



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105319129 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 10

(21) 申请号 201510463337. 0

(22) 申请日 2015. 07. 31

(30) 优先权数据

102014110855. 8 2014. 07. 31 DE

(71) 申请人 肖特股份有限公司

地址 德国美因茨

(72) 发明人 M·海斯 - 周奎特 K·奈特曼

C·欧特曼 M·瑶茨

(74) 专利代理机构 北京思益华伦专利代理事务
所(普通合伙) 11418

代理人 赵飞 郭红丽

(51) Int. Cl.

G01N 3/08(2006. 01)

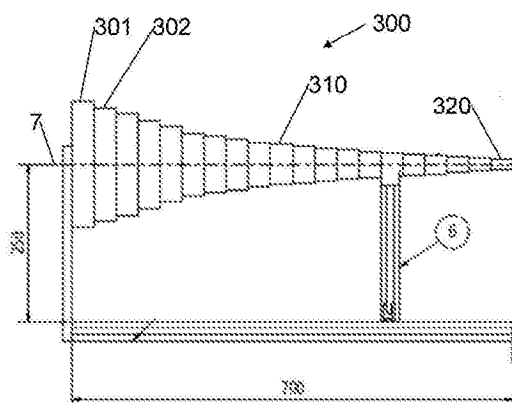
权利要求书5页 说明书29页 附图8页

(54) 发明名称

用于测定脆性 - 断裂材料薄片的边缘的断裂强度的方法和装置

(57) 摘要

本发明涉及用于检测由脆性 - 断裂材料构成的平坦样品的断裂强度的方法和装置。通过材料的圆弧形弯曲使各个样品的边缘承受拉伸应力。



1. 一种用于检测由脆性 - 断裂材料制成的平坦样品 (10)、特别是玻璃片 (10) 的断裂强度的方法, 其中, 该样品 (10) 具有第一侧面 (11) 和第二侧面 (12) 以及至少一个边缘 (13), 并且该第一侧面 (11) 与该第二侧面 (12) 相对置, 该方法针对在机械拉伸应力 σ 下断裂 (15) 源自该样品 (10) 的待检测边缘 (13p), 其中,

- 在该样品 (10) 的一个区段 (15) 中, 该第一侧面 (11) 在该待检测边缘 (13p) 处沿着该待检测边缘 (13p) 承受拉伸应力 σ , 对此,

- 将该样品 (10) 在该待检测的区段 (15) 中弯曲, 以使该样品沿着该待检测边缘 (13p) 弯曲,

对此,

- 将该样品 (10) 在该待检测的区段 (15) 中以限定的曲率压到形状稳定的型板 (20) 的型板表面 (21) 上, 从而

- 将该型板表面 (21) 的曲率强加于该待检测的区段 (15) 上, 其中,

- 使用具有第一弯曲半径 R 的型板表面 (21), 并且在对应于该弯曲半径 R 的机械拉伸应力 σ 下检测该样品 (11) 的断裂强度, 并且

- 以连续减小的弯曲半径 R 以及随之增大的拉伸应力 σ 重复该检测, 直至该样品 (10) 断裂,

并且

- 评估该样品 (10) 在多大的拉伸应力 σ 或者在多大的弯曲半径下会断裂。

2. 根据前述权利要求所述的方法, 其特征在于, 该型板表面 (21) 被圆弧形地弯曲, 并且该样品 (10) 通过被压在该型板表面 (21) 上而被强加有具有弯曲半径 R 的圆弧形弯曲。

3. 根据前述权利要求所述的方法, 其特征在于, 通过使该样品 (10) 沿着该待检测边缘 (13p) 连续地或者逐步地相对于该型板 (20) 移动, 使该样品 (10) 沿着该待检测边缘 (13p) 逐段地弯曲, 从而使得该待检测边缘 (13p) 的扩张区段 (15) 承受机械拉伸应力 σ , 从而使该样品 (10) 的待检测边缘 (13p) 的连续增大的区段 (17) 承受由该型板表面 (21) 的形状预先限定的弯曲, 优选地, 其中,

- 该型板表面 (21) 至少在一个区域 (21) 中具有均匀圆弧形的横截面, 并且该样品的沿着该待检测边缘 (13p) 扩张的区段 (15) 以面接触方式压在该圆弧形的型板区域 (21) 中, 从而使得该样品的被压的边缘区域 (15) 被强加有具有恒定弯曲半径 R 的扩张的圆弧形弯曲。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其特征在于, 至少在该待检测的区段 (15) 中强加于该样品 (10) 的弯曲半径 R 位于下限值 R_{Min} 和上限值 R_{Max} 之间的范围内, 从而

$R_{\text{Min}} \leq R \leq R_{\text{Max}}$, 其中,

$R_{\text{Min}} = E \cdot t / (2 \cdot \sigma \cdot (1 - f))$,

$R_{\text{Max}} = E \cdot t / (2 \cdot \sigma \cdot (1 + f))$,

其中, E 代表样品材料的弹性模量, σ 代表预先限定的拉伸应力, f 是 0 至 1 之间的数值, 特别是 0.5, 优选 0.25, 最优选 0.1。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的方法, 其特征在于,

- 型板表面 (21),

- 被构造为圆柱形或具有恒定半径 R_L 的圆柱扇形, 从而使该型板表面 (21) 有具有恒定

半径 R_L 的圆弧形横截面,或者

- 被构造为圆锥形或圆锥扇形,从而使该型板表面 (21) 在至少一个位置上有具有恒定半径 R_L 的圆弧形横截面,并且其中,

- 该横截面为圆弧形的型板表面 (21) 是凹形的,并且通过利用压力 (30) 将该样品 (10) 的第一侧面 (11) 的至少一个区域 (15) 沿径向以面接触方式压在该凹形的型板表面 (21) 上,使得该样品 (10) 在该待检测边缘 (13p) 上被强加有半径为 R 的圆弧形弯曲 (16),从而使得该样品 (10) 的第一侧面 (11) 的该压的区域 (15) 与该凹形的型板表面 (21) 以面接触方式接触,

或者

- 该横截面为圆弧形的型板表面 (21) 是凸形的,并且通过利用压力 (30) 将该样品 (10) 的第二侧面 (12) 的至少一个区域 (15) 沿径向以面接触方式从外侧压在该凸形的型板表面 (21) 上,使得该样品 (10) 在该待检测边缘 (13p) 上被强加有半径为 R 的圆弧形弯曲 (16),使得该样品 (10) 的第二侧面 (12) 的该压的区域 (15) 与该凸形的型板表面 (21) 以面接触方式接触。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,

- 该型板 (20) 的型板表面 (21) 是凸形的,并且

- 该样品 (10) 的第二侧面 (12) 通过压力 (30) 被压在该凸形的型板表面 (21) 上,并且

- 该压力 (30) 通过可弯曲的带 (31) 传递到该样品 (10) 的第一侧面 (11) 或该样品 (10) 的第二侧面 (12) 上,其中,该可弯曲的带 (31) 优选平行于该样品 (10) 的待检测边缘 (13p) 延伸,并且优选与该待检测边缘 (13p) 间隔开,并且优选粘附在该样品 (10) 的第一侧面 (11) 或第二侧面 (12) 上,并且优选突出该样品 (10);优选该可弯曲的带 (31) 被构造为柔性的,并且优选将该可弯曲的带构造为自粘附的。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,该型板表面 (21) 是凸形的,并且包括以下步骤:

a) 将该可弯曲的带 (31) 粘附在该样品 (10) 的第一侧面 (11) 上或者粘附在该样品 (10) 的第二侧面 (12) 上,并且平行于该待检测边缘 (13p),而且与该待检测边缘 (13p) 间隔开,其中,优选该可弯曲的带 (31) 被构造为自粘附的,并且优选该可弯曲的带 (31) 被构造为柔性的,

b) 将该样品 (10) 放置在该凸形的型板表面 (21) 上,从而使该样品 (10) 的第二侧面 (12) 接触该凸形的型板表面 (21),

c) 特别是借助该可弯曲的带 (31) 调整作用在该样品 (10) 上的力平衡,从而使该样品 (10) 在该待检测的区段 (15) 中在凸形的型板表面 (21) 上弯曲,并且该样品 (10) 的第二侧面 (12) 以面接触方式压在该凸形的型板表面 (21) 上,由此使得该样品 (10) 的第二侧面 (12) 在该待检测边缘 (13p) 上至少暂时地呈现具有该型板表面 (21) 的弯曲半径 R_L 的圆弧形的弯曲 (16),并优选

d) 将该样品 (10) 沿着该待检测边缘 (13p) 相对于该型板 (20) 移动,从而使该样品 (10) 的承受该型板表面 (21) 的弯曲半径 R_L 的区段 (17) 沿着该待检测边缘 (13p) 增大,并且该样品的边缘 (13p) 的该检测区段 (17) 在该待检测边缘 (13p) 扩张。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,使用纵向延伸的样品 (10),

在该样品中,该待检测边缘(13p)形成纵边。

9. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,对该样品(10)的待检测边缘(13p)的断裂强度进行双面的检测,对此

- 在该待检测边缘(13p)上通过根据前述权利要求中任一项所述的方法检测该第一侧面(11)的断裂强度,随后

- 在该待检测边缘(13p)上通过根据前述权利要求中任一项所述的方法检测该第二侧面(12)的断裂强度,

其中,优选

- 应用根据权利要求5至8中任一项所述的方法,和/或

- 优选

a) 在该样品(10)的待检测边缘(13p)上借助该型板(20)检测该第一侧面(11)以及

b) 旋转该样品(10)和/或旋转和/或移动该型板(20),以使该样品(10)的第一侧面(11)和第二侧面(12)相对于该型板(20)的型板表面(21)进行互换,随后

c) 在该待检测边缘(13p)上借助该型板(20)检测该样品(10)的第二侧面(12)。

10. 一种用于提供具有高断裂强度的板状玻璃制品的方法,在该方法中,

- 借助根据前述权利要求中任一项所述的、用于检测平坦样品(10)的断裂强度的方法,对于数量为N个的样品(10)进行评估:各个样品(10)在多大的弯曲半径或多大的拉伸应力下断裂,

- 根据这些数值计算使各个样品(10)断裂的弯曲半径 R_i 的平均值 $\langle R \rangle$,以及通过该平均值 $\langle R \rangle$

- 根据 $s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - \langle R \rangle)^2}$ 计算方差s,随后

- 使由与样品(10)相同的玻璃材料构成的玻璃制品、优选玻璃片(100)弯曲,从而检测该玻璃制品是否承受住弯曲半径 R_{PT} ,其中,

- 这样选择该弯曲半径 R_{PT} :该弯曲半径处在与相对方差 $s/\langle R \rangle$ 相关的半径 R_{min} 至 R_{max} 的区域中,其中,

- 通过下列等式获得半径 R_{min} 和 R_{max} :

$$\frac{R_{min}}{\langle R \rangle} = 0.7 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0.053} - 2.3\right), \text{ 以及}$$

$$\frac{R_{max}}{\langle R \rangle} = 3.4 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0.05} - 2.1\right)。$$

11. 根据前述权利要求所述的方法,其特征在于,该玻璃制品通过朝相反弯曲方向的弯曲进行检测。

12. 根据前述两个权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,通过至少20个样品的断裂来确定多个弯曲半径并且舍弃最大值和最小值,优选舍弃10%的弯曲半径或拉伸应力最大值和10%的弯曲半径或拉伸应力最小值,并通过剩下的数值计算平均值和方差。

13. 一种板状玻璃制品,其在具有预定弯曲半径的弯曲负荷下具有预先设定的断裂强度其中,该玻璃制品的至少一个边缘沿着该边缘的整个边缘长度经受具有弯曲半径 R_{PT} 的

弯曲负荷,其中,该弯曲半径处于

$$R_{\min} = \langle R \rangle \cdot \left\{ 0.7 + \exp \left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0.053} - 2.3 \right) \right\} \text{ 至}$$

$$R_{\max} = \langle R \rangle \cdot \left\{ 3.4 + \exp \left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0.05} - 2.1 \right) \right\} \text{ 的范围中, 其中, } \langle R \rangle \text{ 是平均值,}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - \langle R \rangle)^2}$$

是在由与玻璃制品的玻璃材料相同的玻璃材料构成的 N 个样

品 (10) 断裂时的弯曲半径的方差,其中,该样品 (10) 各自在断裂时的弯曲半径 R_i 借助根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的、用于检测平坦样品 (10) 的断裂强度的方法进行测定。

14. 根据前述权利要求所述的板状玻璃制品,其特征在于,该玻璃制品是长度至少为 20 米的薄玻璃片 (100)。

15. 一种用来检测由脆性 - 断裂材料构成的平坦样品 (10)、特别是玻璃片 (10) 的断裂强度的装置,该样品具有第一侧面 (10) 和第二侧面 (12) 以及至少一个边缘 (13),其中,该第二侧面 (12) 与该第一侧面 (11) 相对置,该边缘 (13) 形成该第一侧面 (11) 到该第二侧面 (12) 的过渡部,该样品 (10) 在边缘 (13p) 上具有厚度 t,其针对在机械拉伸应力 σ 下、特别是根据前述权利要求中任一项所述的方法从待检测的边缘 (13p) 开始的断裂 (42),该装置包括

- 弯曲装置 (23),用于迫使该样品 (10) 在该待检测边缘 (13p) 的区域 (15) 中沿着该边缘 (13p) 具有圆弧形的、均匀的、具有预先限定的弯曲半径 R 的凸形弯曲 (16),其中,该弯曲装置 (23) 包括:

- 型板 (20),用于预先限定圆弧形弯曲 (16),具有压该样品 (10) 的型板表面 (21),其中,该型板 (20) 被构造为多重型板,其中,该型板表面 (21) 具有圆柱形或圆柱扇形,从而使该型板表面 (21) 具有圆弧形的横截面 (24) 并且形状稳定地构成,其中,该圆弧形的横截面具有不同的半径,以及

- 压装置 (31),用于通过施加相对于该型板径向延伸的压力 (30),将该样品 (10) 的第一侧面 (11) 或第二侧面 (12) 以面接触方式压在该型板表面 (21) 上。

16. 根据前述权利要求所述的装置,其特征在于,该装置包括传送装置 (33),用于沿着该样品 (10) 的待检测边缘 (13p) 相对于该型板 (20) 前进该样品。

17. 一种多重型板 (300),用于测定由脆性 - 断裂材料构成的平坦样品 (10)、特别是玻璃片 (10) 的机械断裂应力 σ_b ,该样品具有第一侧面 (11) 和第二侧面 (12) 以及至少一个边缘 (13),其中,该第二侧面 (12) 与该第一侧面 (11) 相对置,并且该边缘 (13) 形成该第一侧面 (11) 到该第二侧面 (12) 的过渡部,并且该样品 (10) 在该边缘 (13p) 上具有厚度 t,其针对从该待检测的边缘 (13p) 开始的断裂 (42),特别是要利用根据权利要求 9 所述的方法,并且在最小待测定的断裂应力 σ_{\min} 至最大待测定的断裂应力 σ_{\max} 的范围内,该多重型板包括

- 至少四个、优选至少五个用于检测该样品 (10) 的断裂强度的型板 (301...304),其中,
- 该型板 (301...304) 分别具有型板表面 (21),该型板表面形状稳定地构成,并且被构

造为凸形圆柱形 (21) 或圆柱扇形 (21), 其中,

- 该圆柱形的型板 (301...304) 分别具有半径 R_i , 其中, i 位于 0 至 $(N-1)$ 之间, N 是多重型板 (300) 的型板 (301...304) 的数量, 其中,

- 各个型板 (301...304) 之间的型板半径 R_i 不同, 满足下式:

$$R_{i+1} < R_i \quad i = 0 \text{ 至 } i = (N-2), \text{ 并且}$$

$$R_{i, \text{Min}} < R_i < R_{i, \text{Max}},$$

其中,

$$R_{i, \text{Min}} = R_{i, q} * (p * q)^{-1/2} \text{ 以及}$$

$$R_{i, \text{Max}} = R_{i, q} * (p * q)^{+1/2},$$

其中,

$R_{i, q} = R_0 * q^{(i)}$ 对应于具有“倍增系数” q 的几何结果, 其中, 该“倍增系数”为

$q = (\sigma_{\text{Max}} / \sigma_{\text{Min}})^{(1/(N-1))} = (R_{N-1} / R_0)^{(1/(N-1))}$, p 是 0 和 1 之间的实数, 其中, 优选 $p < 0.99$, 更优选为 $p < 0.5$, 更优选为 $p < 0.01$ 。

18. 一种多重型板 (300), 用于检测由脆性 - 断裂材料构成的多个平坦样品 (10)、特别是玻璃片 (10) 的断裂强度, 其中, 该样品 (10) 分别具有第一侧面 (11) 和第二侧面 (12) 以及至少一个边缘 (13), 并且该第一侧面 (11) 与该第二侧面 (12) 相对置, 该边缘 (13) 形成该第一侧面 (11) 到该第二侧面 (12) 的过渡部, 该样品 (10) 在边缘 (13p) 上具有不同的厚度 t_i ($i = 1, 2, 3, \dots$), 其针对在机械拉伸应力 σ 下、特别是根据权利要求 1 至 13 中任一项所述的方法和 / 或作为根据权利要求 14 至 16 中任一项所述的装置的组成部分, 分别从各个样品 (10) 的待检测边缘 (13p) 开始的断裂 (15), 该多重型板包括

