



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108472705 A

(43)申请公布日 2018.08.31

(21)申请号 201680067718.X

(22)申请日 2016.11.03

(30)优先权数据

15192746.4 2015.11.03 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2018.05.18

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2016/076509 2016.11.03

(87)PCT国际申请的公布数据

W02017/076946 EN 2017.05.11

(71)申请人 瑞典钢铁技术有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

(72)发明人 拉尔斯·特洛伊瓦

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

代理人 陈鹏 刘凤迪

(51)Int.Cl.

B21D 5/01(2006.01)

B21D 5/02(2006.01)

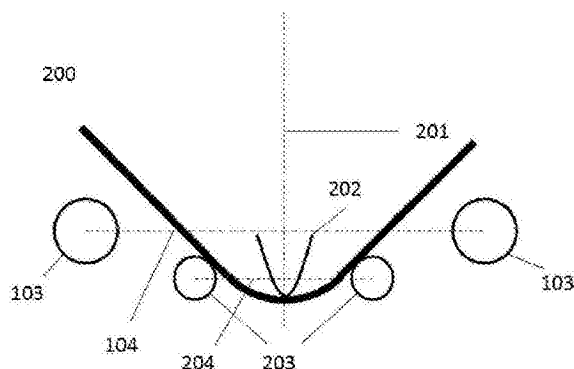
权利要求书3页 说明书20页 附图21页

(54)发明名称

弯曲方法

(57)摘要

本公开提供一种用于对诸如钢的材料板进行空气弯曲的方法,其特征是,具有两个弯曲步骤,其中,在第二弯曲步骤中的弯曲冲头具有较小的半径和/或在第二弯曲步骤中使用的模具宽度比在第一弯曲步骤中使用的模具宽度小。本公开的方法能够实现材料弯曲性的显著提高,特别是高强度钢。本公开还提供一种弯曲装置,其明确地适于执行本公开的方法,包括嵌套的双模具和可调节模具,所述双模具具有位于第一模具内下方的较窄的第二模具,所述可调节模具(在支承件中、或在弯曲冲头中、抑或是在两者中)具有能够容纳在调节过程中的材料的移动以形成第二模具宽度的高度调节装置。



1. 一种在材料板中形成弯曲的方法,所述方法包括:

通过使用第一弯曲冲头和具有第一模具宽度的第一模具,施加第一弯曲力,从而在第一空气弯曲步骤中对材料板进行空气弯曲;

通过使用第二弯曲冲头和具有第二模具宽度的第二模具,施加第二弯曲力,从而在第二空气弯曲步骤中对材料板进行空气弯曲,其中,在板的同一点并且沿同一方向施加所述第一弯曲力和所述第二弯曲力,

其特征在于,

所述第二模具宽度小于所述第一模具宽度,和/或

所述第二弯曲冲头的半径小于所述第一弯曲冲头的半径。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第二模具宽度小于所述第一模具宽度。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,使用嵌套的双模具,其中所述第二模具位于所述第一模具内的下方,所述第一模具和所述第二模具对齐,以使由所述第一模具和所述第二模具的模具支承件形成的平面平行,并且所述第一模具和所述第二模具的中点位于在第一弯曲步骤和第二弯曲步骤的过程中由弯曲冲头横穿的平面。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中,在第一弯曲步骤之后,所述第一模具宽度被调节,以形成具有所述第二模具宽度的所述第二模具。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,在模具宽度被调节时,所述第一弯曲冲头的重量将板保持就位。

6. 根据权利要求4或5所述的方法,其中,高度调节装置在调节的过程中将板推向冲头,以形成所述第二模具宽度。

7. 根据任一前述权利要求所述的方法,其中,同一弯曲冲头被用作所述第一弯曲冲头和所述第二弯曲冲头。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中,所述第一模具宽度 W_1 和第二模具宽度 W_2 满足下面的关系:

$$4W_2 \geq W_1 \geq \frac{3}{2}W_2。$$

9. 根据权利要求8所述的方法,其中, W_1 为18t至30t,优选地20t至25t,并且 W_2 为8t至20t,优选地8t至15t,优选地10t至13t,其中,t是正在弯曲的板的厚度。

10. 根据权利要求7至9中任一项所述的方法,其中,使用嵌套的双模具,所述第一模具和所述第二模具之间的高度差H满足下面的关系:

$$0.15 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 2.2$$

优选地:

$$0.2 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1.8。$$

11. 根据权利要求7至10中任一项所述的方法,其中,

$$1.3 \leq \frac{H}{t} \leq 16$$

优选地:

$$1.3 \leq \frac{H}{t} \leq 9$$

其中,H是所述第一模具和所述第二模具之间的高度差,
t是正在弯曲的材料厚度。

12.根据权利要求1至6中任一项所述的方法,其中,所述第二弯曲冲头的半径小于所述第一弯曲冲头的半径。

13.根据任一前述权利要求所述的方法,其中,在第一弯曲步骤结束时的弯曲的外纤维的应变为2%至9%,优选地2%至6%,更优选地2.5%至4.5%。

14.根据任一前述权利要求所述的方法,其中,在第一弯曲步骤后的弯曲角度为15°至120°,优选地20°至100°。

15.根据任一前述权利要求所述的方法,其中,材料是金属材料。

16.根据任一前述权利要求所述的方法,其中,材料具有0.85至1.0的屈服/拉伸强度比,优选地,材料是钢。

17.一种用于空气弯曲金属板的嵌套的双模具,所述双模具包括具有第一模具宽度 W_1 的第一模具和具有第二模具宽度 W_2 的第二模具,其中,所述第二模具宽度小于所述第一模具宽度,并且其中,所述第二模具定位在所述第一模具内的下方并对齐,以使由所述第一模具和所述第二模具的模具支承件形成的平面平行,并且使得所述第一模具和所述第二模具的中心线平行且均处于与由所述第一模具和所述第二模具的上边缘形成的平面垂直的平面内,

其特征在于,

嵌套的双模具满足下面的等式:

$$4W_2 \geq W_1 \geq \frac{3}{2}W_2, \text{ 以及}$$

$$0.15 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 2.2$$

其中:

H是所述第一模具和所述第二模具之间的高度差。

18.根据权利要求17所述的嵌套的双模具,其中,所述第二模具的高度能相对于所述第一模具调节。

19.根据权利要求17或18所述的嵌套的双模具,其中,满足下面的等式:

$$3W_2 \geq W_1 \geq \frac{3}{2}W_2, \text{ 以及}$$

$$0.2 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1.8 \text{ 。}$$

20.一种空气弯曲金属板的装置,包括:

可调节模具,具有安装在高度调节装置上的可调节模具部分,所述可调节模具部分具有平行的可移动边缘并且限定了具有模具宽度的模具开口,所述可移动边缘允许模具宽度进行调节;

弯曲冲头,定向成与所述可移动边缘平行并且布置成沿从所述可移动边缘等距且与由

所述可调节模具的所述模具开口形成的平面垂直的平面从位于所述模具开口上方的位置移动到位于所述模具开口下方的位置;以及

所述高度调节装置允许所述可调节模具部分的位置沿垂直于由所述模具开口形成的平面的方向可逆地移动,

其特征在于,

当弯曲冲头在不改变由所述可移动边缘和所述弯曲冲头形成的角度的情况下位于所述模具开口下方的位置时,所述高度调节装置的可逆移动能够允许所述可调节模具的模具宽度进行调节。

21. 一种空气弯曲金属板的装置,包括:

可调节模具,具有可调节模具部分,所述可调节模具部分具有平行的可移动边缘并且限定了具有模具宽度的模具开口,所述可移动边缘允许模具宽度进行调节;

弯曲冲头,定向成与所述可移动边缘平行并且布置成沿从所述可移动边缘等距且与由所述可调节模具的所述模具开口形成的平面垂直的平面从位于所述模具开口上方的位置移动到位于所述模具开口下方的位置,

所述弯曲冲头具有接触部、力提供部和高度调节装置,

所述高度调节装置允许接触部的位置相对于所述弯曲冲头的力提供部朝垂直于由所述模具开口形成的平面的方向可逆地移动,

其特征在于,

当冲头的接触部在不改变由所述可移动边缘和所述接触部形成的角度的情况下且在所述力提供部没有任何移动的情况下位于所述模具开口下方的位置时,所述高度调节装置允许所述可调节模具部分的所述模具宽度进行调节。

弯曲方法

技术领域

[0001] 本公开涉及一种弯曲材料(即以具有在拉伸应力下发生变形的能力的任意硬质材料作为材料)板的方法,更具体地,涉及空气弯曲方法,其中具有低延展性的弯曲性材料能够得到提升。

背景技术

[0002] 经常使用轧辊对诸如钢铁等材料进行加工,以提供材料片(或板)。尽管上述材料能够被直接用作片/板,但它们仍经常通过诸如弯曲等各种成形技术加工,以成形出非平面形状。

[0003] 存在各种弯曲材料的方法,包括空气弯曲、折弯、轧制弯曲和轧制成形。

[0004] 空气弯曲是一种三点空气弯曲方法,涉及将材料定位在开口(模具开口)上以及沿垂直于在模具边缘间等距的材料的方向对弯曲冲头施力。空气弯曲不需要底部工具具有与冲头相同的半径。冲头形成弯曲,以使冲头与模具开口的侧壁间的距离实质地大于材料厚度。弯曲半径因而由材料的弹性塑料特性而非工具形状来确定。

[0005] 折弯包括将材料夹持以及使用弯曲冲头将材料绕弯曲轮廓折弯。弯曲冲头有效地将材料推向弯曲轮廓,并且同样地冲头与轮廓间的距离典型地接近于材料厚度。与空气弯曲相反地,材料的形状和弯曲半径受到工具几何形状和材料特性影响。

[0006] 弯折加工也可用于在一次弯曲动作中成形U形轮廓或多重弯曲(诸如方形U)。这种加工典型地也需要与冲头相反地施加于材料表面的反作用力,以使材料在弯折时被夹紧或拉入模具中。

[0007] 典型地,在弯曲加工中,模具和冲头具有规定的尺寸和几何形状。但是,可调节的模具和多步骤加工是已知的。

[0008] 例如,EP0055435公开了一种弯折加工,其特征是具有两个弯曲步骤。冲头和/或模具在第一与第二弯曲步骤之间调节,以确保在每个步骤中的弯曲在不同地点开始。通过这样,会产生接下来的弯曲的回弹作用得以缓和。

[0009] US5953951公开了一种弯折加工,该弯折加工产生一轮廓,该轮廓具有沿其长度的弯曲(即,具有纵向轴线和横向交叉于纵向轴线的轴线的成形材料,其中,材料具有沿横向轴线的弯曲和沿纵向轴线的弯曲)。使用模具构件形成弯曲,上述模具构件包括具有不同半径的不同部分。

[0010] 在轧制成形中,通过使材料穿过位于正在弯曲的材料上方和下方的许多轧辊,从在多个步骤中形成弯曲。使用位于上方和下方的轧辊迫使材料追随工具几何形状,并且即使对于高强度材料,也可实现急弯半径。但是,这种方法相当昂贵,特别是对于低产量来说。

[0011] 在轧制弯曲中,冲头和模具部分配合以使材料移动经过模具/冲头布置,以在材料中产生弯曲。US3890820公开了一种用于轧制弯曲的改型装置,其允许模具部分的宽度可调节。在一个实施例中,弹簧将锯齿面推压在模具部分上,并将支承件推压到另一个上,以使它们无法滑动。

[0012] 可调节模具也从空气弯曲获知,例如公开于DE2418668。

[0013] 金属材料的延展性能够大幅变化。经常,诸如先进高强度钢(AHSS)等高强度金属材料是高度透明的。尽管这通常提供非常高的屈服强度,但延伸性能够被严重地损害。金属材料片通常以它们的弯曲性(即,90°弯曲的内弯的半径与片厚度,t,的比率)表征,越是高强度的材料通常具有几倍t的最小弯曲半径。如果金属材料在它们最小的弯曲半径以下的水平弯曲,则弯曲的外表面倾向于发生变形,表现出局部整平而非平滑弯曲,表明在弯曲中的应变局部化和金属材料中的潜在弱点。

[0014] 更高强度的金属材料的弯曲性缺失可能阻碍它们在某些应用中的使用,进而存在不断的需求以提供具有改良的弯曲性能的高强度金属材料。提高弯曲性的一个方法是更改材料自身,以提供能给予强度和延展性间得以更好平衡的改良的材料。

[0015] 本公开提供一种这种策略的替代,寻求通过使用改良的弯曲方法,提高材料的弯曲性。特别地,通过应用新的弯曲技术代替更改材料自身,能够解决具有平整和在弯曲中的应变的局部化的问题。

发明内容

[0016] 本公开提供一种在材料板中形成弯曲的方法,所述方法包括:

[0017] 通过使用第一弯曲冲头和具有第一模具宽度的第一模具,施加第一弯曲力,从而在第一空气弯曲步骤中对材料板进行空气弯曲;

[0018] 通过使用第二弯曲冲头和具有第二模具宽度的第二模具,施加第二弯曲力,从而在第二空气弯曲步骤中对材料板进行空气弯曲,其中,在板的同一点并且沿同一方向施加第一和第二弯曲力,

[0019] 其特征在于,

[0020] 第二模具宽度小于第一模具宽度,和/或

[0021] 第二弯曲冲头的半径小于第一弯曲冲头的半径。

[0022] 在本公开中使用的“同一点”的表述中的“点”这个词旨在意指对应于冲头与板间的接触区域的板的窄局部化区域。

[0023] 在本公开中使用的“材料板”的表述中的“板”这个词旨在意指包括材料的平片的任意部件或是包括材料的至少一个平坦部的任意部件,诸如经热轧或冷轧的金属产品。典型地,板在正在弯曲的材料的整个部分范围内具有恒定的厚度。

[0024] 空气弯曲是用于弯曲材料板的公知技术。简而言之,空气弯曲包括将材料板(或片)放置成与模具的边缘(典型地具有倒圆顶部的V形槽)和冲头的尖端接触。冲头与模具的槽对齐(即,平行),并且距模具开口的边缘相等。冲头接着被迫穿过模具的顶部进入开口,而不与模具的底部接触。开口典型地比在工件中寻求的角度深。这允许在整个弯曲中,补偿工件的回弹。

[0025] 如上所述,弯曲半径在空气弯曲由材料的弹性塑料特性而非工具形状确定时形成。这种情况的发生是由于在冲头与模具的侧壁间的距离典型地比正在弯曲的材料的厚度实质大,且在弯曲的过程中材料不与模具开口的底部接触。

[0026] 空气弯曲可被描述为三点空气弯曲方法。换言之,单纯利用通过三个接触点而作用于材料的力,即由弯曲冲头施加的力和由两个模具边缘施加的反作用力,来产生弯曲。

[0027] 实际上,模具边缘通常是轧辊,以在弯曲过程中允许材料在模具边缘范围内容易地移动,并且避免擦伤或其它伤害。

[0028] 同样地,弯曲冲头绕中心通道对称,并且典型地具有与金属板接触的连续弯曲表面(即,冲头在与金属板接触的区域横截面轮廓中不具有任何角落或任何其它间断点)。冲头的曲率是凸面,即它朝正在弯曲的板向外弯曲。通过这种方式,板在其弯曲过程中朝下方移动而均匀地绕冲头缠绕,从而在弯曲过程中,在金属板中形成单个对称弯曲。

[0029] 空气弯曲有时也被描述为“自由弯曲”,因其不需要施加于与弯曲冲头相反的材料相反侧的反作用力。材料因而不会被弯曲冲头和相反的反冲头夹持。空气弯曲施加穿过正在弯曲的材料的整个长度的恒定弯曲力。因而,在空气弯曲过程中,弯曲冲头沿正在弯曲的材料的长度延伸。而且,模具边缘和弯曲冲头平行(即,笔直且沿它们的整个长度等距间隔),并且同样地,产生沿正在弯曲的材料的整个长度的单个、统一的弯曲。

[0030] 因而,从本公开提供一种在材料板中形成弯曲的方法,所述方法包括:

[0031] a. 提供支承在以第一模具宽度分开的第一对平行模具支承件之间的材料板;

[0032] b. 通过经由第一弯曲冲头提供第一弯曲力,在第一弯曲步骤中将板弯曲,所述第一弯曲力作用在与由第一对平行模具支承件的支承表面形成的平面垂直并且在第一对平行模具支承件之间的中心线处与板交叉的平面上,所述第一弯曲冲头沿板的至少整个长度延伸;以及

[0033] c. 通过经由第二弯曲冲头提供第二弯曲力,在第二弯曲步骤中将板弯曲,在第二弯曲步骤中,板被支承在以第二模具宽度分开的第二对平行模具支承件之间,第二弯曲力与第一弯曲力作用在相同的平面,在第二弯曲步骤中,所述第二弯曲冲头在板的同一点并沿与第一弯曲力相同的方向施加第二弯曲力,

[0034] 其特征在于,

[0035] 第二模具宽度小于第一模具宽度,和/或

[0036] 第二弯曲冲头的半径小于第一弯曲冲头的半径。

[0037] 优选地,如果第二弯曲冲头的半径小于第一弯曲冲头的半径,则第一和第二模具宽度相同。

[0038] 同样地,如果第二模具宽度小于第一模具宽度,则第一弯曲冲头的半径优选地与第二弯曲冲头的半径相同。

[0039] 在本公开的方法中,板的宽度是穿过模具开口(即一对平行模具支承件之间)的尺寸,板的长度是与模具支承件平行的尺寸,而板的厚度是沿在弯曲过程中冲头行进的方向的尺寸。因而,“沿板的至少整个长度延伸的弯曲冲头”是指弯曲冲头能够施加穿过整个板的力,从而在没有任何屈曲的情况下形成平顺的弯曲。

[0040] “模具支承件”是指与金属板接触的模具的边缘。典型地,它们具有倒圆的边缘,以允许在弯曲冲头迫使板的中心朝下形成弯曲件时,板容易地滚动进入模具开口。模具能够优选地为“轧辊模具”(即,绕轴线自由转动的滚筒),降低摩擦量。两个模具支承件平行,以确保穿过模具开口的均匀距离。

[0041] 附加地,在本公开中,术语“上方”和“下方”是指相对于模具开口、即在模具支承件间的平面的位置。在此使用的“上方”为模具开口的上方,“下方”为模具开口的下方。因而,模具开口下方的空间由金属板形成时由金属板的弯曲件占据,进而在空气弯曲过程中,当

在金属板中形成弯曲件时,弯曲冲头将从模具开口上方移动到模具开口下方。

[0042] 本公开的方法与标准的空气弯曲的方法相似,除了其包括两个弯曲步骤,其因模具宽度(即,支承表面间的距离)和/或冲头半径(即,弯曲冲头的与材料接触的一部分的半径)不同而不同。申请人发现当使用上述两步弯曲方法,与标准的空气弯曲的方法相比,弯曲性能够提高40%以上。

[0043] “弯曲性”是指90°弯曲的最小内半径与片厚度间的比率,或不同地角度观察,片厚度必须乘以倍数,以实现在材料的弯曲性限制处的90°弯曲的内半径。弯曲性经常是指“90°弯曲的最小半径”(即,能够在弯曲出现时无任何扭曲便能实现90°弯曲的最小半径),并且被表达为片厚度 t 的倍数。

[0044] 不希望受理论约束的情况下,应当相信导致在高强度材料中的整平趋势的主要因素是高屈服-强度比,以及典型地非常低的应变硬化性能。这些性质的结合容易使在弯曲过程中产生的应变局部化在材料的窄部内。高屈服-强度比将对凸缘的塑性变形带来负面影响。

[0045] 当使用具有高屈服-强度比的材料,执行具有常规配置、即10-13倍厚度的空气弯曲除了非常接近于与冲头接触的接触点之外,得到基本无塑性变形或是弯曲的形状。换言之,凸缘的角度变形的部分将非常局部地参与(像铰链),结果给予沿着凸缘的塑性应变的低分布。在这种情况下,存在很大风险发生局部化和诸如弯曲的整平这样的现象。通过增大模具宽度,变形的部分发生的凸缘的区域会被放大,导致更优选的应变分布。

