炉条件,直至模具的温度位于第一温度窗口内;(v)调节第二热源的输出,以实现第二炉条件,所述第二炉条件控制成高于目标起始模具成形温度但是低于第一炉温设定点的第二炉温设定点;以及(vi)维持第二炉条件,直至玻璃片的温度位于第二温度窗口内。

[0014] 上述概述旨在提供对于本发明的介绍。其并不旨在确定本发明的关键性或决定性要素,或者旨在描绘本发明的范围。将参考附图对本发明的各个方面和实施方式进行更详细地描述。

附图说明

[0015] 以下是结合附图进行的附图说明。为了清楚和简明起见,附图不一定按比例绘制,附图的某些特征和某些视图可以按比例放大显示或示意性显示。

- [0016] 图1显示模具上的玻璃片。
- [0017] 图2显示处于高温炉条件中的玻璃片和模具。
- [0018] 图3显示玻璃制造系统。
- [0019] 图4显示处于温度降低的炉条件中的玻璃片和模具。
- [0020] 图5显示玻璃片再成形工艺的示意性玻璃和模具循环。

具体实施方式

[0021] 在以下详细描述中,为了提供对本发明实施方式的透彻理解,陈述了许多具体的细节。但是,对本领域技术人员显而易见的是,本发明可以在没有这些具体细节中的一些细节或全部细节的情况下实施。在其它情况中,为了不使本发明难理解,可能没有详细描述众所周知的特征或工艺。此外,类似或相同的附图编号可用于标识共有或类似的元件。

[0022] 图1显示放置在模具12顶部的玻璃片10,所述模具12具有成形表面14,用于将玻璃片10形成具有形状的玻璃制品。成形表面14的形状会受到具有形状的玻璃制品所需形状的规定。可以使用对准特征件(未示出),例如销钉等,来将玻璃片10对准在模具12上。

[0023] 玻璃片10具有基于具有形状的玻璃制品所需性质进行选择的玻璃组成。例如,对于需要高强度和耐划痕性的应用,玻璃片10可以由可离子交换玻璃制造,即玻璃含有可以用较大碱金属或碱土金属离子交换的较小碱金属或碱土金属离子。可离子交换玻璃的例子可参见如下专利文献,例如,美国专利第7,666,511号(Ellison等人,2008年11月20号),美国专利第4,483,700号(Forker, Jr.等人,1984年11月20号),以及美国专利第5,674,790号(Araujo,1997年10月7号),并且还可购自康宁有限公司(Corning Incorporated)的商品名GORILLA®玻璃。通常来说,这些可离子交换玻璃是铝硅酸盐玻璃。可离子交换玻璃会允许通过离子交换来对具有形状的玻璃制品进行化学强化,这还会改善玻璃制品耐划痕性。

[0024] 在一些实施方式中,玻璃片包括铝硅酸盐玻璃。在一些实施方式中,铝硅酸盐玻璃包含:至少约50摩尔%的 SiO_2 以及至少约11摩尔%的 Na_2O ,并且压缩应力至少约900MPa。在一些实施方式中,铝硅酸盐玻璃还包含: Al_2O_3 ,以及 B_2O_3 、 K_2O 、 MgO 和 ZnO 中的至少一种,其中, $-340+27.1 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3-28.7 \cdot \text{B}_2\text{O}_3+15.6 \cdot \text{Na}_2\text{O}-61.4 \cdot \text{K}_2\text{O}+8.1 \cdot (\text{MgO}+\text{ZnO}) \geq 0$ 摩尔%。在一些实施方式中,铝硅酸盐玻璃还包含:约7-26摩尔%的 Al_2O_3 ;0摩尔%至约9摩尔%的 B_2O_3 ;约11-25摩尔%的 Na_2O ;0摩尔%至约2.5摩尔%的 K_2O ;0摩尔%至约8.5摩尔%的 MgO ;以及0摩尔%至约1.5摩尔%的 CaO 。在一些实施方式中,铝硅酸盐玻璃包含:约60-70摩尔%的 SiO_2 ;约6-14摩尔%的 Al_2O_3 ;0摩尔%至约15摩尔%的 B_2O_3 ;0摩尔%至约15摩尔%的 Li_2O ;0摩尔%至约20摩尔%的 Na_2O ;0摩尔%至约10摩尔%的 K_2O ;0摩尔%至约8摩尔%的 MgO ;0摩尔%至约10摩尔%的 CaO ;0摩尔%至约5摩尔%的 ZrO_2 ;0摩尔%至约1摩尔%的 SnO_2 ;0摩尔%至约1摩尔%的 CeO_2 ;小于约50ppm As_2O_3 ;以及小于约50ppm Sb_2O_3 ;其中 $12 \text{ 摩尔} \% \leq \text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} \leq 20 \text{ 摩尔} \%$ 且 $0 \text{ 摩尔} \% \leq \text{MgO}+\text{CaO} \leq 10 \text{ 摩尔} \%$ 。

[0025] 模具12是由能够耐受高温(例如,超过500℃的温度)的材料制造的,进行数次玻璃成形循环。模具材料可以是在成形条件下不会与玻璃发生反应(或者对于玻璃不具有粘性)的材料,或者成形表面14可以涂覆有涂层材料,该涂层材料在成形条件下不会与玻璃发生反应(或者对于玻璃不具有粘性)。在一个例子中,模具12是由非反应性碳材料(例如,石墨)制造的,并且成形表面14经过高度抛光,以避免将缺陷引入玻璃表面中。在另一个例子中,