- 多个型板 (301, 302, 303), 用于检测具有厚度 t_i 的平坦样品 (10) 的断裂强度, 其中, i 是 1 和 N 之间的整数, N 是该多重型板 (300) 所包含的型板 (301, 302, 303) 的数量, 其中,

- 该型板 (301, 302, 303) 分别具有形状稳定的型板表面 (21), 用于以面接触方式压该样品 (10), 其中,

- 该型板表面 (21) 分别形成具有半径 R_i 的凸形的圆柱形 (21) 或圆柱扇形 (21), 其中

- 该半径满足: $R_{i+1} < R_i$, $0 < i < N-1$, 并且

- 该多重型板 (300) 包括至少三个、优选至少四个型板 (301, 302, 303), 其中,

- 该至少三个、优选至少四个型板 (301, 302, 303) 的半径 R_i 是不同的, 并且

- 各自相对于参考值的偏差不大于 30%, 优选不大于 15%, 最优选不大于 5%, 其中,

- 该参考值选自下述集合 $\{C * 20 \mu\text{m}, C * 25 \mu\text{m}, C * 30 \mu\text{m}, C * 50 \mu\text{m}, C * 70 \mu\text{m}, C * 100 \mu\text{m}, C * 145 \mu\text{m}, C * 200 \mu\text{m}\}$, 其中, C 是常数, 并且

- 优选 $C = E / (2 * \sigma)$, 其中, E 是样品材料 (10) 的弹性模量, σ 是拉伸应力, 该样品 (10) 应该在该拉伸应力下检测。

19. 根据权利要求 17 或 18 所述的多重型板 (300), 其特征在于, 将该型板 (301, 302, 303) 布置为, 该型板的圆柱轴 (21) 彼此平行地位于一个平面中, 并且该型板的型板表面 (21) 沿着该圆柱轴 (21) 轴向错开地设置, 该型板表面被布置为, 该型板表面在垂直于该圆柱轴的平面中的投影相交于点 (300p)。

用于测定脆性 - 断裂材料薄片的边缘的断裂强度的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及测定由脆性 - 断裂材料构成的薄、平坦样品、特别是薄玻璃片在拉伸应力 σ 的断裂强度。

背景技术

[0002] 已知这种样品在放置于应力负荷下时可能产生两种彼此无关的断裂类型：源自样品表面内部的断裂以及从样品边缘开始生长的断裂。本发明涉及后一种类型的断裂，即，源自样品边缘的断裂。

[0003] 不管是为了表征和优化边缘的特性，还是为了确保有保障的断裂强度，优选地都需要检查样品的边缘是否能够承受住特定的拉伸应力 σ 。另外，优选测定这种样品的应力 σ_b ，在该应力（断裂应力）下样品从边缘开始断裂。

[0004] 为了测定薄玻璃样品的断裂应力，已知一种例如由 S. T. Gulati 的“Two Point Bending of Thin Glass Substrate”，SID Symposion. Techn. Papers 第 42 卷 652-654 页（2011）所提出的两点弯曲法。在此，薄玻璃样品被夹在两个支承板之间，并通过这两个支承板的聚拢而弯曲（参见图 1）。

[0005] 该方法具有许多缺陷。在这种弯曲类型中会沿着样品产生不均匀的张紧状态，其中，沿着边缘在样品的中间具有最高的应力，并且该应力随着相对于中心的距离的增大而下降。因此该方法不适合用于表征特定应力下样品边缘的扩张区段。通过对以该方法在较大区段上所获得的局部断裂应力测量值的总结表明只是具有有限的可靠性。此外，具有不均匀厚度的样品在该方法中会产生难以解决的问题。另外，由于必须要夹紧，因此会对样品的几何形状提出要求，这些要求在许多情况下需要高成本地准备样品。该方法的实施还需要不低的设备和人员费用。

发明内容

[0006] 因此，本发明的目的在于减少现有技术的缺陷。特别是应当能够简单、可靠地检测在机械拉伸应力 σ 下的样品边缘的断裂强度。

[0007] 本发明的目的通过独立权利要求的特征来实现。本发明的优选的实施方式和扩展方案在从属权利要求中给出。

[0008] 本发明基于这样的认识：在弯曲样品时，位于弯曲外侧上的样品材料将承受拉伸应力 σ 。

[0009] 借助根据本发明的方法待表征的样品包括第一侧面和与第一侧面相对置的第二侧面以及至少一个边缘。该待检测的边缘形成第一侧面到第二侧面的过渡部。该边缘例如可以形成为有棱角的或者倒圆形的（abgerundet），或者包括镶边。样品在该边缘上具有厚度 t 。

[0010] 特别是有意识地检测由玻璃构成的样品，优选该样品具有最大 1 毫米的厚度，最

优选为最大 300 微米。

[0011] 样品的待检测的边缘根据本发明首先在第一侧面的区域内测量其断裂强度。

[0012] 相应地,本发明包括一种用于测定由脆性-断裂材料构成的平坦样品、特别是玻璃片的断裂强度的方法,其中,该样品具有第一侧面和第二侧面以及至少一个边缘,并且第一侧面与第二侧面相对置,该方法针对在机械拉伸应力 σ 下断裂从样品的待检测边缘开始,其中,

[0013] - 在位于样品的一个区段中的待检测边缘上的第一侧面沿着待检测边缘承受拉伸应力 σ ,对此

[0014] - 在该待检测的区段内弯曲样品,从而使该样品沿着待检测的边缘获得弯曲,对此

[0015] - 在待检测的区段内将样品以限定的曲率压在形状稳定的型板的型板表面上,从而

[0016] - 使待检测的区段被强加有型板表面的曲率,其中,

[0017] - 使用具有第一弯曲半径 R 的型板表面,并且在对应于该弯曲半径 R 的机械拉伸应力 σ 下检测样品的断裂强度,并且

[0018] - 以连续减小的弯曲半径 R 以及随之增高的拉伸应力 σ 重复该检测,直至样品断裂,并且

[0019] - 评定出样品在多大的拉伸应力 σ 或者在多大的弯曲半径下断裂。

[0020] 优选还要确定样品是否从待检测的边缘开始断裂。

[0021] 根据本发明的方法具有多种优势。与前述的已知方法不同的是,沿着边缘以弯曲半径 R 弯曲的边缘区域的位置不是通过样品的几何结构或对样品的制备而预先设定的,而是可以通过型板在待检测的区段上的布置来自由地选择。该方法对于样品的制备只提出很低的要求。基本上只需要在待检测的区段中借助型板弯曲边缘。与已知方法不同的是,其他不需要检测的边缘的几何形状对于该测量没有重要的影响。此外,该测量相对于这些设备和人员来说比较简单并且不容易出错。另外,也可以检测具有不均匀厚度 t 的样品。在远离待检测边缘处的厚度变化通常对该方法没有影响。如果厚度 t 沿着边缘变化,则拉伸应力 σ 的局部值发生变化,该拉伸应力的局部值由样品边缘的各个区段承受;该拉伸应力的局部值必要时可以通过分析边缘的相应局部厚度来修复。

[0022] 优选样品为外部不受力状态下的平面结构,该结构在根据本发明的弯曲情况下不是塑性变形,因此该结构在测量之后可以恢复至其初始的几何形状(除非结构断裂)。

[0023] 样品优选以圆柱形弯曲,从而使得样品的圆弧形弯曲的区段呈现出至少一部分空心圆柱体的形状,其中,在样品的圆柱形弯曲的区段中,样品的第一侧面成为空心圆柱体的外部侧面,以及样品的第二侧面成为空心圆柱体的内部侧面,并且样品的待检测边缘沿着空心圆柱体的底面延伸。在本发明的特别优选的扩展方案中,型板表面相应地以圆弧形弯曲,从而使样品通过被压在型板表面上而被强加有具有弯曲半径 R 的圆弧形弯曲。

[0024] 但是该弯曲也可以不是圆弧形的,但尽管如此样品在被压在型板表面上时仍然承受限定的拉伸应力。例如,型板表面可以被成型为抛物线形或椭圆形。在这种表面中,弯曲半径不断地变化并且在顶点具有最小值。

[0025] 根据本发明的方法特别可以应用在薄玻璃样品上,该薄玻璃样品的厚度 t 例如可由以下集合中选出: $\{10 \mu\text{m}, 15 \mu\text{m}, 20 \mu\text{m}, 25 \mu\text{m}, 30 \mu\text{m}, 35 \mu\text{m}, 40 \mu\text{m}, 45 \mu\text{m}, 50 \mu\text{m},$

55 μm、65 μm、70 μm、75 μm、85 μm、100 μm、110 μm、120 μm、145 μm、160 μm、180 μm、200 μm、210 μm、250 μm}。拉伸应力 σ 也可以处于其他的范围内,例如 20MPa、40MPa、80MPa、100MPa。

[0026] 根据本发明的方法的一个优选实施方式的特征在于,通过使样品沿着待检测的边缘逐段地弯曲,并且通过使样品沿着待检测的边缘连续地或者逐步地相对于型板移动,使得待检测边缘的扩张区段承受机械拉伸应力 σ ,从而使样品的待检测边缘的连续增大的区段承受由型板表面的形状预先限定的弯曲。在此,型板表面特别是可以至少在一个区域中具有均匀的圆弧形的横截面,并且样品的沿着待检测边缘扩张的区段以面接触方式压在该圆弧形的型板区域中,从而使得该样品的被压的边缘区域强加有具有恒定弯曲半径 R 的扩张的圆弧形弯曲。

[0027] 该实施方式允许在保持相同的或者直至特定应力 σ 下连续地检测样品边缘的扩张区段。根据经验,这对于两点弯曲法是不可能的。只有在使用型板时才能够在边缘的任意位置上弯曲,特别是根据此处的一种实施方式利用弯曲覆盖边缘。

[0028] 该实施方式能够对几乎任意长度的边缘进行检测。在边缘和型板之间的相对运动可能造成边缘在型板上的滑动。但是这种滑动例如也可以通过在圆柱形的随动型板上的滚动来避免。

[0029] 特别是样品在扩张的区域中能够被强加均匀的圆弧形的弯曲。这导致在该区域中呈现均匀的张紧状态。

[0030] 另一个优选的实施方式的特征在于,至少在圆弧形弯曲的边缘区域中、在样品的待检测区段中强加于样品的弯曲半径 R 位于下限值 R_{Min} 和上限值 R_{Max} 之间的范围内,因此

[0031] $R_{\text{Min}} \leq R \leq R_{\text{Max}}$, 其中

[0032] $R_{\text{Min}} = E \cdot t / (2 \cdot \sigma \cdot (1 - f))$,

[0033] $R_{\text{Max}} = E \cdot t / (2 \cdot \sigma \cdot (1 + f))$,

[0034] 其中, E 代表样品材料的弹性模量, σ 代表预先限定的拉伸应力, f 是 0 至 1 之间的数值,特别是 0.5, 优选 0.25, 最优选 0.1。

[0035] 在该实施方式中,在样品的弯曲半径 R 和作用在其边缘上的拉伸应力 σ 之间建立了联系。这使得能够通过选择相应的弯曲半径来调整期望的检测拉伸应力 σ , 或者反过来通过期望的检测拉伸应力来选择相应的弯曲半径。这基于以下关系:在厚度为 t 的样品边缘上的恰好的弯曲应力 σ 和弹性模量 E 近似地通过下述公式来表述:

[0036] $\sigma = E \cdot t / (2 \cdot R)$ 。

[0037] 在此, R 是样品的中性平面中的样品弯曲半径。后者通常对应于位于样品侧面之间的中心平面。根据本发明特别应当检测薄的样品,从而一般能够忽略中性平面的弯曲半径 R 和侧面的弯曲半径之间的差别。

[0038] 此外优选地,一种根据本发明的方法的特征在于,

[0039] - 型板表面

[0040] - 形成为圆柱形或具有恒定半径 R_L 的圆柱扇形,从而型板表面具有圆弧形横截面,其具有恒定的半径 R_L , 或者

[0041] - 形成为圆锥形或圆锥扇形,从而使型板表面在至少一个位置上具有圆弧形横截面,其具有恒定的半径 R_L , 其中,

[0042] - 该横截面为圆弧形的型板表面是凹形的,并且通过压力将样品的第一侧面的至少一个区域沿径向以面接触方式压在该凹形的型板表面上,由此使样品在样品的待检测区段中、在样品的待检测边缘上被强加有半径为 R 的圆弧形弯曲,从而使样品的第一侧面的该压区域与凹形的型板表面以面接触方式接触,

[0043] 或者

[0044] - 该横截面为圆弧形的型板表面是凸形的,并且通过压力将样品的第二侧面的至少一个区域沿径向以面接触方式从外侧压在凸形的型板表面上,由此使样品在样品的待检测区域中、在样品的待检测边缘上被强加有半径为 R 的圆弧形弯曲,从而使样品的第二侧面的该压区域与凸形的型板表面以面接触方式接触。

[0045] 该实施方式是特别有利的,因为在此所配置的型板类型的使用特别简单并且是有容许误差的。通过以面接触方式压在相应型板表面上,使样品实现了均匀的圆弧形的弯曲。由此可以确保样品边缘上的每个点均承受预先限定的弯曲并因此承受预期的应力负荷。

[0046] 可以有意为样品的中性面强加半径为 R 的弯曲。这可以通过使用具有曲率半径 R_L 的凹形型板表面来精确地实现,该曲率半径连同样品的中性面的期望半径 R 对应于在样品的压状态下连同该中性面与凹形的型板表面的间距。在使用凸形型板的情况下也是类似如此,在这种情况下,型板的半径 R_L 相对于 R 减小了样品的中性面与凸形型板表面的间距。因此,通常对于凹形型板表面来说, $R_L = R + t/2$,而在凸形型板表面情况下, $R_L = R - t/2$ 。因此,上述两种情况都导致将中性面通常作为样品的中心面,但是相应地分别将一个侧面压在型板表面上。然而在许多情况下可以忽略 R_L 和 R 之间的差异并有 $R_L = R$ 。

[0047] 另一个实施方式的特征在于,通过将样品沿着待检测的边缘连续地或逐段地相对于型板移动,使得样品在待检测的区段中在待检测的边缘上沿着待检测的边缘逐段地被强加有弯曲半径为 R 的圆弧形的弯曲。

[0048] 该实施方式能够实现对几乎任意长度的边缘的检测。边缘和型板之间的相对移动可能造成边缘在型板上的滑动。但是这种滑动例如也可以通过在圆柱形的随动型板上的滚动来避免。

[0049] 根据本发明的另一种方法的特征在于,型板的型板表面是凸形的,并且

[0050] - 样品的第二侧面通过压力而压在凸形的型板表面上,并且

[0051] - 压力通过可弯曲的带传递到样品的第一侧面或样品的第二侧面上,其中,该可弯曲的带优选平行于样品的待检测的边缘延伸,并且优选与待检测的边缘间隔开以及优选粘附在样品的第一侧面或第二侧面上,并且优选突出样品,优选该可弯曲的带被构造为柔性的 (flexibel),并且优选该可弯曲的带被构造为自粘附的。

[0052] 该可弯曲的带使得样品能够可靠地压在型板上。该优选的实施方式极大地简化了对样品的维护。

[0053] 本发明的另一个实施方式的特征在于,型板表面是凸形的,并且包括以下步骤:

[0054] a) 将可弯曲的带粘附在样品的第一侧面上或者粘附在样品的第二侧面上,并平行于待检测的边缘且与样品的待检测边缘间隔开,其中,优选将该可弯曲的带构造为自粘附的,并且优选该可弯曲的带为柔性的,

[0055] b) 将样品放置在凸形的型板表面上,从而使样品的第二侧面接触凸形的型板表面,

[0056] c) 特别是借助该可弯曲的带调整作用在样品上的力平衡,从而使样品在待检测的区段中通过凸形的型板表面弯曲,并且将样品的第二侧面以面接触方式压在凸形的型板表面上,由此使得样品的第二侧面在待检测的边缘上至少暂时地承受具有型板表面的弯曲半径 R_L 的圆弧形的弯曲,以及优选

[0057] d) 将样品沿着待检测的边缘相对于型板移动,从而使样品的暴露于型板表面的弯曲半径 R_L 的区段沿着待检测的边缘增大,并且样品的边缘的检测区段沿着待检测的边缘扩张。

[0058] 该实施方式具有这样的优点:当样品断裂时,粘附的可弯曲带能够将碎片保持在一起。这对于可能的进一步分析断裂样品来说是有意义的。此外,这在可能手动实施该方法的情况下提高了操作的安全性。可弯曲的带在这种情况下也可以用作样品的一种“把手”,操作者在这些带上抓住样品,并在必要时通过施加拉力使样品在型板上弯曲。然而,在个别情况下也可以在不拉伸的情况下在带上沿型板的方向调节作用在样品上的力的平衡,因为特别薄的样品在有些型板几何结构中也可以仅在样品自身的重力的影响下缠绕(umschlingen)型板。

