

1. 一种加热预成型件(1)的方法,所述预成型件用半径(R)、材料厚度(t)和材料吸收光谱表征,所述方法包括步骤:

- 依据期望的温度廓线(T_d),基于预成型件半径(R)和材料厚度(t)选择用于预成型件(1)的期望有效吸收系数(α_{eff});

- 产生激光辐射束(L),其包括具有基于吸收光谱的吸收系数编译的波长谱的辐射,以满足有效吸收系数(α_{eff});

- 以及将激光辐射束(L)引导至预成型件(1)处以根据在 1.0-4.0 的范围中的期望的相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)来加热预成型件(1),

其中有效吸收系数(α_{eff})被理解成等同于针对入射辐射光谱的实际吸收,该实际吸收是针对所有的相关辐射波长而计算的,针对给定辐射光谱的有效吸收系数(α_{eff})用下面的公式表达:

$$\alpha_{eff} = -\frac{1}{t} \cdot \ln \left[\sum_{\lambda} w_{\lambda} \cdot \exp(-\alpha_{\lambda} \cdot t) \right]$$

其中,t 是材料厚度, λ 是激光辐射分量的波长, α_{λ} 是该材料在该波长下的已知吸收系数,且 w_{λ} 是针对该波长的加权因子,

并且相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)被理解成是有效吸收系数(α_{eff})乘以预成型件的半径(R)。

2. 根据权利要求 1 的方法,其中所述期望的相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)在 2.0-3.5 的范围内。

3. 根据权利要求 1 的方法,其中所述期望的相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)在 2.5-3.0 的范围内。

4. 根据权利要求 1 的方法,其中,有效吸收系数(α_{eff})从所述期望的相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)导出,所述用于预成型件(1)的期望的相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)是基于期望的温度廓线(T_d)、预成型件半径(R)以及预成型件材料厚度(t)而选择的。

5. 根据权利要求 1-4 中任一项的方法,其中,用于激光辐射束(L)的光束宽度(B)被确定以使得光束宽度(B)除以预成型件半径(R)小于或等于 0.5,并且产生激光辐射以给出激光辐射束(L)的步骤包括:根据所确定的光束宽度(B)来成形激光辐射束(L)。

6. 根据权利要求 5 的方法,其中所述光束宽度(B)除以预成型件半径(R)小于或等于 0.1。

7. 根据权利要求 1-4 中任一项的方法,其中,基于在加热期间在预成型件(1)外部区域和内部区域之间实现的特定的温度梯度来选择期望的相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)。

8. 根据权利要求 1-4 中任一项的方法,其中,借助具有特定折射率的折射元件(60)来调控预成型件(1)的内部区域的温度,该折射元件(60)位于预成型件(1)的空腔(4)中。

9. 根据权利要求 1-4 中任一项的方法,其中,借助定位在预成型件(1)的空腔(4)中的热吸收器(61,62)来调控预成型件(1)的内部区域的温度,该热吸收器(61,62)吸收激光辐射的部分能量。

10. 根据权利要求 9 的方法,其中,热吸收器(62)包括能量吸收材料的半圆柱体(62),

所述半圆柱体(62)相对于预成型件(1)基本是固定的。

11. 一种用于控制预成型件加热系统(10)的激光辐射产生单元(9)的驱动装置(7),所述驱动装置(7)包括:

- 输入接口(70),用于获得预成型件(1)的预成型件几何参数(R, t)、预成型件吸收光谱以及期望的温度廓线(T_d);
- 选择装置(72,73),用于依据期望的温度廓线(T_d),基于预成型件几何参数(R, t)选择有效吸收系数(α_{eff});
- 激光参数编译器模块(74),用于基于吸收光谱的吸收系数来编译激光辐射波长谱以满足有效吸收系数(α_{eff}),并且用于基于在1.0-4.0的范围中的期望的相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)来选择用于激光辐射束(L)的激光束宽度(B);
- 以及,输出接口(75),用于向激光产生单元(9)提供涉及所编译的激光辐射波长谱和激光束宽度(B)的控制信号,

其中有效吸收系数(α_{eff})被理解成等同于针对入射辐射光谱的实际吸收,该实际吸收是针对所有的相关辐射波长而计算的,针对给定辐射光谱的有效吸收系数(α_{eff})用下面的公式表达:

$$\alpha_{eff} = -\frac{1}{t} \cdot \ln \left[\sum_{\lambda} w_{\lambda} \cdot \exp(-\alpha_{\lambda} \cdot t) \right]$$

其中,t是材料厚度, λ 是激光辐射分量的波长, α_{λ} 是该材料在该波长下的已知吸收系数,且 w_{λ} 是针对该波长的加权因子,

并且相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)被理解成是有效吸收系数(α_{eff})乘以预成型件的半径(R)。

12. 根据权利要求11的驱动装置(7),其中所述期望的相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)在2.0-3.5的范围中。

13. 根据权利要求11的驱动装置(7),其中所述期望的相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)在2.5-3.0的范围中。

14. 根据权利要求11-13中任一项的驱动装置(7),其中,选择装置(72,73)包括:选择模块(72),其用于基于预成型件几何参数(R, t)以及期望的温度廓线(T_d)来选择相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$);以及,导出模块(73),其用于从相对有效吸收系数($\alpha_{eff} \cdot R$)导出有效吸收系数(α_{eff})。

15. 一种预成型件加热系统(10),特别是用于加热预成型件(1)的吹瓶设备(10),所述系统包括:

- 根据权利要求11-13中任一项的驱动装置(7),用于编译包括多个激光辐射波长($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$)的激光辐射波长谱,且用于选择期望的激光束宽度(B);
- 激光辐射产生单元(9),用于产生根据激光辐射波长谱的激光辐射;以及
- 光束成形单元(76),用于根据期望的光束宽度(B)成形激光辐射,并且用于将成形的激光辐射束(L)引导至预成型件(1)处以加热预成型件(1)。

16. 根据权利要求15的预成型件加热系统(10),其中,激光辐射产生单元(9)包括多个

垂直腔面发射激光器。

17. 根据权利要求 15 的预成型件加热系统(10),包括附加的红外辐射源。

一种加热预成型件的方法,一种驱动装置以及一种预成型件加热系统

技术领域

[0001] 本发明描述了一种加热预成型件的方法。本发明还描述了一种驱动装置以及一种预成型件加热系统。

背景技术

[0002] 现今,大多数饮料容器是诸如 PET (聚对苯二甲酸乙二醇酯) 之类的材料的轻量塑料瓶,该塑料瓶以两步骤工艺制造。在第一步骤中,用原材料创建所谓的中空“预成型件”,例如通过缓慢、高温挤出工艺来创建。在第二步骤中,这些中空预成型件的“壁”再次被加热(此次加热至它们的再结晶点以下的温度,即在大约 130℃ 以下),然后经由吹塑而形成期望的瓶形状。

[0003] 在最先进的现有技术的预成型件加热炉中,这种加热是使用卤素灯来实施的,对于所述卤素灯而言,宽发射光谱中的显著部分位于红外区域中。在加热工艺期间,热能“沉积”在预成型材料中。尽管红外加热技术在技术上得到良好发展,但是其具有能效受限的缺点。能效低的一个原因是卤素灯发射的辐射不能被有效地引导或聚焦。然而,主要的原因是卤素灯的发射光谱与预成型材料的吸收光谱的较差匹配,这导致在预成型件的不适当区域中的能量吸收,例如在它的外表面中的能量吸收。这导致在预成型件壁的一些区域中更高的温度,而其它区域被不充分加热。例如预成型件的外表面可以变得非常热,而内表面被不充分加热。此外,由于材料的热导率的缘故,在预成型件的壁内沉积的能量的分布并不一定导致相同的温度分布。这样的温度梯度或者热点使得难以确保后续的吹塑阶段的均匀质量,并且甚至可以导致对预成型件外表面的损坏。因此,一些现有技术的工艺甚至在加热工艺期间采取(resort)对预成型件的附加冷却(例如借助于强制通风冷却);从能量消耗的观点来看显然是昂贵且低效的措施,且因此并不理想。可替代地,在现有技术的炉中,不想要的温度梯度可以借助“平衡阶段”(即,在预成型材料内部的热传导应导致在预成型件壁中的温度的均衡的时间延迟)来处理。这些平衡阶段典型地耗费数秒(多达 10 秒)。然而,将这些阶段包括在加热工艺中意味着总工艺时间延长,从而提高预成型件加热工艺的总成本。