模具12是由致密陶瓷材料(例如,碳化硅、碳化钨、氮化硅或氮化硼)制造的,并且成形表面14涂覆有非反应性材料(例如,石墨)。在另一个例子中,模具12是由超级合金(例如,INCONEL 718,镍-铬合金)制造的,并且成形表面14涂覆有硬的陶瓷材料(例如,氮化钛铝)。在另一个例子中,模具12是由纯镍制造的,例如市售可得的纯镍等级200(99.6%的Ni, 0.04%的C)、201(99.6%的Ni,最大0.02%的C)、205(99.6%的Ni, 0.04%的C, 0.04%的Mg)、212(97.0%的Ni)、222(99.0%的Ni)、233(99%的Ni)或者270(99.97%的Ni),并且成形表面14涂覆有氧化镍。成形表面14上的涂层厚度可以是100nm至20um。如果模具12是由碳材料制造或者如果成形表面14涂覆有碳材料的话,则模具12周围的气氛在成形条件下应该是惰性的。

[0026] 在一个示意性实施方式中,对玻璃片10进行再成型的方法涉及:选择目标起始玻璃成形温度 T_g 和目标起始玻璃成形温度窗口 $T_g \pm \delta_g$ 。目标起始玻璃成形温度通常会窄的。例如, δ_g 可以高至约35°C、40°C、45°C或50°C。在一些实施方式中, δ_g 约为20–35°C。在一些其他实施方式中, δ_g 约为20°C。目标起始玻璃成形温度 T_g 是在形成玻璃片10开始时所需的玻璃温度。可以在玻璃片的中心10a测量该温度。成形是通过成形表面14使得玻璃片10具有形状的过程。为了进行成形,玻璃片10的温度必须处于粘弹性范围,以实现在不造成损坏的情况下使得玻璃片10发生变形。基于玻璃片10的粘弹性性质以及模具12和成形表面14的材料性质,来对目标起始玻璃成形温度 T_g 进行选择。通常来说,对目标起始玻璃成形温度 T_g 进行选择,以保持成形表面14的完整性通过数次成形循环,从而避免具有形状的玻璃制品的玻璃表面上的诸如“桔皮现象”之类的缺陷,并促进玻璃片10的成形。在一些实施方式中,对目标起始玻璃成形温度 T_g 进行选择,以保有成形表面14的完整性通过至少5000次成形循环。在一些实施方式中,对目标起始玻璃成形温度 T_g 进行选择,以保有成形表面14的完整性通过至少10000次成形循环。

[0027] 在一个示意性实施方式中,目标起始玻璃成形温度 T_g 是对应玻璃粘度为 10^{13} 泊的温度至对应玻璃粘度为 10^7 泊之间的温度。在一个实施方式中,目标起始玻璃成形温度 T_g 是对应玻璃粘度为 10^{11} 泊的温度至对应玻璃粘度为 10^7 泊之间的温度。在另一个实施方式中,目标起始玻璃成形温度 T_g 是对应玻璃粘度为 $10^{9.1}$ 泊的温度至对应玻璃粘度为 10^7 泊之间的温度。在另一个实施方式中,目标起始玻璃成形温度 T_g 是对应玻璃粘度为 $10^{8.9}$ 泊的温度至对应玻璃粘度为 10^8 泊之间的温度。在一个实施方式中, T_g 大于300°C。在另一个实施方式中, T_g 大于约400°C。在另一个实施方式中, T_g 大于500°C。在其他实施方式中, T_g 大于约600°C。对于可用于形成高强度玻璃制品(例如,用于便携式电子器件的覆盖等)的玻璃, T_g 可以约为700–1100°C。在其他实施方式中, T_g 可以是700–950°C。在一些其他实施方式中, T_g 可以约为700–800°C。

[0028] 方法还涉及选择目标起始模具成形温度 T_m 和目标起始模具成形温度窗口 $T_m \pm \delta_m$ 。目标起始模具成形温度窗口通常会窄的。例如, δ_m 可以高至约35°C、40°C、45°C或50°C。在一些实施方式中, δ_m 约为20–35°C。在一些其他实施方式中, δ_m 约为20°C。目标起始模具成形温度 T_m 是在将玻璃片10形成为具有形状的玻璃制品开始时所需的模具温度。可以在模具的中心12a测量该温度。基于模具性质、成形表面性质以及当玻璃片接触成形表面时玻璃片和模具表面之间可接受的温差,来选择目标起始模具成形温度 T_m 。通常来说,目标起始模具成形温度 T_m 会低于目标起始玻璃成形温度 T_g 。在一些实施方式中,目标起始模具成形温度 T_m 会

比目标起始玻璃成形温度 T_g 低约40℃、50℃、60℃、70℃、80℃、90℃、100℃或更多。在一些实施方式中,目标起始模具成形温度 T_m 会比目标起始玻璃成形温度 T_g 低约40–100℃、约40–200℃、约40–300℃或者约40–400℃。在一些其他实施方式中,目标起始模具成形温度 T_m 会比目标起始玻璃成形温度 T_g 低至少约100℃。在一些实施方式中,目标起始模具成形温度 T_m 会比目标起始玻璃成形温度 T_g 低约100–400℃。

[0029] 在与形成高强度玻璃制品相关的一些示意性实施方式中,目标起始玻璃成形温度 T_g 约为700–1100℃,以及目标起始模具成形温度 T_m 约为550–750℃。在一些例子中,目标起始玻璃成形温度 T_g 约为700–950℃,以及目标起始模具成形温度 T_m 约为550–750℃。在其他例子中,目标起始玻璃成形温度 T_g 约为700–800℃,以及目标起始模具成形温度 T_m 约为600–660℃。