[0059] 本方法的另一种实施方式的特征在于,使用纵向延伸的样品,在该样品中待检测的边缘形成纵边。

[0060] 这对于研究很少出现在样品边缘的每单元长度的断裂以及对于扩张的样品是特别有利的。

[0061] 此外,根据本发明提供了一种方法,用于对样品的待检测边缘的断裂强度进行双面的检测,其中,

[0062] - 在待检测的边缘上如上所述地检测第一侧面的断裂强度,并且随后

[0063] - 在待检测的边缘上如上所述地检测第二侧面的断裂强度,其中 - 优选

[0064] a) 在样品的待检测边缘上借助型板检测第一侧面,以及

[0065] b) 旋转样品或者旋转和 / 或移动型板,从而使样品的第一侧面和第二侧面相对于型板的型板表面进行互换,并且随后

[0066] c) 在待检测的边缘上借助型板检测样品的第二侧面。

[0067] 玻璃样品的断裂几率特别是可能与弯曲的方向有关。关键在于,在弯曲过程中哪个侧面向外弯曲,哪个侧面向内弯曲。最后提到的实施方式实现了与该效应无关地检测样品。

[0068] 根据本发明的方法能够测定样品的断裂应力 σ_b 。该断裂应力在方法结束之后必须处于样品承受的最高应力和对应于样品断裂时的规定弯曲半径的应力之间。弯曲半径 R 例如能够通过使用多个具有不同型板半径 R_L 的型板来获得。如果样品在具有最大半径 R 的弯曲时已经断裂,那么该样品的断裂应力 σ_b 在所述测量范围以下;如果该样品在最小弯曲半径 R 时也没有断裂,那么该样品的断裂应力 σ_b 在所述测量范围以上。

[0069] 根据本发明的一种用来检测由脆性 - 断裂材料构成的平坦样品、特别是玻璃片的断裂强度的装置,其具有第一侧面和第二侧面以及至少一个边缘,其中,第二侧面与第一侧面相对置,并且该边缘形成第一侧面到第二侧面的过渡部,样品在该边缘具有厚度 t ,其针对在机械拉伸应力 σ 下、特别是通过在本申请中所述的方法从该待检测的边缘开始的断裂,该边缘包括:

[0070] - 弯曲装置,用于在样品的待检测的边缘区域内强加沿着该边缘具有均匀的圆弧形的、具有规定弯曲半径 R 的凸形弯曲,其中,该弯曲装置包括:

[0071] - 用于通过压样品的型板表面来规定圆弧形弯曲的型板,其中,型板表面被构造为圆柱形或圆柱扇形或圆锥形或圆锥扇形,因此该型板表面具有圆弧形的横截面并且形状稳定地构成,以及

[0072] - 压装置,用于通过施加相对于型板径向延伸的压力,将样品的第一侧面或第二侧面以面接触方式压在型板表面上。

[0073] 此外,另一种根据本发明的装置包括用于沿着样品的待检测边缘相对于型板前进样品的传送装置。

[0074] 通过该实施方式实现了对样品的自动检测。

[0075] 根据本发明的一种多重型板,用于测定由脆性-断裂材料构成的样品、特别是玻璃片的机械断裂应力 σ_b ,该样品具有第一侧面和第二侧面以及至少一个边缘,其中,第二侧面与第一侧面相对置,并且该边缘形成第一侧面到第二侧面的过渡部,样品在该边缘具有厚度 t ,其针对从该待检测的边缘开始的断裂,特别通过前述方法检测平坦样品的机械断裂应力,该断裂应力在最小待测定的断裂应力 σ_{MIN} 至最大待测定的断裂应力 σ_{MAX} 的范围内,该多重型板包括

[0076] - 至少四个、优选至少五个用于检测样品断裂强度的型板,其中,

[0077] - 这些型板分别具有型板表面,该型板表面为形状稳定的并且被构造为凸形的圆柱形或圆柱扇形,其中,

[0078] - 这些圆柱形的型板分别具有半径 R_i ,其中, i 是 0 和 $(N-1)$ 之间的数字, N 是多重型板的型板数量,其中,

[0079] - 各个型板的型板半径 R_i 不同,满足下式:

[0080] $R_{i+1} < R_i, i = 0$ 至 $i = (N-2)$,

[0081] $R_{i,Min} < R_i < R_{i,Max}$.

[0082] 其中,

[0083] $R_{i,Min} = R_{i,q} * (p*q)^{(1/2)}$,

[0084] $R_{i,Max} = R_{i,q} * (p*q)^{(+1/2)}$,

[0085] 其中,

[0086] $R_{i,q} = R_0 * q^{(i)}$ 对应于具有“倍增系数” q 的几何结果,其中,该“倍增系数”为

[0087] $q = (\sigma_{Max} / \sigma_{Min})^{(1/(N-1))} = (R_{N-1} / R_0)^{(1/(N-1))}$,

[0088] p 是 0 和 1 之间的实数,优选 $p < 0.99$,最优选为 $p < 0.5$,进一步优选 $p < 0.01$ 。

[0089] 该多重型板特别适用于确定样品的断裂应力 σ_b ,因为该多重型板相应地分等级地提供了所需要的型板和弯曲半径。

[0090] 另一种根据本发明的多重型板,用于检测由脆性-断裂材料构成的多个平坦样品、特别是玻璃片的断裂强度,其中,样品分别具有第一侧面和第二侧面以及至少一个边缘,第一侧面与第二侧面相对置,并且该边缘形成第一侧面到第二侧面的过渡部,样品在该边缘上具有不同的厚度 $t_i (i = 1, 2, 3 \dots)$,其针对在机械拉伸应力 σ 下,特别是通过所述的方法或者作为所述装置的组成部分,分别从各个样品的待检测边缘开始的断裂,该多重型板包括:

- [0091] - 用于检测具有厚度 t_i 的平坦样品断裂强度的多个型板, 其中, i 是 1 和 N 之间的整数, N 是该多重型板包含的型板数量, 其中,
- [0092] - 这些型板分别具有用于以面接触方式压样品的形状稳定的型板表面, 其中,
- [0093] - 这些型板表面分别形成具有半径 R_i 的凸形的圆柱形或圆柱扇形, 其中,
- [0094] - 这些半径满足: $R_{i+1} < R_i, 0 < i < N-1$, 并且
- [0095] - 该多重型板包括至少三个、优选至少四个型板, 其中,
- [0096] - 该至少三个、优选至少四个型板的半径 R_i
- [0097] - 是不同的, 并且
- [0098] - 各自相对于参考值的偏差不大于 30%, 优选不大于 15%, 最优选不大于 5%, 其中,
- [0099] - 该参考值选自下述集合 $\{C*20 \mu\text{m}, C*25 \mu\text{m}, C*30 \mu\text{m}, C*50 \mu\text{m}, C*70 \mu\text{m}, C*100 \mu\text{m}, C*145 \mu\text{m}, C*200 \mu\text{m}\}$, 其中 C 是常数, 并且
- [0100] - 优选 $C = E/(2*\sigma)$, 其中, E 是样品材料 (10) 的弹性模量, σ 是拉伸应力, 样品 (10) 应该在该拉伸应力下进行检测。
- [0101] 该多重型板能够在相同的拉伸应力 σ 下检测具有不同厚度 t 的玻璃样品的断裂强度。
- [0102] 在该多重型板的一种优选的实施方式中, 将该型板设置为, 使这些型板的圆柱轴彼此平行地位于一个平面中, 各个型板表面沿着圆柱轴轴向错开地设置, 并且这些圆柱形弯曲的型板表面
- [0103] - 被同心地设置, 或者
- [0104] - 将这些型板表面设置为, 它们在垂直于圆柱轴的平面中的投影在一个点上相交。
- [0105] 型板的这种构造能够节省空间并简化了型板的使用, 特别是简化了不同半径的型板之间的更换。单个型板的这种几何构造在操作中是特别有利的。
- [0106] 接下来根据多个实施例并参考附图详细地说明本发明。在附图中相同的附图标记表示相同的或相应的部件。

附图说明

- [0107] 图 1 示意性示出了用于实施以前使用的两点弯曲法的装置。
- [0108] 图 2a-c 示意性示出了示例性的薄玻璃样品的边缘的横截面。
- [0109] 图 3a-c 示出了借助被构造为圆柱扇形的型板所进行的边缘检测。
- [0110] 图 4a-c 示出了借助转动的、圆柱形的型板所进行的边缘检测。
- [0111] 图 4d 示出了借助构造为抛物线形的型板所进行的边缘检测。
- [0112] 图 5 示出了用于测定样品的断裂应力的方法的流程图。
- [0113] 图 6a 示出了同心的阶梯式滚筒 (Stufenwalze) 的横向投影。
- [0114] 图 6b 示出了同心的阶梯式滚筒的纵截面。
- [0115] 图 7 示出了非同心的阶梯式滚筒的横向投影。
- [0116] 图 8 示出了具有根据本发明确定的弯曲半径的玻璃带辊。
- [0117] 图 9 至图 11 示出了与从断裂测试获得的统计参数相关的、用于玻璃制品的弯曲检测的最大弯曲半径和最小弯曲半径。

[0118] 图 12 示出了玻璃片形式的玻璃制品,其被局部地强加具有通过滚筒预先限定的弯曲半径的弯曲。

具体实施方式

[0119] 图 1 示出了用于实施已知的两点弯曲法的测量装置。在该方法中薄玻璃样品 10 在两个支承板 51、52 之间张紧,随后通过这两个支承板 51、52 的聚拢而弯曲。

[0120] 在此在样品 10 上产生不均匀的应力状态,在样品 10 的中心 10m 处应力最大。相应地,样品 10 的弯曲半径在两个支承板 51、52 之间在中心 10m 处也最小。

[0121] 通过测定断裂时的最小弯曲半径 R_{\min} 以及根据该值确定边缘上的相应拉伸应力,能够测定断裂应力。在此,拉伸应力 σ 与弯曲半径成反比。弯曲半径 R_{\min} 就其而言与两个支承板 51、52 的间距 a 有关。即,为了测定样品 10 的断裂应力,可以记录下在断裂时间点时两个支承板 51、52 的间距 a 。这种装置具有前述的缺陷。

[0122] 图 2a 示意性示出了样品边缘 13 的横截面。薄玻璃样品 10 具有第一侧面 11 和第二侧面 12。样品 10 的边缘 13 在这里具有镶边 13b。样品 10 从图示平面往外继续扩张。

[0123] 图 2b 示出了类似于图 2a 的另一个示例性的样品边缘 13。该边缘包括端面 13s,并在第一侧面 11 到端面 13s 的过渡部上具有第一棱角 131,在第二侧面 12 到端面 13s 的过渡部上具有第二棱角 132。

[0124] 替代棱角 131 和 132 地,在图 2c 中示出的样品边缘 13 具有倒圆形的端面 13s。

[0125] 这对于专业人员来说是很平常的,在这里被命名为“边缘”13 的样品 10 的区域也被称为“边”。这与是否具有棱角 131、132 或者例如是倒圆的无关。

[0126] 接下来根据图 3a 至 3d 说明根据本发明的方法的一个实施例。该实施例所讨论的是在机械拉伸应力 σ 下检测具有厚度 t 的示例性脆性 - 断裂样品 10 的边缘强度。样品的材料具有弹性模量 E 。在样品 10 的边缘 13p 上,正如前面在等式 (1) 中所描述的那样,在所述参数之间存在关系式 $\sigma = E \cdot t / (2 \cdot R)$ 。在此, R 是样品 10 在“中性面”10n 中的弯曲半径,即,在位于样品中心的无应力平面 10n 中的弯曲半径,在该平面中拉伸应力和压应力相互抵消。通过该关系式,可以在预先设定弯曲半径 R 的情况下测定对应的拉伸应力 σ ,以及在预先设定拉伸应力 σ 的情况下测定对应的、将要强加给样品 10 的弯曲半径 R 。

[0127] 图 3a 示出了所述示例性的薄玻璃样品 10 在弯曲装置 23 中在弯曲之前的立体图。弯曲装置 23 包括型板 20 以及可弯曲的带 31。

[0128] 型板 20 被构造为圆柱形;其表面 21 具有恒定的弯曲半径 R_L ,在这里通过从该弯曲的以叉号示出的中心点出发的箭头表示。该型板形状稳定,使得型板在压力作用下不会变形。这里示出的型板 20 由金属构成。该型板支撑在框架 6 上。

[0129] 矩形的样品 10 由厚度 t 的薄玻璃构成。该样品具有四个边缘 13。应该针对前面的边缘 13p 检测其断裂强度。样品的厚度 t 通常在 $5 \mu\text{m}$ 和 $500 \mu\text{m}$ 之间。

[0130] 在样品的第一侧面 11 上粘附有粘结带 31。该粘结带与待检测的边缘 13p 具有一定的间距并且基本上平行于该待检测的边缘。已经证实:带 31 不仅应当是可弯曲的,而且是柔性的和 / 或能扩张的。由薄塑料制成的不同类型的商用粘结带已证明是特别适用的。粘结带 31 具有多种功能。一方面,伸出的末端 31a 和 31b 使得操作者能够容易地用手抓住样品,将样品放置在型板 20 的表面 21 上,并在那里通过沿箭头 32 方向的拉伸在型板 20 上

弯曲。另一方面,该粘结带 31 在样品 10 断裂时能够使碎片保持粘附在带 31 上。样品 10 的碎片理想地与粘结带 31 一起保持为一个单元。这一方面有利于避免工作事故。另一方面能够对断裂的样品 10 及其碎片进行分析,而无需事先收集这些碎片并像拼图一样将这些碎片再次拼接在一起。已经证实:粘结带 31 在精确测量的框架下对检测的结果没有影响。

[0131] 如果忽略粘结带 31 的这种作为保留碎片的部件的功能,那么代替粘结带 31 地,也可以在样品的短边缘或边缘上安装简单的保持件 31a 和 31b(没有连续连接的带 31)。必要时也可以直接抓住样品或者在其他保持装置中夹持样品。

[0132] 已经通过试验证实:对于样品 10 的几何形状没有特殊的要求。待检测的边缘 13p 应当是直的,因此可以很好地将粘结带 31 围绕样品 10 设置(在边缘 31 后几个 mm),并随后在型板 20 上拉伸或铺设。样品 10 的长度实践中仅根据操作来限定。最终,长的样品 10 必须能够在型板 20 上拉伸,因此样品长度在实践中的界限为大约 600 至 800mm。对于样品 10 的宽度也没有原则上的限制。如果样品 10 过宽,那么该样品在放置/拉伸时向后“落下”,这在没有对应措施的情况下严重妨碍了测量。不能排除的是,宽的样品 10 也会导致在待检测的边缘 13(测量边缘)上产生额外的应力,该应力在简单评估时不会加以考虑。因此优选样品 10 的宽度不超过 100mm。优选长度与宽度的比例不小于 1。

[0133] 图 3b 以沿横向方向的投影图示出了图 3a 的内容。粘结带 31 仅出于图示的原因而与第一侧面 11 间隔开;实际上该粘结带粘附在第一侧面上。点状线 10n 表示样品 10 的中心面 10n。

[0134] 图 3c 的技术方案与图 3b 相符。但是现在拉力 32 是沿型板 20 的方向施加在粘结带 31 的末端 31a 和 31b 上。由此将样品 10 的第二侧面 12 压在型板 20 的圆柱形表面 21 上。样品 10 发生弯曲,从而使样品 10 的第二侧面 12 以面接触方式贴在型板表面 21 上。样品 10 的第二侧面 12 承受型板表面 21 的弯曲半径 R_L 。对于作用在样品边缘 13p 上的拉伸应力 σ 来说,该弯曲半径 R 与样品 10 的“中性面”10n 有关。仔细观察的情况下,该弯曲半径比 R_L 大样品厚度的一半,即 $t/2$ 。但是这可以被忽略并简化地采用 $R = R_L$ 。即,在该近似的情况下,样品 10 被强加有型板表面 21 的弯曲 16;样品边缘 13p 在第一侧面 11 的区域内近似地承受对应的拉伸应力 σ 。

[0135] 在另一种实施方式中,粘结带 31 粘附在样品 10 的第二侧面 12 上。在足够薄的粘结带 31 中,样品 10 的弯曲半径 R 不会出现明显的变化。这种设置的优势在于排除了粘结带 31 对样品 10 的第一侧面 11 的任何影响。另外,粘结带 31 可以在型板表面 21 被刮出刮痕之前至少局部地保护第二侧面 12。

[0136] 图 4a 至 4c 说明了按上述构造的另一个实施例。还是检测样品 10 的边缘 13p 的断裂强度。型板 20 此时被构造为能够转动的实心圆柱体 20。样品 10 在其第一侧面 11 的区域内在边缘 13p 上具有缺陷(Defekt)41。