[0004] US2007/0096352A1 公开了一种基于激光二极管的系统,其用于直接将所选择的热红外(IR)波长辐射或能量注入到作为瓶预成型件的物品中。

发明内容

[0005] 因此,本发明的目的是提供一种避免上述问题的更经济有效的预成型件加热工艺。

[0006] 本发明的该目的借助于根据本发明的加热预成型件的方法和根据本发明的驱动装置来实现。

[0007] 根据本发明,加热用半径、材料厚度和预成型件材料吸收光谱表征的预成型件的

方法包括步骤：基于期望的温度廓线、预成型件半径以及材料厚度选择预成型件的期望有效吸收系数；以及产生具有基于吸收光谱的吸收系数（即，基于吸收光谱的至少一个吸收系数）编译的波长谱的激光辐射束，以满足有效吸收系数。该方法还包括步骤：将激光辐射束引导至预成型件处以加热预成型件。这里，预成型件被理解为任何“预成型的”物体或工件，优选地为圆柱形且中空的，其将被加热以便被软化以用于后续的吹塑步骤。这样的预成型件的例子可以是基本上圆柱形中空的 PET 元件，饮料容器将由该元件制成。此外，“有效吸收系数”可以被看作在光的特定波长下预成型件材料的吸收光谱的吸收系数的函数。

[0008] 激光辐射的术语“波长谱”被理解成意为具有它们的相对强度的激光辐射束的辐射波长的“集合”，不论这些是离散波长还是覆盖连续范围的波长范围。由于光子的波长同样可以借助其能量或频率来描述，因此激光辐射的术语“能量谱”或“频谱”可以被认为等同于术语“波长谱”。因此，如下面将阐述的，波长谱可以例如通过选择具有适当波长或波长范围的激光辐射源并混合或叠加来自这些激光辐射源的处于合适强度水平的辐射来“编译”。

[0009] 有效吸收系数被理解成等同于针对入射辐射光谱的实际吸收（例如在预成型件中），该实际吸收是针对所有的相关辐射波长而计算的。针对给定辐射光谱的有效吸收系数 α_{eff} 可以用下面的公式表达：

$$[0010] \quad \alpha_{\text{eff}} = -\frac{1}{t} \cdot \ln \left[\sum_{\lambda} w_{\lambda} \cdot \exp(-\alpha_{\lambda} \cdot t) \right] \quad (1)$$

[0011] 其中， t 是材料厚度（在这种情况下为预成型件的壁厚度）， λ 是激光辐射分量的波长， α_{λ} 是该材料在该波长（例如，从用于该材料的吸收谱获得）下的已知吸收系数，且 w_{λ} 是针对该波长的加权因子。在公式（1）中，假定在离散波长下吸收，并且有效吸收系数被表达为和。明显地，该吸收同样能够良好地在波长连续范围内进行，在这种情况下，有效吸收系数将被表达为对应的积分。在任一情况下，所有加权因子一起的总和应当为一或为 1.0。

[0012] 通过适当选择波长和 / 或要使用的针对每个波长的加权因子，公式（1）可以被反向使用，即，用来“编译”或者“组装”导致具有期望值的有效吸收系数的辐射光谱，例如借助于被吸收的能量的某个期望分布而确定。

[0013] 有效吸收系数的“分辨率”在一定程度上可以取决于可用的激光辐射源的能力以及这些能力可以与被加热的材料的吸收系数匹配得有多好。显然，当使用包括许多不同地调谐的单独激光辐射源的激光辐射源时，可以在导致在材料中适当吸收波长处产生辐射，使得期望的有效吸收系数 α_{eff} 能够被高精度地再现。然而，即使在仅具有有限数量的可用波长的系统中，由加权因子提供的自由度可以被运用达到良好效果以获得对有效吸收系数 α_{eff} 的期望的值的接近近似值。

[0014] 根据本发明的方法的优点在于包含在激光辐射束中并应用于预成型件的能量将被最优地沉积，即被预成型件吸收。相比于现有的加热技术，在根据本发明的方法中，能量更均匀地、优选地基本均匀地沉积在整个预成型件材料上。因为预成型件的有效吸收系数是基于预成型件的半径和材料厚度来选择的，所以有效吸收系数精确地适合这种类型的预成型件。使用这个有效系数作为靶子或目标，那么“编译”包括激光辐射波长谱的激光辐射束是可能的，该激光辐射束在被引导至预成型件处时将根据有效吸收系数来加热预成型件。

[0015] 令人惊讶地是,已经观察到,实现在预成型件壁中的期望的温度廓线所必需的有效吸收系数不一定与记录在该预成型件材料的吸收光谱中的最大吸收的值相一致。

[0016] 因此,有效吸收系数(以及其他参数)可以优选地被选择成使得能量吸收密度在整个预成型件体上是基本均匀的。相比现有技术的方案,这允许更有能效的加热工艺,而在现有技术的方案中,在预成型件的方向上辐射过量的红外能量,但是该红外能量在很大程度上被浪费。此外,使用根据本发明的方法,避免了预成型件的区域中的局部过热,使得无需现有技术的方案所需要的低效且昂贵的冷却。

[0017] 根据本发明的用于控制预成型件加热系统的激光辐射产生单元的驱动装置包括:用于获得预成型件几何参数、预成型件吸收光谱和预成型件的期望的温度廓线或温度梯度的输入接口;和选择装置,用于基于预成型件几何参数和期望温度廓线选择有效吸收系数;和激光参数编译器模块,用于基于预成型件材料的对应吸收系数编译激光波长谱来满足有效吸收系数,且用于基于期望的相对有效吸收系数来选择激光辐射束的激光束宽度。该驱动装置还包括:输出接口,其用于向激光辐射产生单元提供涉及所选择的激光辐射波长谱和激光束宽度的控制信号。

[0018] 从属权利要求和后续的描述公开了本发明的特别有利的实施例和特征。

[0019] 由于有效吸收系数取决于预成型件的半径,因此有效吸收系数优选地以两步骤的方式导出:在第一步骤中,基于期望的温度廓线、预成型件半径以及材料厚度来选择预成型件的期望的相对有效吸收系数。在第二步骤中,随后从相对有效吸收系数导出有效吸收系数。

[0020] 术语“相对有效吸收系数”($\alpha_{\text{eff}} \cdot R$)被理解成是有效吸收系数 α_{eff} 乘以预成型件的半径 R 。它是给出了对热能被预成型件吸收的方式的指示的值。相对有效吸收系数值的集合可以独立于预成型件的材料而被确定,并且可以被可视化为点空间内的点的区域,该点空间由借助于预成型件厚度与预成型件半径的比率以及借助于激光辐射束宽度与预成型件半径的比率而给定的范围界定。稍后将借助于图表来更详细地说明这一点。

[0021] 相应地,驱动装置的选择装置优选地包括:选择模块,用于基于预成型件几何参数和期望的温度廓线来选择相对有效吸收系数;以及导出模块,用于从相对有效吸收系数导出有效吸收系数。

[0022] 虽然相对有效吸收系数可以从包含极端值(例如极窄或极宽的激光束,或者相对于半径来说极薄或极厚的预成型件壁)的宽范围中选择,但是一般来说,期望的相对有效吸收系数将位于更小的实际范围内。因此,根据本发明,加热预成型件的方法包括:产生包括具有被(基于预成型件材料的吸收光谱的一个或多个吸收系数)编译的波长谱的激光辐射的激光辐射束以满足有效吸收系数,使得当激光辐射束被引导至预成型件处时根据在 1.0-4.0 的范围内、更优选在 2.0-3.5 的范围内、且最优选在 2.5-3.0 的范围内的期望的相对有效吸收系数来加热预成型件。于是对于壁既不是极厚也不是极薄的通常类型的预成型件,可以针对使用可行的激光束宽度而获得的期望温度廓线选择有用的相对有效吸收系数。优选地,如果可以利用所选择的相对有效系数实现期望的温度廓线,则该相对有效系数可以从所给定的上限中选择,这是因为观察已表明,当使用来自该上限的这样的值作为基础来编译激光束时,这样的值导致在加热期间贯穿预成型件的非常有利的能量吸收密度。有效吸收系数能够基于仅单个波长的激光辐射来获得;然而,使用多个激光波长来编译满

足期望的有效吸收系数的适当的光谱可能是更有益的,这是因为多个激光的使用允许更加灵活地调节辐射光谱以适应改变的需求,例如从一种预成型件材料改变成另一种,或者从一个预成型件尺寸改变成另一个等等。