[0046] 这些影响被示意地示于图1。屈服-强度比的性质被连接到传统的拉伸应力应变数据。但是,力矩图(即,力矩比弯曲半径的倒数)提供更加精确的方式来学习弯曲过程中的材料习性。如图1a所示,通过学习力矩曲线上方的区域,凸缘的真实曲率能从力矩图推导出。

[0047] 力矩曲线上方的曲线与凸缘的曲率的真实形状成比例。在图1a中,两个类型的材料相比,一种材料(A)具有高屈服-强度比,另一种材料(B)具有低屈服-强度比。

[0048] 冲头302沿对称304的平面移动,以使模具307间的上述材料A或B弯曲成弯曲角度 $\alpha/2$ 306。这些材料的不同屈服-强度比将导致在弯曲305处的凸缘的不同形状。上述力矩是沿水平轴线的线性函数303。 M 与 $1/R$ 轴线301间的区域与凸缘的弯曲的形状成比例。上述绘制图也能示出最小自由弯曲半径308,以防止扭结。

[0049] 图1b示出了通过增大模具宽度,用于使应变局部化的区域将会在更大区域内被分配。因而,图1a中的模具307被图1b中的外模具307a和内模具307b所替代。通过外模具307a进行预弯曲提供更大的变形区域,导致弯曲305的局部化的风险降低。力矩曲线具有利用由外模具307a进行的预弯曲而发生改型的形状309,其尽管在使用内模具307b进行弯曲时其具有较低的屈服-强度比,也能使材料起作用。

[0050] 使用较大的模具宽度的缺点是当补偿所发生的增加的回弹时,过弯曲角度会增大。这增加了在弯曲行程的最终结束时出现的应变局部化的可能性。本公开通过提供用于在弯曲之后获得凸缘的曲率的平顺形状的方法,从而克服上述课题,尽管材料仍具有高屈服-强度比。本公开的方法提供两个弯曲步骤,第一弯曲步骤在弯曲305处行程相对大的曲率,第二弯曲步骤行程最终弯曲角度。第一弯曲步骤有助于将弯曲力分配在材料的较大区域范围,减少应变局部化(并且结果上形成变形)的风险。

[0051] 因而,执行第一弯曲步骤的一个可能的方式是应用所谓的自由弯曲,即通过使用

大的模具宽度(即,模具宽度典型地20-30(例如20-25)倍材料厚度),典型地使用具有相对窄的半径的弯曲冲头,而使弯曲处的半径大。典型地应用自由弯曲,直到材料开始追随弯曲冲头的形状。弯曲角度的限制当然取决于材料厚度,对于具有4-6mm厚度的热轧材料,具有大约30-80(例如70-80)度的典型预估值。当曲率的平顺形状被预形成时,材料在施加第二弯曲负载时,将表现得更像具有较低的屈服-强度比的材料。典型地,这是使用具有大约为材料厚度的10-13倍的模具宽度的传统的模具配置完成的。

[0052] 迫使材料形成大曲率形状的替代方式是在第一弯曲步骤中,使用大弯曲冲头半径,例如,大约两倍的最终弯曲半径(即,在第二弯曲步骤后,最终弯曲材料的期望半径)。再者,第一弯曲冲程典型地形成大约30-80(例如70-80)度的弯曲角度。当在第一弯曲步骤中使用较大的弯曲冲头时,在第二冲程中的模具宽度能够简单地与第一冲程相同,典型地大约10-13倍的材料厚度,但在第二弯曲步骤中将弯曲冲头改变为一个窄的。

[0053] 本公开的方法允许以较低的扭结风险形成的紧密弯曲,因为形成紧密弯曲所必须的条件仅被应用于预弯曲的材料上。第一弯曲步骤有效地将弯曲应变展开到更大的范围,提供弯曲时更大范围的塑性变形,以使第二弯曲步骤不太可能在弯曲时导致扭结或整平。

[0054] 本公开的方法可通过多个方式实现。本公开的这些优选的实施例在下面更详细地描述。

附图说明

[0055] 下面,参照附图,通过非限制性实例,对本公开进行进一步解释,其中:

[0056] 图1示出了相较于本公开的弯曲步骤,用于标准的弯曲步骤的力矩曲线;

[0057] 图2示出了在使用了两种不同的弯曲冲头的实施例中的第一弯曲步骤的示意图;

[0058] 图3示出了在使用了两种不同的弯曲冲头的实施例中的第二弯曲步骤的示意图;

[0059] 图4示出了在使用了嵌套的双模具的实施例中的连续的弯曲步骤的示意图;

[0060] 图5示出了使用了嵌套的双模具的金属板的实际弯曲;

[0061] 图6示出了在使用了可调节模具的加工中的第一弯曲步骤的示意图;

[0062] 图7示出了在第二弯曲步骤初始化前进行调节的模具宽度的示意图;

[0063] 图8示出了在窄模具宽度处实施的第二弯曲步骤的示意图;

[0064] 图9示出了在第一弯曲步骤中金属板弯曲之前,对第一弯曲力进行容纳的高度调节装置的示意图;

[0065] 图10示出了在调节模具宽度时对模具支承件的任何移动进行容纳的高度调节装置的示意图;

[0066] 图11示出了在窄模具宽度处实施的第二弯曲步骤的示意图;

[0067] 图12示出了在高度调节装置与弯曲冲头成为一体的方法中的第一弯曲步骤;

[0068] 图13示出了在弯曲冲头中被高度调节装置容纳的模具宽度的调节;

[0069] 图14示出了使用窄模具宽度实施的第二弯曲步骤;

[0070] 图15示出了具有在本公开的方法中实施模具调节和第二弯曲步骤的高度调节装置的真实弯曲冲头的图;

[0071] 图16是示出了表示假设弯曲角度 α 和模具宽度 W 的示意图;

[0072] 图17是示出了在宽度调节步骤中弯曲冲头和金属板的移动的示意图;

- [0073] 图18是本公开的嵌套的双模具的示意图；
- [0074] 图19是使用示于右侧的本公开的弯曲件，紧接着在实例5中的两个弯曲测试进行的弯曲板的叠置；
- [0075] 图20是在不同的 W_2/W_1 的比率下的 X/t 与 W_2/t 的绘制图；
- [0076] 图21A是对于2%和6%的应变水平，预弯曲角度 α 与 W_2/t 的绘制图；
- [0077] 图21B是对于2%和6%的应变水平， H/t 与 W_2/t 的绘制图；
- [0078] 图22A是对于2.5%和4.5%的应变水平，预弯曲角度 α 与 W_2/t 的绘制图；
- [0079] 图22B是对于2.5%和4.5%的应变水平， H/t 与 W_2/t 的绘制图；
- [0080] 图23A是对于实例1、3、4，预弯曲角度 α 与 W_2/t 的绘制图；
- [0081] 图23B是对于实例2，预弯曲角度 α 与 W_2/t 的绘制图；
- [0082] 图24A是对于实例1、3、4， H/t 与 W_2/t 的绘制图；以及
- [0083] 图24B是对于实例2， H/t 与 W_2/t 的绘制图。

具体实施方式

[0084] 本公开的方法包括两个空气弯曲步骤，以使两个步骤的弯曲力在板的相同位置上沿相同的方向施加。存在本公开的方法可以实现的多个方式，包括：在两个弯曲步骤中使用相同模具但带有不同冲头；在两个弯曲步骤中使用相同的冲头和不同的模具；以及上述两者的混合，其中，第一模具被调节至窄模具宽度以成为第二模具，或是模具和弯曲冲头在第一和第二空气弯曲步骤中均不同。

[0085] 这些不同的实施例依次意指本公开的方法可通过实施两个不连续的且独立的弯曲步骤（诸如在第一弯曲冲头和第二弯曲冲头不同时可能发生）、通过实施使用了相同的弯曲冲头的连续的弯曲步骤（诸如在弯曲冲头将板施力至第二模具时可能发生，其中，第二模具是位于下方且在第一模具内的窄模具）、或是通过实施包括在第一和第二弯曲步骤之间渐变的错列加工（诸如在模具宽度在第一弯曲步骤后被调节时可能发生，将在下面更详细地描述）而得到实行的本公开的方法。

[0086] 依次考虑这些实施例中的每个，实施本公开的一个方法在于使用相同的模具（即，第一和第二模具（且第一和第二模具宽度）相同）实施两个独立的、离散的空气弯曲步骤。另外，在第一弯曲步骤之后，可移除弯曲冲头，并且替换为窄半径的第二弯曲冲头。该第二弯曲冲头接着在第二弯曲步骤中施加弯曲力，其中，第二模具与第一模具相同。

[0087] 这种方法示于图2-图3。在图2a中，在第一弯曲步骤100中，材料板105被支承在具有第一模具宽度104的第一模具103上。弯曲力101由具有大半径的第一弯曲冲头102提供。在第一弯曲步骤实施之后（图2b），第一弯曲冲头被替换为第二弯曲冲头。在第二弯曲步骤200中（图3a），第二弯曲冲头202在相同的位置并沿相同的方向对局部弯曲的金属板205提供第二弯曲力201，以提供最终弯曲（图3b）。在本实施例中，第二模具203和第二模具宽度204与第一模具103和第一模具宽度104相同。

[0088] 在使用两个弯曲冲头的实施例中，第一弯曲冲头的半径大于第二弯曲冲头的半径。使用用于第一弯曲步骤的较大的弯曲冲头，迫使材料最初获得某个形状的弯曲。通过这样，当以获得相同的最终半径为目的而在单次冲程中制作弯曲件时，弯曲不倾向于以相同方式局部化。

[0089] 在第一弯曲冲头与第二弯曲冲头间的比率不是决定性的,尽管通常来说第一弯曲冲头的半径越大,则有利效果越大。典型地,第二弯曲冲头的半径小于第一弯曲冲头的半径的 $3/4$,更优选地,小于第一弯曲冲头的半径的 $2/3$ 、例如大约为一半。

[0090] 也可以使用第一弯曲冲头与第二弯曲冲头间的较大的比率差,例如,第二弯曲冲头小于第二弯曲冲头的比率的 $1/3$,或小于 $1/5$,甚至是小于 $1/10$ 。这些较大的比率差更典型地在模具宽度相当大、或更准确来说在弯曲冲头半径与模具宽度的比率很大时使用。这是由于第一冲头半径不可能太大,并且应该典型地小于 $1/2$ 模具宽度。

[0091] 在图2和图3以及除了图16之外的所有其它的示意图中,弯曲装置以横穿模具宽度的横截面示出。模具支承件示出为圆形,尽管只要允许板轧制且在弯曲过程中被拉入模具开口,当然也可以使用其它形状。

[0092] 当通过这种方式实施该方法,当然必须小心,以确保板不会在第一和第二弯曲步骤之间发生移动。如果板移动(例如因在弯曲后产生的回弹的作用下),则在第二弯曲步骤中由第二冲头施加的力不会在片的相同位置处,这将会导致不完美弯曲的成形。

[0093] 为了避免这种情况的发生,优选的是,包括配准装置,以确保板在第二弯曲步骤的开始时被适当地对齐。合适的装置可包括夹具,该夹具在第一弯曲冲头被移除而第二弯曲冲头被安装时将板保持就位。可替代地,配准装置可在板上包括例如刻痕、墨水图案等标记,能与模具上的相似标记对齐。

[0094] 实施两个离散的且独立的弯曲步骤的替代方法是在第一弯曲步骤之后,物理地将板从第一模具移动到第二模具。但是,这种方法是笨重的,并且也会增加在第二弯曲步骤中板被不适当地定位的可能性。再者,这会导致第二弯曲力被施加于板的不同部分,其会导致不完美的弯曲。

[0095] 为了避免在使用离散的弯曲步骤中从不适当的配准引起的问题,优选的是,使用第一和第二弯曲力是连续的加工。换言之,使用一个弯曲冲头(即第一和第二弯曲冲头是同一个)且弯曲冲头从第一弯曲步骤开始到第二弯曲步骤结束连续地在板上施力。力能够以足以使板弯曲的水平连续地施加,或是力能在第一弯曲步骤结束时降低到尽管模具宽度正在被调节但仍能将板保持就位的水平。

[0096] 为了能够在连续的弯曲步骤中使用施加为足以使弯曲贯穿整个方法的水平的力实施本公开的方法,可使用嵌套的双模具,其中,第二模具位于下方且在第一模具内,第一和第二模具被对齐,以使由第一和第二模具的模具支承件形成的平面平行,并且以使第一模具和第二模具的中点位于由弯曲冲头横贯的平面。使用这种布置,弯曲冲头能够实施第一弯曲步骤,并且最初地因第一模具的大模具宽度而以较宽的弯曲(即,由所谓的“空气弯曲”实现的大弯曲半径)对板进行弯曲。一旦板被弯曲到其与第二模具接触的范围,第一弯曲步骤结束,而第二弯曲步骤立即开始。弯曲冲头接着使用窄模具施加弯曲力,以实现所期望的半径和最终的弯曲角度,允许惯常方式中的回弹。

[0097] 示意的嵌套的双模具示于图4a-图4c。在图4a中,材料板105被支承在具有第一模具宽度104的第一模具103上。弯曲装置也具有位于下方且在第一模具103内的第二模具203,以提供嵌套的双模具,其中,第二模具宽度204小于第一模具宽度。

[0098] 在第一弯曲步骤100中,第一弯曲冲头102在金属板105上施加第一弯曲力101,以提供图4b所示的弯曲金属板205。在第一弯曲步骤的结束中,弯曲金属板205与具有第二模

具宽度204的第二模具203接触。在弯曲力101、201被弯曲冲头102、202连续地施加时,板继续在第二模具203内弯曲,以形成最终的弯曲。

[0099] 图5a-图5d示出了在根据本公开的弯曲方法中使用的实际的嵌套的双模具。另外,在图5a和图5b中,施加第一弯曲力,直到材料板与第二模具相接触。在那点上,板所经受的弯曲力矩由第二内模具和弯曲冲头提供。图5c示出了在图5d中弯曲冲头被移除且板因回弹而释放之前,弯曲到其最终构造的板。

[0100] 作为使用如上所述的嵌套的双模具的替代,能使用可调节模具。例如,在一个实施例中,可调节模具可以被设定成第一模具宽度和在第一弯曲步骤中施加第一弯曲力,该弯曲力可减小且模具宽度可调节为第二模具宽度(例如弯曲力可减小至足以在模具宽度被调节到第二模具宽度时仍将板保持就位的水平),接着在第二弯曲步骤中施加第二弯曲力。

[0101] 在调节模具宽度时可能产生的问题是在模具宽度减小时,板被迫向上,这是与沿板的弯曲朝中心移动的模具的边缘接触的点的自然结果。如果弯曲冲头在模具宽度减小时仍静止,则这将导致在模具迫使板向上进入模具时产生弯曲力矩。为了避免这种情况的发生,优选的是,弯曲冲头能够在模具宽度调节时向上移动。

[0102] 优选地,在模具宽度调节时施加的仅有的力对应于弯曲冲头的重量。这通常是足够大的力,以在模具宽度调节时将板保持就位,但足够小到在将板朝上方推动时能将冲头升起。

[0103] 这种实施例示意地示于图6-8。在图6a中,材料板105被定位在具有第一模具宽度104的第一模具103上。在第一弯曲步骤100中,第一弯曲力101经由弯曲冲头102施加,以提供弯曲金属板(图6b)。当达到弯曲的期望水平后,减小第一弯曲力,第一模具104被调节为形成具有第二模具宽度204的第二模具203(参见图7a和图7b)。第二弯曲步骤200接着在由弯曲冲头202施加的第二弯曲力201的作用下开始,以提供最终的弯曲板(参见图8)。

[0104] 用于解决由将板朝上方施力的可调节模具产生的问题的另一方案是设置诸如弹簧或活塞等高度调节装置。当在第一弯曲步骤后减小力时,高度调节装置将可调节模具和板推向弯曲冲头,将其保持就位。当模具宽度减小时,避免板弯曲所需的任何移动被高度调节装置所容纳。一旦模具宽度已经被调节,弯曲冲头接着施加第二弯曲力,如果必要使用高度调节装置,容纳到弯曲开始的板的任何进一步移动。

[0105] 高度调节装置可与安装可调节模具的支承件一体形成,或与弯曲冲头一体形成,或与两者均一体形成。应该理解在本公开通篇使用的表述“高度”是指距由模具开口形成的平面的垂直距离,并且并不必然需要是竖直距离。

[0106] 与安装可调节模具的支承件一体形成的高度调节装置示意地示于图9-图11。另外,图9a示出了第一模具103经由可选的支承件106安装在高度调节装置107上。由于弯曲冲头102开始与材料板105接触,因此,初始弯曲力101被高度调节装置107被可选地吸收(参见图9b)。弯曲力101接着将板105弯曲,以设置弯曲板(图10a)。弯曲力接着减小,以使弯曲冲头朝上方移动,由于利用使模具和可选的支承件朝上方移动的高度调节装置107,将板升起,因此,板保持被推向冲头(参见图10a)。第一模具宽度接着调节为形成具有第二模具宽度204的第二模具203(参见图10b)。在模具宽度发生调节时,冲头保持就位,并且高度调节装置107补偿由使板的弯曲件向下移动的模具产生的任何移动(参见图10b)。一旦到达第二模具宽度204,则能在第二弯曲步骤200中通过弯曲冲头202施加第二弯曲力201,以形成最

终弯曲板(参见图11)。

[0107] 对在模具宽度调节时发生的板的移动进行容纳的另一方法是将高度调节装置与弯曲冲头一体形成。这种弯曲冲头可包括接触部、力提供部以及将力提供部连接到接触部的高度调节装置。

[0108] 另外,接触部是冲头的与正在弯曲的板接触的部分。力提供部能够经由接触部将力作用于板,而高度调节装置能够调节接触部与力提供部之间的距离。典型地,高度调节装置可包括可压缩弹簧或活塞或是任意其它弹力的和/或可移置元件。

[0109] 典型地,力提供部能够物理移动,以将力经由接触装置作用于板。但是,有可能是,力提供部将力经由高度调节装置作用于接触部。如果高度调节装置是活塞,那么这种实施例的一个实例将会是活塞杆的端部构成接触装置,而活塞筒构成力提供部,活塞杆自身对应于高度调节装置。

[0110] 在冲头中具有高度调节装置的实施例的一个实例示意地示于图12至图14。另外,图12a示出了安装在支承件106上的第一模具103。冲头包括接触部102、高度调节装置108和力提供部109。在第一弯曲步骤中,力提供装置108将冲头的接触部102推向板105,将其施力至具有第一模具宽度104的模具103内,以提供图12b所示的弯曲板。

[0111] 在图13a中,高度调节装置108延伸以增大弯曲冲头的力提供部109与接触部102之间的距离。在本构造中,力提供部上升,而接触部保持与板接触。模具宽度接着调节为提供具有第二模具宽度204的第二模具203(参见图13b)。在调节的过程中,高度调节装置108在板被朝上方推动时允许弯曲冲头的接触部102朝上方向力提供部109移动。图14接着示出了实施以提供最终弯曲板的第二弯曲步骤。

[0112] 图15示出了在第一弯曲步骤(步骤A)后具有这一构造的弯曲冲头的摄影系列。当力提供部在步骤B中升起时,高度调节装置确保接触部保持与板接触。步骤C示出了模具宽度被调节,板的向上移动被高度调节装置容纳。步骤D示出了第二弯曲步骤,而在步骤E中,弯曲冲头升起以允许回弹。

[0113] 优选地,本公开的方法的特征是,第二模具宽度小于第一模具宽度。

[0114] 优选地,第一弯曲冲头被用作第二弯曲步骤中的第二弯曲冲头。在这一实施例中,优选的是,第一弯曲冲头从第一弯曲步骤的开始到第二弯曲步骤的结束连续地对板施加力。

[0115] 尽管原则上,当使用本公开的方法可实现改良后的结果,当然,优选的是,优化该方法,以实现最好的结果。因而,在第一弯曲步骤的结束时,弯曲件的外纤维的典型应变是2%至9%,更优选地2%至8%,更优选地2%至6%,更优选地2%至5%,最优选地2.5%至4.5%。

