



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117157422 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 01

(21) 申请号 202280026431.8

(22) 申请日 2022.03.30

(30) 优先权数据

2021-060087 2021.03.31 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.09.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/016116 2022.03.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/210918 JA 2022.10.06

(71) 申请人 日铁化学材料株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 木村圭一 吉田祐基 平贺拓也

福田将大 隈裕二

(74) 专利代理机构 北京天达共和知识产权代理
事务所(特殊普通合伙)
11586

专利代理师 张嵩 薛仑

(51) Int. Cl.

G22C 38/00 (2006.01)

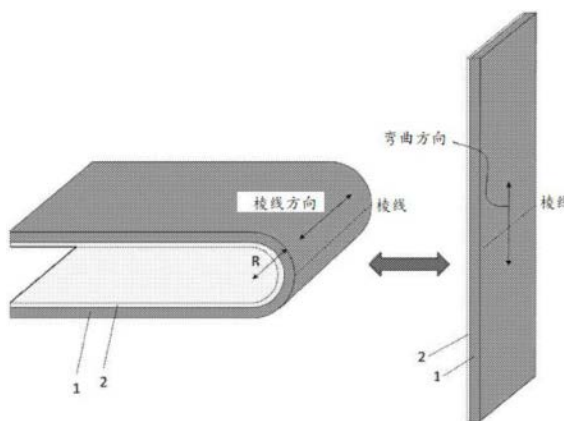
权利要求书1页 说明书18页 附图2页

(54) 发明名称

可挠性不锈钢箔及可挠性发光设备

(57) 摘要

本发明提供一种提高了针对可折叠显示器、可卷曲显示器所需的严酷的弯曲条件下的反复弯曲的耐久性的不锈钢箔。该不锈钢箔是厚度为0.1mm以下的轧制不锈钢箔,且为一种可挠性不锈钢箔,其拉伸强度为1800MPa以上,根据沿与拉伸方向相同的方向测定的所述不锈钢箔表面的粗糙度曲线求得的最大高度粗糙度Rz为0.35 μm以下。



1. 一种可挠性不锈钢箔, 其为厚度为0.1mm以下的轧制不锈钢箔, 拉伸强度为1800MPa以上, 根据沿与拉伸方向相同的方向测定的所述不锈钢箔表面的粗糙度曲线求得的最大高度粗糙度Rz为0.35 μ m以下。

2. 如权利要求1所述的可挠性不锈钢箔, 其中, 所述厚度为0.05mm以下, 且最大谷深Rv相对于所述Rz的比即Rv/Rz为0.6以下, 且测定拉伸强度时的断裂伸长率为1%以上, 2%以下。

3. 如权利要求1或2所述的可挠性不锈钢箔, 其中, 在反复进行: 沿与所述拉伸方向相同的方向以满足R/t=100的值弯曲180°, 然后恢复到0°时,

到所述不锈钢箔的表面产生长度5mm以上的裂纹为止的反复弯曲次数为100000次以上,

折痕以开角计为170°以上,

其中, R为弯曲半径, 单位为mm, t为厚度, 单位为mm。

4. 如权利要求1或2所述的可挠性不锈钢箔, 其中,

所述Rz为0.30 μ m以下;

在反复进行: 沿与所述拉伸方向相同的方向以满足R/t=75的值弯曲180°, 然后恢复到0°时,

到所述不锈钢箔的表面产生长度5mm以上的裂纹为止的反复弯曲次数为100000次以上,

除去负荷时的折痕以开角计为170°以上。

5. 如权利要求1~4的任意一项所述的可挠性不锈钢箔, 其中,

所述不锈钢箔的成分以质量%计, 包含C:0.15%以下、Si:1.00%以下、Mn:2.00%以下、P:0.045%以下、S:0.030%以下、Ni:6.00~8.00%、Cr:16.00~18.00%、N:0.20%以下, 并包含马氏体相。