[0137] 此外在该实施例中,样品 10 沿着待检测的边缘 13p 比前一个实施例更长。现在在特定的时间时只有边缘 13p 的一个区段 15 还压在型板上。该区段 15 使得样品 10 继续被强加有型板表面 21 的圆弧形的弯曲 16。在该区段 15 中,在相应时间点上检测样品 10;但是在该区段 15 之外样品 10 不再与型板表面 21 接触。

[0138] 如图 4a 所示,样品 10 以其第二侧面 12 放置在型板 20 的圆柱形的表面 21 上。该样品在区段 15 上通过相对于圆柱形的型板 20 径向延伸或者相对于型板表面 21 法向延伸

的压力 30 被压在型板 20 上。是这样进行的：样品 10 在型板 20 上弯曲，并且一旦区段 15 被压，样品 10 或样品边缘 13p 的第二侧面 12 在被压的区段 15 中承受具有弯曲半径 R_L 的型板 20 的弯曲。还可以假定：中性面 10n（这里没有示出）的弯曲半径 R 近似等于型板 20 的弯曲半径。

[0139] 样品 10 在持续的压力 30 下沿传送方向 34 被进一步传送，其中，型板 20 的轴线 7 保持位置固定，并且型板 20 沿示出的旋转方向 24 转动，从而使样品 10 的第二侧面 12 不会在型板表面 21 上滑动，而是滚动。这使得检测本身不太可能引起其他的表面缺陷，这样的表面缺陷可能会使结果有错误。

[0140] 在图 4b 中样品被继续传送。样品的区段 17 承受具有弯曲半径 R 的弯曲 16，该区段沿方向 34 离开型板 20 并继续行进。示例性的缺陷 41 接近弯曲的型板 20。

[0141] 图 4c 中进一步放大了已经弯曲并由此被检测的区段 17。此外，缺陷 41 移动进入弯曲的区域 15 中。在那里，该缺陷在拉伸应力 σ 作用下导致形成裂缝 42。样品 10 断裂。

[0142] 圆柱形的型板 20 可以主动旋转并同时作为样品 10 的传送装置 33。然而该型板也可以只在操作者手动地在型板 20 上拉动样品 10 时随动。

[0143] 在另一个实施例中，型板 20 不是可转动地放置。替代地，样品 10 在型板表面 21 上被滑动地拉动。在这种情况下，型板 20 也不必是完整的圆柱体；型板表面 21 如图 3a 至 3c 所示形成部分圆柱形 21 或圆柱扇形 21，在这种情况下就足够了。

[0144] 在图 4d 中类似于图 4a-c 和图 3a-c 地示出了型板 20。但是在该情况下型板表面 21 不是圆柱形，而是抛物线形的。该抛物线 21 在顶点 21k 上具有曲率半径为 R_L 的局部曲面；型板表面 21 的相应的曲率圆 28 在该位置 21k 上以虚线表示。在该实施方式中，通过使样品 10 在压状态下沿箭头 35 的方向传送，使得样品 10 的边缘的每个点在该弯曲部 21k 上都承受相应的弯曲。这种不具有圆柱形弯曲的型板表面的型板的形状同样适合用来测试样品 10 是否承受了特定的弯曲应力。然而，如果需要样品 10 直至断裂，则这里的缺点在于，必须定位出断裂位置才可以确定样品在什么应力下断裂，因为这种断裂不是必然出现在具有最小曲率半径 R_L 的顶点上。与之相反的是，圆柱形弯曲的型板表面对样品施加相同的弯曲，却能够与断裂位置无关地确定断裂应力。

[0145] 显而易见，在不偏离本发明范围的情况下可以形成各种其他的型板形状 20。重要的是，样品 10 通过型板表面 20 首先被至少局部地强加有限定的曲率 21k。该局部的曲率 21k 随后可以通过样品 10 和型板表面 21 之间的相对移动而沿着边缘 13p 在样品 10 上移动，从而使得通过该移动所限定的样品 10 的区域 13p 承受具有固定最小半径 R 的弯曲 21k。

[0146] 图 5 示出了根据本发明的用于测定样品 10 的断裂应力 σ_b 的方法的一个实施例。首先在步骤 52 中设定型板半径 R_L 或者与之相对应的拉伸应力 σ ，并且样品 10 在其待检测的边缘 13p 上特别是如上所述地借助相应的型板使弯曲部 16 承受该负荷（步骤 53）。然后在步骤 54 中检测样品 10 是否从待检测的边缘 13p 开始断裂。没有从该边缘开始断裂或者从不同于所关注边缘 13p 的另一个边缘 13 开始断裂的样品 10 通常被舍弃（没有示出）。

[0147] 如果样品 10 没有断裂，那么减小型板半径 R_L 或者增大预先设定的拉伸应力 σ （步骤 55），并再次以步骤 53 使样品 10 承受现在具有减小的弯曲半径 R_L 的弯曲 16。

[0148] 重复步骤 53、54 和 55，直到在步骤 54 中确定样品 10 的断裂。如果样品 10 从待检测的边缘 13p 开始断裂，那么记录下与样品还没有断裂时的最终的弯曲半径 R_L 相对应的弯

曲应力 σ_k 。同样也适用于对应型板弯曲半径 R_k 的弯曲应力 σ_{k+1} ，在该弯曲半径时样品 10 断裂。断裂应力 σ_b 位于 $\sigma_k \leq \sigma_b \leq \sigma_{k+1}$ 的区间内。合理的近似值是该区间的中间值。

[0149] 如果样品 10 断裂，那么在所有情况下都必须检测该断裂是从关注的边缘 13p 开始还是从样品的其他位置开始（例如从不受关注的边缘 13 或者从表面开始）。该测定在特定的情况下可以根据简单的标准进行：样品 10 在其边缘 13p 上从点 41 开始断裂，由此通常形成多个从该点 41 开始的线束形式的裂缝 42。如果这种裂缝线束也是从关注的边缘 13p 开始，那么就是待证实的断裂。如果断裂 42 不是从关注的边缘 13p 开始，那么在边缘 13p 的观测范围内的应力值是没用的。

[0150] 在图 6a 和 6b 中示出了根据本发明的阶梯式滚筒 300 形式的多重型板，其被设计用于根据上述的方法测定样品 10 的断裂应力 σ_b 。

[0151] 该阶梯式滚筒由圆盘 301 至 320 的组合 300 共同组成，这些圆盘同心地设置。图 6b 示出了阶梯式滚筒 300 的纵截面，图 6a 示出了圆盘 301 至 320 沿横向方向的投影。这里示出的圆盘 301 至 320 由夹板或塑料、特别是 POM 单个地制成，并且通过轴线 7 相连。但是这些圆盘例如也可以作为工件旋转。该材料必须仅以机械的方式加工，以使圆盘 301 至 320 能够以足够的精度制造，并且必须确保在放置以及在圆盘 301 至 320 上拉伸玻璃样品 10 时不会变形。圆盘 301 至 320 由框架 6 固定。

[0152] 圆盘 301 至 320 能够被可旋转地或者不可旋转地放置。可旋转安装的轴线 7 和 / 或各个圆盘 301 至 320 的优势在于，由此能够使得样品 10 在这些圆盘 301 至 320 随动时相对于各个圆盘 301 至 320 移动。由此必然使得样品 10 的与各个圆盘 301 至 320 的表面 21 相接触的第二侧面 12 不在表面 21 上滑动；因此降低了样品 10 的侧面 12 被刮伤的风险。

[0153] 如果需要测定样品 10 的断裂应力 σ_b ，则将样品 10 依次地放置在圆盘 301 至 320 上，并例如如图 3a 至图 3c 所示地压，直至样品断裂。在另一个实施例中，样品被例如如同以上结合图 4a 至 4c 所示的方法那样在圆盘 301 至 320 上被拉动。

[0154] 圆盘 301 至 320 在该实施例的现场示例性实施中具有以下半径：

[0155]

圆盘的附图标记	圆盘半径 R_k [mm]
301	300
302	275
303	250
304	230
305	210
306	192
307	175

308	160
309	147
310	134
311	122
312	112
313	103
314	94
315	86
316	78
317	71
318	65
319	60
320	55

[0156] 在选择半径 R_i 时应当注意, 相邻的半径 R_i 和 R_{i+1} 的比例近似为恒定的。对于相同类型的样品, 恒定的半径比 $q = R_i/R_{i+1}$ (偏差优选为 $\Delta q < 1\%$) 按照等式 (1) 导致相对于其成倒数且同样恒定的相应弯曲应力的比例 $\sigma_{i+1}/\sigma_i = q$ 。应力或半径的几何学的递进特别有利于对全体样品 10 的表征, 因为玻璃样品 10 在拉伸应力 σ 下在边缘 13p 上的断裂是统计学的结果。具有恒定的半径比或应力比 q 的递进使得分布函数的相关数值能够在没有被进一步转化的情况下根据 σ_b 测量值的分布被读出。

[0157] 在接下来的表格中列出了其他优选的半径递进和相对应的拉伸应力 σ , 拉伸应力的单位为兆帕斯卡 (MPa), 玻璃类型为 D263 (弹性模量 $E = 72.9\text{GPa}$) 和 AF32 ($E = 74.8\text{GPa}$), 玻璃厚度为 $t = 0.05\text{mm}$ (两种玻璃类型) 以及 $t = 0.1\text{mm}$ 和 $t = 0.2\text{mm}$ (仅 AF32)。

[0158]

i	R _i [mm]	拉伸应力 σ [MPa]			
		D263, t=0.05mm	AF32 t=0.05mm	AF32 t=0.1mm	AF32 t=0.2mm
1	100	18.2	18.7	37.4	74.8
2	91.74	19.9	20.4	40.8	81.5
3	84.17	21.7	22.2	44.4	88.9
4	77.22	23.6	24.2	48.4	96.9
5	70.84	25.7	26.4	52.8	105.6
6	64.99	28	28.8	57.5	115.1
7	59.63	30.6	31.4	62.7	125.4
8	54.7	33.3	34.2	68.4	136.7
9	50.19	36.3	37.3	74.5	149
10	46.04	39.6	40.6	81.2	162.5
11	42.24	43.1	44.3	88.5	177.1
12	38.75	47	48.3	96.5	193
13	35.55	51.3	52.6	105.2	210.4
14	32.62	55.9	57.3	114.7	229.3
15	29.92	60.9	62.5	125	250
16	27.45	66.4	68.1	136.2	272.5
17	25.19	72.4	74.2	148.5	297
18	23.11	78.9	80.9	161.9	323.7
19	21.2	86	88.2	176.4	352.8
20	19.45	93.7	96.1	192.3	384.6
21	17.84	102.1	104.8	209.6	419.2
22	16.37	111.3	114.2	228.5	456.9
23	15.02	121.4	124.5	249	498.1
24	13.78	132.3	135.7	271.4	542.9
25	12.34	144.2	147.9	295.9	591.7
26	11.6	157.2	161.3	322.5	645
27	10.64	171.3	175.8	351.5	703.1
28	9.76	186.7	191.6	383.2	766.3
29	8.95	203.5	208.8	417.7	835.3
30	8.22	221.8	227.6	455.2	910.5
31	7.54	241.8	248.1	496.2	992.4
32	6.91	263.6	270.4	540.9	1081.7
33	6.34	287.3	294.8	589.5	1179.1

[0159]

34	5.82	313.1	321.3	642.6	1285.2
35	5.34	341.3	350.2	700.4	1400.9
36	4.9	372	381.7	763.5	1527
37	4.49	405.5	416.1	832.2	1664.4
38	4.12	442	453.5	907.1	1814.2
39	3.78	481.8	494.4	988.7	1977.5
40	3.47	525.2	538.9	1077.7	2155.4
41	3.18	572.4	587.4	1174.7	2349.4
42	2.92	624	640.2	1280.4	2560.9
43	2.68	680.1	697.8	1395.7	2791.4
44	2.46	741.3	760.6	1521.3	3042.6
45	2.26	808	829.1	1658.2	3316.4
46	2.07	880.8	903.7	1807.4	3614.9
47	1.9	960	985.1	1970.1	3940.2
48	1.74	1046.4	1073.7	2147.4	4294.8
49	1.6	1140.6	1170.3	2340.7	4681.4
50	1.47	1243.3	1275.7	2551.3	5102.7

[0160] 特别优选至少五个具有不同半径的圆盘的组合,半径选自上述表格。

[0161] 接下来再次对各个半径在几何结果上的分类进行说明。利用上限 σ_{Max} 和下限 σ_{Min} 设定弯曲应力的测量范围。该范围应当被几何学地划分成 N 个单个应力 σ_n 。根据等式 (1), 最大半径 R_1 对应于 σ_{Min} , 最小半径 R_N 对应于 σ_{Max} 。这一系列半径的“倍增系数”在严格的数学分析时为 (忽略样品厚度的情况下): $q = \sigma_{i+1} / \sigma_i = (\sigma_{\text{Max}} / \sigma_{\text{Min}})^{(1/(N-1))} = (R_1 / R_N)^{(1/(N-1))}$ 。

[0162] 因此对于单个半径有: $R_{i+1} = q * R_i = R_1 * q^{(i-1)}$ 。

[0163] 已经证实: 在 $\sigma_{\text{Max}} / \sigma_{\text{Min}} \approx 1.5$ 的范围内, 对于四个递进来说, 根据实验获得的合理结果为: 倍增系数为 $q \approx (1.5)^{(1/5)}$ 至 $(1.5)^{(1/4)}$, 即 $q \approx 1.09$ 。

[0164] 这样计算得到的半径 R_i 和递进也可以被大概地遵循。合理的实际值为 $R_{i, \text{Real}} \in [R_{i, \text{Min}}, R_{i, \text{Max}}]$, 其中, $R_{i, \text{Min}} = R_i * (q^{-(1/2)})$; $R_{i, \text{Max}} = R_i * (q^{+(1/2)})$, 进一步优选 $R_{i, \text{Min}} = R_i * (q * p)^{-(1/2)}$; $R_{i, \text{Max}} = R_i * (q * p)^{(1/2)}$, 其中, 正的间距系数 (Abstandsfaktor) $p < 1$, 该间距系数优选为 0.99, 最优选为 0.5, 进一步优选为 0.01。

[0165] 在下面的表格中再次列出示例性的半径 R_i , 包括 $p = 1$ 和 $p = 0.99$ 时的下限和上限:

[0166]

i	R _i [mm]	p=1		p=0.99	
		R _{i,Min} [mm]	R _{i,Max} [mm]	R _{i,Min} [mm]	R _{i,Max} [mm]
1	100.00	95.8	104.4	96.3	103.9
2	91.74	87.9	95.8	88.3	95.3
3	84.17	80.6	87.9	81.0	87.4
4	77.22	74.0	80.6	74.3	80.2
5	70.84	67.9	74.0	68.2	73.6
6	64.99	62.3	67.9	62.6	67.5
7	59.63	57.1	62.3	57.4	61.9
8	54.70	52.4	57.1	52.7	56.8
9	50.19	48.1	52.4	48.3	52.1
10	46.04	44.1	48.1	44.3	47.8
11	42.24	40.5	44.1	40.7	43.9
12	38.75	37.1	40.5	37.3	40.3
13	35.55	34.1	37.1	34.2	36.9
14	32.62	31.2	34.1	31.4	33.9
15	29.92	28.7	31.2	28.8	31.1
16	27.45	26.3	28.7	26.4	28.5
17	25.19	24.1	26.3	24.2	26.2
18	23.11	22.1	24.1	22.2	24.0
19	21.20	20.3	22.1	20.4	22.0
20	19.45	18.6	20.3	18.7	20.2
21	17.84	17.1	18.6	17.2	18.5
22	16.37	15.7	17.1	15.8	17.0
23	15.02	14.4	15.7	14.5	15.6
24	13.78	13.2	14.4	13.3	14.3
25	12.64	12.1	13.2	12.2	13.1
26	11.60	11.1	12.1	11.2	12.0
27	10.64	10.2	11.1	10.2	11.1
28	9.76	9.3	10.2	9.4	10.1
29	8.95	8.6	9.3	8.6	9.3
30	8.22	7.9	8.6	7.9	8.5
31	7.54	7.2	7.9	7.3	7.8
32	6.91	6.6	7.2	6.7	7.2
33	6.34	6.1	6.6	6.1	6.6
34	5.82	5.6	6.1	5.6	6.0
35	5.34	5.1	5.6	5.1	5.5

[0167]

36	4.90	4.7	5.1	4.7	5.1
37	4.49	4.3	4.7	4.3	4.7
38	4.12	3.9	4.3	4.0	4.3
39	3.78	3.6	3.9	3.6	3.9
40	3.47	3.3	3.6	3.3	3.6
41	3.18	3.0	3.3	3.1	3.3
42	2.92	2.8	3.0	2.8	3.0
43	2.68	2.6	2.8	2.6	2.8
44	2.46	2.4	2.6	2.4	2.6
45	2.26	2.2	2.4	2.2	2.3
46	2.07	2.0	2.2	2.0	2.1
47	1.90	1.8	2.0	1.8	2.0
48	1.74	1.7	1.8	1.7	1.8
49	1.60	1.5	1.7	1.5	1.7
50	1.47	1.4	1.5	1.4	1.5