[0030] 在一个示例性实施方式中,选择如下温度目标和窗口:目标起始玻璃成形温度 $T_g=745^{\circ}\text{C}$,目标起始玻璃成形温度窗口 $T_g\pm\delta_g=745^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$,目标起始模具成形温度 $T_m=635^{\circ}\text{C}$,以及目标起始模具成形温度窗口 $T_m\pm\delta_m=635^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。这些目标可用于:包括编号2317的GORILLA®玻璃(铝硅酸盐玻璃的例子)的玻璃片10,由INCONEL 718超合金(镍-铬合金的例子)制造的模具12,以及涂覆有氮化钛铝(硬陶瓷材料的例子)的成形表面14。

[0031] 在另一个示例性实施方式中,选择如下温度目标和窗口:目标起始玻璃成形温度 $T_g=795^{\circ}\text{C}$,目标起始玻璃成形温度窗口 $T_g\pm\delta_g=795^{\circ}\text{C}\pm 20^{\circ}\text{C}$,目标起始模具成形温度 $T_m=645^{\circ}\text{C}$,以及目标起始模具成形温度窗口 $T_m\pm\delta_m=645^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。这些目标可用于:包括编号2317的GORILLA®玻璃的玻璃片10,由市售可得纯镍等级201制造的模具12,以及涂覆有氧化镍的成形表面14。

[0032] 上文所述的示例性温度目标并不旨在作为限制,因为如同上文已经解释过的那样,会基于待成形的玻璃片的性质和用于玻璃片成形的模具和成形表面的性质,来对目标进行选择。

[0033] 方法还涉及将玻璃片10加热至处于选择的目标起始玻璃成形温度窗口 $T_g\pm\delta_g$ 之内的温度,以及将模具12加热至处于选择的目标起始模具成形温度窗口 $T_m\pm\delta_m$ 之内的温度。玻璃片和模具的加热在共用热源下同时发生。方法涉及对玻璃片和模具的加热进行平衡,从而在成形工艺开始时实现所需的目标成形温度。在一个或多个实施方式中,在两个炉相中实现加热:高温炉相,在该过程中,将模具温度快速增加至位于目标起始模具成形温度窗口 $T_m\pm\delta_m$ 内的温度;以及温度降低的炉相,在该过程中,将玻璃温度快速降低至位于目标起始玻璃成形温度窗口 $T_g\pm\delta_g$ 内的温度,同时模具温度稳定在(level off)位于目标起始模具成形温度窗口 $T_m\pm\delta_m$ 内的温度或者接近目标起始模具成形温度窗口 $T_m\pm\delta_m$ 的温度。通常来说,会感兴趣的温度(或者,会确定是否符合目标的温度)是玻璃片的中心温度(图1中的10a)以及模具的中心温度(图1中的12a)。通常来说,会在高温炉相之后立即进行温度降低的炉相,并且会在玻璃温度位于目标起始玻璃成形窗口温度 $T_g\pm\delta_g$ 内以及模具温度位于目标起始模具成形温度窗口 $T_m\pm\delta_m$ 内或者接近目标起始模具成形温度窗口 $T_m\pm\delta_m$ 之后开始玻璃片10的成形。

[0034] 在高温炉条件下进行高温炉相,所述高温炉条件定义为如下炉条件,即控制成炉温设定点 T_1 明显高于目标起始模具温度 T_m 。在一些例子中,炉温设定点 T_1 比目标起始模具成形温度 T_m 高约100℃、125℃、150℃、175℃、200℃或更多。在其他例子中,炉温设定点 T_1 比目

标起始模具成形温度 T_m 高约200℃或更多。在一些例子中,炉温设定点 T_1 比目标起始模具成形温度 T_m 高约50-400℃、50-300℃、100-300℃、100-200℃、150-400℃或者150-300℃。通常来说,炉温设定点 T_1 也会高于目标起始玻璃成形温度 T_g 。

[0035] 图2显示通过热源20a和控制器18a在炉区(或者炉工作站)24a中提供的高温炉条件16a。热源20a提供热量,并且可以结合任意合适的加热元件,例如,中红外加热器、感应加热器或者电阻加热器。控制器18a调节热源20a的输出,以实现所需的炉温设定点 T_1 和高温炉条件16a。控制器18a可接收所需的炉温设定点 T_1 作为输入。控制器18a可接受来自炉区24a的温度测量(如22a所示),并使用这些测量来确定如何调节热源20a的输出以维持高温炉条件16a。控制器18a可以包括处理器,以计算所需的炉温设定点 T_1 和实际温度测量之间的差异,从而确定如何调节热源20a的输出。

[0036] 方法涉及将玻璃片10和模具12同时暴露于高温炉条件16a,其中,模具12被快速加热至位于目标起始模具成形温度窗口 $T_m \pm \delta_m$ 内的温度。当模具12被快速加热时,玻璃片10也会被快速加热。但是,由于玻璃片10的质量比模具12小得多,因此对它进行加热的速率会比对模具进行加热的速率更快。玻璃片10会被加热到直至其抵达共用炉加热源20a和模具12之间的平衡。随着模具12的加热,玻璃温度会持续上升。玻璃温度被允许,并且通常会,明显超过目标起始玻璃成形温度窗口 $T_g \pm \delta_g$ 。