[0023] 激光辐射束的宽度可以从近点(当激光束作为窄的光束产生时)扩展到宽线(当例如激光束呈扇形散开时)。到达目的地(在这种情况下为预成型件)的激光辐射的强度将取决于激光束的有效宽度。通常,宽光束的边缘不如窄光束的边缘限定清晰。典型地,激光辐射的辐照度在光束中心处是最强的,并且朝向光束的外边缘下降。激光束的“有用的”宽度可以通过多种方式限定,例如通过使用“半高全宽”(FWHM),即,光束的辐照度在其最大值一半处的两点之间的光束宽度。

[0024] 在本发明方法开发期间,已经观察到,被引导至预成型件处的激光束的宽度也影响加热工艺。窄的点状的辐射束可以加热预成型件的“斑点”区域,而宽的扇形辐射束可以加热预成型件的“带状”区域。此外,激光束宽度也影响预成型件壁内部的温度廓线:对于窄的光束,在预成型件内部比外部更容易实现更高的温度,然而使用宽激光束来获得这样的温度梯度则困难得多。因此,在根据本发明的方法中,激光辐射束的光束宽度被优选地确定成使得光束宽度的值除以预成型件半径的值小于或等于 0.5,更优选小于或等于 0.1,并且产生激光辐射束的步骤包括:根据所确定的光束宽度来成形激光辐射束。在该范围内选择相对光束宽度的值允许非常有利地选择相对有效吸收系数,就像上面描述的那样。

[0025] 通常,由于涉及复杂的电子学,激光辐射源将处于相对于预成型件的固定位置处,预成型件可以被传输以便以适当速度经过激光辐射源。通常,预成型件被垂直保持并水平移动通过炉,但是显然,炉可以被构造成预成型件可以以任何合适方式在其中被保持和传输。因为预成型件一般被移动经过激光辐射源,所以这些激光辐射源明显地不能完全围绕预成型件。因此,为了确保均匀加热,预成型件优选地绕纵轴旋转,由此该纵轴的取向相对于入射的激光辐射束的主轴而言基本是横向的。例如,激光辐射束可以被水平引导至经过的预成型件处,并且预成型件可以绕垂直轴旋转,使得激光辐射束的主轴基本与预成型件表面垂直地撞击该预成型件。

[0026] 某个“温度廓线”可以利用激光束的所选光谱组成和形状来获得。例如,已经观察到,当使用“宽”光束加热时以及当激光束光谱已经被编译来满足具有来自以上给定的上限的值(例如约 4.0 的值)的相对有效吸收系数时,特定的预成型件在外部可以比在内部展现出更高的温度。当使用窄光束加热时以及当激光束光谱已经被编译以便创建具有来自以上指定的下限的值(例如与 2.0 接近的值)的相对有效吸收系数时,该相同预成型件可以展现出更高的内部温度。因此,在本发明的特别优选的实施例中,期望的相对有效吸收系数是基于在加热期间在预成型件外部区域和内部区域之间实现的特定的温度梯度来选择的。例如,预成型件加热系统的控制器可以决定预成型件被最好地加热以使得预成型件的内部比外部热。使用这一点作为性能目标,并且知道预成型件的几何结构,控制器可以选择对应的相对有效吸收系数和适当的光束宽度,使得利用合适的波长谱来编译并相应地调控激光辐射束。

[0027] 当所编译的激光辐射导致满足期望的温度廓线的温度梯度时,例如“内部比外部略热”,温度的绝对值可能受到辐照持续时间影响。将预成型件暴露于激光辐射更长持续时

间将导致在整个预成型件上更高的温度,同时总体温度梯度持续满足期望的温度廓线。

[0028] 使用根据本发明的方法,预成型件内部能够达到比外部更高的温度,使得后续的吹塑步骤可以执行,并且使得成品(如饮料容器)的质量令人满意地高。此外,与经常导致预成型件过热的外表面的现有技术形成对照,还可以实现预成型件体的非常均匀的加热。

[0029] 然而,取决于例如预成型件的材料,在预成型件壁中的全内反射的发生可以导致在预成型件的内表面或内部区域处温度过高的情况。

[0030] 下面,描述可以微调预成型件的内部温度的多个方案。在本发明的一个优选实施例中,预成型件的内部区域的温度借助具有特定折射率的折射元件来调控,该折射元件位于预成型件的空腔中。这种折射元件可以简单地是插入预成型件空腔中的杆或类似物体,并且被成形为使得它整齐地(neatly)适合空腔。优选地,选择该折射元件的材料,以使得折射元件的折射率与预成型件的折射率接近地匹配。例如,折射元件可以是与预成型件材料相同的材料或者是与预成型件材料非常类似的材料。于是,任何经过预成型件的辐照在预成型件的内表面将不再经受全内反射,而是将经过折射元件并继续在另一侧上通过预成型件体显现。通过这种方式,确保了不期望的过剩的能量不被沉积在预成型件的内部区域。折射元件可以是固体,但同样可以是液体,如合适的油,或者甚至是水,这取决于期望的折射属性。

[0031] 位于预成型件空腔中的折射元件的使用可以使激光辐照能量有效地分布。然而,取决于预成型件材料、预成型件的几何结构和激光辐射源的选择,激光辐射的一些过剩部分的“处置”可能是所期望的。因此,在本发明另一个优选实施例中,可以借助置于预成型件空腔中的热吸收器来调控预成型件内部区域的温度,所述热吸收器吸收部分激光辐射能量。以此方式,过剩的能量不是简单地被重新引导至预成型件的另一个区域,而是可以被部分或全部“移除”。该吸收器的材料可以基于它的吸收属性(例如吸收所使用的波长或所使用的一些或大部分波长的激光辐射)来选择。热吸收器可以是固体,液体或者任何合适状态。例如,预成型件可以在它们经过炉的路径上被悬挂使得它们的开口端朝上,并且热吸收器可以简单地是倒入空腔中并且随后在预成型件通过吹塑而被成形之前再次被倒出的水。

[0032] 预成型件通常围绕轴旋转,如上所述,使得激光辐射的热能在整个预成型件体上有效分布。在本发明另一个优选实施例中,热吸收器包括能量吸收材料的半圆柱体,该半圆柱体相对于预成型件是基本固定的。

[0033] 驱动装置优选地装备有存储器用来存储涉及针对不同的预成型件几何结构、激光束宽度和所得到的温度廓线的相对有效吸收系数的信息。这样的存储器可以适当地以查找表(LUT)或图的形式存储信息。例如,可以针对多种预成型件几何结构、激光束宽度和温度梯度采集相对有效吸收系数数据,并且这些数据被存储为点集。在随后的步骤中,使用不同的预成型件几何结构,可以通过在先前采集的数据的合适的点之间进行插值来确定相对有效吸收系数。自然地,在存储器中储存的数据可以随时更新或增加新的数据点。

[0034] 根据本发明的预成型件加热系统,特别是用于加热预成型件的吹瓶设备,包括:激光辐射产生单元,其用于产生包括处于多个波长的激光辐射分量的激光辐射束;和如上所述的驱动装置,其用于控制激光辐射产生单元;和光束控制器,其用于引导激光辐射束至预成型件处以加热预成型件。

[0035] 任何合适的激光辐射源都可以被用来产生所需的激光辐射束。优选地,激光辐射束应当包括具有可变强度的几个不同的波长或波长范围,使得可变波长谱可以被编译以适合被加热的预成型件的类型。例如,合适的激光辐射产生单元可包括多个半导体激光器,其是紧凑的并且可以被布置在相对较小的(与十分庞大的红外卤素灯相比)适合于照射预成型件的区域。另外,半导体激光器是相对经济的。特别适合的半导体激光器的类型是垂直腔面发射激光器(VCSEL),因为 VCSEL 能通过对活性(active)介质和反射器层的适当选择来调谐以传递某一波长的辐射,如本领域技术人员将已知的。因此,根据本发明的预成型件加热系统的激光辐射产生单元优选包括多个 VCSEL,例如一组 VCSEL,其中每个 VCSEL 覆盖在光谱的不同区域中的波长范围,特别是在光谱的红外范围中的波长范围。借助于这样的一排 VCSEL,“混合”或“编译”具有匹配某个预成型件的波长的波长谱特别简单,使得预成型件可被最优地加热。针对这种激光辐射源编译的波长谱可以适当地包括离散的波长或者连续的波长。

[0036] 对于某些类型的预成型件,产生在窄波长范围内的辐射以用于加热工艺的“微调”可能足够了,同时利用可替代热源实施基本加热。因此,在本发明的另一个优选实施例中,除了上面描述的激光辐射产生单元之外,预成型件加热系统包括红外辐射源,例如多个卤素灯。