[0116] 在某些实施例中,在第一弯曲步骤的结束时,弯曲件的外纤维的应变是3%至7%,优选地4%至6%。

[0117] 为了实现本公开的目的,可使用下面的等式,计算应变 ϵ 。

[0118]
$$\epsilon = \frac{\alpha \cdot t}{W_1}$$

[0119] 其中, α 是弯曲角度, t 是板厚度, W_1 是第一模具宽度(其对应于初始力臂的两倍)。图16示出了表示 α 和 W_1 的示意图。尽管该值仅仅是真实应变的估算,但在此所指的“应变”值

应该是使用此等式计算出的。

[0120] “弯曲角度”意指板弯曲的角度 α 。由于弯曲的点实际上是曲线,因此,弯曲角度相当于在板的非弯曲部的平面一致处产生的假设角度,其中, α 从用于非弯曲板的 0° 到用于完美弯折板的 180° 变化。这当然也对应于由对板的非弯曲部的平面的两个法向量形成的角度。弯曲角度 α 被示意地示出于图3b和图16。

[0121] 能使用本领域公知的合适的公式,从简易几何学计算出弯曲角度 α 。为了完整性,用于计算 α 的合适的公式为

$$[0122] \quad \alpha = 2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{\left[L_0 \cdot Q + \sqrt{L_0^2 + (S - Q)^2 - Q^2 \cdot (S - Q)} \right]}{[L_0^2 + (S - Q)^2]} \right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

[0123] 其中:

[0124] L_0 是模具宽度的一半(即, w_1 的一半);

[0125] $Q = R_k + R_d + t$;

[0126] R_k 是冲头半径;

[0127] R_d 是模具边缘的半径(轧辊半径);

[0128] t 是样品厚度;以及

[0129] S 是弯曲冲头已经移位的距离。

[0130] “冲头半径”和“模具边缘的半径”是指与弯曲的材料接触的冲头/模具边缘的弯曲部的半径。

[0131] 对于本领域技术人员而言明显的是,上述公式中的最终项($180/\pi$)仅将来自反正弦函数的结果从弧度转换成角度。这一项是纯量,对于计算 α 并非是决定性的。

[0132] 从上述应变等式可知,应变与板厚度成比例,并且与第一模具宽度成反比。作为上述关系的结果,随着第一模具宽度增大,用于实现给定的弯曲角度产生的应变减小。这结果上意味着,需要更大的弯曲角度,以实现第一弯曲步骤中的最佳应变。

[0133] 相似地,随着板厚度增大,实现给定的弯曲角度的应变相应地增大。这意味着,更厚的板需要更小的弯曲角度,以实现在第一弯曲步骤中的最佳应变。这些关系毫无疑问能通过发展用于应变的表达式而被量化。例如,重新整理上述表达式,用于外模具的模具宽度可被评估为

$$[0134] \quad W_1 = \frac{\alpha \cdot t}{\varepsilon}$$

[0135] W_1 也能通过内模具与外模具间的比率 $\frac{W_2}{W_1}$ 表达为:

$$[0136] \quad W_1 = \frac{1}{\frac{W_2}{W_1}} \cdot W_2$$

[0137] 将上述两个等式合并得出:

$$[0138] \quad \alpha = \frac{1}{\frac{W_2}{W_1}} \cdot \varepsilon \cdot \frac{W_2}{t}$$

[0139] 这些等式能被用于计算实现给定的应变所必须的、相对于材料厚度及弯曲宽度的

弯曲角度。也可能例如通过使用上述推导出的 α 的已知等式,计算出给定的弯曲角度下的竖直偏置(高度差)。从这些等式中,可根据需要计算并优化出实现给定的材料厚度下的给定的应变所必须的嵌套的双模具的几何形状。

[0140] 通过引导,图21A示出了在不同类型的模具宽度($W_2/W_1=1/3$ 、 $2/5$ 和 $1/2$)与不同的材料厚度(相对于内模具宽度)的比率下的2%(下方线)和6%(上方线)的应变间隔的预弯曲角度 α 。图21B示出了相似的绘图,而非弯曲角度 α ,标注值 H/t 。图22A和图22B是同样的,但对应于应变水平为2.5%和4.5%的情况。

[0141] 图21A和图22A示出了在第一弯曲步骤的结束具有尽可能大变化的弯曲角度。尽管这些变化,但典型地,在第一弯曲步骤后的弯曲角度至少为 15° ,优选为至少 20° ,优选为至少 25° ,更优选为至少 30° ,更优选为至少 40° 。

[0142] 在第一步骤后的弯曲角度典型地为至多 120° ,优选为至多 100° ,更优选为至多 85° 。

[0143] 用于第一步骤的弯曲角度的可能范围包括 15° 至 120° ,替代地 20° 至 100° ,替代地 30° 至 100° ,替代地 50° 至 120° ,更优选地 60° 至 100° ,进一步优选地 65° 至 85° 。

[0144] 从图21A和图22A可以明白,弯曲角度取决于材料厚度,或更具体地取决于内模具宽度与材料厚度的比率。

[0145] 对于紧模具宽度,例如, $\frac{W_2}{t} = 8$,其甚至比通常推荐的模具宽度小,在第一弯曲步骤的结束时的弯曲角度典型地为大约 20° 至 60° ,取决于外工具的宽度。

[0146] 当应用大模具, $\frac{W_2}{t} = 20$ 时,在第一弯曲步骤的结束时的弯曲角度典型地较大,例如,在大约 60° 至 155° 。

[0147] 但是,在以紧弯曲半径为目标的弯曲高强度材料的情况下,所使用的最通常的模具宽度为 $10 \leq \frac{W_2}{t} \leq 13$ 。当使用这些模具宽度时,预弯曲角度典型地落入下述范围:

[0148] $30^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$

[0149] 由于这些变化(特别地弯曲中的材料),在使用嵌套的双模具时,可能必须调节第二模具相对于第一模具的高度(即,竖直移位),实现最佳的弯曲角度(落入上述范围内)。

[0150] 当使用嵌套的双模具(以及典型地用于第一和第二弯曲步骤的相同的弯曲冲头)时,第二模具宽度典型地为第一模具宽度的至少 $1/4$,优选为第一模具宽度的 $1/3$,更优选为第一模具宽度的 $2/5$,并且最常见为第一模具宽度的 $1/2$ 。

[0151] 通过相似的方式,第二模具宽度典型地为第一模具宽度的至多 $2/3$,优选为第一模具宽度的至多 $3/5$ 。

[0152] 当使用嵌套的双模具(以及典型地用于第一和第二弯曲步骤的相同的弯曲冲头)时,第二模具宽度因而典型地为第一模具宽度的 $1/4$ 至 $2/3$,优选为第一模具宽度的 $1/3$ 至 $2/3$,优选为第一模具宽度的 $2/5$ 至 $3/5$,最优选为第一模具宽度的约 $1/2$ 。

[0153] 在图21A和图22A中清楚地示出,在内外模具较大时(即随着 $\frac{W_2}{W_1}$ 增大),预弯曲角度较小。如果外模具的尺寸被设定成例如 $\frac{W_2}{W_1} = 1/2$,则预弯曲角度的近似范围典型地近似地减小到:

[0154] $35^{\circ} \leq \alpha \leq 65^{\circ}$

[0155] 典型地,用于最终弯曲步骤的模具宽度为 $8t$ 至 $20t$ (其中, t 对应于板厚度),优选为 $8t$ 至 $15t$,优选为 $10t$ 至 $13t$ 。因而,当使用双模具时,用于第一模具的模具典型地为其大约两倍,或 $18t$ 至 $30t$,优选为 $18t$ 至 $27t$,更优选为 $20t$ 至 $25t$ (其中, t 对应于板厚度)。

[0156] 高度调节装置必须能够容纳在模具宽度调节时发生的板的移动。由板移动的距离在其它变量中,取决于初始与最终模具宽度间的差以及弯曲角度而变化。当第二模具宽度为第一模具宽度一半时,所移动的距离近似为:

[0157]
$$\frac{W_1}{4} \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

[0158] 其中, W_1 对应于第一模具的模具宽度, α 为第一弯曲步骤后的弯曲角度。上述公式的起源能从图17理解,其中,从第一模具位置307-1沿着虚线移动到第二模具位置307-2的模具,使弯曲冲头302向上310提升。

[0159] 高度调节装置需要移动的量能从在目标模具宽度与材料厚度间的关系(例如 $18t \leq W_1 \leq 30t$)下的第一弯曲步骤后的目标应变(典型地为 $2\sim 6\%$)导出。在一定程度上,这些高度调节因此取决于目标应变以及模具宽度与材料厚度的比率。

[0160] 典型地,高度调节装置能够移动 W_1 的至少 4% ,其中, W_1 是第一模具的模具宽度,优选为 W_1 的至少 5% ,更优选为 W_1 的至少 7.5% 。

[0161] 优选地,高度调节装置能够移动 W_1 的 4% 至 W_1 的 55% ,更优选移动 W_1 的 4% 至 40% ,更优选移动 W_1 的 5% 至 35% 。

[0162] 在某些实施例中,高度调节装置能够移动 W_1 的 10% 至 W_1 的 55% ,更优选移动 W_1 的 15% 至 40% 。

[0163] 本公开的方法能使用在任何材料板上。优选地,材料在能够弯曲的意义上说是易延展的(即,在变形上显示一定程度的弹塑性的意义上说是可锻的或柔韧的),并且优选能够在弯曲力移除后保持其弯曲形状。

[0164] 特别优选地,材料是金属材料。本公开的方法能够因此同样地被看作在金属材料板中形成弯曲的方法,包括在此引用的步骤,特别是在权利要求1-14中提出的步骤。

[0165] 在高强度金属材料中发现最显著的提升。

[0166] 优选地,材料是钢。更优选地,材料是先进高强度钢(AHSS),更优选是超高强度钢(UHSS)。

[0167] 优选地,材料是冷轧马氏体钢。

[0168] 优选地,材料是双相钢。

[0169] 在此使用的“先进高强度钢”具有 $\geq 550\text{MPa}$ 的屈服强度,而超高强度钢(AHSS的子集)具有 $\geq 780\text{MPa}$ 的屈服强度。

[0170] 优选地,材料具有高的屈服/拉伸强度比(即,屈服强度与拉伸强度之比)。优选地,材料具有 0.85 至 1.0 的屈服/拉伸强度比,更优选 0.87 至 1.0 ,进一步优选 0.9 至 1.0 。

[0171] 如在此所使用的,使用ISO6892-1或EN10002-1,优选地使用ISO6892-1,来测量拉伸和屈服强度。

[0172] 本公开的另一方面是用于空气弯曲金属板的嵌套的双模具,所述双模具包括具有第一模具宽度 W_1 的第一模具和具有第二模具宽度 W_2 的第二模具,其中,第二模具宽度小于第

一模具宽度,并且第二模具定位在第一模具内的下方并对齐,以使由第一和第二模具的模具支承件形成的平面平行,第一和第二模具的中心线平行,并且均处于与由第一和第二模具的上边缘形成的平面垂直的平面内。

[0173] 这种嵌套的双模具示意地示于图18。为了确保嵌套的双模具提供根据本公开的优选实施例的第一和第二弯曲步骤,第一模具103与第二模具203间的高度差H被设定成确保图18所示的嵌套角度 β 近似地为上述优选的弯曲角度 α 的一半。相似地,第二模具宽度 W_2 被调节为第一模具宽度 W_1 的大约1/4至2/3,典型地为第一模具宽度 W_1 的1/3至2/3。当H和X与 $\tan(\beta)$ 相关,且X对应于 $(W_1 - W_2)/2$ 时,这些需求意味着本公开的嵌套的双模具优选地符合下面的等式:

[0174] $4W_2 \geq W_1 \geq \frac{3}{2}W_2$; 以及

[0175] $0.15 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 2.2$

[0176] 优选地,

[0177] $4W_2 \geq W_1 \geq \frac{3}{2}W_2$; 以及

[0178] $0.2 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1.8$

[0179] 优选地,

[0180] $3W_2 \geq W_1 \geq \frac{3}{2}W_2$; 以及

[0181] $0.5 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1.8$

[0182] 优选地,

[0183] $\frac{5}{2}W_2 \geq W_1 \geq \frac{5}{3}W_2$

[0184] 优选地,

[0185] $0.6 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1.2$

[0186] 优选地,

[0187] $0.6 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1$

[0188] 更优选地,

[0189] $0.7 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1$

[0190] 如上所述,新方法的优点可在相对低的初始弯曲角度下实现。因而,几何形状的可能范围满足下面的等式:

[0191] $0.15 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1$

[0192] 优选地,

$$[0193] \quad 0.2 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1$$

[0194] 优选地,

$$[0195] \quad 0.3 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1$$

[0196] 优选地,

$$[0197] \quad 0.4 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1$$

[0198] 优选地,

$$[0199] \quad 0.5 \leq \frac{2H}{(W_1 - W_2)} \leq 1$$

[0200] 上述几何形状合适地使用上面特定的 W_1 和 W_2 的比率。

[0201] 如上面所提出的,方法典型地确保第一弯曲后的应变应当处于某个水平,优选地2%至6%。由于应变与弯曲中的材料的厚度成比例,因此,方法可替代地根据使用下面等式的这一厚度进行表达。

$$[0202] \quad \tan \beta = \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{2H}{(W_1 - W_2)}$$

[0203] 推导H:

$$[0204] \quad H = \frac{(W_1 - W_2)}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$

[0205] W_1 和 W_2 可表达为:

$$[0206] \quad W_1 = \frac{1}{\frac{W_2}{W_1}} \cdot W_2$$

$$[0207] \quad W_2 = \frac{W_2}{t} \cdot t$$

[0208] 并且,根据此前已经推导出的,

$$[0209] \quad \alpha = \frac{1}{\frac{W_2}{W_1}} \cdot \varepsilon \cdot \frac{W_2}{t} = \varepsilon \cdot \frac{W_2}{t} \cdot \frac{W_1}{W_2}$$

[0210] 因而,

$$[0211] \quad \frac{H}{t} = \frac{W_2}{t} \cdot \frac{\left(\frac{W_1}{W_2} - 1\right)}{2} \cdot \tan \left(\frac{1}{2} \cdot \varepsilon \cdot \frac{W_2}{t} \cdot \frac{W_1}{W_2}\right)$$

[0212] 通过该比率 H/t ,使得其更容易实现具有材料厚度的高度调节,作为参考。比率 H/t 的值是给予高度H的材料厚度的倍数。

[0213] 图21B和图22B表示对于 W_2/W_1 的不同比率,在恒定的应变(图21B为2%和6%,图22B为2.5%和4.5%)下, H/t 与 W_2/t 之比的绘图。

[0214] 如在前文说明那样,用于高强度材料的最常见的模具宽度,处于 $10 \times t$ 至 $13 \times t$ 的范围内。对于2%至6%的优选应变和2/5至1/2的优选宽度比率 W_2/W_1 , H/t 的范围将成为:

$$[0215] \quad 0.6 \leq \frac{H}{t} \leq 14$$

[0216] 对于2/5至1/2的宽度比率 W_2/W_1 和2.5%至4.5%的应变, H/t 的范围将成为:

$$[0217] \quad 0.8 \leq \frac{H}{t} \leq 9$$

[0218] 上述等式能适于确定弯曲冲头的大致偏置,其需要实现在给定材料和模具宽度下的期望应变。在实行使用可调节模具的方法时,上述参数是有用的。例如,重组从现有技术(以及上面提出)已知的有关 α 的等式,弯曲冲头的偏置可表达为:

$$[0219] \quad S = \frac{W_1}{2} \cdot \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) + (R_d + R_k + t) \cdot \left(1 - \frac{1}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}\right)$$

[0220] 其中:

[0221] W_1 :初始模具宽度;

[0222] R_d :用于可移动模具的模具进入半径;

[0223] R_k :刀半径;

[0224] α :在第一弯曲步骤的结束时的预计角度。

[0225] 弯曲角度可与应变相关地表达为:

$$[0226] \quad \alpha = \varepsilon \cdot \frac{W_2}{t} \cdot \frac{W_1}{W_2} = \varepsilon \cdot \frac{W_1}{t}$$

[0227] 其中,

[0228] W_2 :在第一弯曲后,可移动模具被调节成的第二模具宽度;

[0229] $\frac{W_1}{W_2}$:第一和第二模具宽度间的比率(或替代地在相应的嵌套的双模具中,外模具宽度与内模具宽度间的比率);

[0230] ε :第一弯曲步骤的预应变的水平。

[0231] 对于可调节模具,两个模具支承件需要被调节(参见图18)的距离 X 可被表达为:

$$[0232] \quad X = \frac{W_1 - W_2}{2}$$

[0233] 或是:

$$[0234] \quad \frac{X}{t} = \frac{W_1 - W_2}{2t} = \frac{W_2}{t} \cdot \frac{\left(\frac{W_1}{W_2} - 1\right)}{2}$$

[0235] 对于嵌套的双模具,已经证明为:

$$[0236] \quad \frac{H}{t} = \frac{W_2}{t} \cdot \frac{\left(\frac{W_1}{W_2} - 1\right)}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$

[0237] 因此, $\frac{X}{t}$ 对应于 $\frac{X}{t} = \frac{H/t}{\tan \frac{\alpha}{2}}$ (参见图18)。

[0238] 图20示出了在 W_2/W_1 的不同比率下,值 X/t 如何与 W_2/t 相关联地变化。

[0239] 优选地,第一模具的缘部包括轧辊。在第一模具中使用轧辊减小板与模具接触的摩擦,减少集中于弯曲件的弯曲力和所产生的缺陷的可能性。

[0240] 本公开的又一方面是用于空气弯曲材料(金属)板的可调节模具,包括:安装在高度调节装置上的可调节模具部,该可调节模具部包括允许模具宽度进行调节的可移动边

缘,上述高度调节装置允许可调节模具部的位置沿垂直于由模具开口形成的平面的方向可逆地移动,其中,优选地上述可逆移动能够响应于外力而被作用。

[0241] 优选地,高度调节装置的可逆移动能够允许可调节模具部的模具宽度在不改变由模具边缘形成的角度和位于模具开口的平面下方的标称点的情况下进行调节。通过这一方式,当弯曲冲头在不发生导致模具边缘与冲头间的弯曲力矩变化的模具边缘的移动的情况下与第一空气弯曲步骤后的金属板接触时,高度调节装置允许模具宽度进行调节。

[0242] 因而,本公开的又一方面是用于空气弯曲材料(例如金属)板的装置,包括:

[0243] 可调节模具,具有安装在高度调节装置上的可调节模具部,该可调节模具部具有平行的可移动边缘,并且限定了具有模具宽度的模具开口,所述可移动边缘允许模具宽度进行调节;

[0244] 弯曲冲头,定向成与可移动边缘平行,并且布置成沿从可移动边缘等距且与由可调节模具的模具开口形成的平面垂直的平面,从位于模具开口上方的位置移动到位于模具开口下方的位置;以及

[0245] 所述高度调节装置允许可调节模具部的位置沿垂直于由模具开口形成的平面的方向可逆地移动,

[0246] 其特征是,

[0247] 当弯曲冲头在不改变由可移动边缘和弯曲冲头形成的角度的情况下位于模具开口下方的位置时,高度调节装置的可逆移动能够允许可调节模具的模具宽度进行调节。

[0248] 典型地,高度调节装置是弹簧或活塞,优选为活塞。

[0249] 本公开的另一方面是用于空气弯曲材料(例如金属)板的装置,包括:

[0250] 可调节模具具有可调节模具部,该可调节模具部具有允许模具宽度进行调节的可移动边缘;

[0251] 弯曲冲头,具有接触部、力提供部和高度调节装置,所述高度调节装置允许接触部的位置相对于弯曲冲头的力提供部沿垂直于由模具开口形成的平面的方向可逆地移动。

[0252] 装置适于空气弯曲,并且这种可移动边缘是平行的,且限定出具有模具宽度的模具开口,弯曲冲头定向成与可移动边缘平行,并布置成沿与可移动边缘等距且与由可调节模具的模具开口形成的平面垂直的平面,从位于模具开口上方的位置朝位于模具开口下方的位置移动。