[0037] 应注意的是,在将玻璃片和模具暴露于高温炉条件16a之前,可以将玻璃片10和模具12预加热至不同程度。因此,在高温炉相开始时,玻璃片和模具可能不处于相同温度或者处于室温。

[0038] 可以在单炉区(如图2所示)或者在一系列的炉区中提供高温炉条件16a。图3显示部分玻璃制造系统,其包括一系列的炉区(或者炉工作站)40a至40r,它们沿着转台41排布。玻璃制造系统中的炉区的数量可以大于或者小于图3所示的情况。将玻璃片10和模具12装载到转台41上,并且可以经由对转台进行转位或移动,放置在任意的炉区40a至40f内。出于示意性目的,炉区40a至40f的系列限定了其中进行高温炉相的高温炉区42。在该情况下,会在炉区40a至40f中分别提供上文所述的高温炉条件。但是,不一定将炉区40a至40f控制为相同的炉温设定点 T_1 。例如,炉区40a至40f的炉温设定点可以具有如下顺序: $T_{1,40a} < T_{1,40b} < T_{1,40c} < T_{1,40d} < T_{1,40e} < T_{1,40f}$,其中, $T_{1,40a}$ 对应于第一炉区40a的炉温设定点, $T_{1,40b}$ 对应于第二炉区40b的炉温设定点,以此类推。尽管炉区40a至40f的炉温设定点可以是不同的,但是炉温设定点仍然会具有上文对于炉温设定点 T_1 所解释的特性。可以对炉温设定点进行选择,从而使得第六个或者最后的炉区40f的 $T_{1,40f}$ 与单个炉区设定的炉温设定点 T_1 是相同的。应清楚的是,高温炉区42可以具有多于或者少于6个的炉区。在连续玻璃制造工艺中,为高温炉相使用多个炉区相比于单炉区设定可以提供如下好处:可以同时或者依次加工不止一对玻璃片和模具。

[0039] 在温度降低的炉条件下进行温度降低的炉相,其定义为如下炉条件,即控制成炉温设定点 T_2 高于目标起始模具温度 T_m (并且通常高于目标起始模具成形温度窗口 $T_m \pm \delta_m$)且低于高温炉条件的炉温设定点 T_1 (即, $T_m < T_2 < T_1$)。其中,如上文所解释的在高温炉相中使用一系列炉区,该系列中的最后炉区的炉温设定点可以用作高温炉条件的炉温设定点 T_1 。

[0040] 图4显示通过热源20b和控制器18b在炉区(或者炉工作站)24b中提供的温度降低的炉条件16b。热源20b提供热量,并且可以结合任意合适的加热元件,例如,中红外加热器、

感应加热器或者电阻加热器。控制器18b调节热源20b的输出,以实现所需的炉温设定点 T_2 和温度降低的炉条件16b。控制器18b可接收所需的炉温设定点 T_2 作为输入。控制器18b可接受来自炉区24b的温度测量(如22b所示),并使用这些测量来确定如何调节热源20b的输出以维持温度降低的炉条件16b。控制器18b可以包括处理器,以确定所需的炉温设定点 T_2 和炉区24b中的实际温度之间的差异,从而确定如何调节热源20b的输出。

[0041] 方法涉及将玻璃片10和模具12同时暴露于温度降低的炉条件16b,持续的时间段通常短于高温炉条件下的暴露时间段。通常来说,会在暴露于高温炉条件之后,立即进行暴露于温度降低的炉条件。在温度降低的炉条件下,具有小质量和低热容量的玻璃片10其会快速响应炉条件的突然变化,而具有较大质量和较高热容量的模具12其对于新的炉条件的响应会相当慢。将玻璃片10和模具12在温度降低的炉条件下加工,直至玻璃片处于目标起始玻璃成形温度窗口 $T_g \pm \delta_g$ 内。通常来说,此时模具也会处于目标起始模具成形温度窗口 $T_m \pm \delta_m$ 内或者接近目标起始模具成形温度窗口 $T_m \pm \delta_m$ 。在玻璃片10抵达处于目标起始玻璃成形温度窗口 $T_g \pm \delta_g$ 内的温度之后,开始成形。

[0042] 温度降低的炉相是根据本发明的一个方面的对玻璃进行再成形的方法的重要属性。在该相的炉温必须维持在高于模具温度,其程度使得模具从炉获得的热量明显足以克服从模具到其他元件(例如,冷的炉壁、主动冷却装置和到达较冷的支撑结构的传导)的热损失。温度降低必须要足够低,从而使得会在所需时间内将玻璃片冷却至所需温度。通常来说,降低的炉温设定点 T_2 会比目标起始玻璃成形温度低10–50℃且比目标起始模具成形温度高80–100℃。一旦开始成形,当它与成形表面发生强烈热接触时,玻璃片会快速流失热量至较冷的成形表面。可以在该点显著增加炉温,从而将玻璃温度维持在粘弹性范围,以促进玻璃与模具的完全一致性。