[0168] 进一步优选圆盘半径为：

[0169] - 当样品玻璃厚度为 $t = 0.03\text{mm}$ 和 $t = 0.05\text{mm}$ 时：

[0170] $R_L = 39, 36, 33, 30, 27, 25, 23, 21, 19, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4\text{mm}$,

[0171] - 当 $t = 0.1\text{mm}$ 时： $R_L = 71, 65, 60, 55, 50, 46, 42, 39, 36, 33, 30, 27, 25, 23, 21, 19, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4\text{mm}$ ；

[0172] - 当 $t = 0.2\text{mm}$ 时： $R_L = 100, 92, 84, 77, 71, 65, 60, 55, 50, 46, 42, 39, 36, 33, 30, 27, 25, 23, 21, 19, 18, 16, 14, 12, 10\text{mm}$ 。

[0173] 需要指出的是，在本申请中所提供的作为“半径”和“圆盘半径”的值以及关系式并不局限于具体实施例范围内的板状的型板，而是即使在单个型板的应用中作为弯曲半径使用也是特别有利的。这在关于局部曲率半径以任意形式（例如抛物线）形成的（单个 - 或 多重 -）型板中，至少在各个型板表面 21 在位置 21k 上的一个点上也是同样适用的，样品 (10) 在该位置上应当被压在表面 21 上或者已经被压在表面 21 上。

[0174] 在图 6a 和图 6b 示出的实施例中，圆盘 301 至 320 彼此同心地设置，而图 7 则示出了一种相对于图 6a 和图 6b 所示可替代的设置。图 7 示出了圆盘在相应的横向平面中的投影，因此圆柱轴是从图示平面向外指向。圆盘 301 至 305 被设置为，使这些圆盘表面的投影在一共同的点 300p 上相交。这些表面在该位置 300p 上沿纵向方向（从图示平面向外，未示出）形成一条直线，该直线连接各个圆盘表面。该实施方式的优势在于，在测量时能够容易地在不同圆盘 301 至 305 之间实现互换。

[0175] 替代一个或多个圆盘 20 或 301 至 320 地，在另一个实施例中包含一个或多个型板 20，这些型板仅在窄的（角度）区域中具有圆弧形的型板表面 21，在剩余区域中可以形成任意的形状。换句话说，该型板表面是由圆柱形侧面构成的小的区段，该区段被安装在框架上。各个样品 10 在型板 20 上被拉伸。这对于非常小的弯曲半径 R 来说特别有利，因为在这种情况下长的样品 10 总归需要在型板 20 上拉动，因此简化了型板 20 的制造。然而在

此必须确保,样品 10 的每个点至少短时间地承受相应的弯曲 16。已经证实:当为此将样品 10 覆盖在扇形角为 10° 的圆柱形扇段 21 上,并且样品 10 在该区域 21 中以面接触方式紧贴在型板 20 上时通常已经足够。需要时还可以通过将紧贴的角度区域 21 提高到直至 90° 来进一步提高可靠性。

[0176] 此外,多重型板也可以锥体或截顶锥体的形式被构造为“无级的”。在该情况下,通过将相应样品 10 放置在具有大弯曲半径 R_L 的型板区域上,并在压于该多重型板的情况下朝较小的弯曲半径 R_L 移动直至样品 10 断裂,可以无级地测量样品 10 的断裂应力 σ_b 。因此,可以将锥体或截顶锥体看作是由无限多个无穷小的、窄的型板 20 构成的组合。

[0177] 样品能够借助粘结带 31 或者其他可弯曲的带 31 来压。但是样品也可以借助与型板 20 相匹配的配对件(“模型(Form)”)压在型板 20 上。

[0178] 此外,替代外圆柱 21(样品 10 的第二侧面 12 从外部压在该外圆柱上)地,也可以使用内圆柱(或者内圆柱区段)。样品 10 的第一侧面 11 沿径向从内部压在该内圆柱上。

[0179] 基于断裂试验也可以实施一种用于制造玻璃制品的方法,该玻璃制品具有至少一个这样的边缘:相对于该边缘上的特定的机械拉伸应力 σ_g ,该边缘具有有保障的断裂强度,在该方法中,

[0180] - 制造玻璃制品,并且

[0181] - 在特定拉伸应力 σ_g 的情况下,优选在该特定拉伸应力 σ_g 的 1.1 倍的情况下,最优选在该特定拉伸应力 σ_g 的 1.2 倍的情况下,该玻璃制品的边缘的断裂强度至少是在该边缘的一个区段中,优选至少沿着该边缘长度的 0.01 倍,最优选至少沿着该边缘长度的 0.1 倍,特别是沿着整个边缘通过在具有限定曲率的型板表面上实施玻璃制品的弯曲来进行检测,在此,一旦玻璃制品断裂就将其舍弃。

[0182] 通过该方法能够提供具有经检测的边缘断裂强度的玻璃制品。

[0183] 通过以这种玻璃制品的样品并利用所述方法来检测边缘强度,可以进一步获得一种制造薄的、扁平的玻璃制品的方法:根据该边缘强度确定最小的弯曲半径 R_m ,并将与用于获得样品的玻璃制品相同类型的玻璃制品弯曲,在此,弯曲半径 R_b 不低于所确定的最小弯曲半径 R_m 。在此,用于获得样品的玻璃制品也可以包括待检测的玻璃制品。例如,可以通过将待检测的玻璃制品的一个区段分离来获得样品。

[0184] 该方法允许利用样品来表征自身不能被检测的玻璃制品并且能够保证其质量。

[0185] 另一个方法的特征在于,玻璃片制造成玻璃制品,并且玻璃片在其制造之后被缠绕成辊,其中,玻璃片在辊内侧上的弯曲半径 R_r 不超过最小的弯曲半径 R_m 。

[0186] 该方法能够提供卷绕的玻璃片,并且在购买时不需要忍受过多的玻璃断裂。

[0187] 图 8 中示出了根据本发明的玻璃产品 103。其为卷绕的玻璃片 100。对于这种玻璃片,首先通过根据本发明的方法确定最小允许弯曲半径,然后再缠绕玻璃片。在此需要注意,在辊 103 的内侧 104 上,玻璃的弯曲半径大于允许最小弯曲半径。在这种缠绕中,带材 107(例如纸张或塑料)被连带材缠绕,以防止玻璃片的表面被刮伤。

[0188] 为了能够确保即使在非常大面积的玻璃制品中,例如特别是薄玻璃片中,也有特别低的断裂率,根据本发明的一种实施方式,也可以将用于检测平坦样品 10 的断裂强度的方法与用于玻璃产品 103 的弯曲检测相结合。本发明的这种实施方式的构思基于,首先通过用于检测平坦样品 10 的断裂强度的方法确定用于断裂强度的一个或多个参数,特别是

一个或多个统计数值,并根据这些参数确定用于整个玻璃制品的弯曲测试的弯曲半径,然后对玻璃制品进行弯曲测试,在此,当玻璃制品在具有固定弯曲半径的弯曲负荷下发生断裂时,舍弃该玻璃制品。适宜地将玻璃制品的弯曲半径或者说所使用型板的对应型板表面的曲率半径选择为,大于样品 10 断裂时的弯曲半径的平均值。

[0189] 由此使得玻璃制品的边缘、特别是玻璃片的边缘以限定的半径弯曲并且产生弯曲应力,该弯曲应力应足够高,以使边缘在临界的薄弱位置断裂,但是另一方面该弯曲应力也应足够低,以便非临界的边缘缺陷不会通过弯曲而加剧。特别是应当确保,所制得的玻璃具有带有充分统计可靠性的、有保障的强度特性。

[0190] 为了设置用于玻璃制品弯曲测试的弯曲半径,按照根据本发明的方法在玻璃样品 10 上实施统计方式的强度试验,通过该样品测定玻璃制品的“基本强度”。该弯曲测试应当作用在下述区域中:在该区域中,玻璃制品的强度特性不利地偏离了样品的强度特性,即偏离了根据本发明在具有连续减小的弯曲半径的玻璃样品上的断裂测试。

[0191] 在一种实施方式中,通过根据本发明的、用于检测平坦样品 10 的断裂强度的方法,基于断裂弯曲半径 $R_1 \cdots R_N$ 的 N 个数值来拉伸样品,并针对样品的这些数值计算平均值

$$[0192] \quad \langle R \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i$$

[0193] 以及方差

$$[0194] \quad s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - \langle R \rangle)^2}$$

[0195] 然后优选通过在滚筒上的传输使整个玻璃制品、特别是玻璃片弯曲,从而取决于相对方差 (relativen Varianz) $s/\langle R \rangle$,两个弯曲方向的弯曲半径 R_{PT} 都位于由图 9 中的曲线限定的区域中,即处于两条曲线 $R_{PT,max}$ 和 $R_{PT,min}$ 之间。在图 9 中示出的曲线图中,在坐标中标出了玻璃制品的弯曲半径与样品 10 断裂时的弯曲半径的平均值 $\langle R \rangle$ 的比率,该比率是相对方差 $s/\langle R \rangle$ 的函数。

[0196] 优选样品 N 的规模为至少 20 个,在这些样品中,将 10% 的最大值和 10% 的最小值舍弃,并只根据剩下的样品(所谓的“依据随机样品”)按照上述两个等式获得平均值和方差。随后例如在滚筒上拉伸玻璃制品,以对玻璃制品进行弯曲测试,从而与相对方差 $s/\langle R \rangle$ 有关地使优选两个弯曲方向的弯曲半径 R_{PT} 都位于图 10 中的曲线所限定的区域中。

[0197] $R_{PT,max}$ 和 $R_{PT,min}$ 的数值是相对方差 $s/\langle R \rangle$ 的函数。如果相对方差较高,则表示弯曲应力具有较高的散点 (Streuung),或者说在断裂试验中对应的弯曲半径具有较高的散点。相应地在较高的散点情况下,也要为整个玻璃制品的断裂测试选择较大的弯曲半径,从而能够确保所选择的弯曲半径对应于特定的断裂强度。

[0198] 根据图 9 或图 10 的曲线 $R_{PT,max}/\langle R \rangle (s/\langle R \rangle)$ 和 $R_{PT,min}/\langle R \rangle (s/\langle R \rangle)$ 针对于相同类型玻璃制品样品的断裂强度的相对方差并限定了包括尽可能小的弯曲半径的狭窄区域,通过在这些曲线之间选择弯曲半径,能够确保非常高的断裂强度,并且仍然能够在玻璃制品的断裂测试中限制废品,这些废品实际上具有明显的薄弱位置。

[0199] 将图 9 和图 10 的曲线 $R_{PT,max}/\langle R \rangle$ 和 $R_{PT,min}/\langle R \rangle$ 之间的区域略微地相对移动。对于上述两个测试条件,即,对于数值在根据图 9 的 $R_{PT,max}/\langle R \rangle$ 至 $R_{PT,min}/\langle R \rangle$ 的区域内有利的样

品,以及对于已获得根据图 10 的 $R_{PT,max}/\langle R \rangle$ 至 $R_{PT,min}/\langle R \rangle$ 区域中的相应弯曲半径的、经过调整样品,能够设定一包络区域 (einhüllender Bereich)。为此在图 11 中示出了图 9 和图 10 的曲线 $R_{PT,max}/\langle R \rangle$ 和 $R_{PT,min}/\langle R \rangle$,以及优选的界限值 $R_{min}/\langle R \rangle$ ($s/\langle R \rangle$), $R_{max}/\langle R \rangle$ ($s/\langle R \rangle$), 曲线 $R_{PT,max}/\langle R \rangle$ 和 $R_{PT,min}/\langle R \rangle$ 位于该界限值之间。因此根据本发明的一种实施方式,将用于整个薄的扁平玻璃制品断裂测试的弯曲半径选择为,该弯曲半径位于 $R_{min}(s/\langle R \rangle)$, $R_{max}(s/\langle R \rangle)$ 的范围内。在此,对于弯曲半径 $R_{min}(s/\langle R \rangle)$, $R_{max}(s/\langle R \rangle)$ 可以设定下述关系式:

$$[0200] \quad i) \quad \frac{R_{min}}{\langle R \rangle} = 0.7 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle} \cdot 0.053 - 2.3\right), \text{ 和}$$

$$[0201] \quad ii) \quad \frac{R_{max}}{\langle R \rangle} = 3.4 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle} \cdot 0.05 - 2.1\right)。$$

[0202] 本发明还涉及一种用于制备具有高断裂强度的板状玻璃制品的方法,在该方法中,

[0203] - 借助根据本发明的、用于检测由脆性-断裂材料构成的平坦样品 10、特别是玻璃片的断裂强度的方法,对多个样品 10 (总数 N) 进行评估:样品 10 分别在什么弯曲半径或什么拉伸应力下断裂,

[0204] - 根据这些数值计算各个样品 (10) 断裂时的弯曲半径 R_i 的平均值 $\langle R \rangle$, 并通过该平均值 $\langle R \rangle$

[0205] - 根据 $s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - \langle R \rangle)^2}$ 计算方差 s, 随后,

[0206] - 使由与样品 10 相同的玻璃材料构成的玻璃制品、优选为玻璃片 (100) 弯曲,以检测该玻璃制品是否能够承受住弯曲半径 R_{PT} 或对应的拉伸应力,其中,

[0207] - 将弯曲半径 R_{PT} 选择为,该弯曲半径位于与取决于相对方差 $s/\langle R \rangle$ 的半径 R_{min} 至 R_{max} 的区域中,在此,

[0208] - 通过上述设定的等式 i) 和 ii) 获得半径 R_{min} 和 R_{max} 。

[0209] 图 12 为此示意性示出了玻璃片 100 形式的玻璃制品,该玻璃片沿着箭头行进并且通过滚筒或辊子 8、9 移动,从而对该玻璃片局部地强加具有由滚筒 8、9 预先设定的弯曲半径的弯曲。优选通过沿相反弯曲方向的弯曲对玻璃制品进行检测。为此,在图 12 的实施例中将辊子 8、9 放置在玻璃片 100 的上方和下方,以使玻璃片以两个侧面 11、12 分别围绕滚筒 8、9 中弯曲。

[0210] 为了确保玻璃片形式的、优选极大面积的且纵向延伸的整个玻璃制品能够承受弯曲半径在 R_{min} 至 R_{max} 范围内的弯曲应力,根据一种扩展方案,使玻璃制品的纵向边缘沿其整个长度的至少 3/4、优选沿其整个长度至少以弯曲半径 R_{PT} 进行弯曲。

[0211] 如前所述,可以使用经调整的样品来确定数值 $\langle R \rangle$ (断裂时弯曲半径的平均值) 和 s (断裂时弯曲半径的方差),对此,根据至少 20 个样品的断裂来确定弯曲半径或拉伸应力,并舍弃最大值和最小值,优选舍弃 10% 的弯曲半径或拉伸应力最大值和 10% 的弯曲半径或拉伸应力最小值,并根据剩下的数值计算平均值和方差。

[0212] 现在,通过上述的本发明的实施方式能够制造这样的板状玻璃制品,其在具有预

定弯曲半径的弯曲负荷下具有确保的或预先设定的断裂强度,其中,该玻璃制品的边缘或者说至少玻璃制品的一个边缘沿着该边缘的整个边缘长度经受具有弯曲半径 R_{pt} 的弯曲负荷,在此,根据上面设定的等式 i)、ii),该弯曲半径位于

$$[0213] \quad iii) \quad R_{\min} = \langle R \rangle \cdot \left\{ 0.7 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0.053} - 2.3\right) \right\} \text{ 至}$$

$$[0214] \quad iv) \quad R_{\max} = \langle R \rangle \cdot \left\{ 3.4 + \exp\left(\frac{s}{\langle R \rangle \cdot 0.05} - 2.1\right) \right\} \text{ 的范围中,}$$

[0215] 其中, $\langle R \rangle$ 是平均值,

$$[0216] \quad s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - \langle R \rangle)^2}$$

是在 N 个由与玻璃制品的玻璃材料相同的玻璃材料构成的

样品断裂时的弯曲半径的方差,其中,各个样品 10 断裂时的弯曲半径 R_i 优选借助根据本发明的、用于检测由脆性 - 断裂材料构成的平坦样品 10 的断裂强度的方法进行测定。

[0217] 特别优选该玻璃制品是具有至少 20 米、优选至少 50 米的长度的薄玻璃片。优选玻璃片 100 沿着至少 20 米的整个边缘长度检测断裂强度,并且该玻璃片能够确保玻璃片能够经受的相应弯曲半径。

[0218] 玻璃制品优选由锂 - 铝硅酸盐玻璃、钠钙硅酸盐玻璃、硼硅酸盐玻璃、碱金属 - 铝硅酸盐玻璃、不含碱金属或碱金属含量少的铝硅酸盐玻璃。这些玻璃例如借助拉伸法,比如下拉 (Downdraw) 法、溢流熔融法 (Overflow-Fusion) 或者借助浮法技术而获得。