[0253] 当在所需的弯曲冲头的力提供部没有任何移动或变化的情况下对模具宽度调节时,高度调节装置补偿板的任何移动。换言之,当板已经通过弯曲冲头弯曲时,冲头的接触部位于可调节模具的可移动边缘之间或下方。当板仍就位时对模具宽度进行调节,会将板向上推到接触部(或替代地如果模具宽度增大,则会使板朝远离接触部下降)。高度调节装置允许接触部朝上方或下方移动,以对其进行补偿,藉此,其在作用于板上的弯曲力在模具宽度调节时没有发生改变的情况下且在不需要力提供部的任何改变的情况下,与板保持接触。

[0254] 因而,优选地,当冲头的接触部在不改变由可移动边缘和接触部形成的角度的情况下且在力提供部没有任何移动的情况下位于模具开口下方的位置时,高度调节装置允许可调节模具部的模具宽度进行调节。

[0255] 本公开因此优选地提供用于空气弯曲材料(例如金属)板的装置,包括:

[0256] 可调节模具,具有可调节模具部分,该可调节模具部分具有平行的可移动边缘,并且限定了具有模具宽度的模具开口,所述可移动边缘允许模具宽度进行调节;

[0257] 弯曲冲头,定向成与可移动边缘平行,并且布置成沿从可移动边缘等距且与由可调节模具的模具开口形成的平面垂直的平面,从位于模具开口上方的位置移动到位于模具开口下方的位置,

[0258] 所述弯曲冲头具有接触部、力提供部和高度调节装置,

[0259] 所述高度调节装置允许接触部的位置相对于弯曲冲头的力提供部,朝垂直于由模具开口形成的平面的方向可逆地移动,

[0260] 其特征是,

[0261] 当冲头的接触部在不改变由可移动边缘和接触部形成的角度的情况下且在力提供部没有任何移动的情况下位于模具开口下方的位置时,高度调节装置允许可调节模具部的模具宽度进行调节。

[0262] 在这些实施例中,可调节模具部具有 W_1 的最大模具宽度,并且可移动边缘优选地包括调节模具宽度,以提供第二模具宽度 W_2 ,其中:

[0263] $W_1 \geq \frac{3}{2} W_2$

[0264] 更优选地,

[0265] $W_1 \geq 2 \cdot W_2$

[0266] 更优选地,

[0267] $W_1 \geq 3 \cdot W_2$

[0268] 更优选地,

[0269] $W_1 \geq 4 \cdot W_2$

[0270] 相似地,高度调节装置优选地能移动 W_1 的至少4%,其中, W_1 是第一模具的模具宽度,优选地移动 W_1 的至少5%,更优选地移动 W_1 的至少7.5%,更优选地高度调节装置能够移动 W_1 的4%至 W_1 的55%,更优选地移动 W_1 的4%至 W_1 的40%,更优选地移动 W_1 的5%至 W_1 的35%,替代地移动 W_1 的10%至 W_1 的55%,更优选地移动 W_1 的15%至 W_1 的40%。

[0271] 下面的非限制性实例执行本公开的方法。

[0272] 实例1

[0273] 根据本公开,使用传统的空气弯曲模具和使用嵌套的双模具,将数根具有960MPa的屈服强度的6mm热轧钢的厚板弯曲成90°。双模具具有外模具和内模具,其中,外模具具有180mm的宽度,内模具具有80mm的宽度(即,13xt)。内模具定位在外模具下方的35mm处(即,模具进入半径的顶部之间的距离)。使用这一布置,第一弯曲角度为大约70°。预估的预应变百分比为大约4.1%。控制弯曲使用具有80mm模具宽度的单个弯曲模具。

[0274] 所获得的结果归纳在下面的表中。

样品	弯曲方向	R/t 传统	R/t 本公开
1	轧制	3.0	2.0
2	轧制	3.0	1.7
3	轧制	3.2	1.7
4	横向	2.5	1.8

[0276] 上述数据示出了使用本公开的方法实现的弯曲性相比使用传统的单一弯曲步骤有显著的提高。

[0277] 实例2

[0278] 使用传统的空气弯曲和使用根据本公开的两阶段方法,将标有1000DPHT和1200M(分别具有大约1000、1200MPa的屈服强度)的两个类型的高强度冷轧钢弯曲到90°。

[0279] 用于双模具的相同配置被用于同样的材料测试,分别具有不同的厚度,1.0mm和1.4mm。用于这两个测试的配置示于下面的表中。

1000 DP HT, 1.4 mm					
双模具					传统的模具
模具宽度 W [mm]		垂直距离 内-/外-模具 [mm]	接触时的估计 的角度 α [度]	估计的预应力 [%]	W [mm]
外模具	内模具				模具
49	20	11	75	3.7	20

1200 M, 1.0 mm					
双模具					传统的模具
模具宽度 W [mm]		垂直距离 内-/外-模具 [mm]	接触时的估计 的角度 α [度]	估计的预应力 [%]	W [mm]
外模具	内模具				模具
49	20	11	75	2.6	20

[0282] 结果示于下面的表中:

样品	R/t 传统	R/t 本公开
1000 DP HT	4.9	2.5
1200M	5.0	3.0

[0284] 由此可知,使用本公开的方法,弯曲性得到显著地提高。

[0285] 实例3

[0286] 对具有3米长的嵌套的双模具进行测试,以确认相比先前展示的较短的样品,在全范围测试中有相同的提高。在测试中使用的材料是6mm的热轧钢,具有960MPa的屈服强度,并且具有大约1050MPa的极限强度。在所有的测试中,材料被弯曲成90度。

[0287] 首先,在传统的模具中,将具有400mm长度的较短的样品弯曲,以获得适于所应用的材料的最小弯曲半径。在接着的步骤中,在全尺寸的嵌套的双模具中,将短样品弯曲,以使内模具的高度位置最优化。最终,全长度板被弯曲。在下面的表中,示出用于这些测试的配置。

双模具					传统的模具
模具宽度 W [mm]		垂直距离 内-/外-模具 [mm]	接触时的估计 的角度 α [度]	估计的预应力 [%]	W [mm]
外模具	内模具				模具
180	80	25	53	3.1	80

[0289] 所获得的结果归纳在下面的表中。

[0290]

样品	弯曲的长度[mm]	弯曲方向	R _i /t传统	R _i /t本发明	刀半径[mm]
1	400	辊轧	3,1		23
2	400	辊轧		1,8	15
3	2900	辊轧		1,8	15

[0291] 结果确认了通过应用双模具弯曲在弯曲性上的提高仍适用于弯曲长的梁。

[0292] 实例4

[0293] 在双模具弯曲中,对具有10mm厚度的热轧的900MPa材料进行测试。该测试的目的是为了实现所能接受的弯曲半径,例如使重的车辆框架升级。使实现这种升级所需的弯曲半径接近于厚度的两倍。对于传统的弯曲来说,这在屈服为700-900水平的钢之间是关于弯曲性能的很大的一步。

[0294] 下面的表格示出用于测试的配置。

双模具					传统的模具
模具宽度 W [mm]		弯曲距离 内-/外-模具 [mm]	传统时的估计 的角度 α [度]		W [mm]
外模具	内模具		弯曲的应力 [%]		模具
150	80	14	31	3,0	150

[0296] 与应当具有的弯曲性能相比,所使用的材料批次具有相当差的弯曲性能。数据页显示4.5tx是传统弯曲的最小弯曲半径。

[0297] 对于这一特殊批次而言,确认了稍大即5xt可防止“整平”。“整平”趋势是当弯曲件的外纤维倾向于局部化并且没有得到曲率的均匀形状。但是,即使对于具有在弯曲方面性能很差的材料,双弯曲技术惊人地提高了弯曲性。在下面的表格中,示出了结果。

[0298]

样品	弯曲的长度[mm]	弯曲方向	R _i /t传统	R _i /t本发明	刀半径[mm]
1	150	辊轧	5,0		50
2	150	辊轧		2,2	22

[0299] 生产出的上述梁仅具有100mm的凸缘高度,尽管外工具需要能够在工序的初始阶段进行支承的额外的材料,但仍能通过双模具弯曲实现。

[0300] 实例5

[0301] 使用相同的模具宽度的大冲头进行预弯曲。

[0302] 使用具有35mm半径的冲头,使具有6mm厚度的热轧960材料被首先预弯曲成大约α=60度。接着,改变冲头为更窄的尺寸,即18mm半径,并且最终弯曲成90度弯曲。

[0303] 在接下来的测试,以使用具有18mm冲头半径的一个弯曲冲程的传统方式,对同样材料进行相同的弯曲。

[0304] 在两个实验中,使用相同的模具宽度,W=85mm。

[0305] 在图19中,在同一张图中展现两个弯曲,以示出形状上的差异。图片因而是由根据本公开(右手侧)弯曲的板的照片和根据现有技术方法(左手侧)弯曲的板的照片组成的合成。图片已对齐,以确保传统和模具大致对直。但是在左手侧和右手侧之间的分割线从板的间断可以明显看出的。图片示出了通过使用包括具有更大冲头半径的预弯曲步骤的公开的方法实现的改良的曲率。

[0306] 图23A和图23B示出了针对各个实例1-4的预弯曲角度α与W₂/t值的比,具有用虚线

示出的2.5-4.5%的应变间隔。实例1、3和4使用具有 W_2/W_1 比为1/2.25的双模具,而在实例2中的双模具具有1/2.45的 W_2/W_1 比。图24A和图24B示出了相似的绘制图,但其是关于 H/t 与 W_2/t 值的比。可以看到,所有实例落在典型地需要优化本方法的所期望的应变范围内。

[0307] 在权利要求书范围内的本公开的进一步变型对于技术人员而言是显见的。例如,根据本公开的方法不必然需要使用嵌套的双模具或可调节模具来实现,只要能够确保第一和第二弯曲力在材料板的同一点并沿同一方向被施加,则可以使用任意的模具实现。另外,方法不必然需要被限制为在具有均匀厚度和横截面的材料的平板中形成弯曲。材料板可包括至少一个非平面部和/或具有非均匀厚度和/或非均匀横截面。