[0043] 可以在单炉区(如图4所示)或者在一系列的炉区中提供温度降低的炉条件。回到图3,与炉区40a至4f相邻的炉区40g和40h可以用作温度降低的炉相。炉区40g和40h可以定义为其中发生温度降低相的温度降低的炉区44。在该情况下,会在炉区40g和40h中分别提供温度降低的条件。但是,不一定将炉区40g和40h控制为相同的炉温设定点。在一个实施方式中,两个炉区40g和40h的炉温设定点具有如下顺序: $T_{2,40g} > T_{2,40h}$,其中, $T_{2,40g}$ 是第一炉区40g(或者紧邻高温炉区42的炉区)的炉温设定点,以及 $T_{2,40h}$ 是第二炉区40h(或者温度降低的炉区44中的最后炉区)的炉温设定点, $T_{2,40g}$ 和 $T_{2,40h}$ 分别具有上文关于温度降低的炉条件的炉温设定点 T_2 所解释的特性。从上文得出, $T_m < T_2 < T_1$,其中, T_m 是目标起始模具成形温度以及 T_1 是高温炉条件的炉温设定点。因此, $T_m < T_{2,40h} < T_{2,40g} < T_1$ 。在此情况下,玻璃片和模具会在第一工作站暴露于较高的炉温设定点 $T_{2,40g}$,然后会在第二工作站暴露于较低的炉温设定点 $T_{2,40h}$ 。从 T_1 至 $T_{2,40g}$ 的步阶下降通常会远小于从 $T_{2,40g}$ 到 $T_{2,40h}$ 的步阶式下降,这应该具有使得玻璃片中的热冲击最小化的作用。在一个实施方式中, $T_{2,40g}$ 设定为高于目标起始玻璃成形温度 T_g ,或者 $T_g < T_{2,40g} < T_1$ 。两步式温度降低的炉相可有助于在期限过程中以受控的方式实现所需的玻璃温度,之后起始将玻璃片成形为具有形状的玻璃制品。

[0044] 在玻璃片达到处于目标起始玻璃成形温度窗口 $T_g \pm \delta_g$ 内的温度之后,开始将玻璃片10成形为具有形状的玻璃制品。通常来说,在成形开始时,模具的温度会处于目标起始模具成形温度窗口 $T_m \pm \delta_m$ 内或者接近目标起始模具成形温度窗口 $T_m \pm \delta_m$ 。成形涉及使得玻璃片10与成形表面14相一致。可以通过向玻璃片10施加作用力来实现相一致。通常来说,成形

作用力会是施加在玻璃片10和成形表面14之间的真空的形式,其中,施加的真空会把玻璃片拉靠住成形表面。用于向玻璃片施加作用力的替代方法是通过柱塞模等。在施加成形作用力之前,可以允许通过重力使得玻璃片10朝向成形表面14发生下垂。在玻璃片10符合成形表面14之后,可以将得到的具有形状的玻璃制品保持靠住成形表面持续数秒,以使得具有形状的玻璃制品的翘曲最小化或者防止这种情况。真空也可用作保持作用力的来源。在保持时间段之后,然后可以以受控的方式对具有形状的玻璃制品进行冷却,之后可以从模具分离具有形状的玻璃制品。通常来说,可以在成形过程中进行各种操作,以确保模具和玻璃处于合适的温度,以形成具有所需形状控制的具有形状的玻璃制品。此类操作可以包括对玻璃进行局部加热,从模具去除过量热量,以及在多个阶段向具有形状的玻璃制品施加保持作用力,例如较高的保持作用力之后较小的保持作用力。可以在图3的余下炉区40i至40r中进行成形过程(以及冷却过程)。

[0045] 图5显示典型的模具和玻璃循环,显示了上文所述的原理。线50表示炉温。线52表示模具中心温度。线54表示模具边缘温度。线56表示玻璃中心温度。线58表示形成真空。对于图5所示的例子,在图3所示的一系列炉区中进行玻璃片和模具的加热以及玻璃片的成形。最初6个炉区用于模具和玻璃片的高温加工,接下来2个炉区用于模具和玻璃片的温度降低的加工。虚线60表示开始对玻璃进行成形的时候。

[0046] 在图5的例子中,目标起始模具成形温度窗口为625–645℃。窗口限制设定为645℃,因为更高的模具温度会对用于成形表面上的特定保护涂层(在该情况下,保护涂层是氮化钛铝)造成损坏。为了保有模具涂层的完整性和玻璃表面的外观,玻璃温度也保持在低于760℃。具体来说,目标起始玻璃成形温度窗口为735–755℃。

[0047] 将工艺设定为使得(用于高温炉相的)最初6个炉区的炉温设定点全都高于970℃,这远高于625–645℃的目标起始模具成形温度窗口。如图5清楚看出,在这些加热条件下,峰值玻璃温度接近850℃(如箭头62),远超过735–755℃的目标起始玻璃成形温度窗口。

[0048] 然后,(用于温度降低的炉相的)接下来2个炉区的炉温设定点步阶式下降,首先下降到930℃(第一炉区),然后一路下降到735℃(第二炉区)。在这些降低的炉温下(如箭头64所示),玻璃温度快速跌落,同时模具温度仅仅变平坦(level out)。通过该方法,如60所示,在玻璃片的形成开始时的模具中心温度控制在635℃,对应的玻璃温度为745℃。应注意的是,在没有温度降低的炉相的情况下,在成形开始时的玻璃温度会过高,导致显著缩短成形表面涂层运行寿命。

[0049] 尽管已经参考有限数量的例子描述了本发明的实施方式,但是受益于本公开的本领域技术人员可以理解能够在不背离本发明所揭示的范围的前提下进行其他的实施方式。