6. 如权利要求1~5的任意一项所述的可挠性不锈钢箔, 其中,

所述不锈钢箔的截面的马氏体相的面积比例为50%以上。

7. 如权利要求1~6的任意一项所述的可挠性不锈钢箔, 其中,

在所述不锈钢箔的表面贴合具有面状的可挠性发光电子元件。

8. 如权利要求7所述的可挠性不锈钢箔, 其中,

所述可挠性发光电子元件为有机EL显示元件。

9. 一种可挠性发光设备, 其包含如权利要求1~6的任意一项所述的可挠性不锈钢箔及面状的可挠性发光电子元件。

可挠性不锈钢箔及可挠性发光设备

技术领域

[0001] 该发明涉及一种针对小曲率下的反复弯曲具有高耐久性的不锈钢箔及包含其的可动性发光设备。

背景技术

[0002] 可弯曲的可挠性的发光元件,尤其是有机EL元件一直被开发,近年来,开发出了画面自身被弯折的可折叠设备(foldable device)及可被卷为辊状收纳的被称为可卷曲设备(rollable device)的电子设备。有机EL元件没有其自身的强度、刚性,因此在其背面多会需要加强板。加强板被与有机EL元件贴合,画面被弯折,因此需要可挠性,主要选择不锈钢薄板或不锈钢箔。这种加强板所需的特性针对反复弯曲是存在耐久性的。在此,所谓耐久性,具体而言是指没有折痕和不受破坏。所谓折痕,是指弯回并除去负荷后发生的永久变形。此外,所谓不受破坏,是指裂纹不会因反复弯曲导致的金属疲劳而进入到不锈钢薄板或不锈钢箔中,且不会断裂。

[0003] 作为与疲劳特性优异的不锈钢薄板或不锈钢箔有关的发明,公开了一种减少不锈钢箔的夹杂物的方法(专利文献1)、以及一种规定相对于不锈钢箔的轧制方向垂直的方向的表面截面曲线的平均峰间隔的方法(专利文献2)。

[0004] 此外,作为被使用于柔性显示器用基板的不锈钢箔,提出了一种不锈钢箔的轧制方向与垂直于轧制方向的方向的算术平均粗糙度(Ra)为50nm以下的不锈钢箔(专利文献3)。根据权利要求书的记载,将该柔性显示器用不锈钢箔处的曲率假设为比较大的曲率。作为以不锈钢箔为基板,介由较薄的绝缘膜在其上形成电路的基板,需要平滑性,以不损害显示器的分辨率。

[0005] 在专利文献4中,提出了一种有机发光装置,其包含由不锈钢或钛构成的柔性的传导性基板、以及被形成在传导性基板上的薄膜晶体管。该发光装置涉及一种在传导性基板加入偏压的系统,柔性基板所需的特性为传导性,未设想反复弯曲。在专利文献5中,记述了将不锈钢用作有机EL等发光面板的加强材料的情况,但与一般强度较小的塑料、铝、硅橡胶同等地记述,未设想近年来需要的针对严酷的反复弯曲的用途。

[0006] 针对被使用于近年来的可折叠设备及可卷曲设备的显示器的加强用的不锈钢薄板或箔,需要以往未曾需求过的小曲率下的弯曲,还需要相对于大弯曲角度的耐久性。此外,在作为加强板而非基板来使用的情况下,所需的曲率有时会需要更小的。此外,针对这些电子设备,与翻盖型终端、滑动式终端、以及平板终端相同,需要加强板的薄化、轻量化,弯曲的曲率会变得越来越小,加强板所需的金属材料需求更精致的要件,以现有的材料一直会无法应对。

[0007] 先行技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本特开平1-309919号公报

[0010] 专利文献2:日本特开2005-307295号公报

- [0011] 专利文献3:国际公开第2009/139495号
[0012] 专利文献4:日本特开2007-11256号公报
[0013] 专利文献5:日本特开2016-75884号公报

发明内容

[0014] 发明要解决的技术问题

[0015] 为了提高不锈钢箔的强度,一般采取通过轧制对不锈钢进行加工硬化的方法。在要通过轧制得到高强度的情况下,由于轧制辊的凹凸、轧制油的撒入等,不锈钢箔的表面平滑性会被损害。本发明的目的在于提供一种为了提高针对可折叠显示器、可卷曲显示器所需的严苛弯曲条件下的反复弯曲的耐久性,明确可得到必要的耐久性的要件,并满足此前未曾需求的弯曲方向的最大高度粗糙度(Rz)和强度的不锈钢箔的相反条件的不锈钢箔。

[0016] 用于解决技术问题的技术手段

[0017] 本发明包含下述方案。

[0018] (1)一种可挠性不锈钢箔,其为厚度为0.1mm以下的轧制不锈钢箔,拉伸强度为1800MPa以上,根据沿与拉伸方向相同的方向测定的所述不锈钢箔表面的粗糙度曲线求得的最大高度粗糙度Rz为0.35 μ m以下。