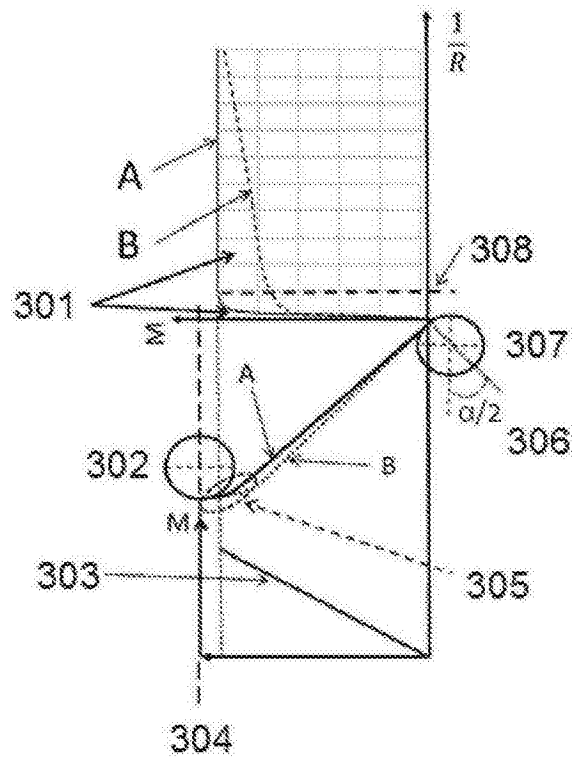


图1a

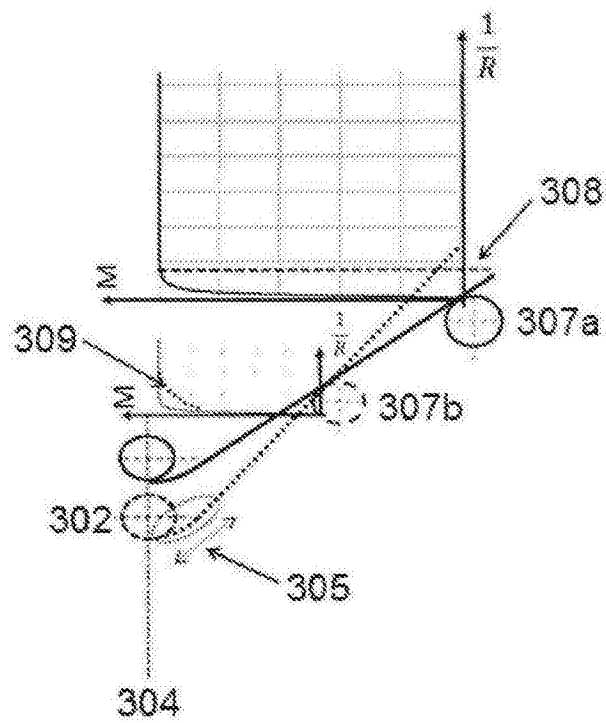


图1b

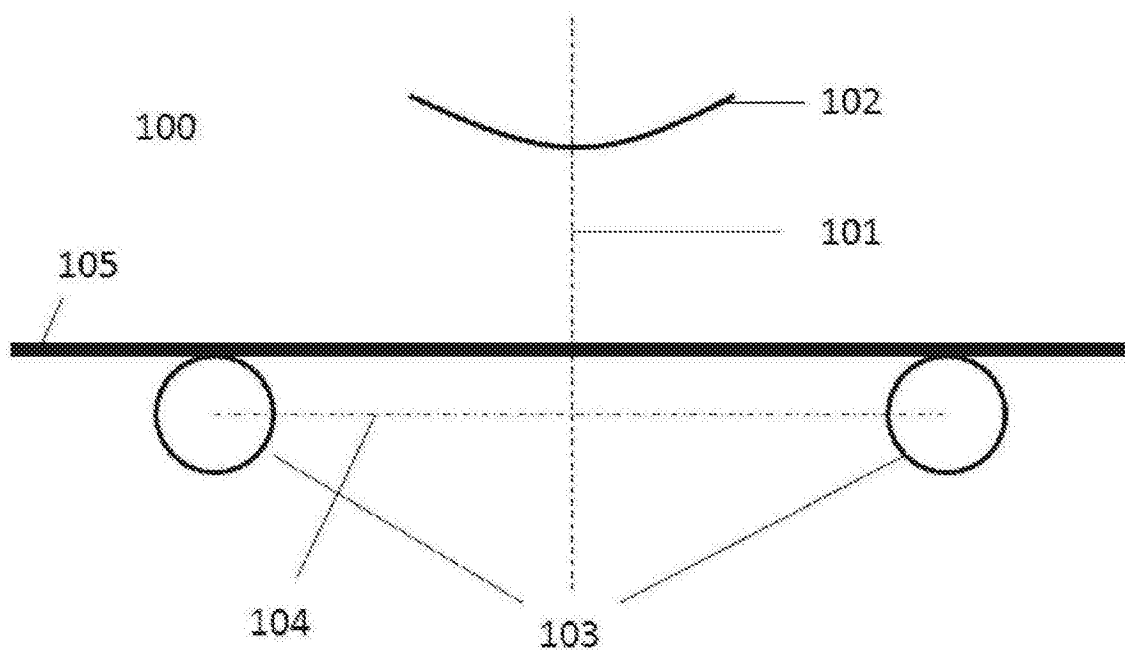


图2a

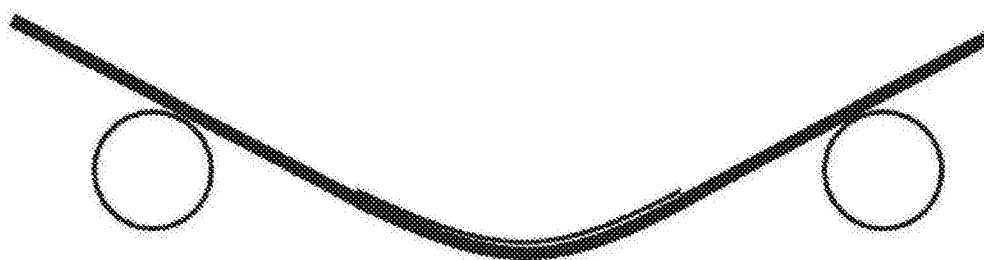


图2b

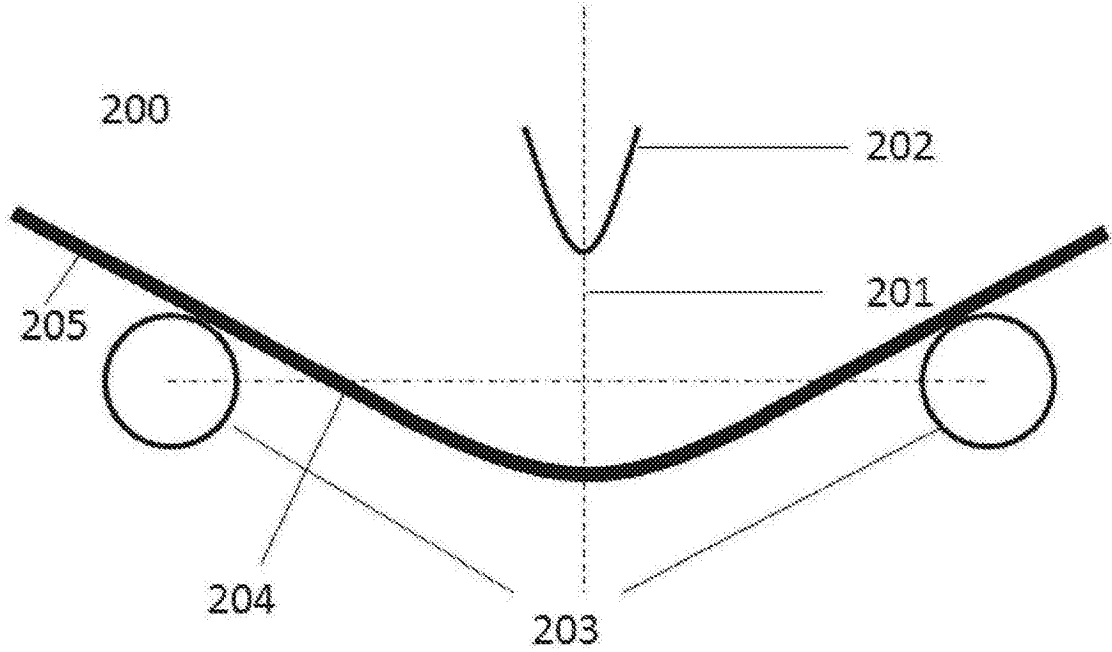


图3a

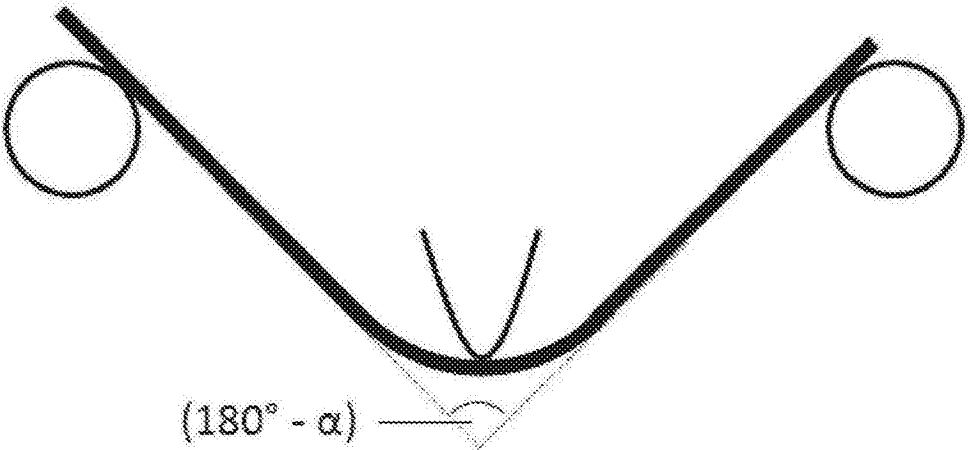


图3b

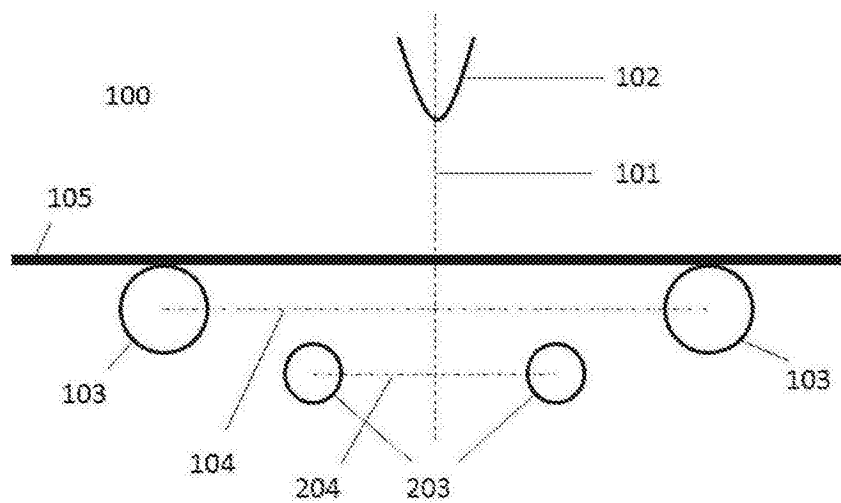


图4a

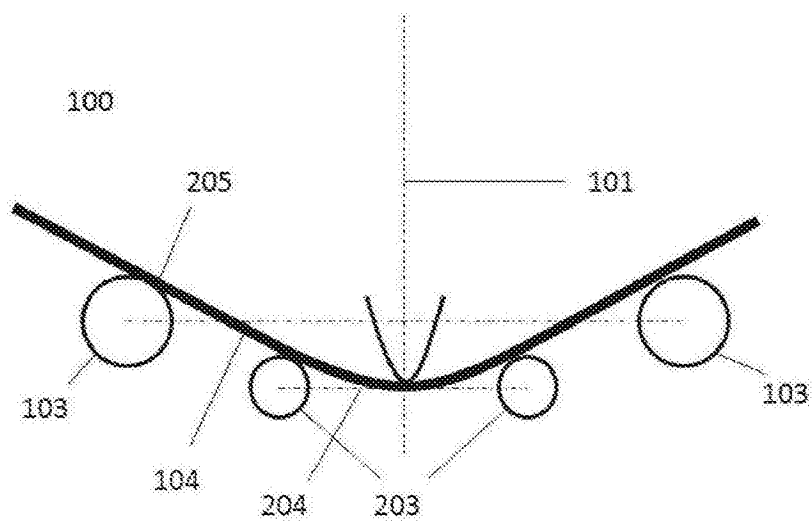


图4b

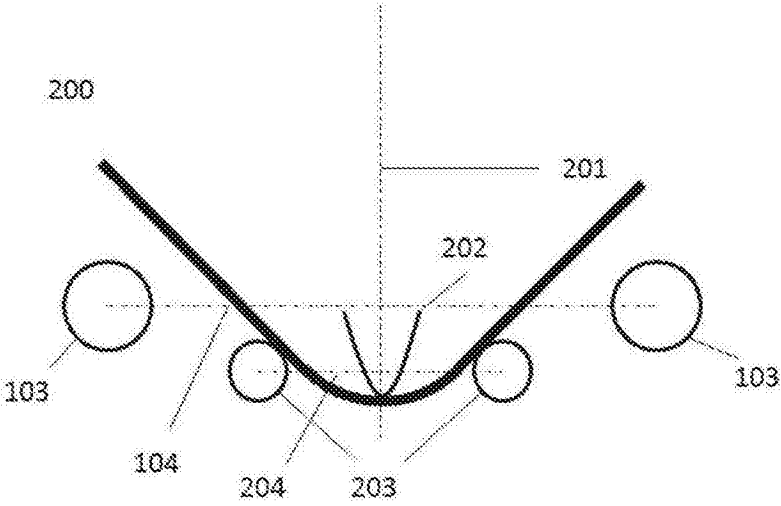


图4c

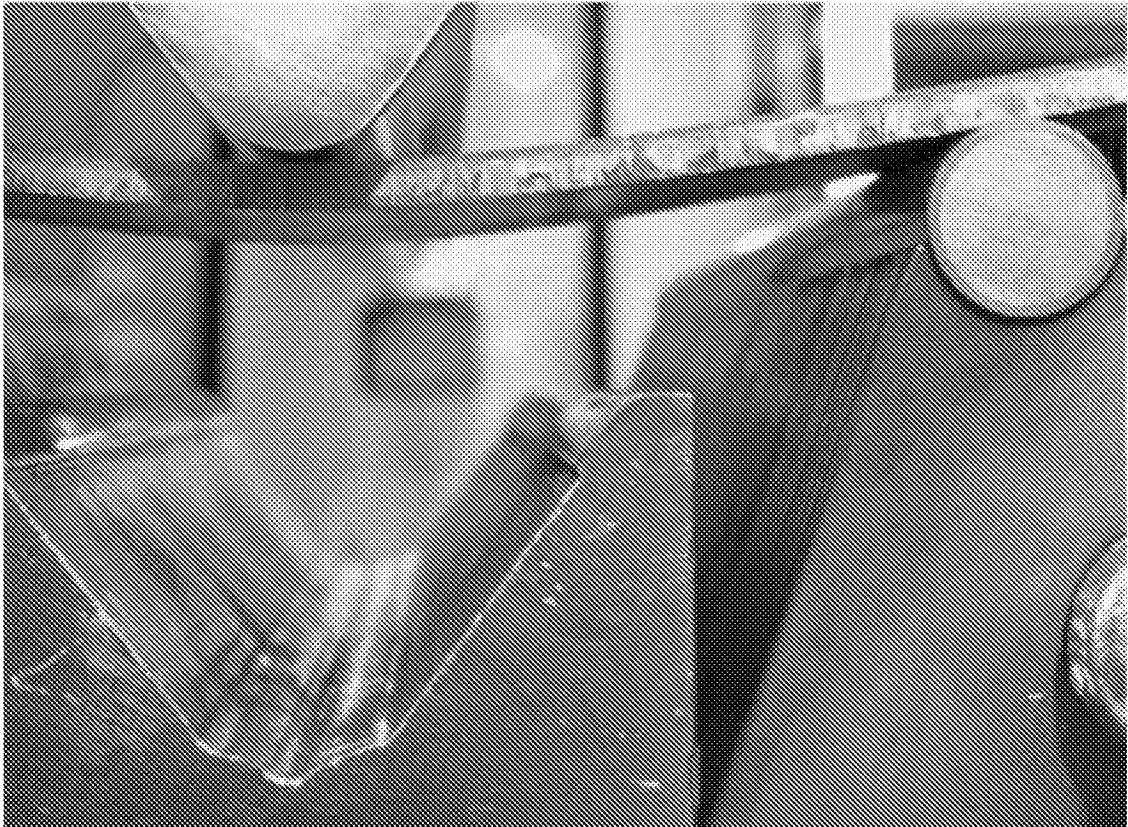


图5a

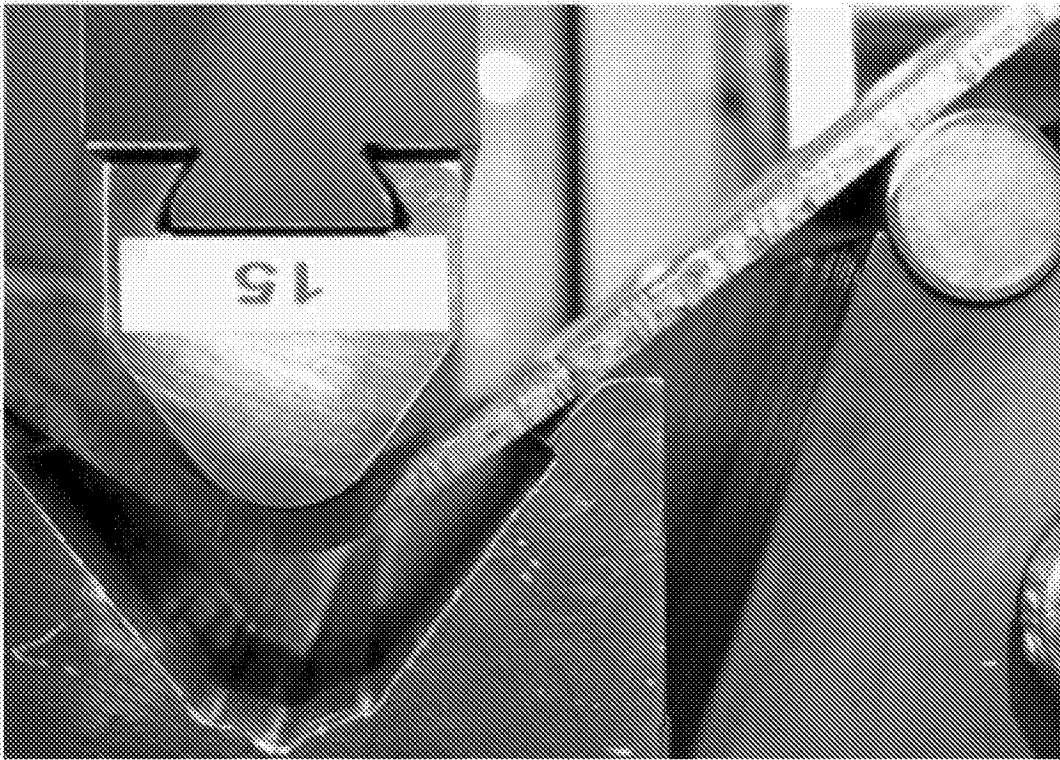