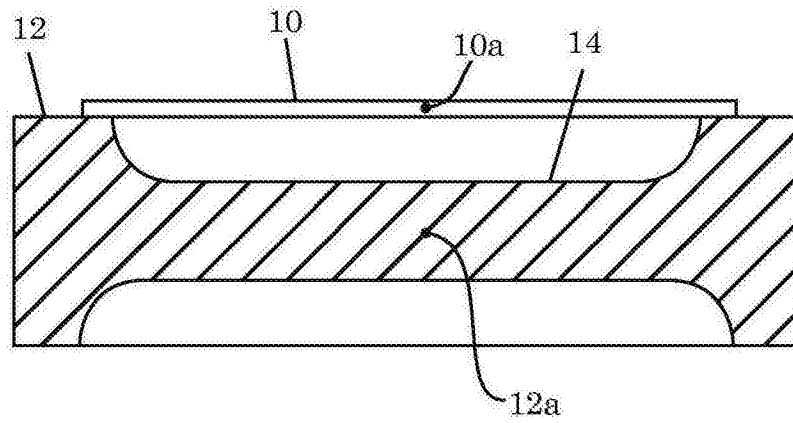


图1

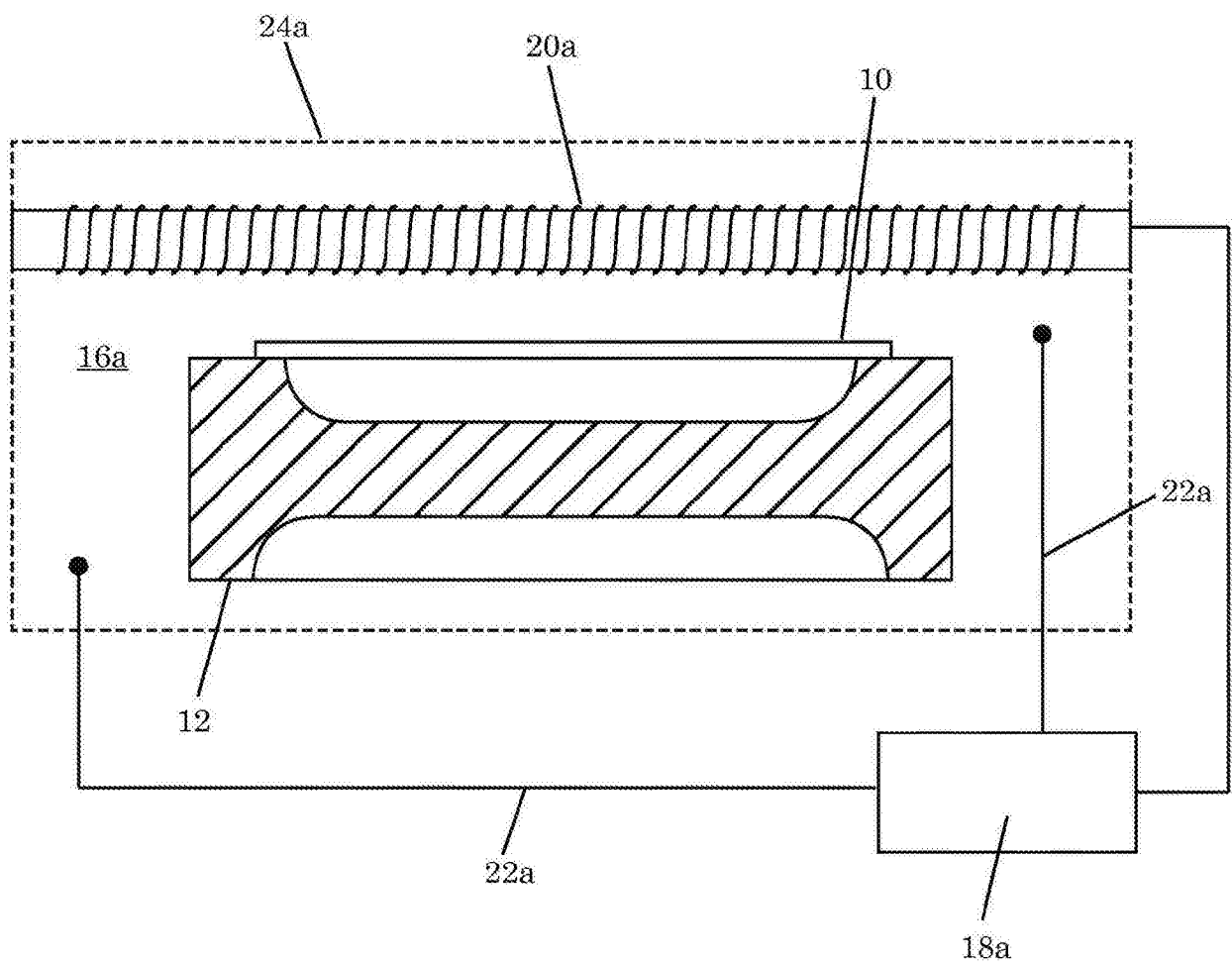