[0219] 优选可以使用铁含量少或不含铁的玻璃,特别是 Fe_2O_3 含量小于 0.05 重量%,优选小于 0.03 重量%,因为这种玻璃具有降低的吸收率并因此特别实现了提高的透明度。

[0220] 但是对于其他应用也优选灰玻璃或着色的玻璃。

[0221] 根据一个实施方式,使用为其用途而回火的玻璃或玻璃陶瓷。此玻璃或玻璃陶瓷可以通过离子交换进行化学回火或进行热回火或通过热和化学方法的组合进行回火。

[0222] 也可以使用光学玻璃作为玻璃材料,例如重火石玻璃、镧重火石玻璃、燧石玻璃、轻燧石玻璃、冕玻璃、硼硅酸冕玻璃、钡冕玻璃、重冕玻璃、或氟冕玻璃。

[0223] 优选可以使用铁含量少或不含铁的玻璃,特别是 Fe_2O_3 含量小于 0.05 重量%,优选小于 0.03 重量%,因为这种玻璃具有降低的吸收率并且因此特别实现了提高的透明度。

[0224] 但是对于其他应用也优选灰玻璃或着色的玻璃。

[0225] 本发明特别适用于对已经是高强度的玻璃的机械特性进行优化。高强度的玻璃通常用于玻璃要承受高机械负荷的用途中。因此,这种玻璃必然被设置用于承受作用在表面上的弯曲应力。玻璃的边缘在这里代表显著的弱项。最后,当板的边缘具有缺陷并且同样承受弯曲负荷时,由高强度玻璃构成的玻璃板将非常快速地断裂。例如在通过切开较大的板来批量生产单个的玻璃片时,借助本发明可以检测边缘的品质是否保持恒定。因此例如可以考虑切割轮的磨损可能会在玻璃边缘上留下损伤。如果是这种情况,整个玻璃片的强度将被显著削弱。现在,通过该方法能够非常精确地检测制成产品的这些变化,并在边缘构成过程中检查改善的有效性。接下来设定高强度的玻璃,在此,借助本发明可以通过监测边缘强度来实现强度的提高。

[0226] 根据一种实施方式,玻璃适宜地具有下述按摩尔百分比给出的摩尔组成的组分:

[0227]

组分	mol-%
SiO ₂	56-70
Al ₂ O ₃	10.5-16
B ₂ O ₃	0-3
P ₂ O ₅	0-3
Na ₂ O	10-15
K ₂ O	0-2
MgO	0-3
ZnO	0-3
TiO ₂	0-2.1
SnO ₂	0-1

[0228]

F	0.001-5
---	---------

[0229] 在此,额外地还有附加条件:氟的摩尔含量与 B₂O₃的摩尔含量的比值,即 F/B₂O₃在 0.0003 至 15 的范围内,优选 0.0003 至 11,特别优选 0.0003 至 10。该玻璃能够以化学回火并且能够在可移动的显示器中用作盖玻璃。

[0230] 在此,组成成分中优选包含以下成分:

[0231]

成分	Mol-%
SiO ₂	61 - 70
Al ₂ O ₃	11 - 14
B ₂ O ₃	0 - 0.5
Li ₂ O	0 - 0.1
Na ₂ O	11 - 15
K ₂ O	0 - 2
MgO	0 - 3
CaO	0 (无)
ZnO	0 - 1
CeO ₂	0 - 0.05
ZrO ₂	0 (无)
SnO ₂	0 - 0.3
F	0.001 - 3
F/B ₂ O ₃	0.002 - 6

[0232] 特别优选组成成分中包含以下成分：

[0233]

成分	mol-%
SiO ₂	64 - 70
Al ₂ O ₃	11 - 14
B ₂ O ₃	0 - 0.5
Li ₂ O	0 - 0.1
Na ₂ O	11 - 15

[0234]

K ₂ O	0 - 2
MgO	0 - 3
CaO	0 (无)
ZnO	<0.1
CeO ₂	0 - 0.05

ZrO ₂	0 (无)
SnO ₂	0 - 0.3
F	0.001 - 1

F/B ₂ O ₃	0.002 - 2
---------------------------------	-----------

[0235] 此外,根据本发明的一种扩展方案,优选使用以下组成的硼硅酸盐玻璃,包括(按重量%给出)

[0236] SiO₂ 60-85

[0237] Al₂O₃ 1-10

[0238] B₂O₃ 5-20

[0239] Li₂O+Na₂O+K₂O 总量 2-16

[0240] MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO 总量 :0-15

[0241] TiO₂+ZrO₂总量 0-5

[0242] P₂O₅ 0-2,

[0243] 以及可能添加的着色氧化物,例如 Nd₂O₃、Fe₂O₃、CoO、NiO、V₂O₅、Nd₂O₃、MnO₂、TiO₂、CuO、CeO₂、Cr₂O₃、稀土氧化物,这样的氧化物的含量为0-5重量%,或者对于“黑色玻璃”来说其含量为0-15重量%,以及0-2重量%的精炼剂,例如 As₂O₃、Sb₂O₃、SnO₂、SO₃、Cl、F、CeO₂。

[0244] 还有一组合适的玻璃是无碱硼硅酸盐玻璃。在此优选以重量百分比给出以下组成:

[0245]

成分	重量%
SiO ₂	>58 - 65
Al ₂ O ₃	>14 - 25
B ₂ O ₃	>6 - 10.5

[0246]

MgO	0 - <3
CaO	0 - 9
BaO	>3 - 8
ZnO	0 - <2

[0247] 该玻璃也在 US2002/0032117A1 中有描述,该文献中关于玻璃组成和玻璃特性的

内容也完全用于本申请的内容。这种玻璃由申请人以商品名 AF32 进行销售。

[0248] 接下来的表格列出另一种合适的、无碱硼硅酸盐玻璃的成分含量，并在右边一列中列出了基于这种玻璃的、具有类似性质玻璃种类的组成范围：

[0249]

成分	示例 重量%	范围 (重量%)
SiO ₂	70	67 - 73
Al ₂ O ₃	10	8 - 12
B ₂ O ₃	10	8 - 12
CaO	6	4 - 9
BaO	1	0.5 - 2
SrO	3	2 - 4

[0250] 还有另一种优选的玻璃类型是具有下述按重量百分比给出的组分的硼硅酸盐玻璃：

[0251]

成分	重量%
SiO ₂	30 - 85
B ₂ O ₃	3 - 20
Al ₂ O ₃	0 - 15
Na ₂ O	3 - 15
K ₂ O	3 - 15
ZnO	0 - 12
TiO ₂	0.5 - 10
CaO	0 - 0.1

[0252] 这种类型的玻璃的其中一种玻璃是 Schott 玻璃 D263。具有更确切组成成分的这种玻璃也在 US2013/207058A1 中有描述，该文献中关于这种玻璃组成以及性质的内容也完全用于本申请的内容。

[0253] 钠钙玻璃也是适用的。在接下来的表格中列出了两个实施例以及按重量百分比给出的、根据一个优选的组成范围的成分的含量：

[0254]

	玻璃 1	玻璃 2	范围:
SiO ₂	74.42	71.86	63-81
Al ₂ O ₃	0.75	0.08	0-2
MgO	0.30	5.64	0-6
CaO	11.27	9.23	7-14
Li ₂ O	0.00	0.00	0-2
Na ₂ O	12.9	13.13	9-15
K ₂ O	0.19	0.02	0-1.5
Fe ₂ O ₃	0.01	0.04	0-0.6
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0-0.2
MnO ₂	0.00	0.00	0-0.2
Co ₃ O ₄	0.00	0.00	0-0.1
TiO ₂	0.01	0.01	0-0.8
SO ₃	0.16	0.00	0-0.2
Se	0.00	0.00	0-0.1

[0255] 在此,玻璃 2 特别适合于以浮法制造玻璃片。

[0256] 此外,根据一种实施方式,使用下述组份形成的钠钙硅酸盐玻璃作为玻璃,其包括(按重量%给出):

[0257] SiO₂ 40-80

[0258] Al₂O₃ 0-6

[0259] B₂O₃ 0-5

[0260] Li₂O+Na₂O+K₂O 总量 5-30

[0261] MgO+CaO+SrO+BaO+ZnO 总量 :5-30

[0262] TiO₂+ZrO₂总量 0-7

[0263] P₂O₅ 0-2,

[0264] 以及可能添加的着色氧化物,例如 Nd₂O₃、Fe₂O₃、CoO、NiO、V₂O₅、Nd₂O₃、MnO₂、TiO₂、CuO、CeO₂、Cr₂O₃、稀土氧化物,它们的含量为 0-15 重量%,或者对于“黑色玻璃”来说含量为 0-15 重量%,以及 0-2 重量%的精炼剂,例如 As₂O₃、Sb₂O₃、SnO₂、SO₃、Cl、F、CeO₂。

[0265] 根据本发明的另一种实施方式,使用下述组份形成的锂-铝硅酸盐玻璃作为玻璃材料,包括(按重量%给出):

[0266] SiO₂ 55-69

[0267] Al₂O₃ 19-25

[0268] Li₂O 3-5

[0269] Na₂O+K₂O 总量 0-3

[0270] MgO+CaO+SrO+BaO 总量 :0-5

[0271] ZnO 0-4

[0272] TiO₂ 0-5

[0273] ZrO₂ 0-3

[0274] TiO₂+ZrO₂+SnO₂总量 2-6

[0275] P₂O₅ 0-8

[0276] F 0-1

[0277] B₂O₃ 0-2,

[0278] 以及可能添加的着色氧化物,例如 Nd_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CoO 、 NiO 、 V_2O_5 、 Nd_2O_3 、 MnO_2 、 TiO_2 、 CuO 、 CeO_2 、 Cr_2O_3 、稀土氧化物,它们的含量为 0-1 重量%;以及 0-2 重量%的精炼剂,例如 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 SnO_2 、 SO_3 、 Cl 、 F 、 CeO_2 。

[0279] 此外,优选将由下述玻璃组份形成的碱金属-铝硅酸盐玻璃作为载体材料,包括(按重量%给出):

[0280] SiO_2 40-75

[0281] Al_2O_3 10-30

[0282] B_2O_3 0-20

[0283] $\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 总量 4-30

[0284] $\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO}+\text{ZnO}$ 总量 :0-15

[0285] $\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2$ 总量 0-15

[0286] P_2O_5 0-10,

[0287] 以及可能添加的着色氧化物,例如 Nd_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CoO 、 NiO 、 V_2O_5 、 Nd_2O_3 、 MnO_2 、 TiO_2 、 CuO 、 CeO_2 、 Cr_2O_3 、稀土氧化物,它们的含量为 0-5 重量%,或者对于“黑色玻璃”来说含量为 0-15 重量%,以及 0-2 重量%的精炼剂,例如 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 SnO_2 、 SO_3 、 Cl 、 F 、 CeO_2 。

[0288] 此外,优选将由下述玻璃组份形成的无碱铝硅酸盐玻璃作为载体材料,包括(按重量%给出)

[0289] SiO_2 50-75

[0290] Al_2O_3 7-25

[0291] B_2O_3 0-20

[0292] $\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 总量 0-0, 1

[0293] $\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO}+\text{ZnO}$ 总量 :5-25

[0294] $\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2$ 总量 0-10

[0295] P_2O_5 0-5,

[0296] 以及可能添加的着色氧化物,例如 Nd_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CoO 、 NiO 、 V_2O_5 、 Nd_2O_3 、 MnO_2 、 TiO_2 、 CuO 、 CeO_2 、 Cr_2O_3 、稀土氧化物,它们的含量为 0-5 重量%或者对于“黑色玻璃”来说含量为 0-15 重量%,以及 0-2 重量%的精炼剂,例如 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 SnO_2 、 SO_3 、 Cl 、 F 、 CeO_2 。

[0297] 此外,优选采用由下述玻璃组份形成的、碱金属含量少的铝硅酸盐玻璃,包括(按重量%给出):

[0298] SiO_2 50-75

[0299] Al_2O_3 7-25

[0300] B_2O_3 0-20

[0301] $\text{Li}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 总量 0-4

[0302] $\text{MgO}+\text{CaO}+\text{SrO}+\text{BaO}+\text{ZnO}$ 总量 :5-25

[0303] $\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2$ 总量 0-10

[0304] P_2O_5 0-5,

[0305] 以及可能的着色氧化物的添加,例如 Nd_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CoO 、 NiO 、 V_2O_5 、 Nd_2O_3 、 MnO_2 、 TiO_2 、 CuO 、 CeO_2 、 Cr_2O_3 、稀土氧化物,它们的含量为 0-5 重量%或者对于“黑色玻璃”来说含量为 0-15 重量%,以及 0-2 重量%的精炼剂,例如 As_2O_3 、 Sb_2O_3 、 SnO_2 、 SO_3 、 Cl 、 F 、 CeO_2 。

[0306] 例如可以使用薄玻璃,其例如由 Schott AG, Mainz 公司以名称 D263、D263eco、B270、B270eco、Borofloat、Xensation Cover、Xensation cover 3D、AF45、AF37、AF32 或 AF32eco 出售。

[0307] 在另一种实施方式中,脆性 - 断裂材料特别是玻璃陶瓷板形式的玻璃陶瓷,其中,玻璃陶瓷由陶瓷化的铝硅酸盐玻璃或者锂 - 铝硅酸盐玻璃构成,特别是由以化学方式和 / 或热学方式硬化的陶瓷化铝硅酸盐玻璃或锂 - 铝硅酸盐玻璃构成。在另一种实施方式中,脆性 - 断裂材料包括可陶瓷化的玻璃原材料,该玻璃原材料在燃烧的情况下、在热作用下被陶瓷化或者被进一步地继续陶瓷化,并因此提高了阻燃安全性。

[0308] 优选使用具有下述玻璃原材料组成成分的玻璃陶瓷或可陶瓷化的玻璃(按重量%给出):

[0309] Li_2O 3.2-5.0

[0310] Na_2O 0-1.5

[0311] K_2O 0-1.5

[0312] $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 总量 0.2-2.0

[0313] MgO 0.1-2.2

[0314] CaO 0-1.5

[0315] SrO 0-1.5

[0316] BaO 0-2.5

[0317] ZnO 0-1.5

[0318] Al_2O_3 19-25

[0319] SiO_2 55-69

[0320] TiO_2 1.0-5.0

[0321] ZrO_2 1.0-2.5

[0322] SnO_2 0-1.0

[0323] $\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2+\text{SnO}_2$ 总量 2.5-5.0

[0324] P_2O_5 0-3.0。

[0325] 在另外一种实施方式中,优选使用具有下述玻璃原材料组成成分的玻璃陶瓷或可陶瓷化的玻璃(按重量%给出):

[0326] Li_2O 3-5

[0327] Na_2O 0-1.5

[0328] K_2O 0-1.5

[0329] $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 总量 0.2-2

[0330] MgO 0.1-2.5

[0331] CaO 0-2

[0332] SrO 0-2

[0333] BaO 0-3

[0334] ZnO 0-1.5

[0335] Al_2O_3 15-25

[0336] SiO_2 50-75

- [0337] TiO_2 1-5
- [0338] ZrO_2 1-2.5
- [0339] SnO_2 0-1.0
- [0340] $\text{TiO}_2+\text{ZrO}_2+\text{SnO}_2$ 总量 2.5-5
- [0341] P_2O_5 0-3.0。
- [0342] 在另外一种实施方式中,优选使用具有下述玻璃原材料组成成分的玻璃陶瓷或可陶瓷化的玻璃(按重量%给出):

- [0343] Li_2O 3 - 4.5
- [0344] Na_2O 0-1.5
- [0345] K_2O 0-1.5
- [0346] $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 总量 0.2-2
- [0347] MgO 0-2
- [0348] CaO 0 - 1.5
- [0349] SrO 0 - 1.5
- [0350] BaO 0 - 2.5
- [0351] ZnO 0-2.5
- [0352] B_2O_3 0-1
- [0353] Al_2O_3 19-25
- [0354] SiO_2 55-69
- [0355] TiO_2 1.4 - 2.7
- [0356] ZrO_2 1.3-2.5
- [0357] SnO_2 0 - 0.4
- [0358] $\text{TiO}_2+\text{SnO}_2$ 总量小于 2.7
- [0359] P_2O_5 0-3
- [0360] $\text{ZrO}_2+0.87(\text{TiO}_2+\text{SnO}_2)$ 总量 3.6 - 4.3。

[0361] 玻璃陶瓷优选包含高度石英混晶或热液石英混晶作为主要的晶体相。晶粒尺寸优选为小于 70nm,特别优选小于等于 50nm,非常特别优选小于等于 10nm。

[0362] 对本领域技术人员而言显而易见的是,前面描述的实施方式应该被理解为示例性的,本发明并不受此限制,而是能够在不偏离权利要求保护范围的情况下以多种方式变化。另外显而易见的是,这些特征与它们是否在说明书、权利要求书、附图或者其他方面公开无关,都定义了本发明的各个重要组成部分,当这些特征与其他特征共同描述时也是如此。