[0019] (2)如所述(1)所述的可挠性不锈钢箔,其中,

[0020] 所述厚度为0.05mm以下,且最大谷深Rv相对于所述Rz的比(Rv/Rz)为0.6以下,且测定拉伸强度时的断裂伸长率为1%以上2%以下。

[0021] (3)如所述(1)或(2)所述的可挠性不锈钢箔,其中,

[0022] 在反复沿与所述拉伸方向相同的方向以满足 $R/t=100$ (R为弯曲半径(mm),t(mm)为厚度)的值弯曲180°,然后使其恢复到0°时,

[0023] 到所述不锈钢箔的表面产生长度5mm以上的裂纹为止的反复弯曲次数为100000次以上,

[0024] 折痕以开角计为170°以上。

[0025] (4)如所述(1)或(2)所述的可挠性不锈钢箔,其中,

[0026] 所述Rz为0.30 μ m以下;

[0027] 在反复沿与所述拉伸方向相同的方向以满足 $R/t=75$ 的值弯曲180°,然后使其恢复到0°时,

[0028] 到所述不锈钢箔的表面产生长度5mm以上的裂纹为止的反复弯曲次数为100000次以上,

[0029] 除去负荷时的折痕以开角计为170°以上。

[0030] (5)如所述(1)~(4)的任意一项所述的可挠性不锈钢箔,其中,

[0031] 所述不锈钢箔的成分以质量%计包含C:0.15%以下、Si:1.00%以下、Mn:2.00%以下、P:0.045%以下、S:0.030%以下、Ni:6.00~8.00%、Cr:16.00~18.00%、N:0.20%以下,并包含马氏体相。

[0032] (6)如所述(1)~(5)的任意一项所述的可挠性不锈钢箔,其中,

[0033] 所述不锈钢箔的截面的马氏体相的面积比例为50%以上。

[0034] (7)如所述(1)~(6)的任意一项所述的可挠性不锈钢箔,其中,

- [0035] 在所述不锈钢箔的表面贴合地具有面状的可挠性发光电子元件。
- [0036] (8) 如所述(7)所述的可挠性不锈钢箔,其中,
- [0037] 所述可挠性发光电子元件为有机EL显示元件。
- [0038] (9) 一种可挠性发光设备,其包含如所述(1)~(6)的任意一项所述的可挠性不锈钢箔及面状的可挠性发光电子元件。
- [0039] 发明效果
- [0040] 本发明提供一种为了提高针对可折叠显示器、可卷曲显示器所需的严苛的弯曲条件下的反复弯曲的耐久性,同时满足弯曲方向的最大高度粗糙度和强度的相反条件的不锈钢箔。
- [0041] 具体而言,能够提供一种加强材料,其厚度为0.1mm以下,拉伸强度为1800MPa以上,根据沿与拉伸方向相同的方向测定的该不锈钢箔表面的粗糙度曲线求得的最大高度粗糙度Rz为0.35 μ m以下,并使用于被暴露于特别严苛的反复弯曲的有机EL显示器等。

附图说明

- [0042] 图1是表示可折叠显示器的利用方式的一例的图。
- [0043] 图2是表示可卷曲显示器的利用方式的一例的图。
- [0044] 图3是表示可卷曲显示器的利用方式的一例的图。
- [0045] 图4是表示翻盖型的反复弯曲试验机和其动作的图。

具体实施方式

- [0046] (利用方式和用语的说明)
- [0047] 将发明的不锈钢箔的利用方式的例子在图1~图3示出。图1是可折叠电子设备用的显示器面板的1例,图2、图3是可卷曲电子设备用的显示器面板的例子。这些图均是为了对本发明的不锈钢箔的利用方式进行说明而简化过的。本发明的不锈钢箔1例如将有机EL显示元件那样的发光元件2以粘接剂等,在面上贴合使用。
- [0048] 图1是发光元件2被粘贴于不锈钢箔1的内侧的例子,但也可以是,发光元件被粘贴于不锈钢箔1的外侧。在图1的形态的情况下,不锈钢箔在完全关闭的状态和打开180°的状态下,受到反复弯曲。
- [0049] 在本说明书中,将不锈钢箔的反复弯曲的角度称呼为展开角,以关闭的状态为基准(0°),将其记为“闭角”,并将最为打开的状态记为“开角”。闭角的最小值为0°,开角的最大值为360°。因此,展开角的范围为0°以上,小于360°。在图1的情况下,闭角为0°,开角为180°,展开角为180°。
- [0050] 例如在将本发明的可挠性不锈钢箔作为可折叠显示器用的情况下,不锈钢箔的闭角、开角、展开角不一定被限定,但本发明的不锈钢箔是具有针对展开角180°的反复弯曲的耐久性的箔。在移动电话所代表的可折叠终端那样的用途中,多会从像图1那样完全折叠的位置起完全打开,在智能手机那样的平面状态下使用,向不锈钢箔的弯曲程度为闭角0°,开角180°,展开角180°。在膝上终端那样的情况下,展开角无需为180°,从显示器的视认性出发,开角最好能够展开到135°左右,可适用本发明的可挠性不锈钢箔。
- [0051] 在图1那样的弯曲形态下,在被弯曲的位置处,不锈钢箔1的截面被弯曲成以弯曲