图5b

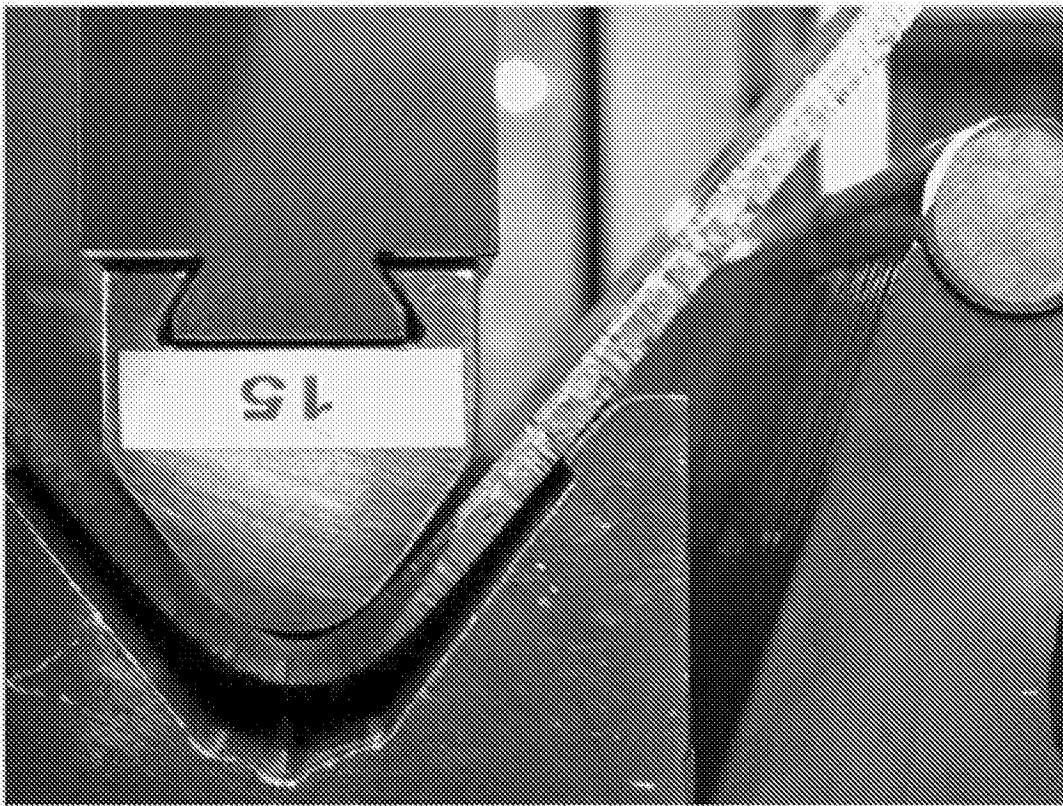


图5c

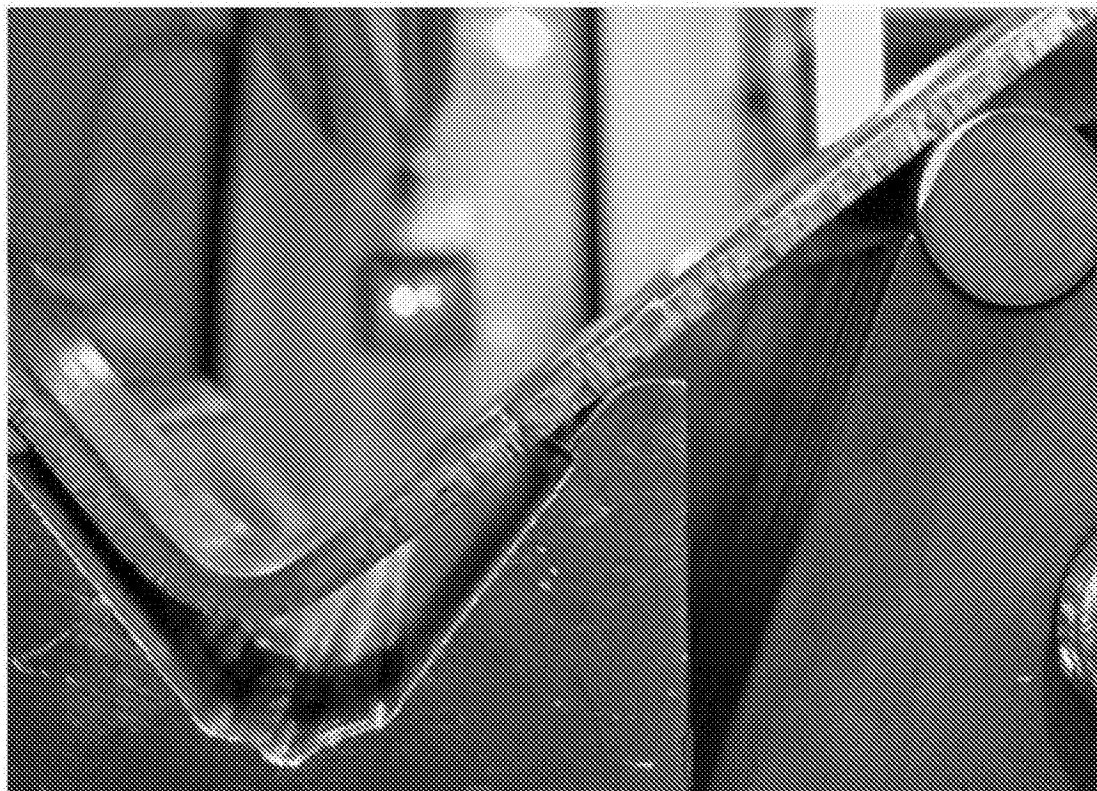


图5d

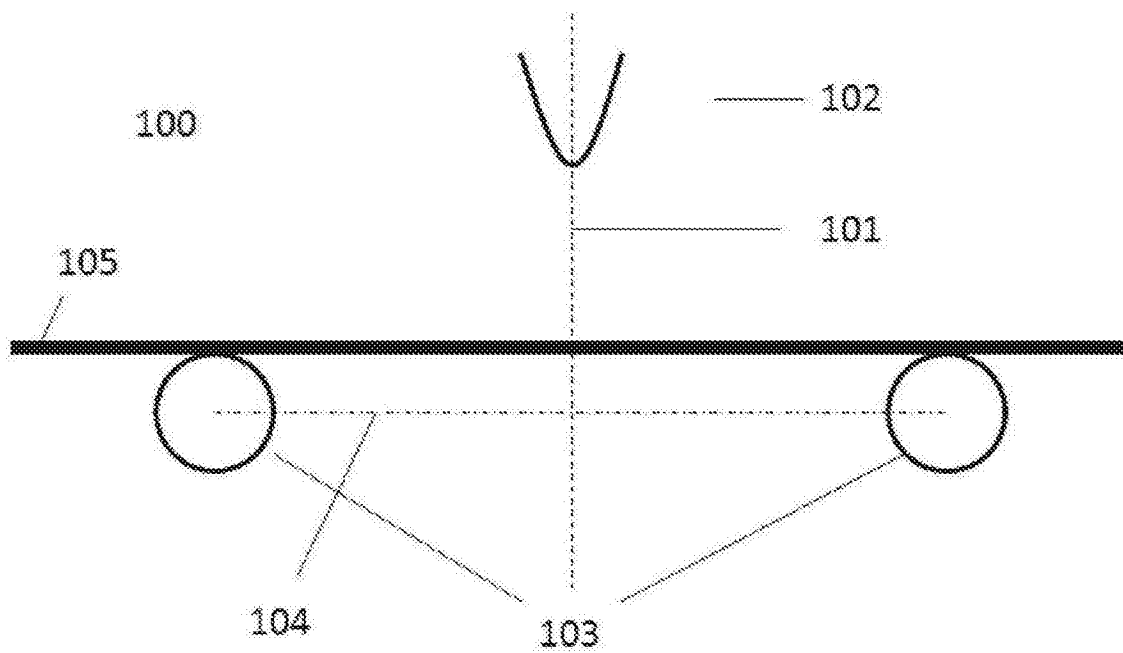


图6a

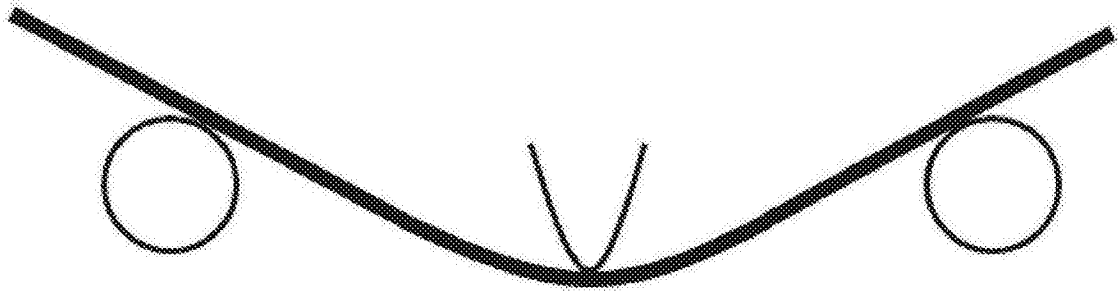


图6b

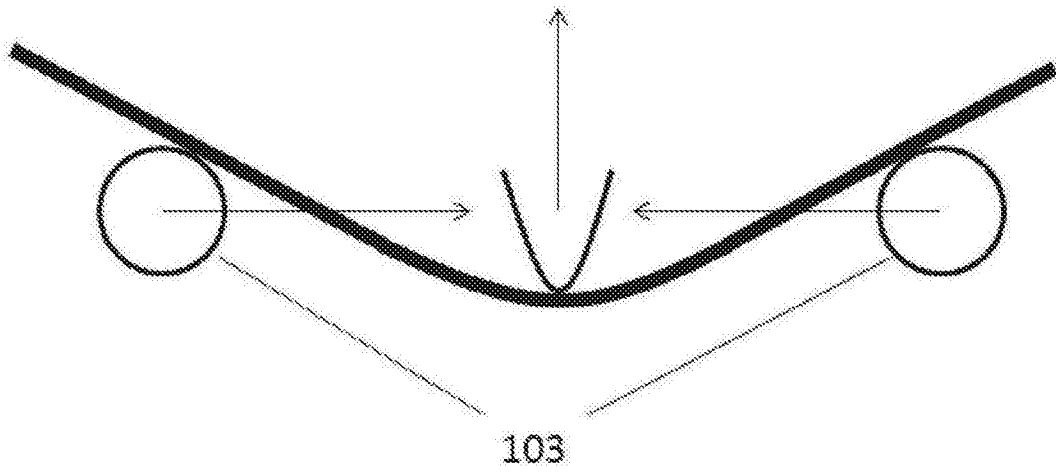


图7a

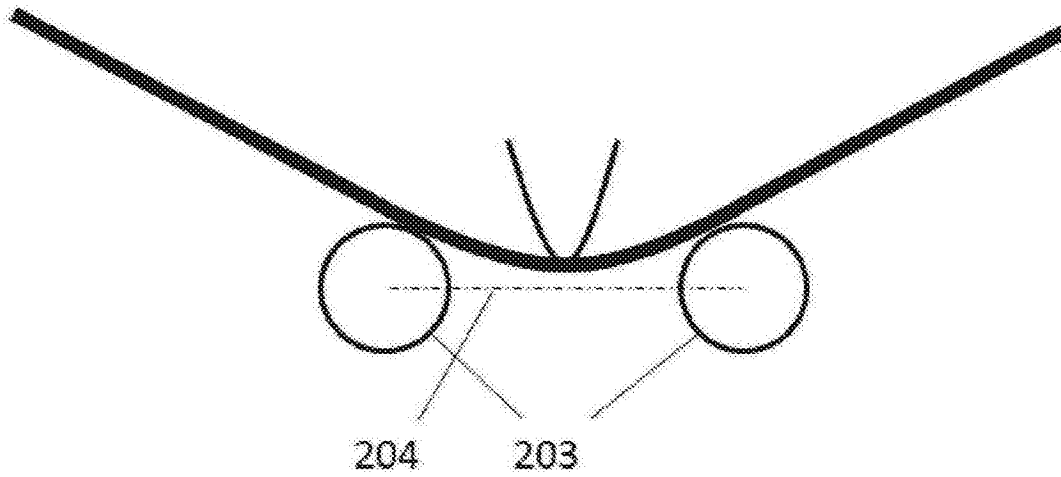


图7b

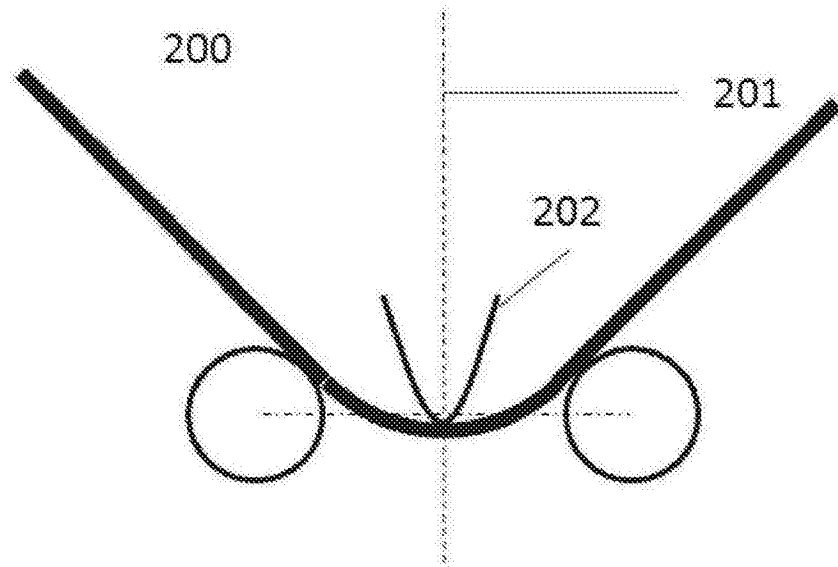


图8

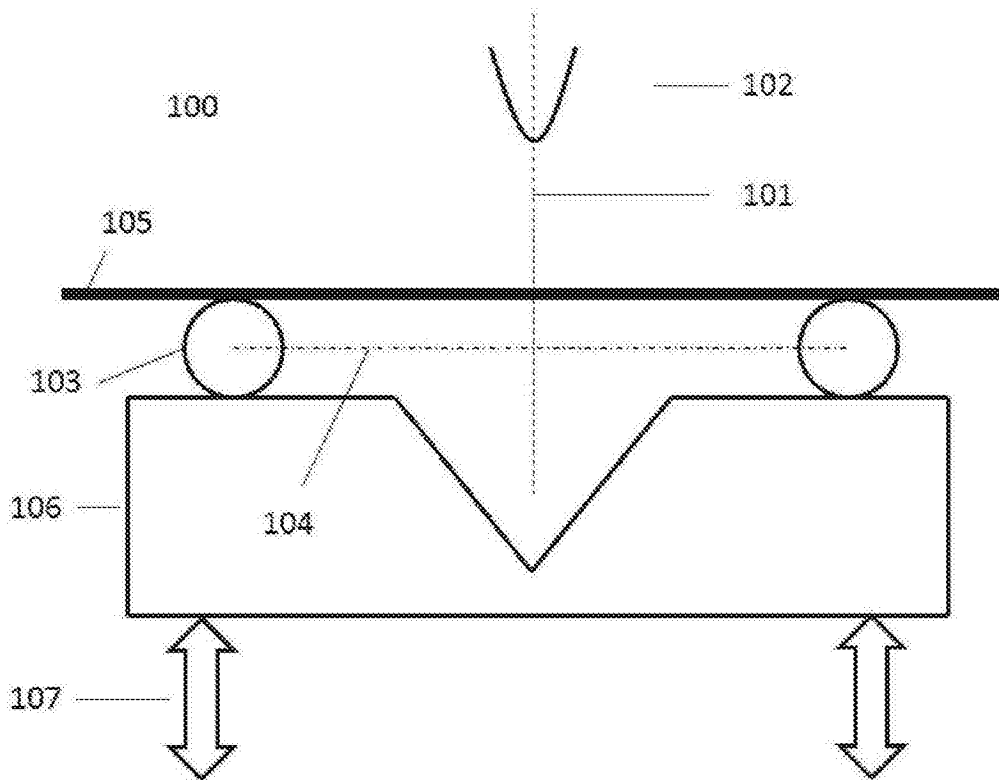


图9a

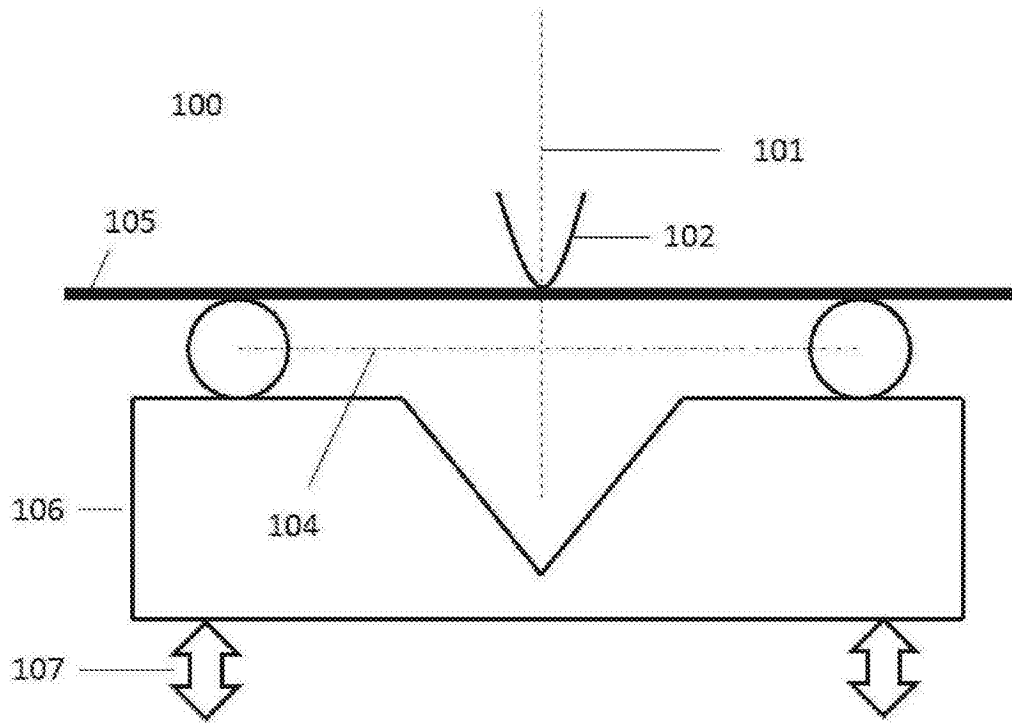


图9b

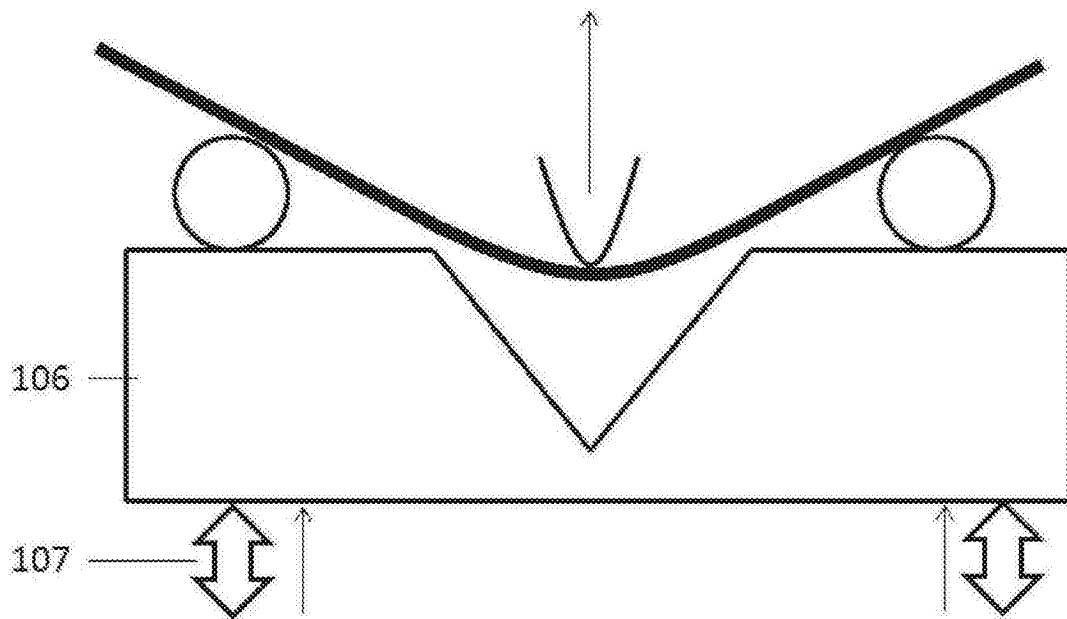


图10a

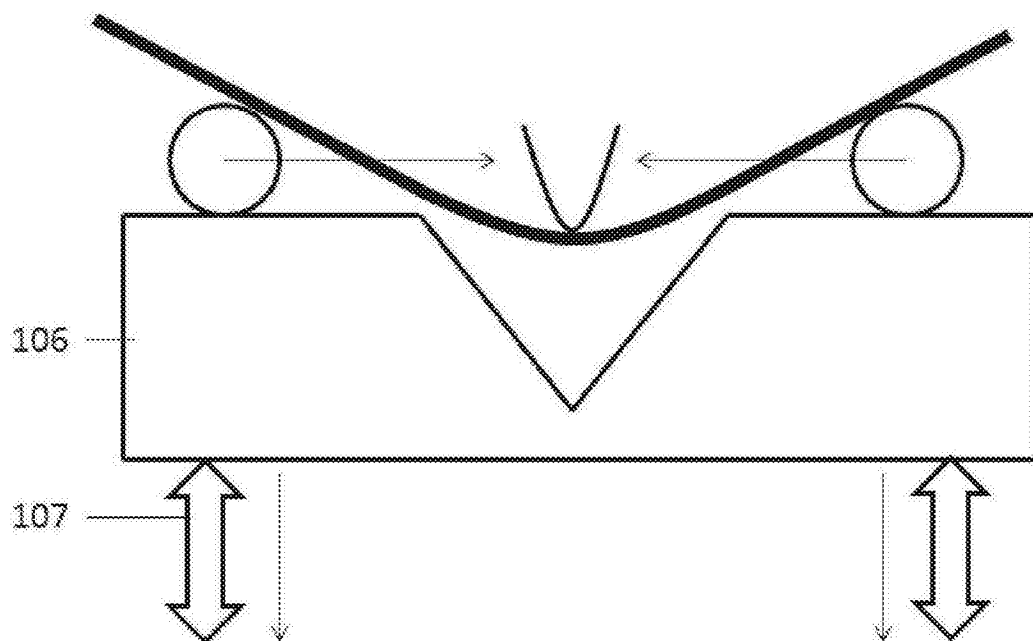