[0363] 附图标记列表

- [0364] 6 框架
- [0365] 7 轴
- [0366] 8,9 辊子
- [0367] 10 样品
- [0368] 10n 中性面
- [0369] 10m 两点弯曲中样品的中心
- [0370] 11 第一侧面

- [0371] 12 第二侧面
- [0372] 13 边缘
- [0373] 13b 镶边
- [0374] 13p 待检测的边缘
- [0375] 13s 端面
- [0376] 131 第一棱角
- [0377] 132 第二棱角
- [0378] 15 样品的实际弯曲区段
- [0379] 16 圆弧形的弯曲
- [0380] 17 受力的样品区段
- [0381] 20 型板
- [0382] 21 型板表面
- [0383] 23 弯曲装置
- [0384] 24 型板旋转方向
- [0385] 28 型板表面的曲率圆
- [0386] 30 压力
- [0387] 31 可弯曲的带 / 粘结带
- [0388] 31a 带的伸出末端
- [0389] 31b 带的伸出末端
- [0390] 32 拉伸力
- [0391] 33 传送装置
- [0392] 34 传送方向
- [0393] 41 样品靠近边缘的缺陷
- [0394] 42 裂缝
- [0395] 51, 52 支承板
- [0396] 100 玻璃片
- [0397] 103 玻璃辊
- [0398] 104 103 的内侧 104
- [0399] 107 带材料
- [0400] 300 阶梯式滚筒
- [0401] 300p 表面投影的切点
- [0402] 301-320 阶梯式滚筒的圆盘