半径R规定的圆弧状。虽然有时由于与其他构件的约束或弯曲半径而不会成为完整的圆弧,但关于在本发明中规定的弯曲半径R,如图1所示,将在弯曲时使弯曲近似于圆弧时的外周表面的半径设为R。当使R变小时,能够使电子设备的折叠状态的厚度变薄,本发明的不锈钢箔是有用的。

[0052] 在本发明中,在将不锈钢箔平面折成两份时,将折痕形成的线称为棱线,将棱线的方向称为棱线方向。在使不锈钢箔恢复到平面时,将在平面内与棱线成直角的方向称为弯曲方向。

[0053] 在图1那样的形态下,被弯曲的位置在棱线附近上的局部位置受到弯曲应变,但在图2、图3那样的可卷曲显示器中,受到反复弯曲的位置达到、变化为接近不锈钢箔的整个区域的面积。在图2、图3那样的可卷曲显示器中利用的不锈钢箔的闭角为 0° ,开角为 180° ,展开角为 180° 。

[0054] 像图2那样将显示器的宽度扩大使用的情况下的最大半径是一定的,但在像图3那样卷成辊状使用的形态的情况下,将不锈钢箔外周面的最小的弯曲半径记为R(mm)。若能够使弯曲半径R变小,则在为图2那样的滑动型的可卷曲显示器时,能够使整体变薄,在为图3那样的卷取型的可卷曲显示器时,能够使收纳空间变小。本发明的高耐久的不锈钢箔对于可卷曲显示器而言非常有用。

[0055] 本发明为一种厚度t为0.1mm以下的轧制不锈钢箔,并为一种如下的可挠性不锈钢箔:轧制方向或与轧制方向垂直的方向中的至少任意一者的拉伸强度为1800MPa以上,根据沿与拉伸方向相同的方向测定的该不锈钢箔表面的粗糙度曲线求得的最大高度粗糙度Rz为 $0.35\mu\text{m}$ 以下。

[0056] 此外,优选的是,为一种可挠性不锈钢箔,其所述厚度为0.05mm以下,且最大谷深Rv相对于所述Rz的比(Rv/Rz)为0.6以下,且测定拉伸强度时的断裂伸长率为1%以上2%以下。

[0057] 进一步优选的是,为一种可挠性不锈钢箔,除了上述内容以外,在反复沿与拉伸方向相同的方向以满足 $R/t=100$ (R为弯曲半径(mm),t(mm)为厚度)的值弯曲 180° ,然后恢复到 0° 时,到所述不锈钢箔的表面产生长度5mm以上的裂纹位置的反复弯曲次数为100000次以上,折痕以开角计为 170° 以上。

[0058] 规定为本发明的优选的不锈钢箔的R/t是表示考虑了材料所受到的应力、应变的弯曲的严苛度的指标。即使为相同的R,当材料的厚度(t)变厚时,材料局部受到的应力和应变也会变大,但另一方面,对于材料,需要与用途相应的强度及刚性。关于在本发明的不锈钢箔中作为指标的 $R/t=100$,在展开角 180° 下需要反复弯曲耐久性的金属箔的应用方式中,此前几乎不能看到。

[0059] (不锈钢箔)

[0060] 在本发明中,不锈钢箔的成分并不被限定,但主要对象是被使用于电子设备的不锈钢箔,因此可举出具有耐腐蚀性较佳的铁(Fe)为主成分,具体而言,50质量%以上,铬(Cr)10.5质量%以上的不锈钢箔。以下,在本发明中,只要没有特别说明,将不锈钢箔的成分值的表达方式设为质量%。

[0061] 本发明的不锈钢箔应当实现极高的强度,因此在当前商用中使用的原材料中,其品种不多。例如可举出包含C:0.15%以下、Si:1.00%以下、Mn:2.00%以下、P:0.045%以

下、S:0.030%以下、Ni:6.00~8.00%、Cr:16.00~18.00%、N:0.20%以下的成分的不锈钢箔,此外,可举出包含C:0.07~0.10%、Si:0.75%以下、P:0.030%以下、S:0.030%以下、N:0.25~0.40%、Ni:5.50~7.00%、Cr:17.50~20.00%、Mn:9.0~12.0%元素的奥氏体系不锈钢箔。