[0037] 应当理解,本发明的预成型件加热系统和本发明的加热预成型件的方法具有相似和/或相同的优选实施例,特别地,如本发明所限定的优选实施例。

[0038] 应当理解,本发明的优选实施例也可以是从属权利要求和相应独立权利要求的任意结合。

[0039] 本发明的其他目的和特征将根据下面的结合附图考虑的详细描述而变得明显。然而,应当理解,附图仅仅出于说明的目的而设计,而不是作为本发明的范围的限定。

附图说明

[0040] 图 1 示出通过预成型件的简化的横向横截面和简化的纵向横截面;

[0041] 图 2 示出在以现有技术加热的预成型件的外部区域中的不期望的过热的发展;

[0042] 图 3 示出在制造预成型件中使用的示例性材料的简化的吸收光谱;

[0043] 图 4 示出相对于通过预成型件的横向横截面的激光辐射束的辐照度分布,指示当使用根据本发明的方法加热预成型件时通过该预成型件的激光辐射所采取的路径;

[0044] 图 5 示出根据本发明的方法中使用的相对有效吸收系数的一组特性曲线;

[0045] 图 6a 示出通过预成型件的横截面以及通过预成型件的两个示例性辐射线所采取的路径;

[0046] 图 6b 示出通过预成型件的横截面以及在根据本发明的预成型件加热方法中用于折射激光辐射的折射元件;

[0047] 图 6c 示出通过预成型件的横截面以及在根据本发明的预成型件加热方法中用于吸收激光辐射的第一热吸收器;

[0048] 图 6d 示出通过预成型件的横截面以及在根据本发明的预成型件加热方法中用于吸收激光辐射的第二热吸收器;

[0049] 图 7 示出包括根据本发明实施例的驱动装置的吹瓶设备;

[0050] 图 8a 示出使用根据本发明的方法的针对预成型件横截面的射线追踪模拟和第一加热廓线；

[0051] 图 8b 示出使用根据本发明的方法的针对预成型件横截面的射线追踪模拟和第二加热廓线；

[0052] 在附图中，同样的数字始终指代同样的物体。图表中的物体不一定按比例绘制。

具体实施方式

[0053] 图 1 示出通过预成型件 1 的本体 3 的横向横截面和纵向横截面。准备用作饮料容器或瓶的预成型件 1 已以螺纹状颈部 2 为特征，与预成型件 1 的本体 3 相反的，该螺纹状颈部 2 通常不经受任何加热，因而在很大程度上保持不受对加热的预成型件本体 3 的后续吹塑的影响。预成型件 1 的空腔 4 可以在预成型件经过炉或熔炉的路径期间用于使预成型件 1 固定，因为吹瓶设备经常被称为 (termed by) 例如预成型件被置于其上的杆或针。而当预成型件被加热时，它可以围绕它的纵轴 5 旋转。当在炉中加热时，预成型件 1 的本体 3 变热并软化，结果使得在后续的处理步骤中，在某一压力下强迫进入预成型件 1 的空腔 4 的空气使预成型件本体 3 膨胀。预成型件 1 外部的合适的成形装置可以用于成形饮料容器，例如给出凹槽或凹痕以使得容器易于保持。在现有技术的卤素炉中，其中红外辐射是由成行排列在炉壁上的多个卤素灯泡发射的，预成型件基本上是通过热传导从外部到内部来加热。因为热传导可能是相当缓慢的，常常出现一个问题，即，当预成型件内部区域暖到足以用于后续吹塑步骤时，预成型件的外部区域 H 已经变得过热了。由图 2 中预成型件 1 的壁中的区域 H 示出这种不想要的过度加热。

[0054] 图 3 示出一种如典型地在预成型件制造中使用的 PET 材料的吸收光谱。该图示出吸收系数 α (每 mm) 与波长 λ (以纳米为单位) 的对应关系。图中出现在某些波长处 (例如在约 1700nm 和 1900nm 处) 的峰值对应于高吸收，使得在这些波长处的辐射被吸收得特别好，使得在这些波长处的辐射中的能量在预成型件的本体中被转化为热能。在其他波长处 (例如在 400nm 到 1000nm 之间的区域中) 的辐射有效地穿过预成型件而没有被吸收。在特定波长处的吸收系数可以例如使用下面的关系式通过实验确定：

$$[0055] \quad \alpha_{\lambda} = -\frac{1}{t_m} \cdot \ln \left(\frac{I_{\lambda}}{I_0} \right) \quad (2)$$

[0056] 其中， α_{λ} 是在波长 λ 处的吸收， I_0 是入射的辐射强度 (如果材料的反射率是不可忽略的，入射强度必须被相应地校正)， I_{λ} 是透射的强度，且 t_m 是测试材料的厚度。这样的数据是材料的特性且通常由制造商提供或者可被容易地测量。

[0057] 图 4 示出了引导至在预成型件 1 处的激光辐射束 L 沿着相对于预成型件 1 的纵轴 (未示出) 横向的主轴 40 的辐照度分布。这里，以横向横截面示出预成型件 1，其具有半径 R 和壁厚度 t，预成型件 1 的中心位于 x 轴和 y 轴交叉点处。z 轴垂直于由 x 轴和 y 轴给定的平面，并且对应于与经过炉时预成型件 1 可能围绕其旋转的纵轴。激光辐射 L 展现于 $\exp(-(y^2+z^2)/B^2)$ 成比例的正态或高斯分布 $I_{\text{laser}}(y, z)$ ，其具有有效激光束宽度 B，在该宽度处强度下降到它的最大值的 $1/e$ 。因为本发明仅仅与能量吸收密度的径向依赖有关， I_{laser} 的 z- 依赖在随后的考虑中被忽略。

[0058] 路径 t_1 、 t_2 和 t_3 是在穿过由下式给定的半径 r 内的预成型件壁中的层的路途上的示例性激光辐射线：

$$[0059] \quad r = R - t + \gamma \cdot t \quad (3)$$

[0060] 其中, $0 \leq \gamma \leq 1$ 。在穿过材料厚度 Δt 的路途上, 激光辐射强度减少了因子 $e^{-\alpha \cdot \Delta t}$, 导致在 x 方向附加的依赖性。为了确定由于沿着路径 t_1 、 t_2 被吸收的激光辐射的缘故而在预成型件 1 的环形区域 41 中的总能量吸收 $P^{(i)}$, 必须计算关于吸收密度的积分, 从而给出如下的表达式：

$$[0061] \quad P^{(i)} = 2e^{-\alpha \left[\sqrt{R^2 - y^2} - \sqrt{(R-t)^2 - y^2} \right]} \cdot \sinh \left\{ \alpha \left[\sqrt{(R-t+\gamma \cdot t)^2 - y^2} - \sqrt{(R-t)^2 - y^2} \right] \right\}$$

(3. 1)

[0062] 类似地, 对于在环形区域 41 中的路径 t_3 , 总能量吸收 $P^{(ii)}$ 由下式给出：

$$[0063] \quad P^{(ii)} = 2e^{-\alpha \left[\sqrt{R^2 - y^2} \right]} \cdot \sinh \left\{ \alpha \left[\sqrt{(R-t+\gamma \cdot t)^2 - y^2} \right] \right\}$$

(3. 2)

[0064] 对公式 (3. 1) 从 $|y| = 0$ 到 $R-t$ 求积分, 以及对公式 (3. 2) 从 $|y| = R-t$ 到 $R-t+\gamma \cdot t$ 求积分, 利用激光辐射 L 的平面内高斯分布 $\exp(-y^2/B^2)$ 加权, 得出用于在具有内径 $R-t$ 和厚度 $\gamma \cdot t$ 的中空圆柱体的平面内的能量吸收的下述表达式：

$$[0065] \quad P_{sum} = 2 \int_0^{R-t} P^{(i)} e^{-\frac{y^2}{B^2}} dy + 2 \int_{R-t}^{R-t+\gamma \cdot t} P^{(ii)} e^{-\frac{y^2}{B^2}} dy \quad (3. 3)$$

[0066] 最后, 必须计算 $dP_{sum}/d\gamma$, 因为吸收是预成型件壁内的深度的函数。因为 P_{sum} 与吸收密度从 $r=R-t$ 到 $r=R-t+\gamma \cdot t$ 的积分 $P(r)$ 成比例, 由于 $dP_{sum}/d\gamma = 2\pi r \cdot t \cdot P(r)$, 于是：

$$[0067] \quad P(r) = \frac{1}{\pi \cdot t \cdot (R-t+\gamma \cdot t)} \left\{ \int_0^{R-t} \frac{\partial P^{(i)}}{\partial \gamma} e^{-\frac{y^2}{B^2}} dy + \int_{R-t}^{R-t+\gamma \cdot t} \frac{\partial P^{(ii)}}{\partial \gamma} e^{-\frac{y^2}{B^2}} dy \right\}$$