图10b

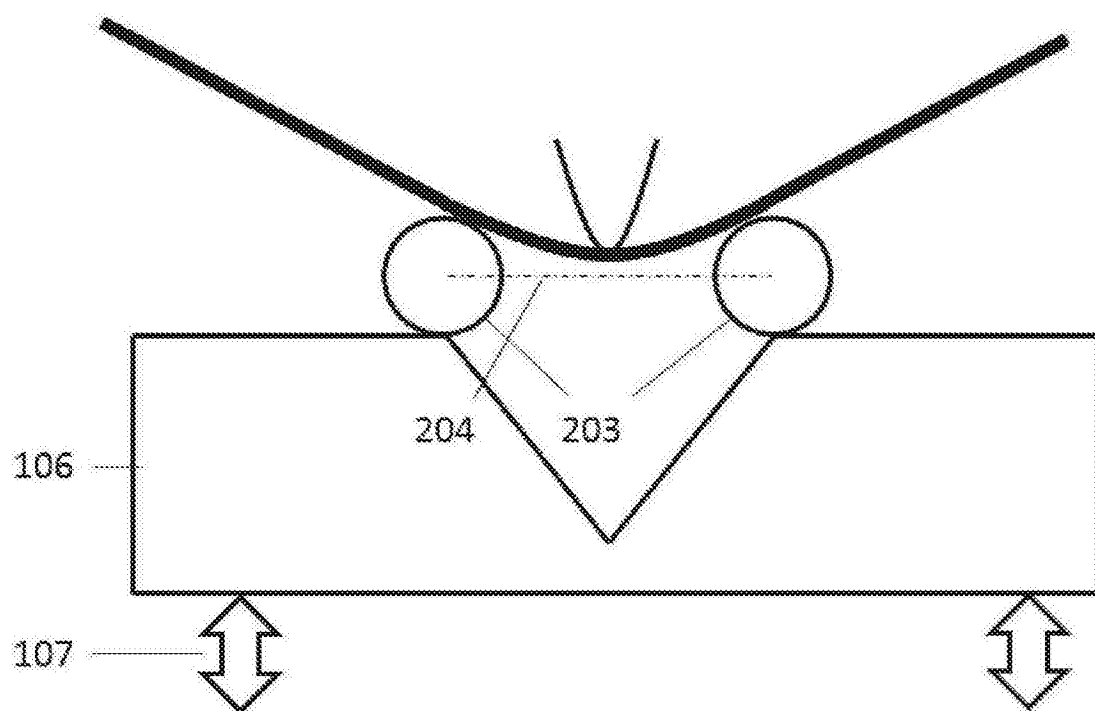


图11a

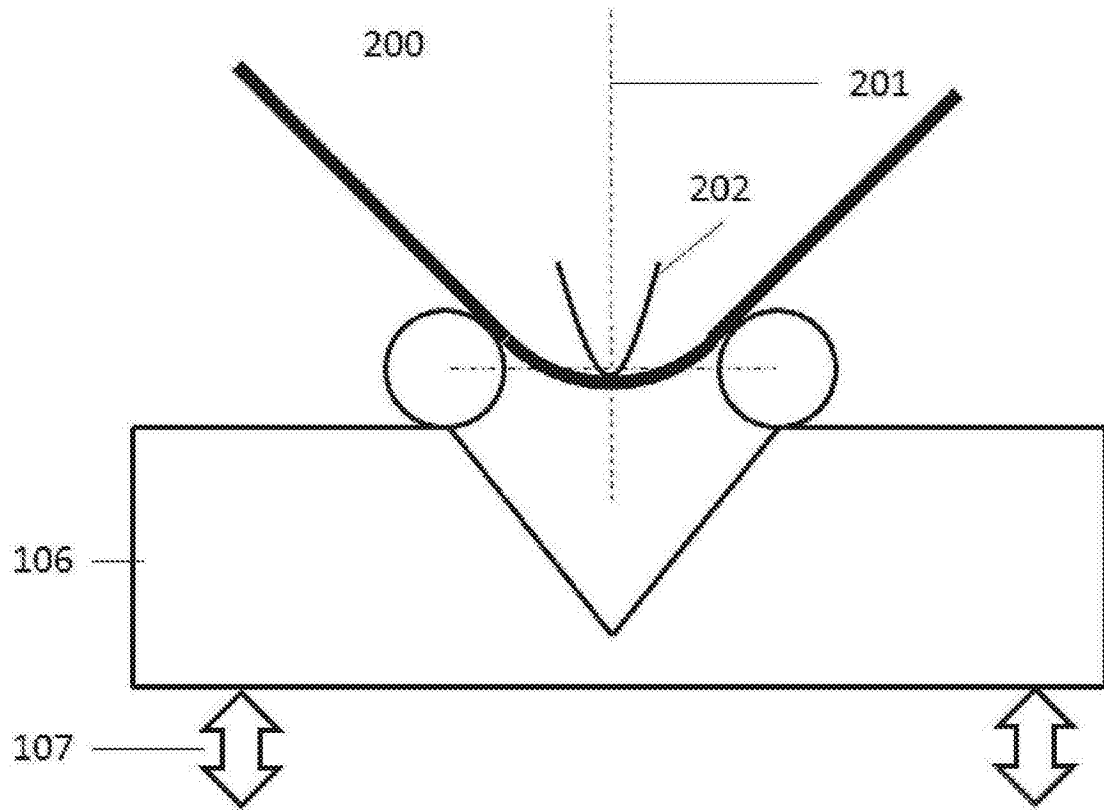


图11b

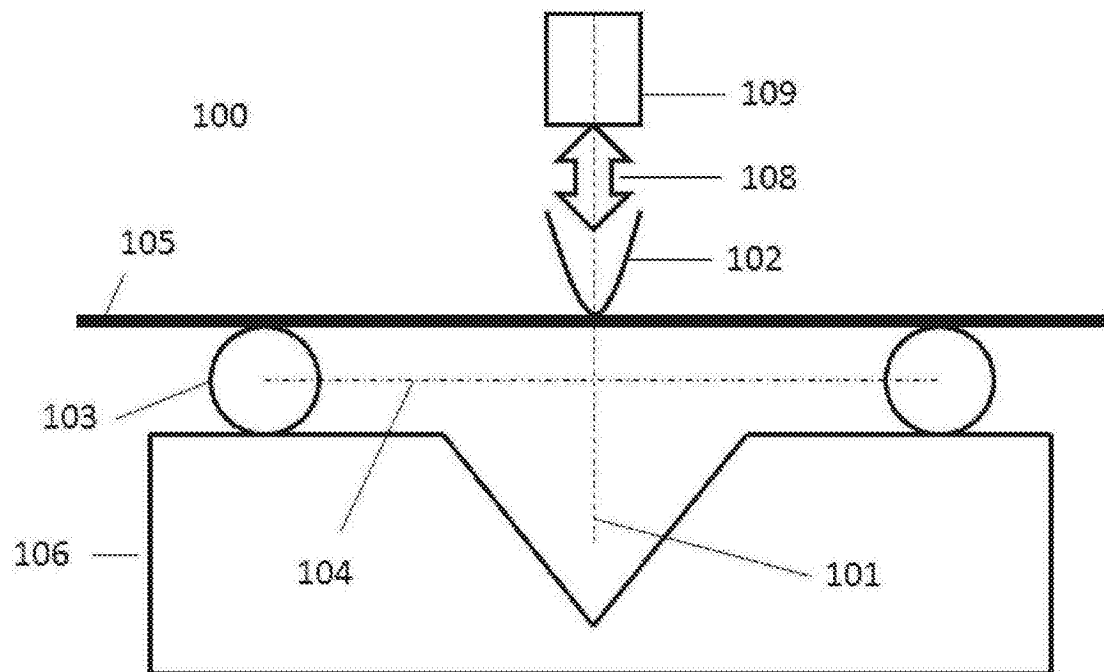


图12a

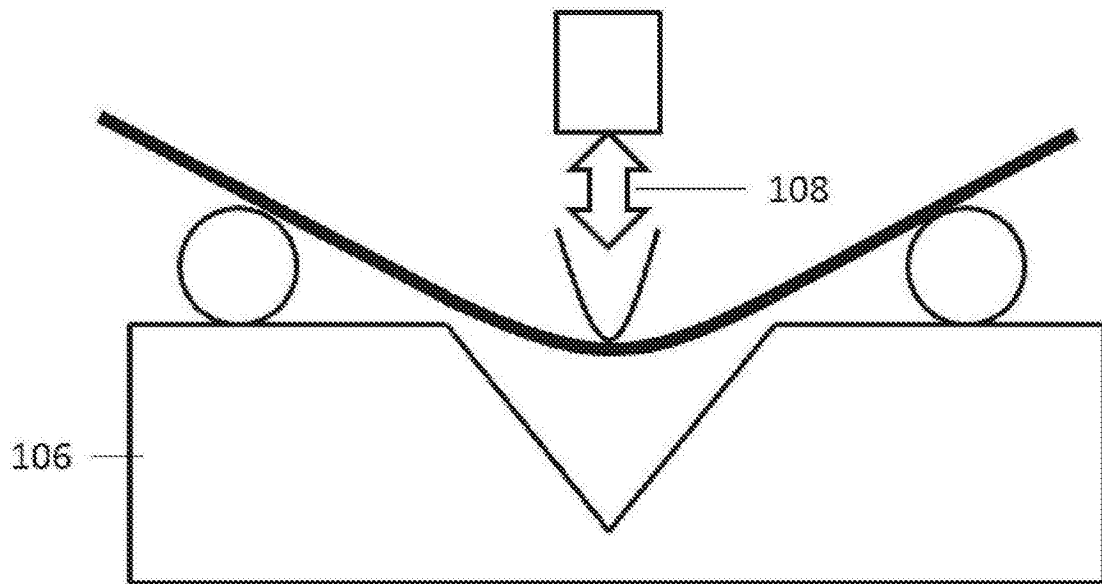


图12b

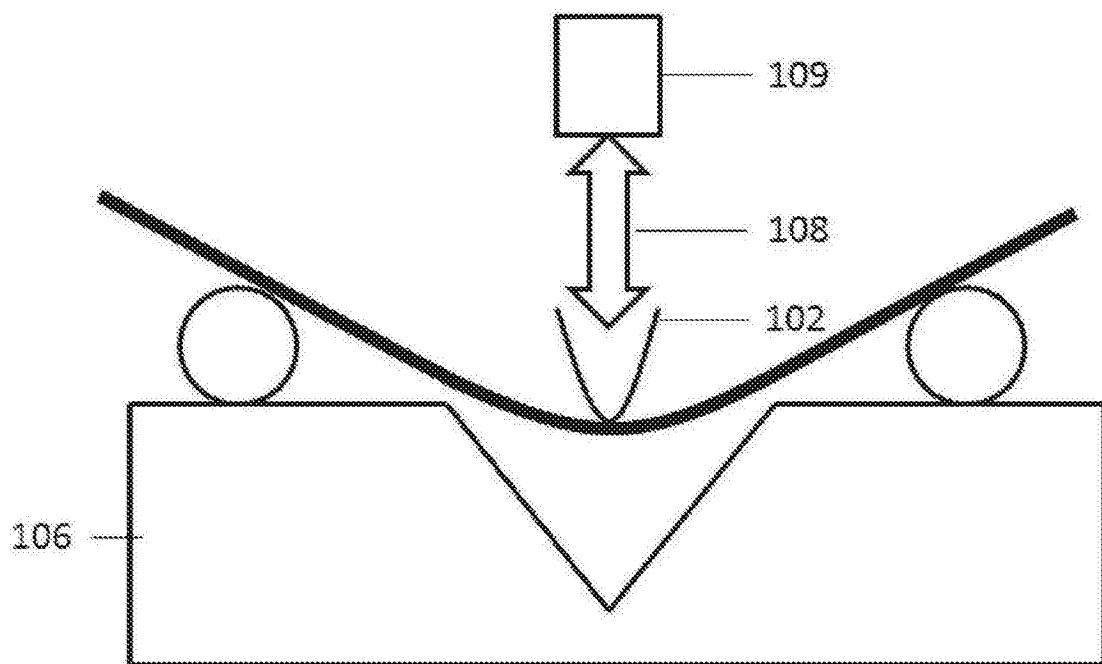


图13a

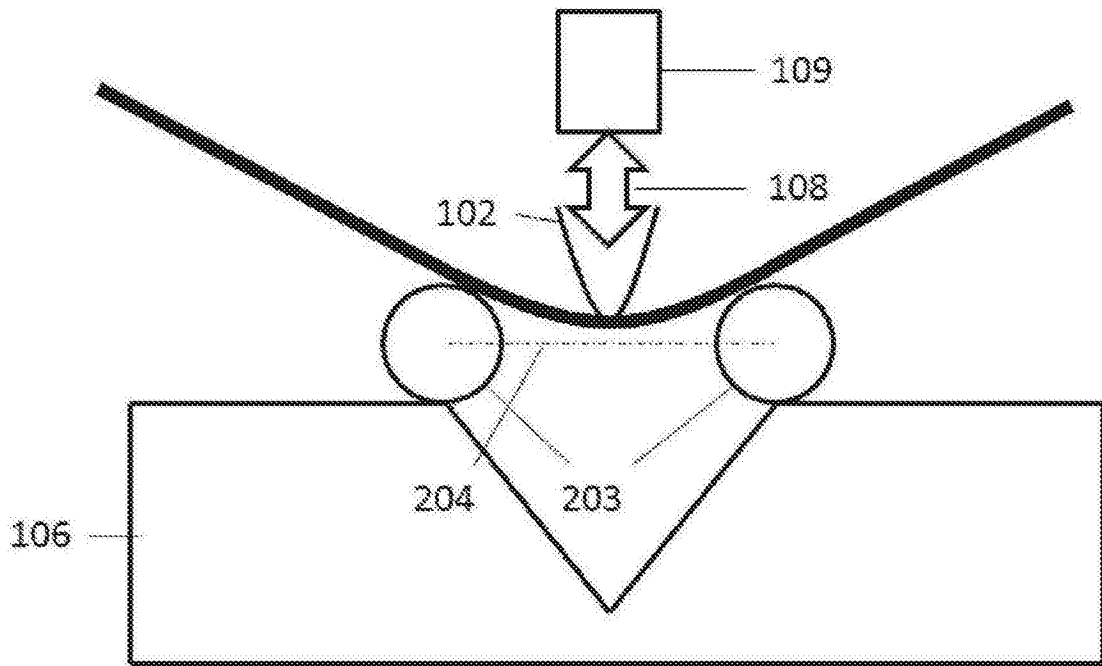


图13b

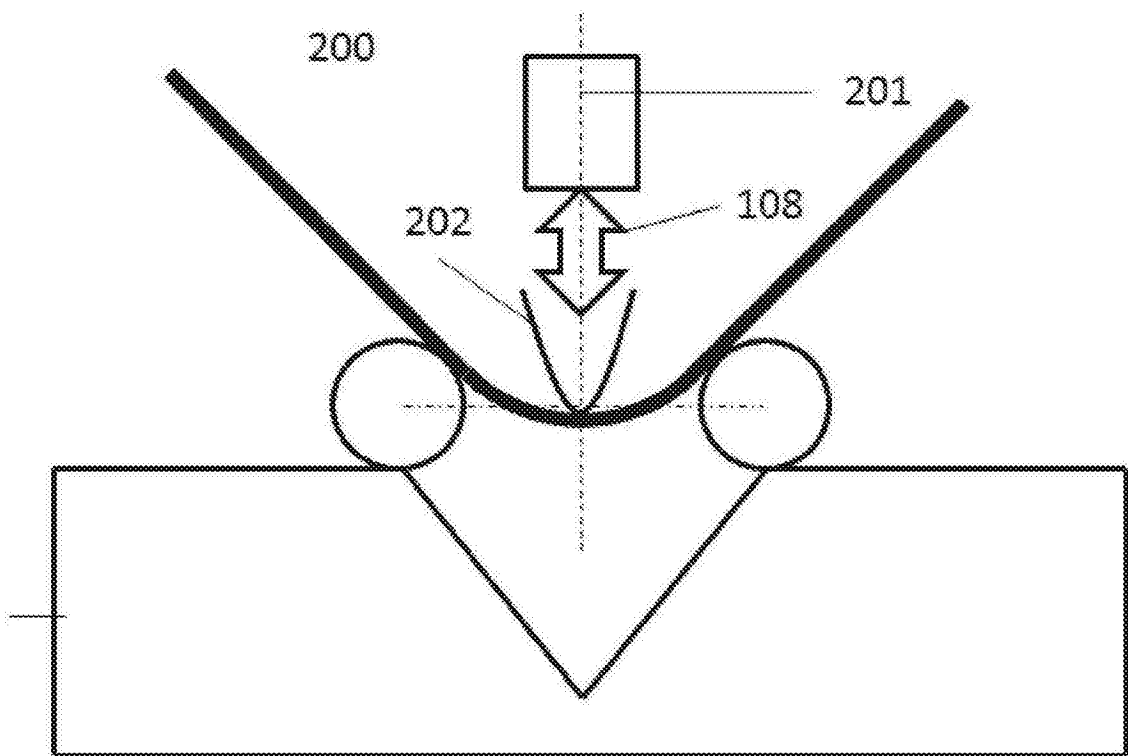


图14

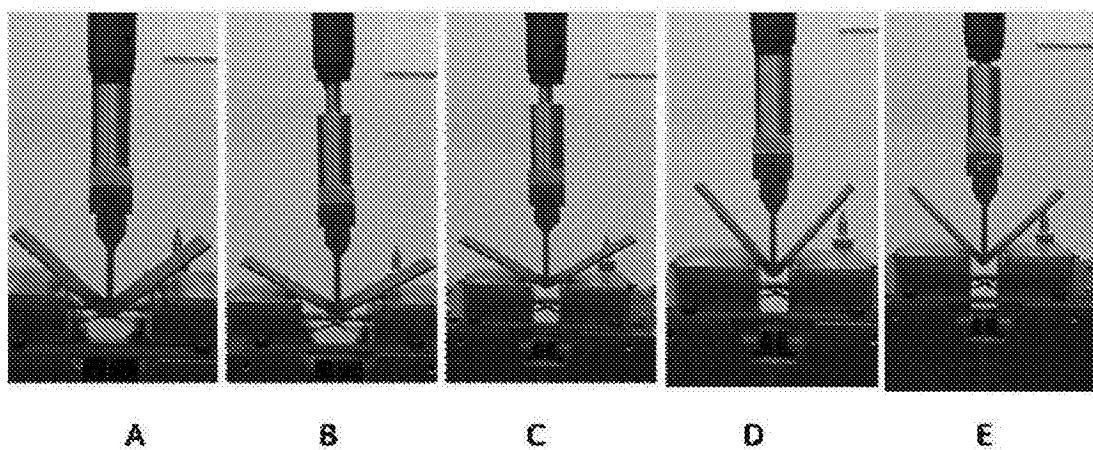


图15

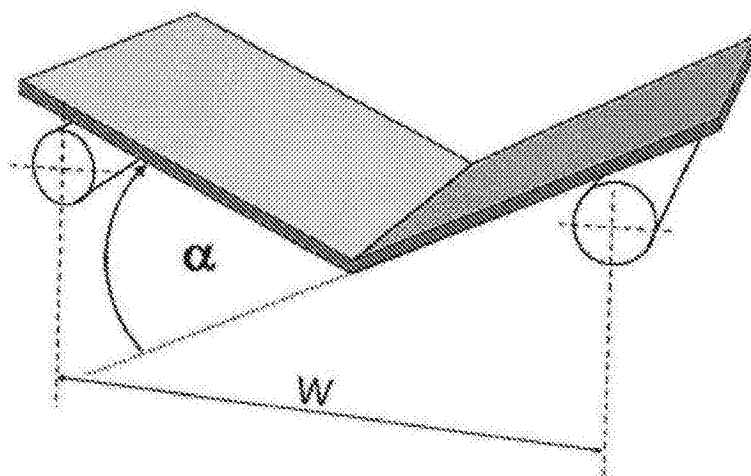


图16

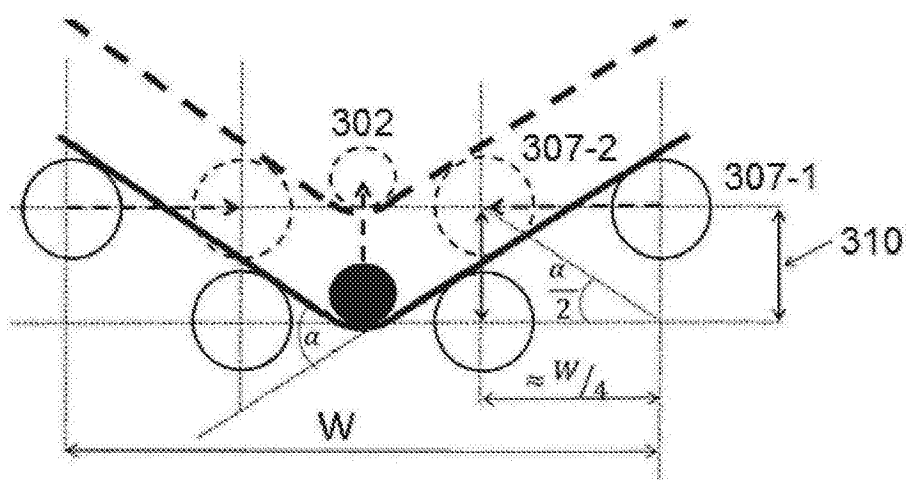


图17