[0062] 前者的不锈钢箔被称呼为以JIS标准所说的SUS301、SUS301L,有时也会作为弹簧材料被使用,可知能够专心致力于制造方法并进行制造,以满足本发明的不锈钢箔的强度和粗糙度的规定。后者的不锈钢箔是日铁不锈钢株式会社的被称呼为NSSC130S的商品,可知其也能够通过专心致力于制造方法并进行制造,从而满足本发明的不锈钢箔的强度和粗糙度的规定。该材料是非磁性的,在厌恶磁性的用途上是有用的。

[0063] 针对本发明的不锈钢箔的组织,没有特别的限定,但优选马氏体组织发达的奥氏体系不锈钢。一部分奥氏体系不锈钢通过加工,形成应力或应变诱发型的马氏体相。为了确保强度,优选的是,本发明的不锈钢箔为该被加工诱发的强度较高的马氏体组织发达的组织结构。

[0064] 并且,进一步优选的是,马氏体组织以面积率计占50%以上,进而占60%以上,通过形成奥氏体相和混相组织,能够得到针对本发明的不锈钢箔所规定的范围中的弯曲的耐久性。

[0065] 关于马氏体组织的面积率的测定,通过铺设于FE—SEM(电场辐射型电子显微镜)的EBSD(电子背散射衍射法),以与箔的厚度方向垂直的箔面的研磨面进行评价。针对像SUS301箔那样,通过加工进行马氏体相变的,为了防止机械研磨导致的马氏体相变,以化学研磨使表面变得平滑。测定条件设为倍率1500倍,测定区域 $60 \times 120 \mu\text{m}$,测定间隔 $0.08 \mu\text{m}$,测定改变场所,针对3个视野进行,并取其平均值。在EBSD下,能够根据来自各测定点的衍射线,对该点中的晶体结构和其取向进行判定。关于马氏体相的比例,以被判定为马氏体相的相的测定点的比例来求得其面积率。在SUS301或SUS301L的情况下,具有体心立方晶(bcc)的相可视为马氏体相,将针对该晶体结构的整体的个数比例作为马氏体相的面积率。

[0066] 奥氏体相与马氏体相的共存组织例如能够通过SUS304或SUS301等准稳定的奥氏体不锈钢进行强轧制,并使从奥氏体加工诱发的马氏体相变得到。尤其是像这样制造的不锈钢箔由继续了强度较高的马氏体相和应变的奥氏体相构成,因此作为本发明的不锈钢箔而优选。尤其是,包含C:0.15%以下、Si:1.00%以下、Mn:2.00%以下、P:0.045%以下、S:0.030%以下、Ni:6.00~8.00%、Cr:16.00~18.00%、N:0.20%以下的成分的不锈钢箔作为本发明的不锈钢箔的原材料是优选的。

[0067] 具有上述成分,剩余部分为铁和不可避免的杂质的材料为SUS301、SUS301L。SUS301L是代替将碳的成分值降低到0.03%地,在0.2%以下的范围中有意地添加氮的材料。关于强度,SUS301L易于提高,当能够对粗糙度进行制造,使其成为本发明的规定的范围时,是进一步优选的材料。作为这些JIS标准钢种的派生材料,添加了Nb的材料疲劳强度较高,当可对强度和最大高度粗糙度Rz进行制造,使其成为本发明的规定的范围时,是特别优选的材料。

[0068] 为了使本发明的优选的不锈钢箔形成奥氏体相和马氏体相,能够通过总轧制率、轧制通板速度等进行控制来得到。制造条件的详情会在后面叙述。

[0069] 在利用加工诱发相变来形成本发明的不锈钢箔的相结构,并将马氏体相的面积率

设为50%以上,优选60%以上的情况下,晶粒会成为在轧制方向上长,箔厚方向上短的片状的组织,从箔厚方向对箔面内的组织进行观察,奥氏体相成为了岛状地分布的组织,由于这种复相组织的形成会阻碍裂纹的进展,因而弯曲耐久性会提高。

[0070] 本发明的不锈钢箔的弯曲半径R为1mm以上10mm以下,能够反复弯曲地使用。在该条件下使用的箔的厚度t(mm)为0.1mm以下,R/t为30以上,120以下,展开角为135°以上,并设想被使用于反复弯曲地使用的用途。