(3. 4)

[0068] 只要在内部的能量吸收密度与外部能量吸收密度之间的比率大于 1, 即

$$[0069] \quad \frac{P(r=R-t)}{P(r=R)} > 1 \quad (4)$$

[0070] 预成型件的内侧或内部区域将如期望的那样被加热到比预成型件外侧或外部区域相对更高的程度。

[0071] 可以通过用一个共同的参数表达某些描述性参数获得特性相对变量。这里, 预成型件壁厚 t 、激光束宽度 B 和吸收系数 α_{eff} 与预成型件外径 R 结合以给出下面的无量纲组合：

[0072] t/R 相对预成型件厚度

[0073] B/R 相对激光束宽度, 和

[0074] $\alpha_{eff} \cdot R$ 相对有效吸收系数。

[0075] 因此,对于多种不同的预成型件几何结构和激光束宽度,相对有效吸收系数的值可以被计算和绘图以给出一系列特性曲线,如图 5 所示,对于该相对有效吸收系数而言,

$$[0076] \quad \frac{P(r=R-t)}{P(r=R)} = 1 \quad (5)$$

[0077] 成立。该图示出使得满足条件(5)的情况下而获得的相对有效吸收系数 $\alpha_{null} \cdot R$ 的一组曲线图,并且对于这组曲线图而言,下述公式成立(对于给定的预成型件半径 R):

$$[0078] \quad \begin{aligned} & \frac{P(r=R-t)}{P(r=R)} > 1 && \text{对于 } \alpha < \alpha_{null} \\ & \frac{P(r=R-t)}{P(r=R)} < 1 && \text{对于 } \alpha > \alpha_{null}, \end{aligned} \quad (6)$$

[0079] α_{null} 的上下文中的术语“null”意指在预成型件的内部区域和外部区域之间的能量吸收水平基本没有差异。

[0080] 为了验证上述计算的有效性,针对预成型件特性几何参数 t/R 的不同值并针对相对激光束宽度 B/R 的不同值测量预成型件外部区域与内部区域之间的温度梯度。通过高温测定法获得的这些实验测量结果给出了能量吸收密度 $P(r=R)$ 和 $P(r=R-t)$ 的直接指示,其与使用上述公式获得的预测的值相匹配。

[0081] 基于图 5 的特性曲线,有可能确定针对特定预成型件满足公式(4)给定的条件的实际范围,因为每条曲线表示一个相对有效吸收系数 $\alpha_{null} \cdot R$ 。从特性 $\alpha_{null} \cdot R$ 曲线“下面”选择的且用作用于组装对应的激光辐射束的性能目标(使用公式(1)和公式(2)以及该材料的吸收光谱)的有效吸收系数 α_{eff} 将导致预成型件内部区域的更强的加热。另一方面,使激光辐射束编译基于来自 $\alpha_{null} \cdot R$ 曲线“上面”的有效吸收系数 α_{eff} 将导致外部区域的更强加热。

[0082] 例如,考虑半径为 10mm 的预成型件和特性几何参数 $t/R=0.5$ 的预成型件,即,预成型件的半径是预成型件的壁厚度的两倍大。该几何结构对应于源自 x 轴上的点 0.5 的虚的垂直线。0.5 的相对光束宽度 B/R (即激光束仅是预成型件宽度的一半)与特性 $\alpha_{null} \cdot R$ 曲线 51 相关联,该曲线与所述虚线在约 2.4 的值处相交。至于半径 10mm 的预成型件,这给出了有效吸收系数 α_{eff} 为约 0.24,其可以用作波长和强度被选择以满足公式(1)的目标。用于代替 α_{λ} (针对所选的激光波长 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$) 的吸收系数实际值被从预成型件材料的吸收光谱中推断出。选择总和为 1.0 的加权因子 $w_1, w_2, \dots, w_n$,使得在公式(1)中整体和(或者积分,视情况而定)得出所选择的 α_{eff} 值。

[0083] 利用选自特性 $\alpha_{null} \cdot R$ 曲线 51 上交叉点的有效吸收系数 α_{eff} 的该值,可以确保预成型件的均匀加热。另一方面,若期望预成型件内表面的加热程度比外表面更大,应该从特性 $\alpha_{null} \cdot R$ 曲线 51 下面选择相对有效吸收系数 $\alpha_{eff} \cdot R$,例如 2.0 的值,从而给出 α_{eff} 为

0.2 的有效吸收系数用于我们的实例。通过使用该有效吸收系数值作为编译激光辐射束的目标,获得期望的温度廓线。同样地,外部区域比内部区域加热程度更大的加热廓线可以通过从特性 $\alpha_{\text{null}} \cdot R$ 曲线 51 上面选择相对有效吸收系数 $\alpha_{\text{eff}} \cdot R$ 获得,例如 3.0 的值,从而给出值为 0.3 的有效吸收系数 α_{eff} ,然后其被用于公式(1)中作为确定期望的波长和来选择适当的强度目标。在大多数实际情况中,因为预成型件几何结构很少是极端的,即,预成型件的壁厚很少是相对于半径来说非常薄或非常厚的,并且因为激光束宽度通常既不是特别宽也不是非常类似点状,因此可以从由虚线围绕的矩形 50 内选择有利的相对有效吸收系数 $\alpha_{\text{eff}} \cdot R$ 和实际的相对光束宽度 B/R 。

[0084] 如上所述,根据本发明的方法允许在预成型件内部区域比外部区域有利地达到更高的温度。接下来,描述多个措施,这些措施可以在被判断为有利于限制或者减少内部预成型件区域的加热水平情况下被实施。

[0085] 图 6a 示出中空预成型件 1 和激光辐射的两个示例性入射线 L_1 、 L_2 。第一射线 L_1 进入预成型件 1 的壁并且在作为折射线 L_{11} 离开预成型件 1 之前在内部预成型件 / 空气接口处经受全内反射(TIR)。第二射线 L_2 进入预成型件 1 的壁并且在作为折射线 L_{21} 离开预成型件 1 之前在穿过壁、空腔 4 和再次穿过壁时经受折射。如图所示,在材料内部的有效路径长度可以变得相对较长,但对于经受 TIR 的射线来说也可以变得空间集中,导致在区域 H_1 内吸收增加。该区域 H_1 因此可以变得有些过热。为了确保在根据本发明的加热工艺期间预成型件的内表面或内部区域温度不变得过高,即使期望温度廓线指定预成型件应当“在内部更热”,可以将合适的元件插入到预成型件的空腔内以防止过热。在下面的图中,为了清楚,在附加元件和预成型件之间示出一个明显的间隙,但是在实际中该元件可设计成紧密或精确适合空腔。

[0086] 图 6b 示出通过预成型件 1 的横截面,其中折射元件 60 已经插入空腔中。这里,折射元件 60 被选择为它具有有利的折射率,其与预成型件 1 的折射率接近或相同。例如,折射元件 60 可以是与预成型件 1 相同的材料,并且可以形成以基本精确地适合预成型件 1 的空腔。以此方式,进入预成型件的射线 L_1 将不会如图 6a 的情况那样经受 TIR,但是将在再次进入在更远距离处的预成型件壁且然后作为折射线 L_{12} 离开预成型件之前穿过折射元件 60 (在途中其损失一些能量)。

[0087] 在另一种抑制在预成型件内部区域“过剩”吸收的方案中,取代重定向激光辐射线,可以由置于预成型件 1 空腔内的合适的热吸收器来吸收射线的过剩能量。图 6c 示出包含这样的热吸收器 61 的预成型件 1。辐射线 L_1 、 L_2 在到达热吸收器 61 之前穿过预成型件 1 的壁,其中它们的能量被吸收,以使得这些射线被吸收器 61 有效地“终结”。图 6d 示出折射元件 62 仅仅占据空腔约一半的预成型件 1。这可能更为经济,特别是假如在穿过炉的同时仅预成型件(而不是吸收器 62)被例如沿着所示的方向 RD 旋转。穿过预成型件 1 的壁并且进入空腔 4 的辐射线 L_2 将撞击热吸收器 62 的平面并且被终结。热吸收器 61、62 可以是任意的合适材料,甚至是水。例如,假如预成型件被悬挂,且它的颈部端或开口向上,则在预成型件进入炉之前空腔 4 可以简单地用水填充。