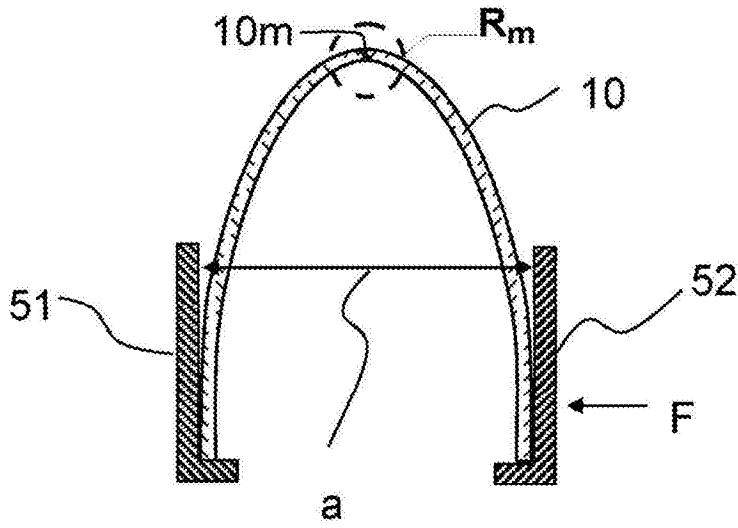


图 1

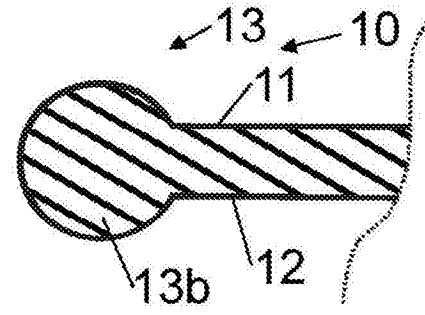


图 2a

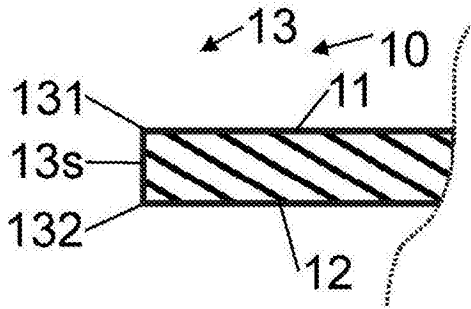


图 2b

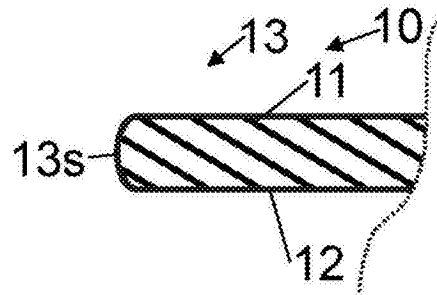


图 2c

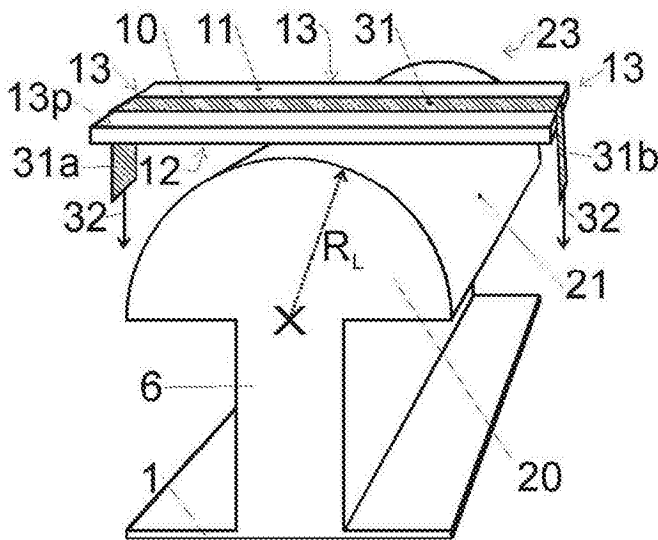


图 3a

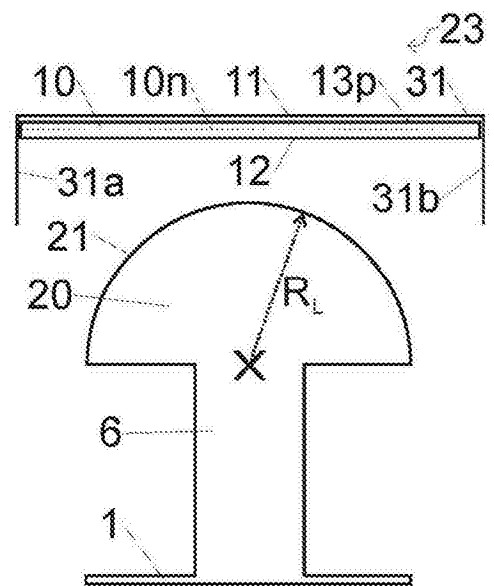


图 3b

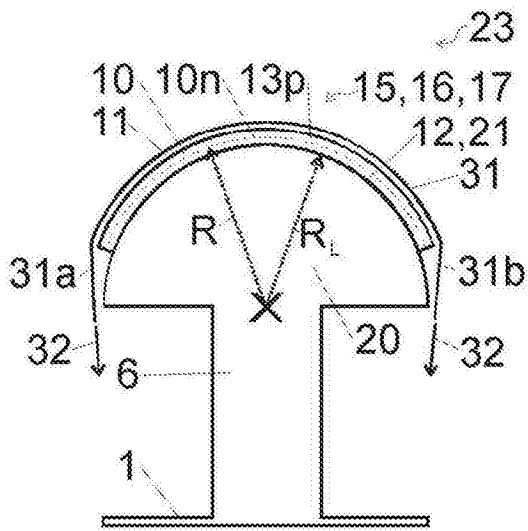


图 3c

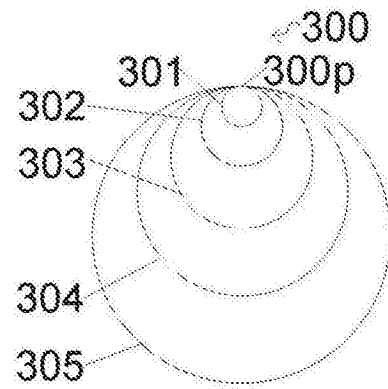


图 7

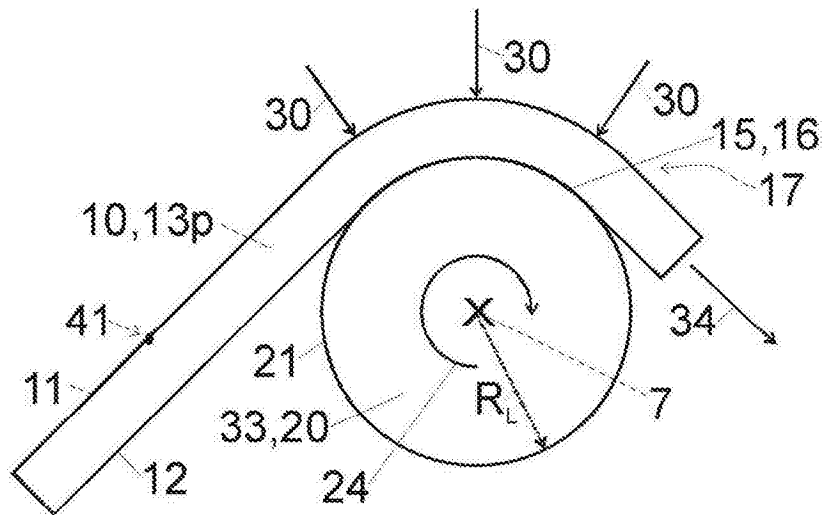


图 4a

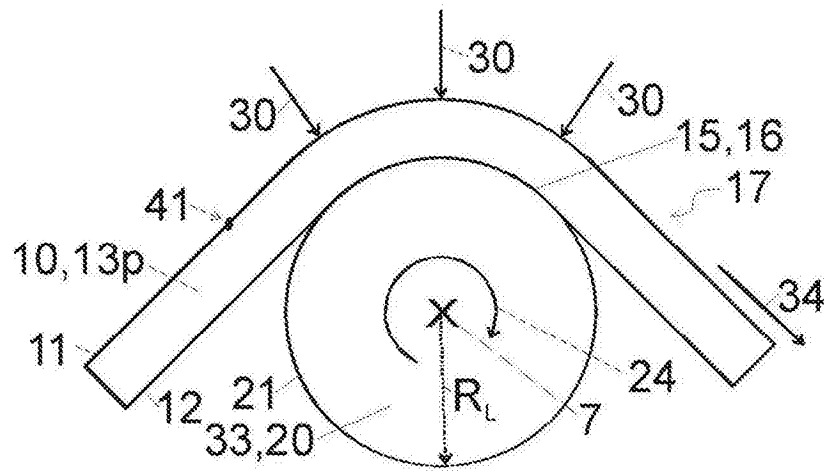


图 4b

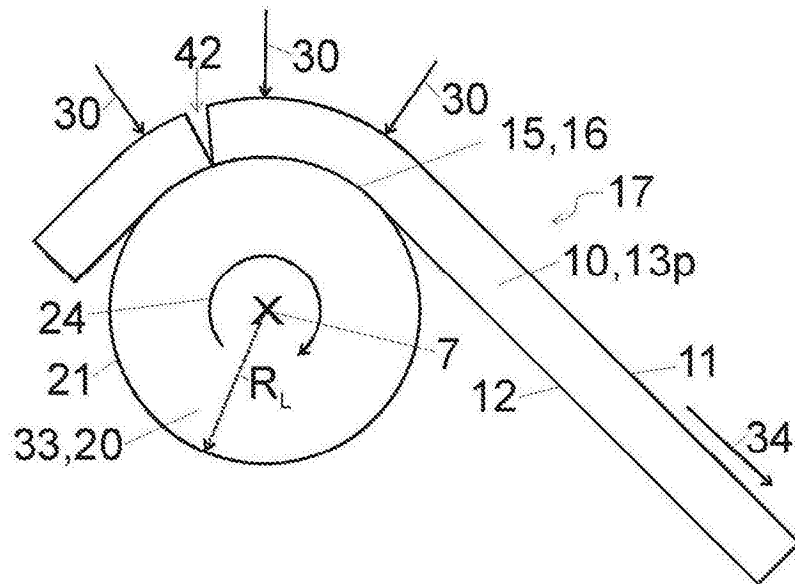


图 4c

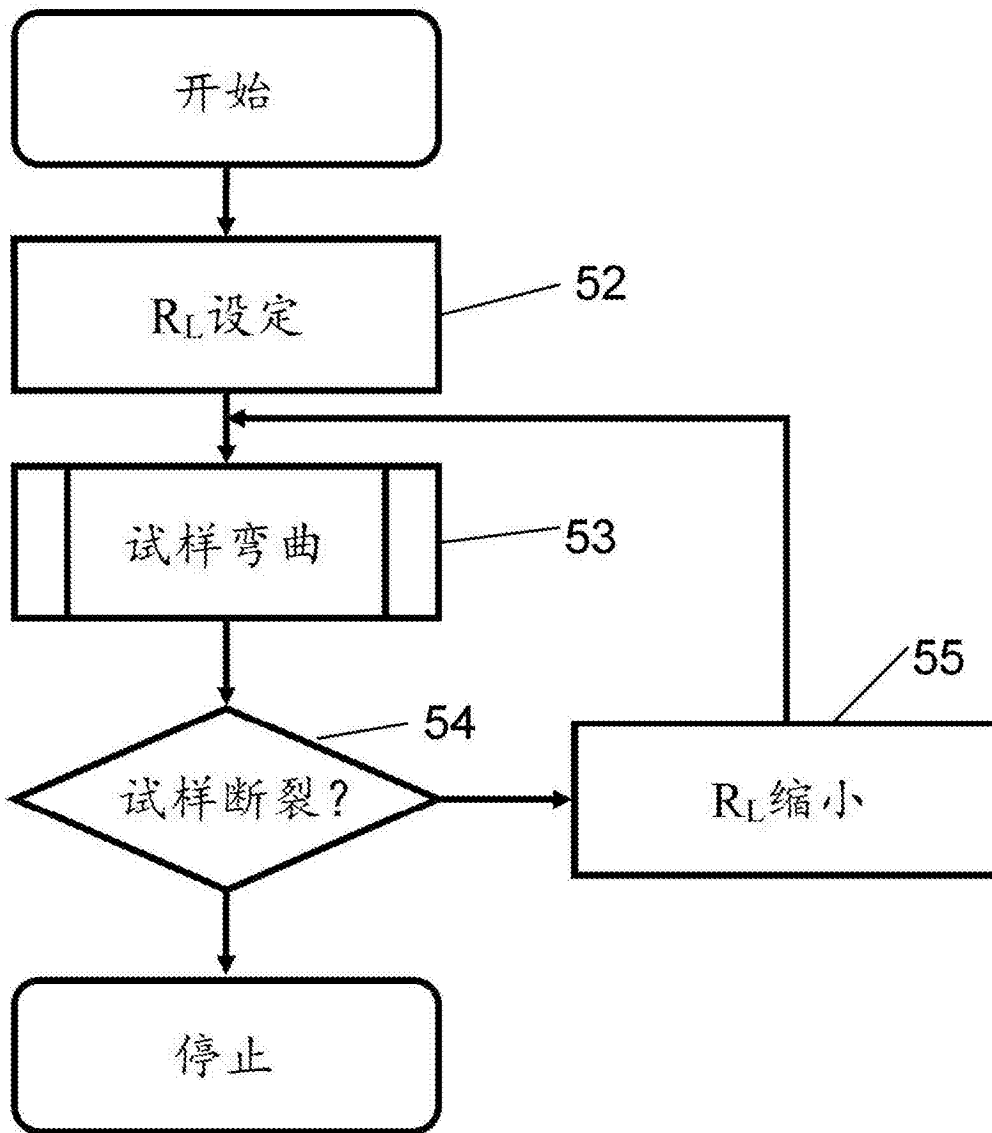


图 5

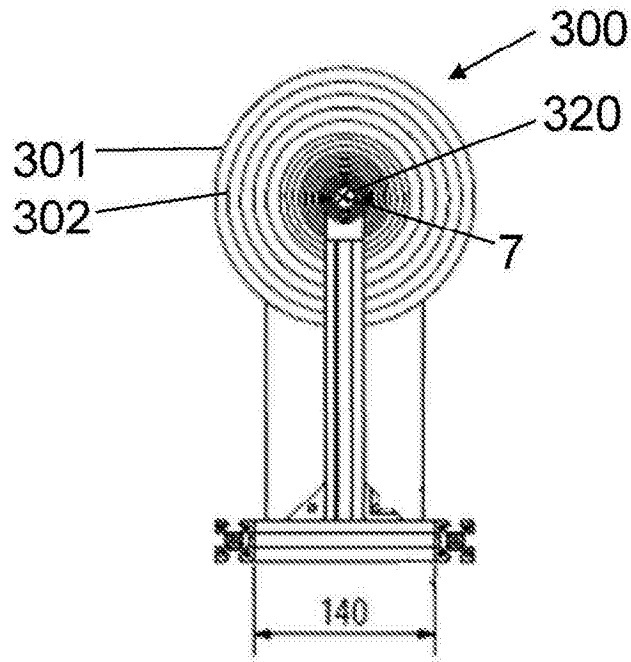


图 6a

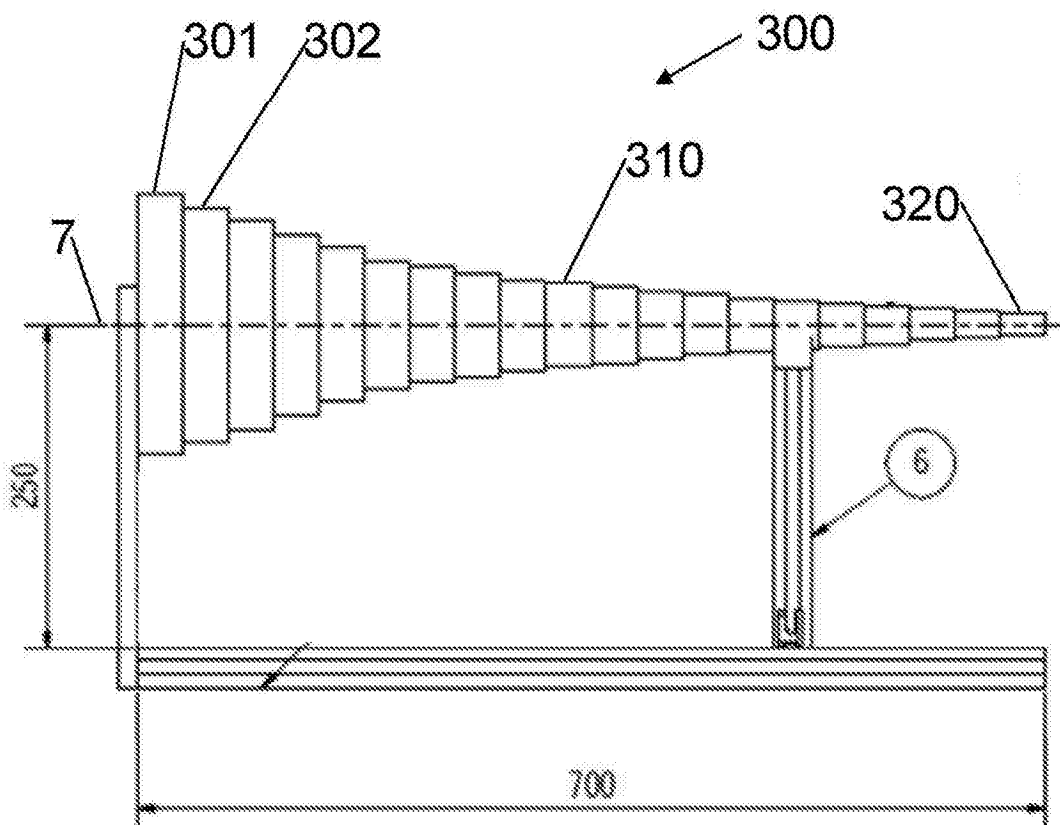


图 6b

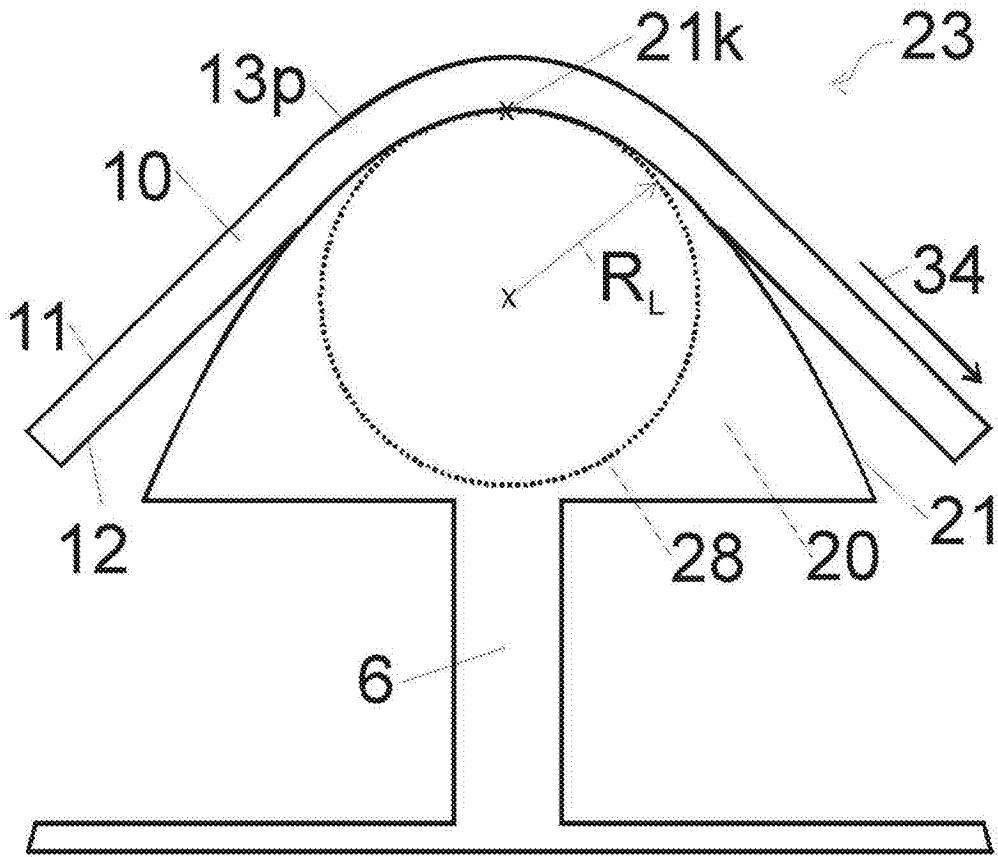


图 4d

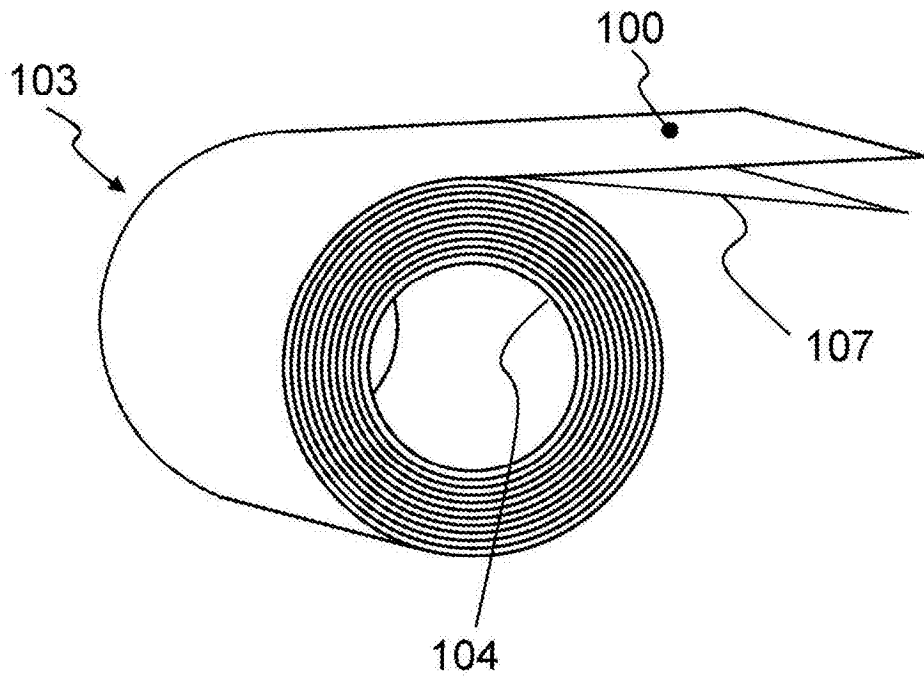


图 8

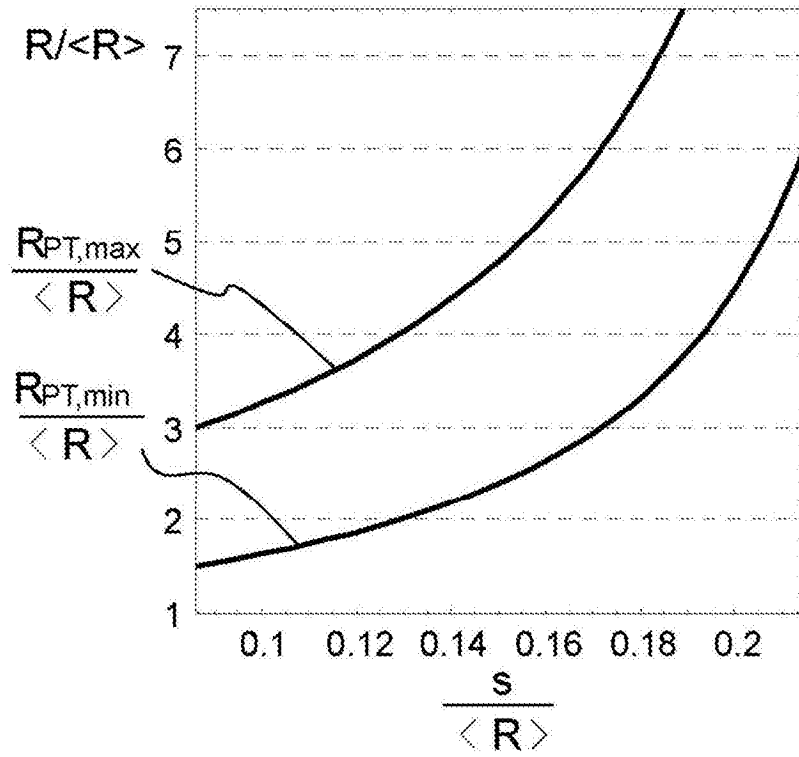


图9

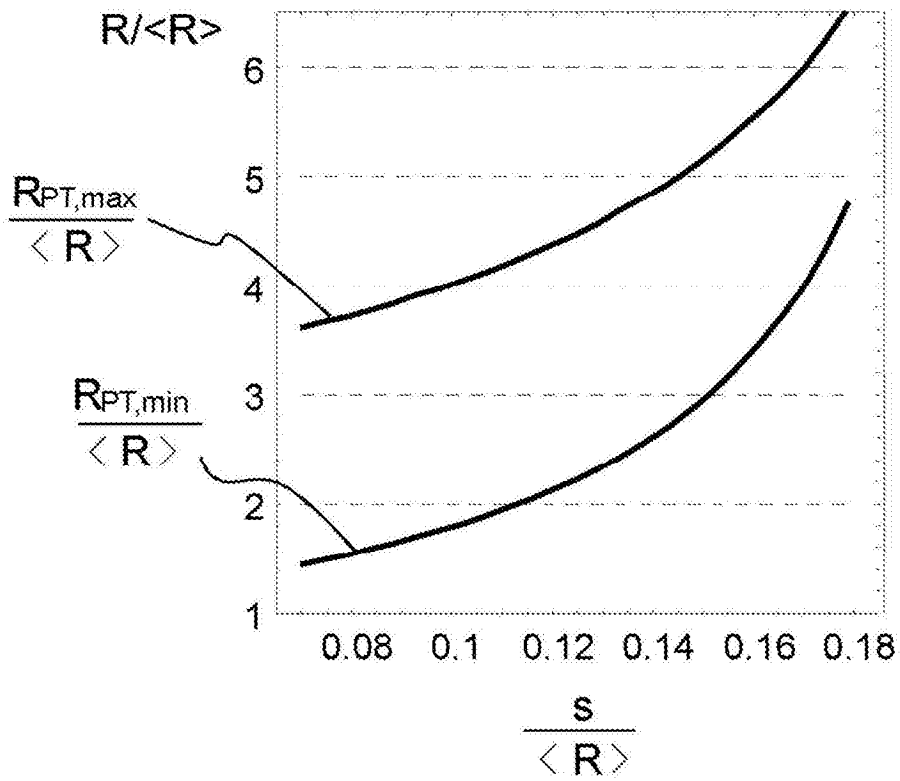


图10

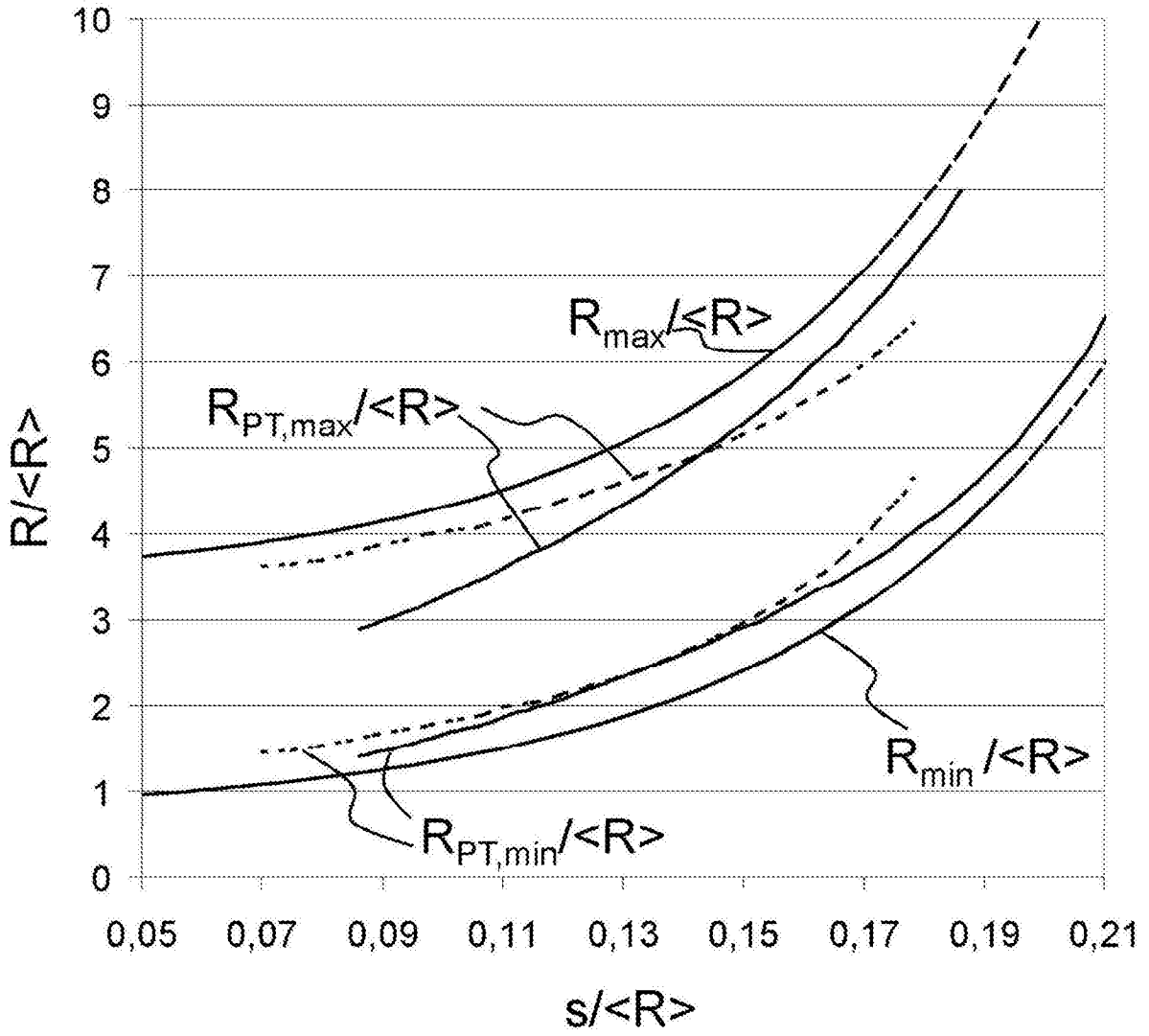


图 11

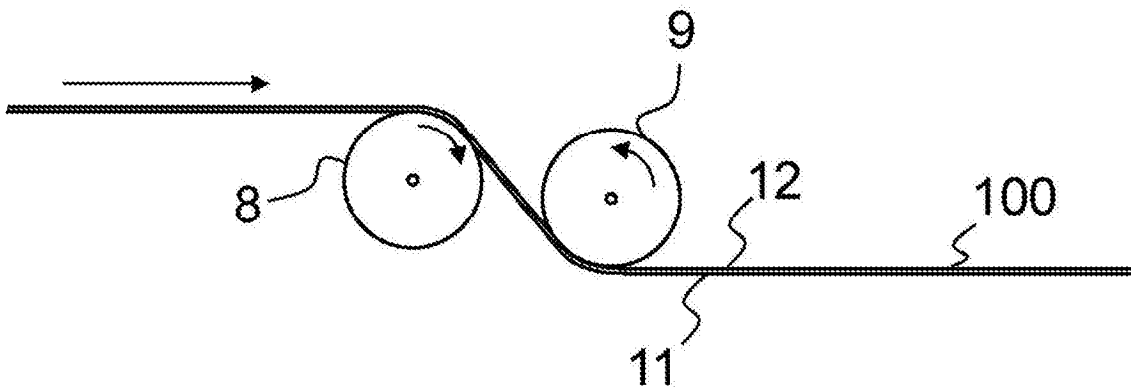


图 12