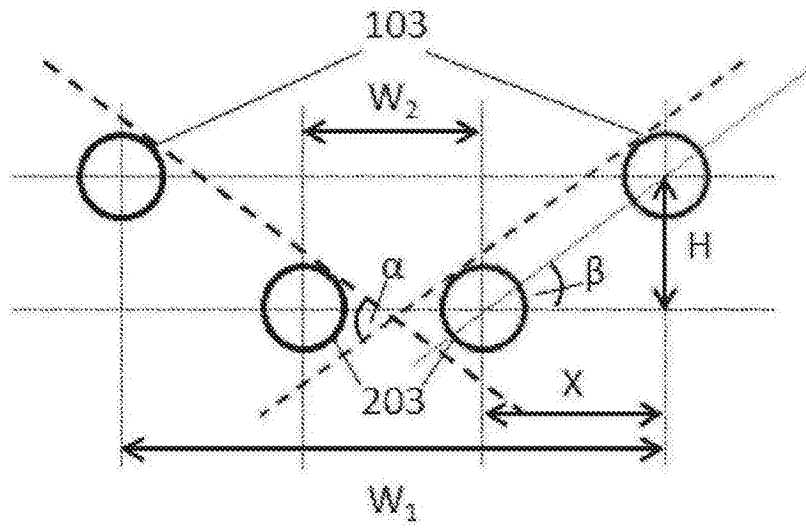


图18

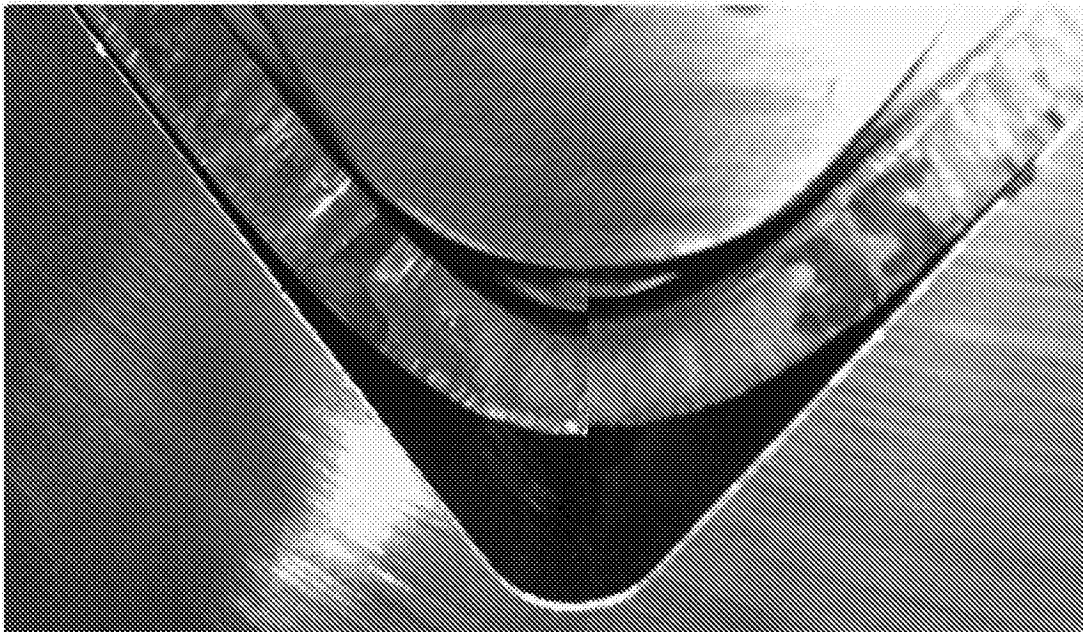


图19

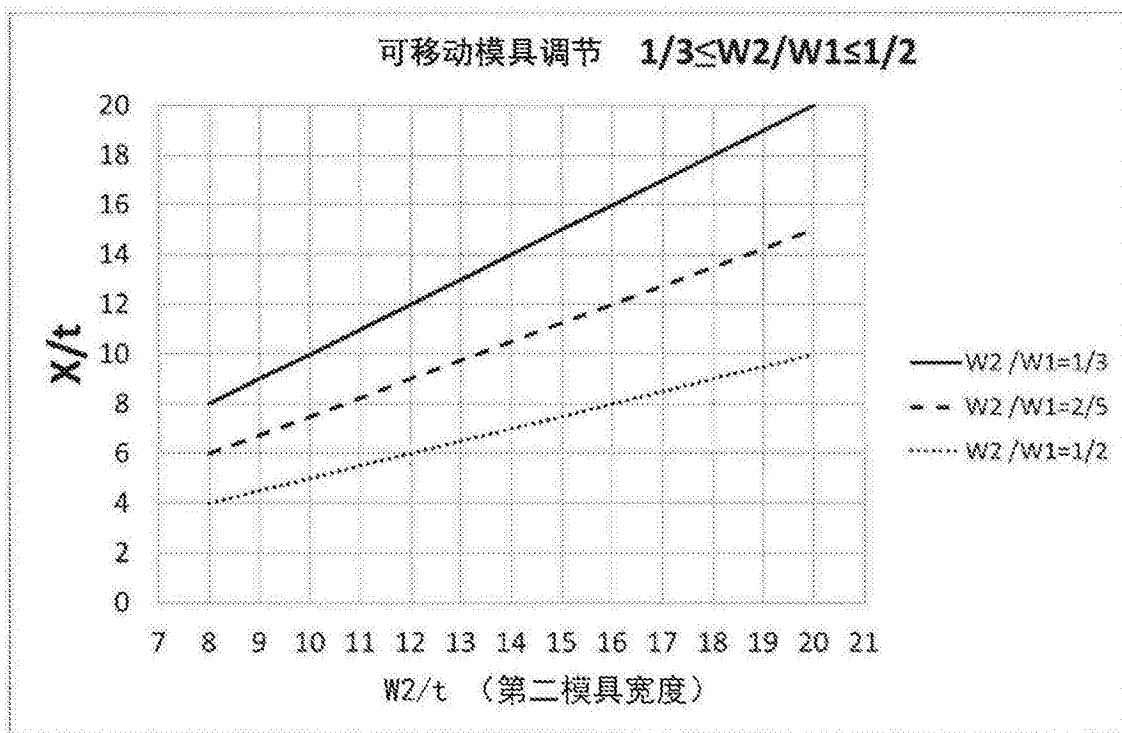


图20

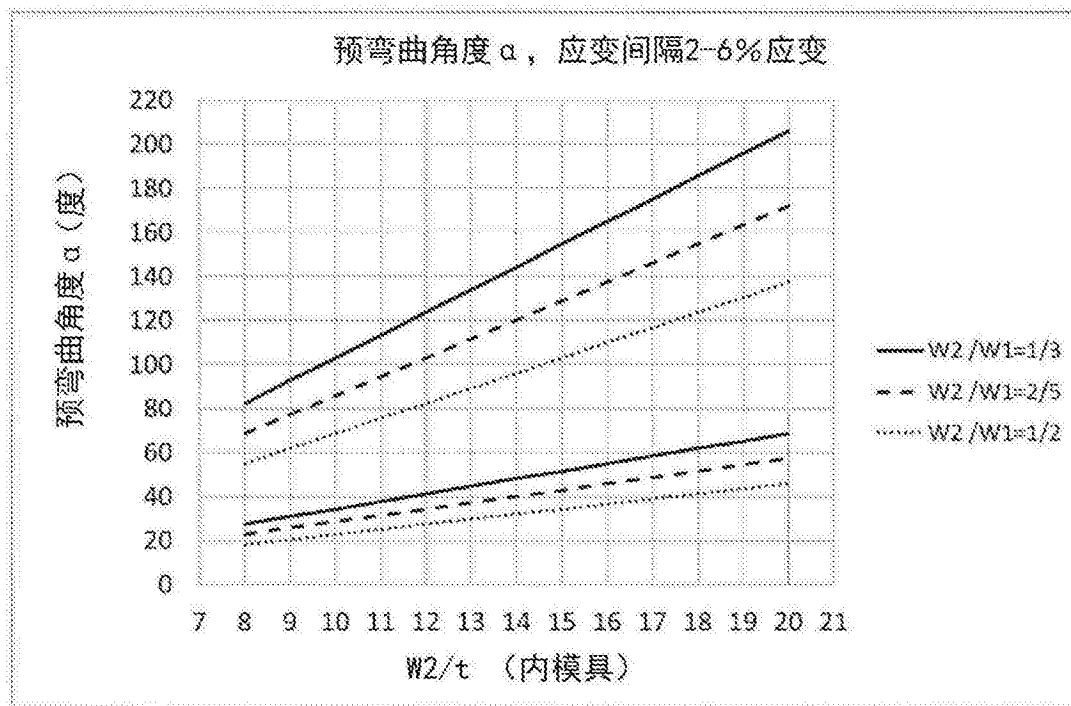


图21A

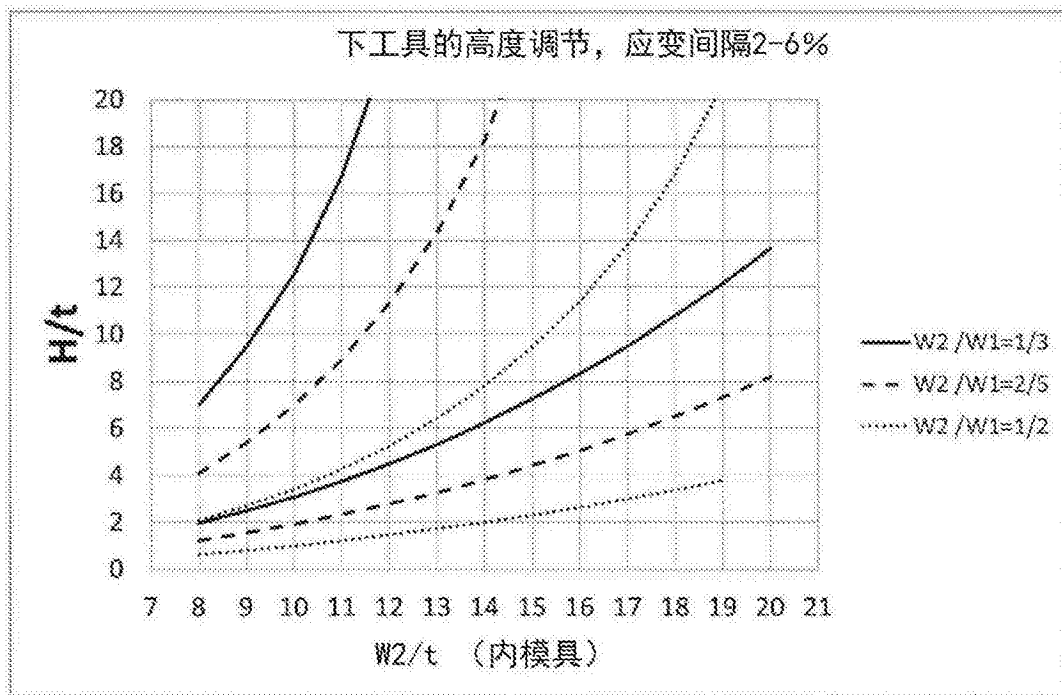


图21B

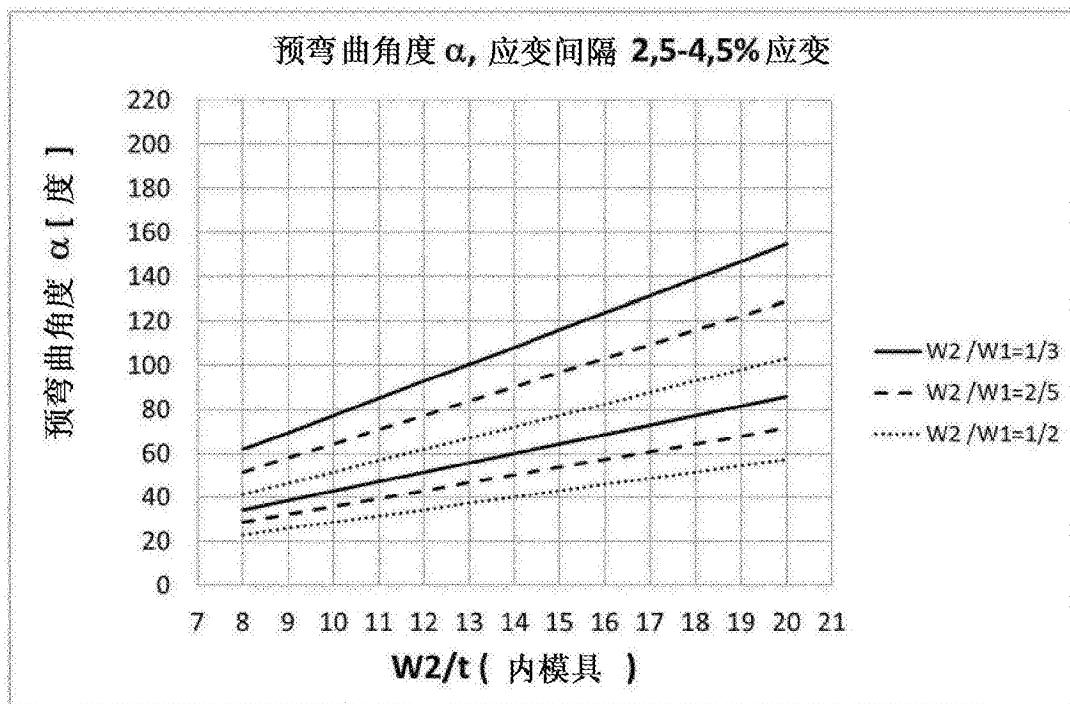


图22A

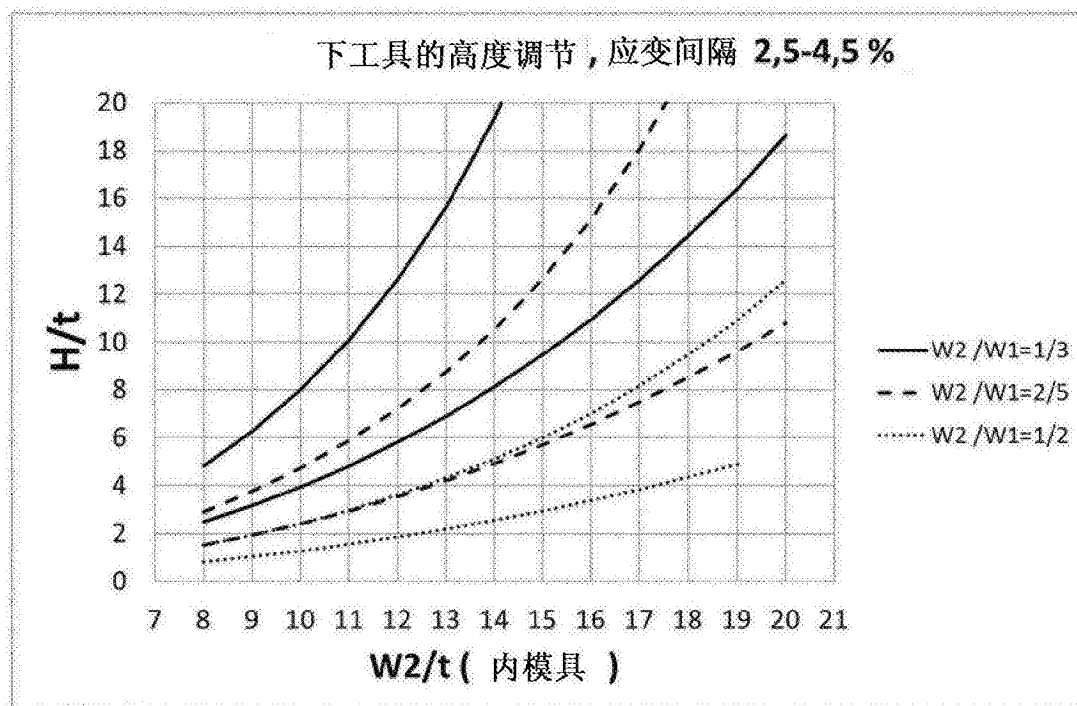


图22B

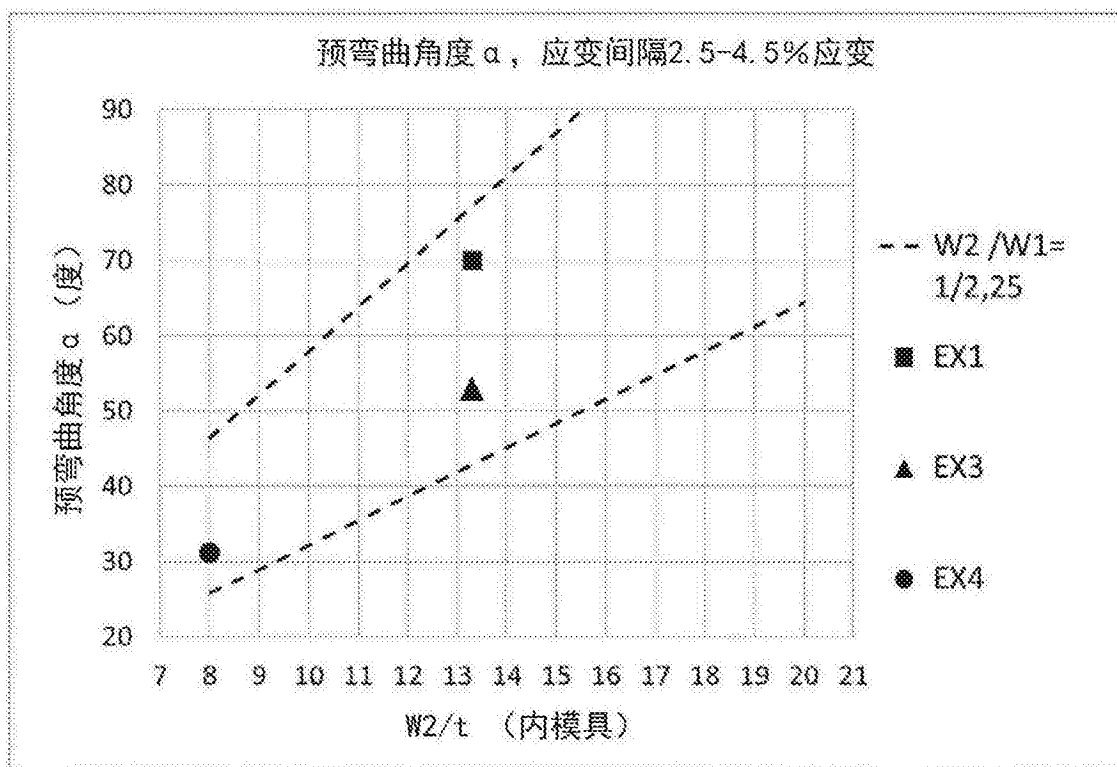


图23A

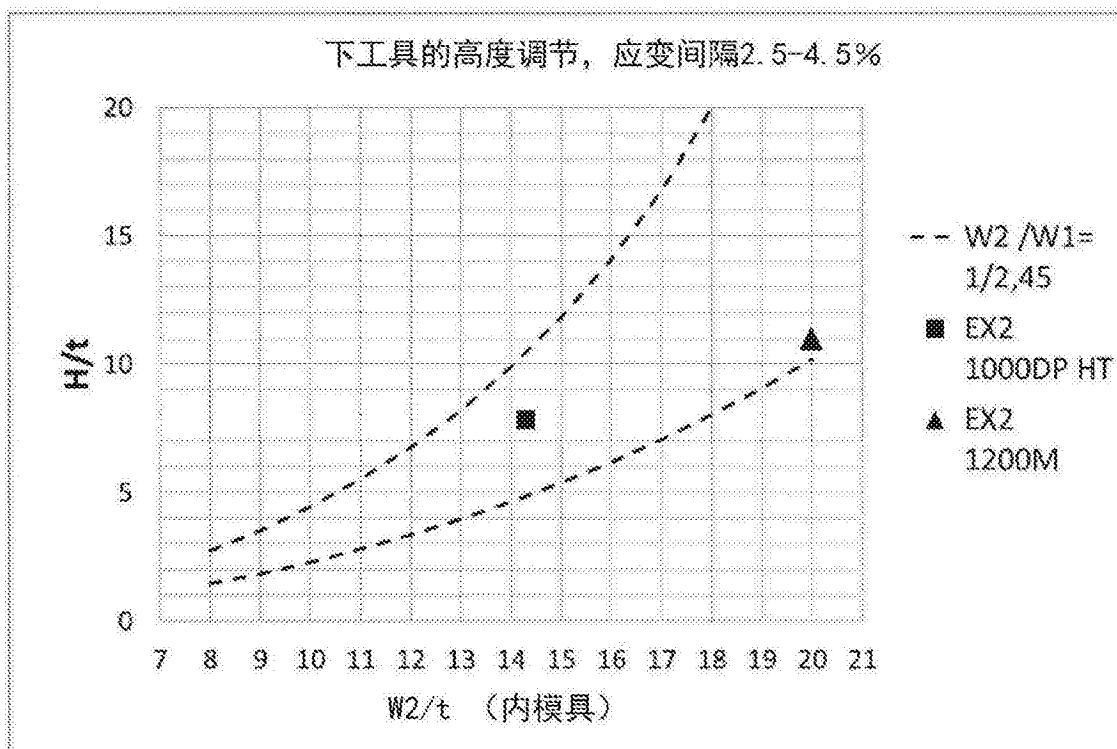


图23B

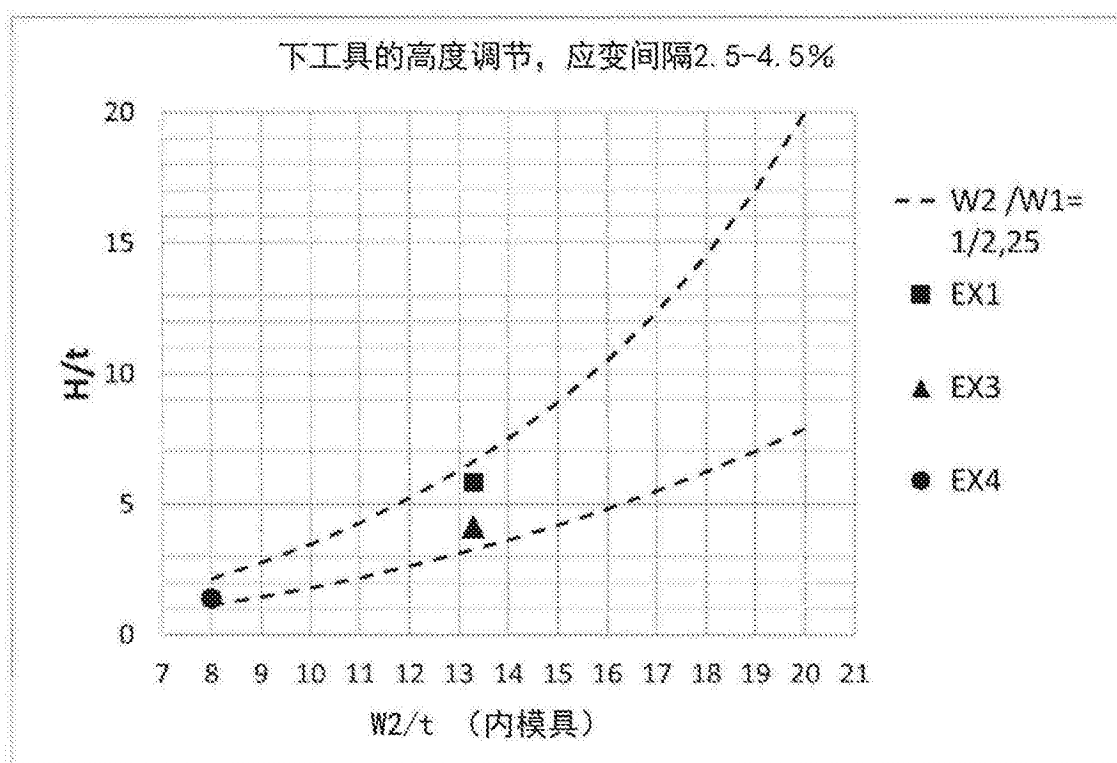


图24A

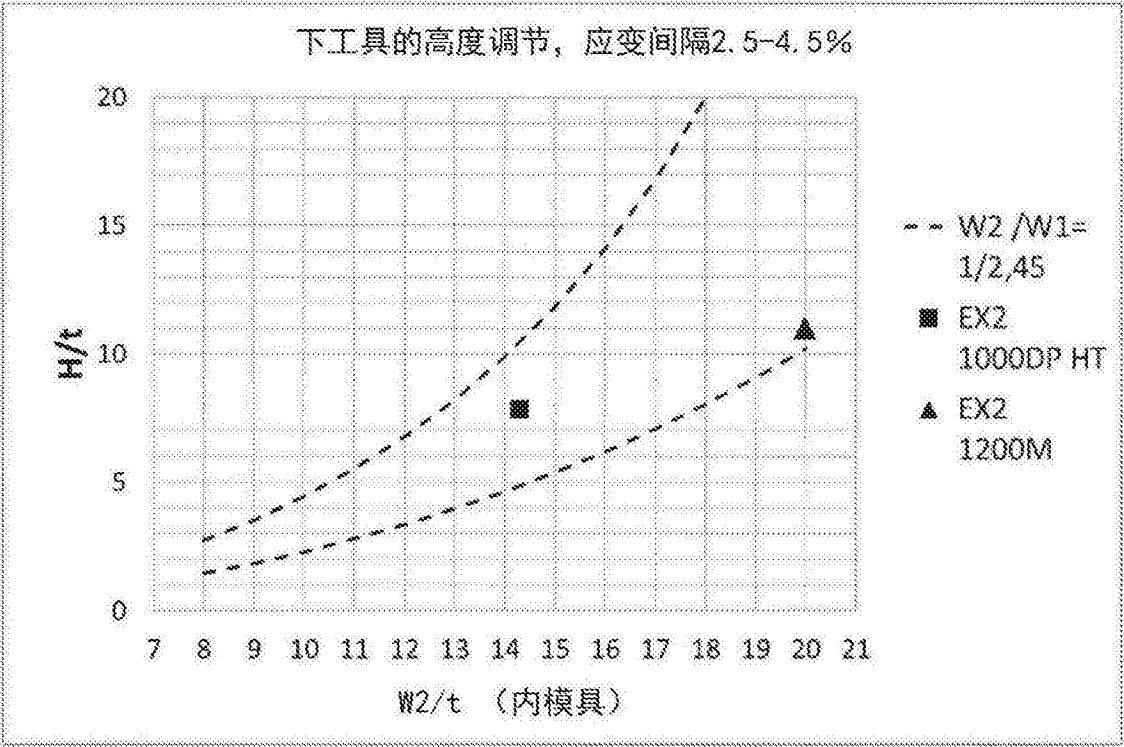


图24B