[0088] 图 7 示出使用根据本发明的驱动装置 7 的预成型件加热系统 10 的框图。驱动装置 7 包括输入接口 70,其用于输入预成型件几何参数,例如预成型件半径 R 和壁厚度 t 。例如,系统控制者可以通过键盘手动地输入这些参数,或者使得从先前储存的信息的数据库

71 中得到这些参数。另外的参数,比如描述预成型件材料的吸收光谱的数据(若材料类型是已知的),以及用于被加热预成型件的期望的温度廓线 T_d 也能够被手动输入或者从数据库 71 得到。这些参数可以被作为合适的数字输入提供。选择模块 72 基于预成型件参数和期望的温度廓线选择或确定相对有效吸收系数 $\alpha_{\text{eff}} \cdot R$ 。再者,描述可行的相对有效吸收系数的信息可以从数据库 71 或存储器 71 得到。导出模块 73 从相对有效吸收系数 $\alpha_{\text{eff}} \cdot R$ 导出有效吸收系数 α_{eff} , 并且激光参数编译器模块 74 编译具有多个激光波长 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 的波长谱。基于预成型件材料的吸收光谱的相应的吸收系数,每个激光辐射分量的强度通过由激光参数编译器模块 74 选择以满足根据公式(1)的有效吸收系数 α_{eff} 的加权因子 $w_1, w_2, \dots, w_n$ 限定。激光参数编译器模块 74 还基于期望的或可实现的相对有效系数 $\alpha_{\text{eff}} \cdot R$ 来确定激光束宽度 B。充当位于驱动单元 7 与激光辐射产生单元 9 之间的输出接口 75 的激光控制单元 75 将选择的激光辐射波长 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, 加权因子 $w_1, w_2, \dots, w_n$ 和光束宽度 B 转换为用于激光辐射产生器 9 和波束成形器 76 的合适的控制信号。激光辐射产生器 9 (在此情况下为一排 VCSEL) 被驱动以产生在期望的波长 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 处并具有期望的强度的激光辐射, 并且波束成形器 76 通过这些 VCSEL 成形辐射输出以给出在期望光束宽度 B 处的激光辐射束 L, 并且当一系列预成型件沿着方向 D 被传送穿过预成型件加热系统 10 的炉时该波束成形器将激光辐射束 L 引导至所述一系列的预成型件 1 处。为简化起见,激光辐射 L 用箭头表示,但是本领域技术人员将知道,可以从作为一个“片”或“楔”的波束成形器 76 发射激光辐射,其与一排 VCSEL 一样高并且同激光束宽度 B 所确定的宽度一样宽。诸如选择模块 72、导出模块 73 和激光参数编译模块 74 之类的模块已经被示出为不同的单元,而且共同包括用于激光辐射产生单元 9 的配置装置,但本领域技术人员将清楚这些模块可以容易地实现为软件模块或硬件模块或者可以随意组合。

[0089] 图 8a 示出使用根据本发明的方法的针对预成型件横截面和第一加热廓线的射线追踪模拟。黑暗区域表示差能量吸收区域,而光亮区域表示高吸收区域。该模拟示出使用根据期望的温度廓线选择的激光束加热预成型件的效果,以给出贯穿预成型件本体的基本均化的或均匀的能量吸收密度。如可以从图像中看出,能量沉积将在整个预成型件中相当均匀地分布。

[0090] 图 8b 示出预成型件横截面和第二加热廓线的射线追踪模拟,在此情况下根据加热廓线给出预成型件的内部区域中的较高的能量吸收密度,以及预成型件的外部区域中的较低的能量吸收密度。该图像示出在预成型件的内部区域能量沉积明显更高。以这种方式加热预成型件可能导致在后续的拉伸吹塑阶段中的改进。

[0091] 虽然本发明已经以多个优选实施例的形式被公开,但是应当理解,可以对所述实施例进行附加修改或改变而不脱离本发明的范围。例如,图中示出的预成型件加热系统也可以包括多个卤素灯以用于提供“基本的”热辐照,并且激光辐射源然后可以用于特别地增强辐射光谱的选定部分(即,在激光波长 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 处增大加权因子 w_i) 以实现期望的温度廓线,例如更强地加热预成型件的内部区域。

[0092] 出于清楚的考虑,应理解,贯穿本申请的“一”或“一个”的使用并不排除多个,并且“包括”并不排除其它步骤或元件。“单元”或“模块”可包括多个单元或模块,除非另有说明。

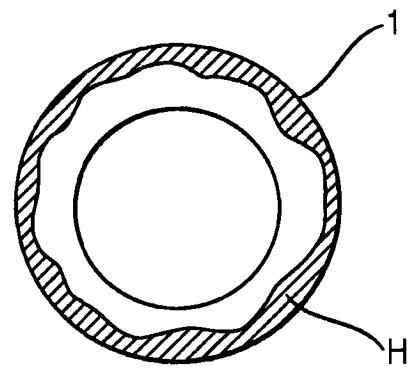
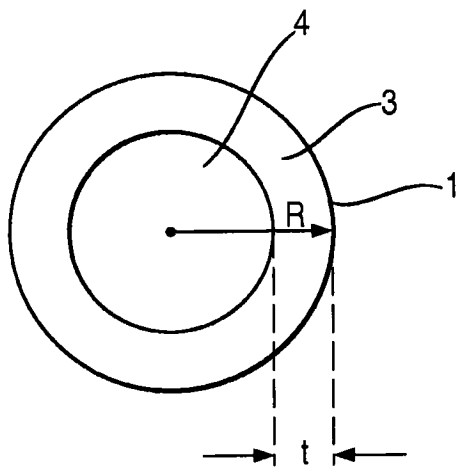