图2

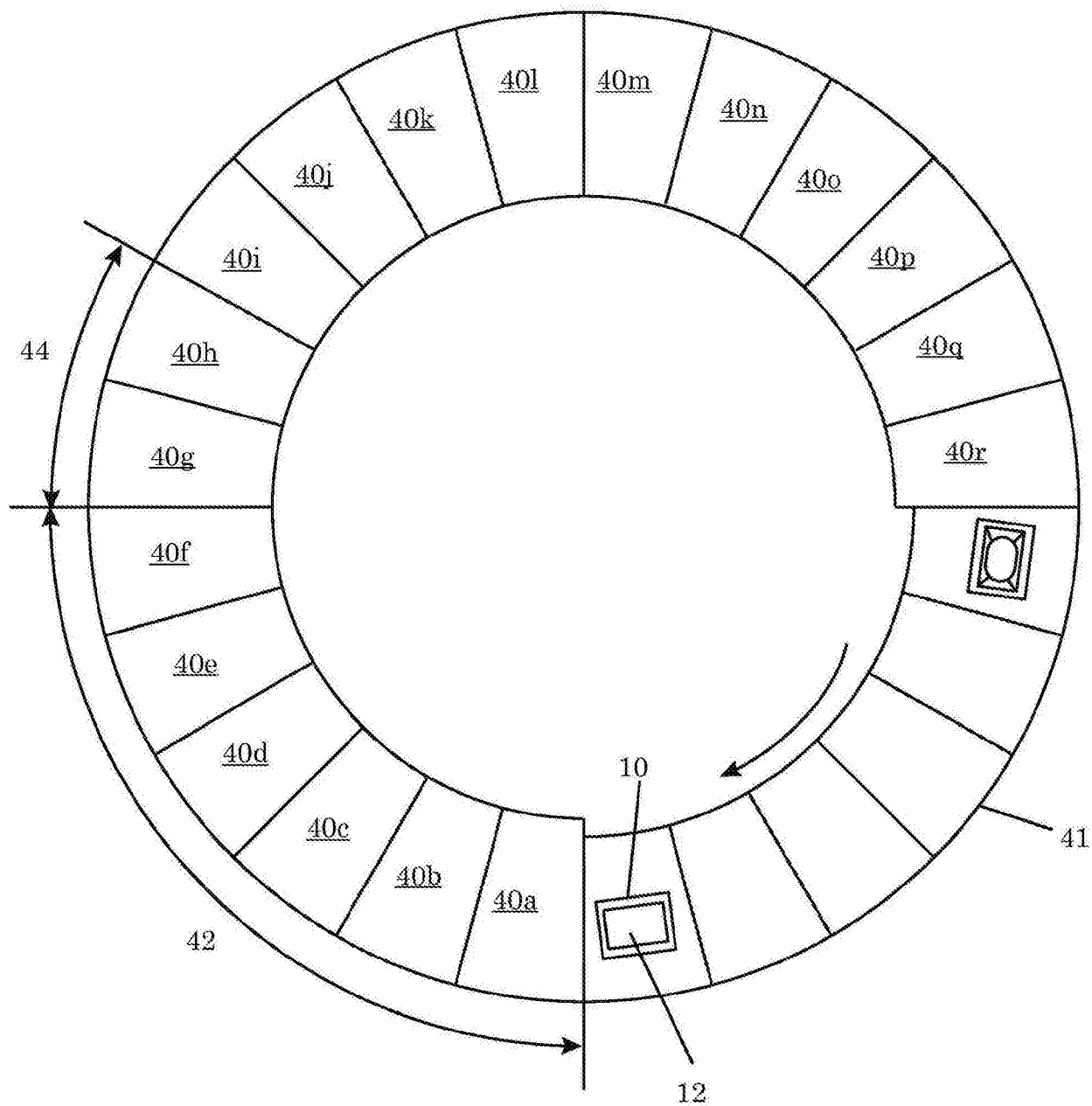


图3