[0071] 在以R/t小于30的用途使用的情况下,会产生折痕,难以满足必要的断裂寿命。此外,在以R/t大于120的用途使用的情况下,即使为不满足本发明的箔的拉伸强度和最大高度粗糙度(Rz)的要件的现有的不锈钢箔,也能够满足折痕及断裂寿命。以下,在本说明书中,在无需对可折叠设备与可卷曲设备进行区别的情况下,将两者统称为可折叠设备。被用于可折叠设备的不锈钢箔的厚度t的下限值没有确定限制,从加强发光元件的目的出发,一般为0.02mm以上。

[0072] 可折叠设备所需的耐弯曲次数也取决于该设备的用途,但最低需要10万次,在以R/t=100,展开角180°进行了10万次反复弯曲试验时,被导入到不锈钢箔的表面的裂纹为5mm以下,这被作为本发明的优选的不锈钢箔所需的基准。

[0073] 本发明的可挠性不锈钢箔能够与被使用于可折叠设备的有机EL显示元件所代表的可挠性发光显示元件贴合,并作为一体来使用。当不锈钢箔的弯曲部表面存在裂纹时,会局部地发生较大的变形,给发光显示元件的显示带来异常,根据情况,有时会破损。因此,优选不产生裂纹,但因为存在发光显示元件与不锈钢箔之间的粘接层的缓冲作用,所以可容许最大到5mm的裂纹。

[0074] 可折叠设备被预想为今后会被小型化、薄型化、轻量化下去,优选的是,关于本发明的不锈钢箔,以R/t=75,展开角180°进行了10万次反复弯曲试验时,被导入到不锈钢箔的表面的裂纹为5mm以下,进一步优选的是,以R/t=67,展开角180°进行了10万次反复弯曲试验时,被导入到不锈钢箔的表面的裂纹为5mm以下,优选的是,以R/t=50,展开角180°进行了10万次反复弯曲试验时,被导入到不锈钢箔的表面的裂为5mm以下。

[0075] 此外,反复弯曲后的永久变形(折痕)作为耐久性的指标也是必要的。在反复弯曲时,在弯曲方向产生的折痕较小的情况下,以构成电子设备的铰链或框架来矫正,因此不会成为问题,但当折痕变大时,会使显示器的显示产生应变等缺陷。考虑到可折叠显示器的加强板的用途,关于本发明的不锈钢箔所需的折痕的容许范围,优选的是,在以展开角180°以上进行了100000次反复弯曲试验后,使得重力等力不会施加于不锈钢箔的弯曲方向,对因沿着不锈钢箔的弯曲棱线的塑性变形而产生的开角进行测定,在将其设为自由开角时,为170°以上。当为175°以上时较为优选,当为完全没有折痕的180°时,进一步优选。

[0076] 折痕的测定通过以下方式进行:将不锈钢箔竖立在平坦的桌上,使得弯曲棱线与桌子的顶板平面垂直,从正上方与上端部对焦,以数码相机进行拍摄,并用该图像计测附于不锈钢箔的角度。

[0077] 将不锈钢箔的反复弯曲试验设为使用了翻盖型的反复弯曲试验机的、闭角0°,开角180°的条件下的试验。在图4中,示意性地表示了反复弯曲试验的弯曲动作。在翻盖型反复弯曲试验机中,包括2张1组地构成的保持板3,将不锈钢箔1与其贴合,使保持板倾斜,并对不锈钢箔1赋予强制弯曲位移。图4表示开角180°的状态A、约90°闭角0°的状态C。2张中的

一张保持板一边以驱动轴4为中心旋转一边倾斜,另一张保持板保持同样的角度,此外,与两个保持板的不锈钢箔接触的棱线如图4虚线所示,保持平行,距离不变地从动。通过这样的动作,能够以对不锈钢箔不施加弯曲以外的负荷的方式进行反复弯曲。作为进行这样的动作的市售的评价装置,可举出YUASA system机器株式会社制,无负荷翻盖弯曲试验机,形式DR11MR。

[0078] 在将2张保持板关闭时的板的距离记为 $2R$ 时,不锈钢箔会受到形成弯曲半径 R 的圆弧那样的弯曲位移。根据不锈钢箔的厚度、机械特性,弯曲的位置有时不会成为完整的圆弧,但本发明中的 R 是反复弯曲试验时的闭角 0° 的状态下的以间隙 $2R$ 确定的弯曲部视为圆弧时的不锈钢箔的外周表面的半径。