图 2

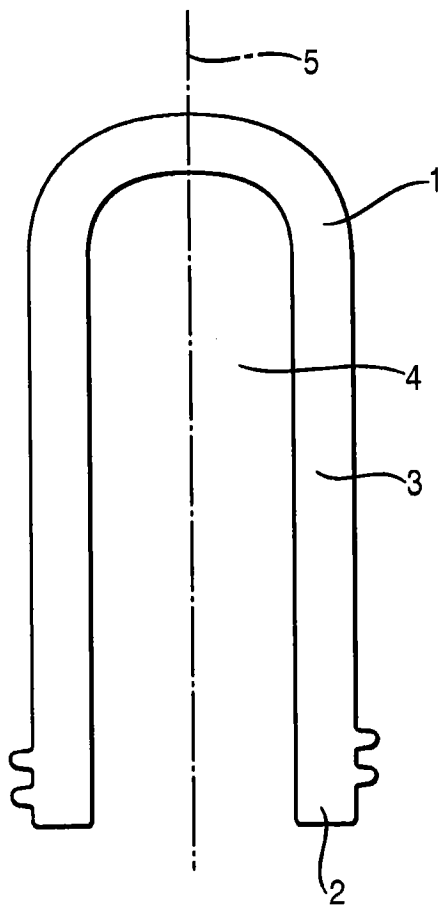


图 1

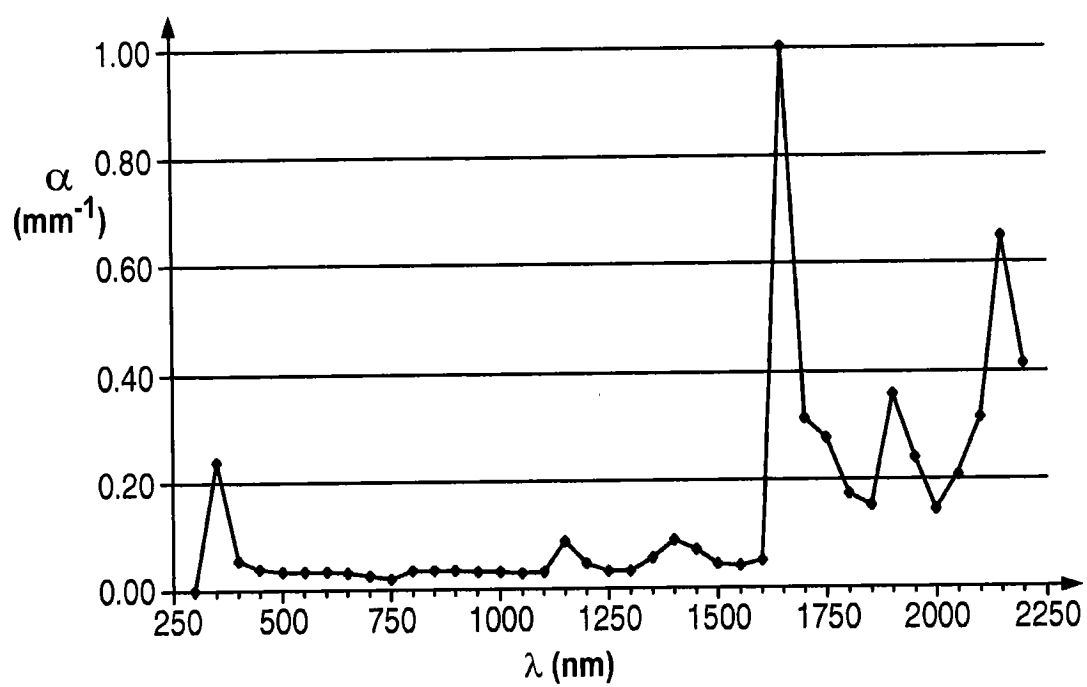


图 3

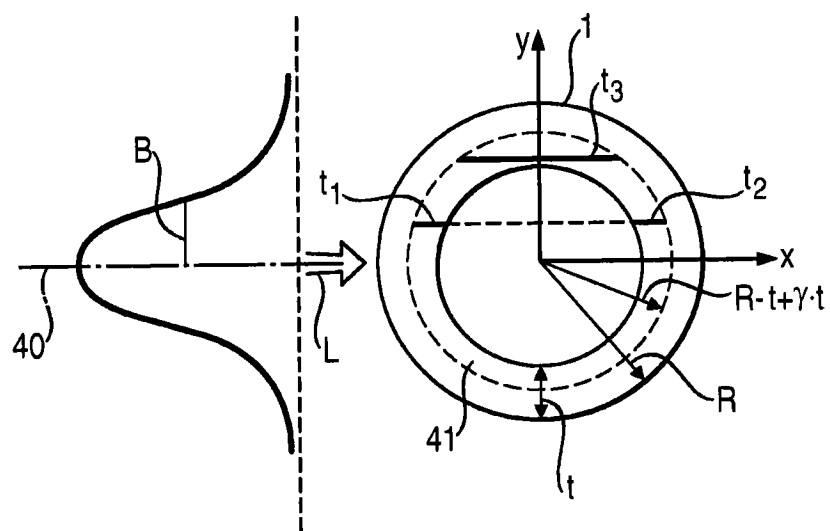


图 4

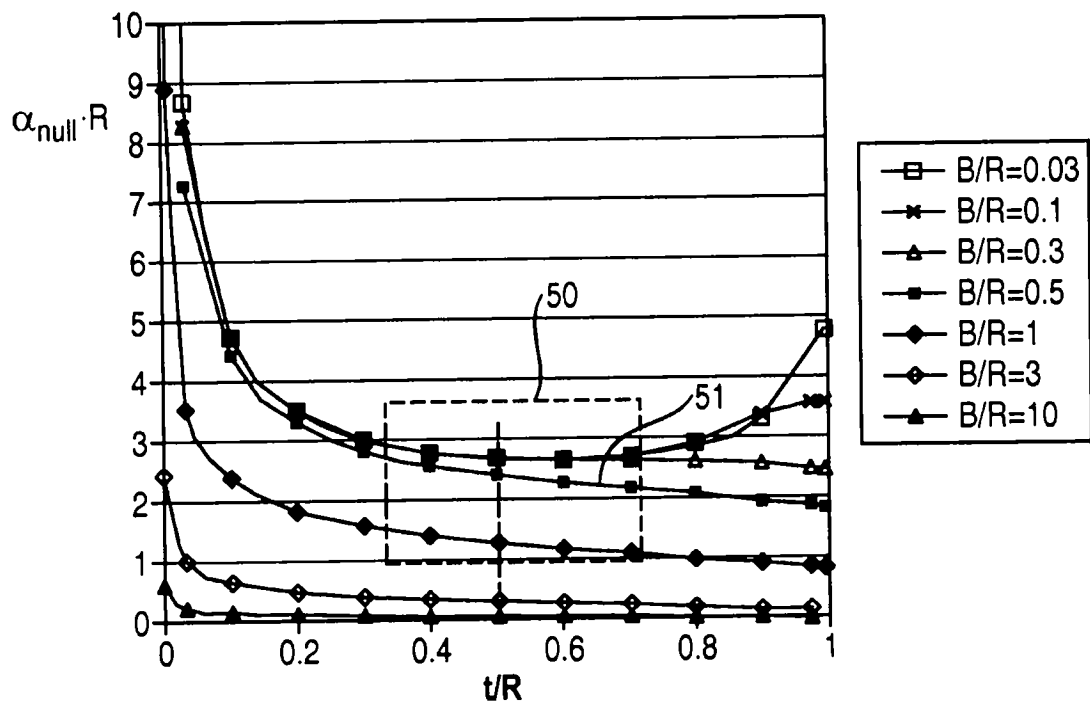


图 5

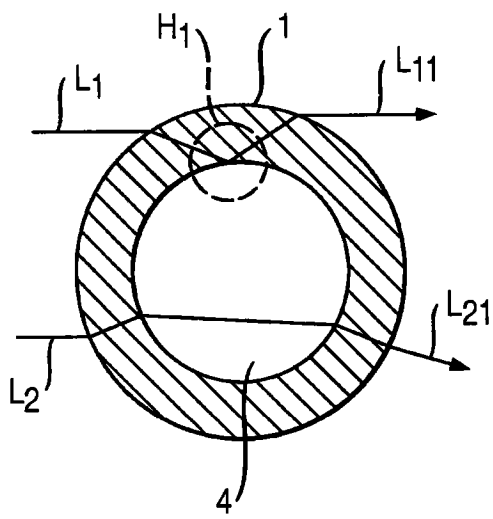


图 6A

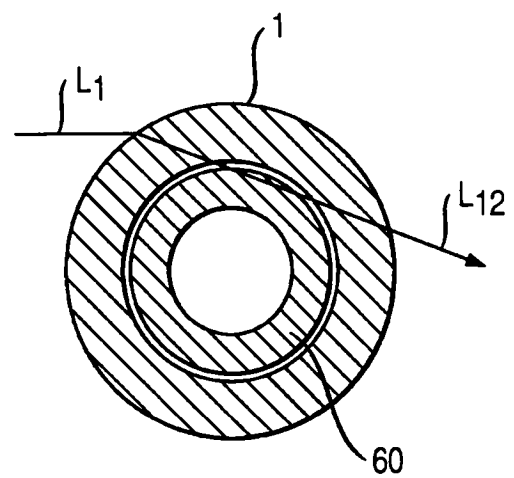