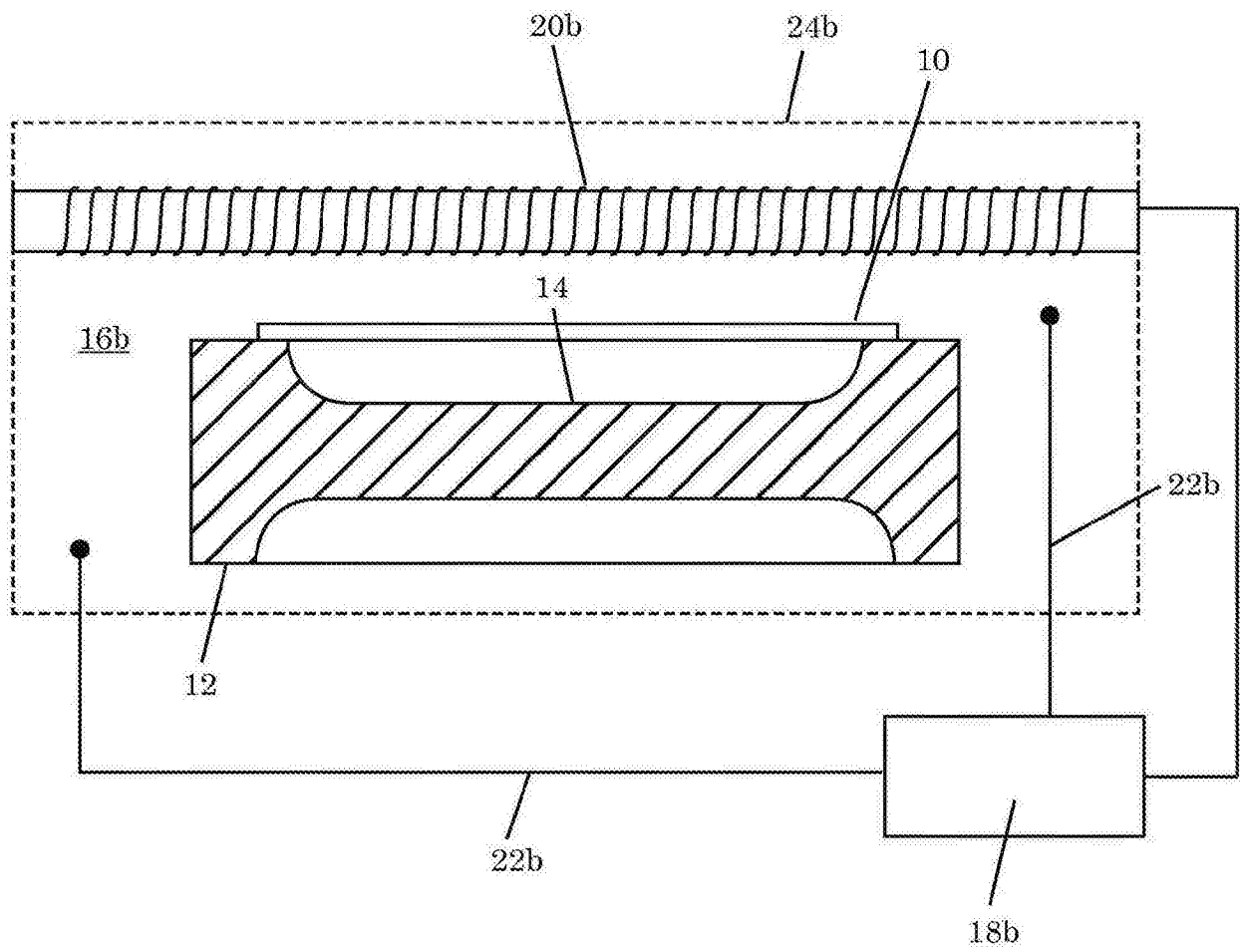


图4

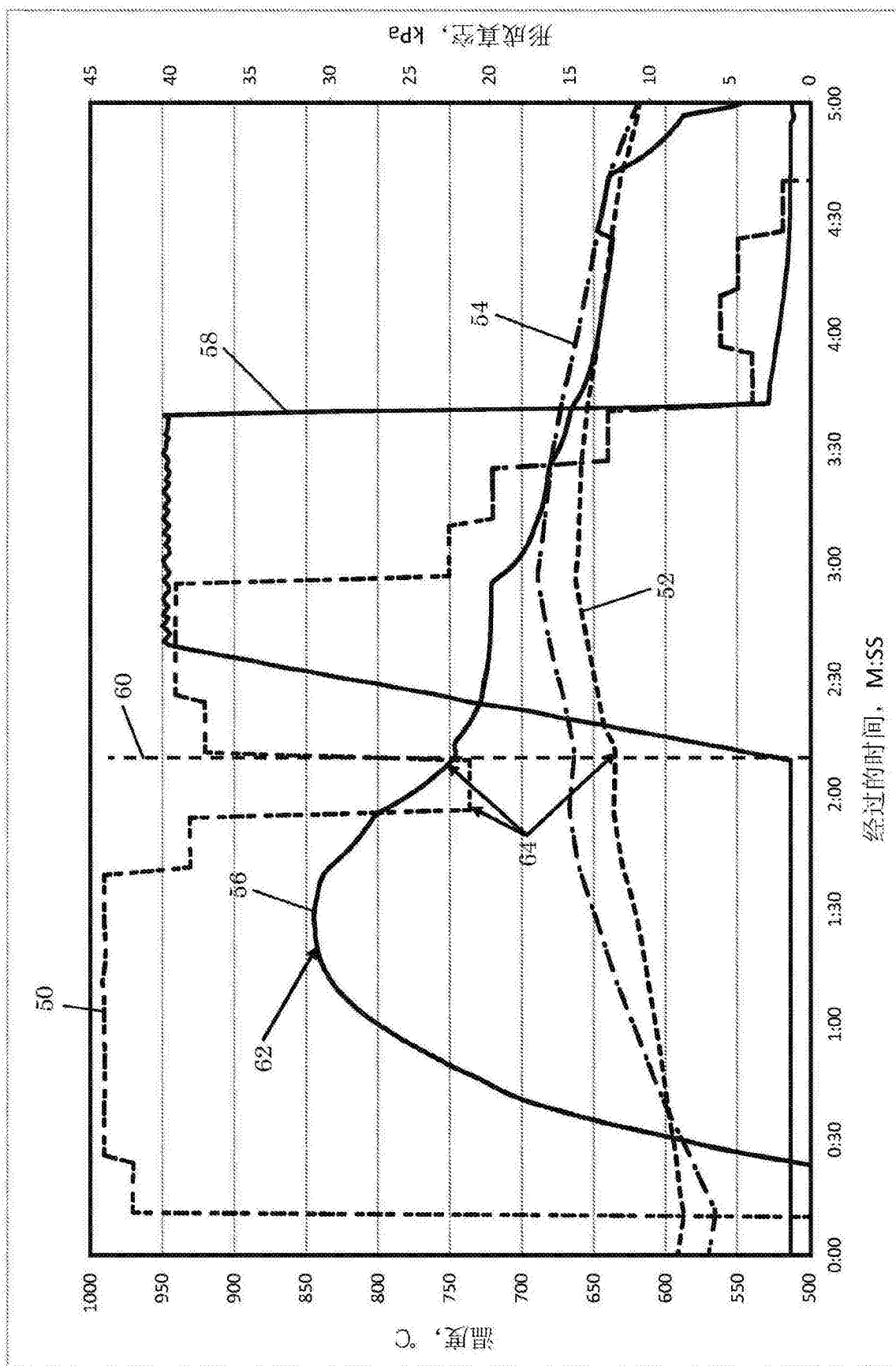


图5