[0079] 关于反复弯曲试验,将不锈钢箔的大小切割为宽度 40mm ×长度 150mm 的大小,并以长边的中央、宽度方向成为弯曲棱线方向的方式进行测定。不锈钢箔的宽度和长度在最小刻度 1mm 的标尺下读到最小刻度的 $1/10$ 地进行测定,并以 $\pm 0.5\text{mm}$ 的公差范围来切出。关于厚度,使用最小的读值具有微米以下的精度的单侧为平面,单侧为球的单球测微仪,在试样内对场所不同的10点进行测定,将其平均值取到 $0.1\mu\text{m}$ 。以既定的 R/t 为 $\pm 3\%$ 以内的方式,将间隙的长度设定为 0.1mm 以下的精度。此外,关于弯曲棱线的两端部分,在将不锈钢箔安装于保持板前,使用#1500以上的砂纸预先打磨,使得裂纹不会从不锈钢箔端部进入。将确定弯曲速度的反复弯曲的频率设为 1Hz 。

[0080] 关于本发明的不锈钢箔,以弯曲方向的强度计,需要 1800MPa 以上。从针对折痕和反复弯曲的破坏这两者出发,这是必要的条件,但尤其是为了抑制折痕,是必须的。当将不锈钢箔的杨氏模量设为大致相同时,有无折痕产生直接以屈服强度的强度来规定,但在本发明的不锈钢箔的情况下,屈服强度多不屈服,而以最大强度来规定。优选的是,不锈钢箔的强度为 1800MPa 以上,进一步优选的是,为 2000MPa 以上。当强度小于 1800MPa 时,在本发明的不锈钢箔规定的条件下,会产生较大的折痕,因此并不优选。

[0081] 本发明的不锈钢箔中的强度的测定使用切出为以长度 150mm 的JIS13号B为基准的形状的试样。试验采取以JIS2241“金属材料拉伸试验方法”为基准的方法,一边读取施加于测压元件的载荷,一边以十字头速度 $50\text{mm}/\text{min}$ 的速度进行,将到断裂的最大载荷除以试验片的截面积得到的值作为强度。此外,在计测伸长率值的情况下,使用伸长率计来进行计测。

[0082] 在不锈钢箔面内的切出方向上拉伸强度存在差的情况下,其最大值满足 1800MPa 以上即可。在作为可折叠设备用不锈钢箔来使用的情况下,会将拉伸强度满足 1800MPa 以上的向作为弯曲方向来使用。

[0083] 本发明的可挠性不锈钢箔作为能够将发光电子元件以箔面粘接,并折(弯曲)两次,或是卷为辊状的照明或显示器等发光设备的加强材料来使用。在这些设备中,不仅会形成曲面,还会被暴露于以小曲率反复的弯曲。尤其是,作为发光电子元件之一的有机EL显示元件是能够高显色,可进行高精细的显示的元件,被使用于高价格带的电视或移动电话的显示器。加强材料的折痕或破坏裂纹、以及加强材料与粘接剂的剥离会降低其部分中的显示的质量,因此需要特别高的耐久性。因此,需要在特定方向,具体而言弯曲方向上较高的拉伸强度和较小的粗糙度。本发明的不锈钢箔并非直接形成有发光电子元件的基板,因此作为面无需是平滑的。但是,沿弯曲方向计测的粗糙度会对弯曲耐久性造成较大影响。

[0084] 在此,在本发明中,重要的要件是兼顾强度与粗糙度,粗糙度的测定方向需要与拉伸试验中的强度的测定方向一致。测定方向相同的强度与粗糙度是一对要件。在轧制后的不锈钢箔面内,粗糙度通常在测定方向上不同,本发明的不锈钢箔需要在面内的任意方向上满足规定的强度和粗糙度。在作为可折叠设备用不锈钢箔来使用的情况下,会将满足本发明的规定值的方向作为弯曲方向来使用。以下,就针对弯曲方向的粗糙度的规定值进行说明。

[0085] 在以本发明的不锈钢箔设想的严苛的反复弯曲条件下,需要沿弯曲方向测定的不锈钢箔表面的最大高度粗糙度 R_z 为 $0.35\mu\text{m}$ 以下,优选的是,为 $0.30\mu\text{m}$ 以下,进一步优选的是,为 $0.25\mu\text{m}$ 以下,理想中优选的是,为 $0.20\mu\text{m}$ 以下。在不锈钢箔表面附近没有会成为破坏起点那样的氧化物等夹杂物的情况下,裂纹多会沿弯曲方向平行地从观察与箔面垂直的截面时的表面凹凸的谷部产生。其原因在于,在弯曲时,形成弯曲半径 R 的不锈钢箔的表面的弯曲方向会产生最大应力(弯曲主应力),当沿与不锈钢箔表面的弯曲主应力方向相同的方向进行测定时的粗糙度曲线中的谷部存在时,在该位置会引起应力的集中。此外,当被一次导入的微细裂纹在反复弯曲的过程中沿与主应力方向垂直的方向进展时,当谷部沿该方向相连时,裂纹会沿着该谷部进展。在以本发明的不锈钢箔设想的反复弯曲的条件下,根据沿与弯曲方向相同的方向测定的粗糙度曲线求得的 R_z 为 $0.35\mu\text{m}$ 以上时,裂纹会特别容易进展,容易达到长度 5mm 。