图 6B

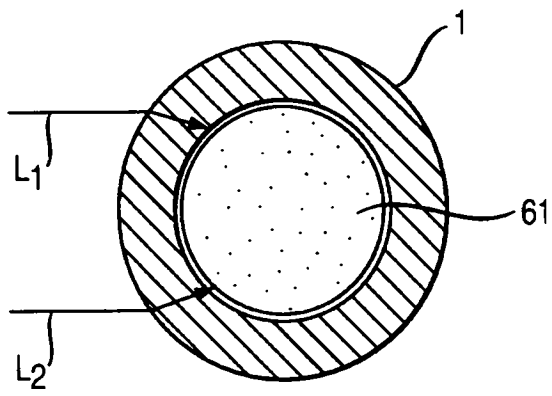


图 6C

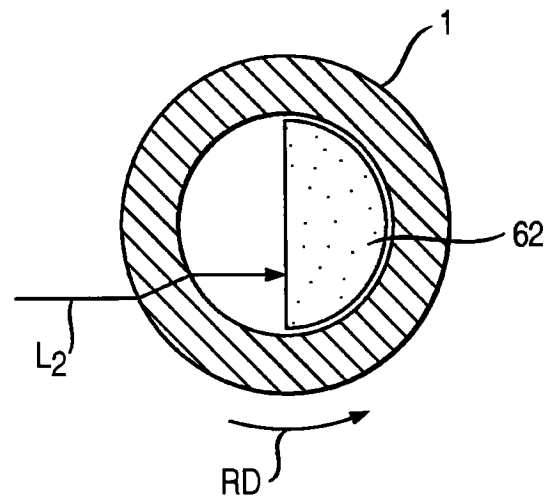


图 6D

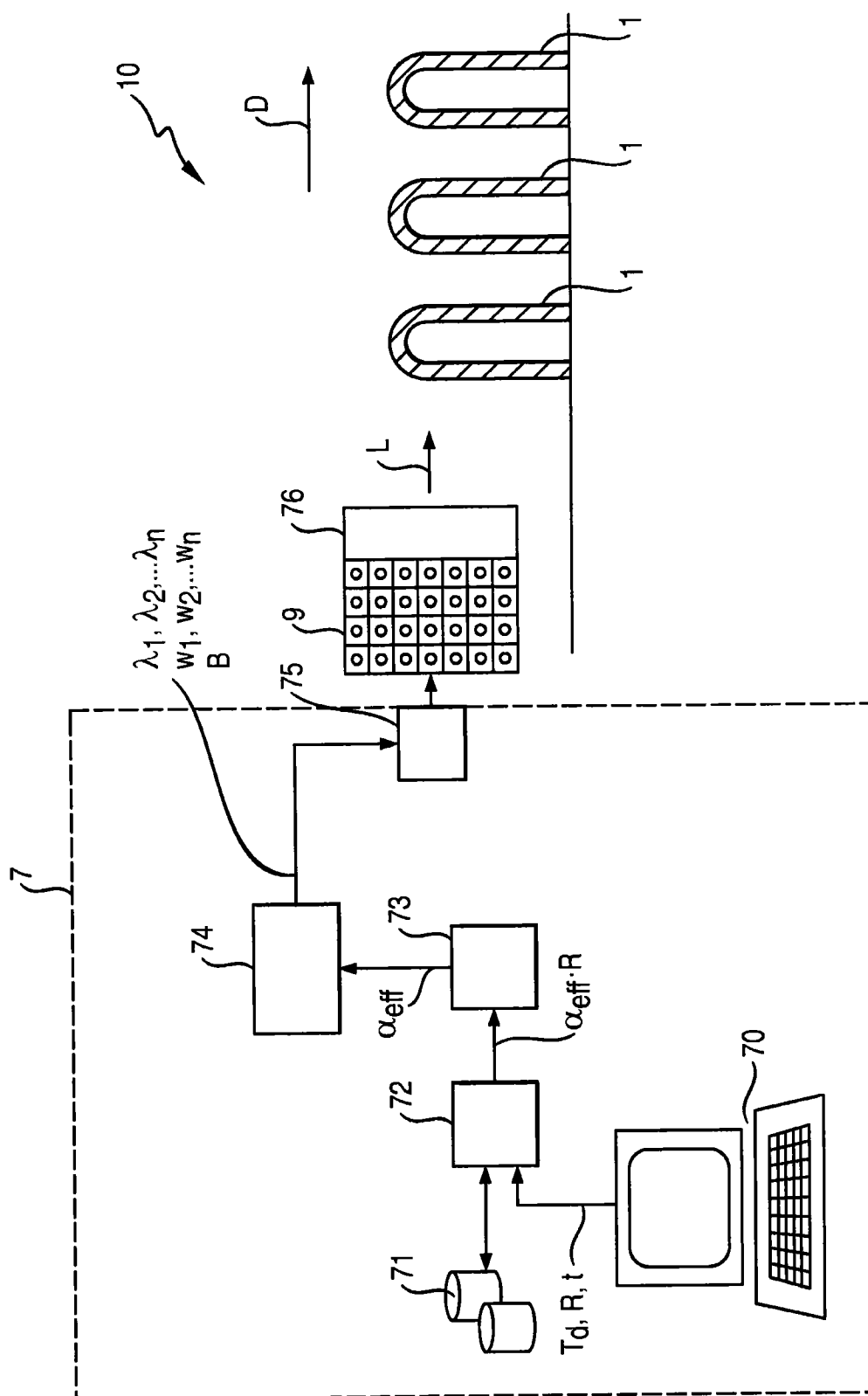


图 7

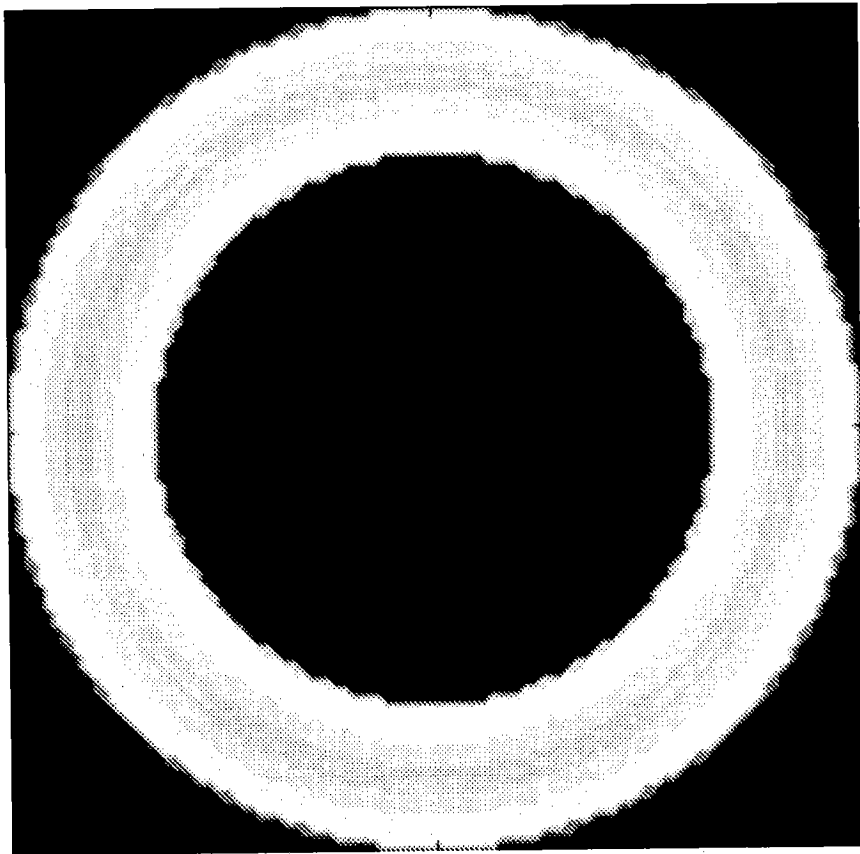


图 8A

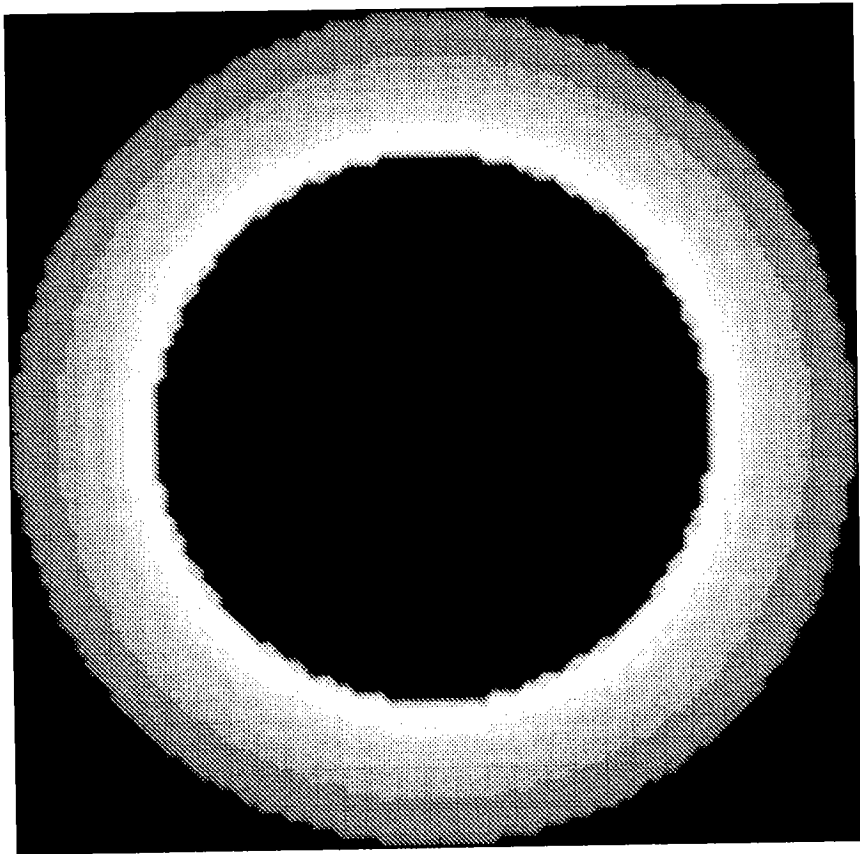


图 8B