[0086] 作为粗糙度的代表指标,存在按JIS B0601(2001)定义的最大高度粗糙度 R_z 和算术平均粗糙度 R_a 。最大高度粗糙度 R_z 与 R_a 存在某一程度的相关,而本发明的不锈钢箔的反复弯曲条件下的耐久性与最大高度粗糙度 R_z 强相关。此外,反复弯曲耐久性尤其强烈取决于弯曲方向的 R_z ,其他方向的 R_z 的相关性会变小。弯曲方向以外的粗糙度在发光电子元件与粘接剂的密接强度变小时,在弯曲的区域中会发生剥离,引起来自发光电子元件的显示的缺陷或破坏,因此最好具有一定程度的粗糙度。尤其是弯曲方向和垂直方向的2维的凹凸针对在箔内沿折痕形成的棱线方向进行的裂纹的进展的影响较小,对不锈钢箔自身的弯曲耐久性的影响较小,但会增加与粘接剂的接触面积,从而给基于粘接剂剥离的发光面板自身的耐久性带来好的影响。

[0087] 在本发明的不锈钢箔中,从弯曲耐久性的观点出发,与棱线成直角的、1个方向的粗糙度是重要的。 R_z 的下限没有特别限定,但从确保工业观点上的实现性、以及与粘接剂的密接强度的点出发,优选 R_z 为 $0.05\mu\text{m}$ 以上。其原因在于,当使弯曲方向的 R_z 减低到该水平时,其以外的方向也会变小,确保基于锚固效果的与粘接剂的密接强度较为困难。即,本发明的不锈钢箔并非在不锈钢箔的所有方向上强度和平滑度越佳越好,只要不锈钢箔表面的 R_z 为 $0.35\mu\text{m}$ 以下,沿与测定其 R_z 的方向相同的方向,拉伸强度为 1800MPa 以上的方向存在于不锈钢箔面内即可。通过基于这种考虑,本发明的不锈钢箔作为工业材料能够在现实中制造。

[0088] 本发明的不锈钢箔中的 R_z 的测定按照JISB0601(2001),采用以触针法测定的值。测定条件为测定长度 1.25mm ,切痕值(λ_c) 0.25mm ,切痕值(λ_s) 0.0025mm ,触针的扫描速度 $0.3\text{mm}/\text{sec}$,测定载荷 0.7mN ,测头采用使用了半径 $2\mu\text{m}R$,前端开角 60° 圆锥的值。另外,在不锈钢箔的各面的不同位置处,对5处以上进行计测,采用其平均值。此外,在不锈钢箔的两面中,粗糙度存在较大的差的情况下,采用在较差的一侧计测的粗糙度。

[0089] 在本发明中,进一步优选的是,所述厚度为0.05mm以下,且最大谷深 R_v 相对于所述 R_z 的比(R_v/R_z)为0.6以下,且对拉伸强度进行测定时的断裂伸长率为1%以上,2%以下的不锈钢箔。本发明的不锈钢箔尤其适于弯曲曲率较大的 R 为5mm以下,并受到反复弯曲那样的应用,在需要使箔厚降低到厚度0.05mm以下时特别有效。此外,在考虑到材料的成品率时,优选的是,以轧制方向为弯曲方向来切出并使用。箔的厚度越小, R_z 的影响就越大,但在本发明这样的高强度箔的情况下,尤其会对轧制方向的 R_z 造成影响的是油痕。油痕是在轧制时油被沿轧制方向和垂直方向排出时的痕迹,因此会形成凹部。因此,沿着轧制方向,存在 R_z 构成最大高度粗糙度的最大谷深 R_v 变大的倾向,但该 R_v 的大小对弯曲耐久性敏感的,优选的是,一边确保强度,一边将 R_v/R_z 设为0.6以下。

[0090] 此外,在本发明中作为问题的低循环疲劳的区域中,一般优选断裂伸长率较高,但本发明的不锈钢箔在沿轧制方向进行拉伸试验时,优选处于断裂伸长率1%以上,2%以下的范围。一般地,断裂伸长率较大的不锈钢箔的强度较小,但即使为满足本发明的规定的强度那样的高强度的不锈钢箔,也存在断裂伸长率超过2%的。这种不锈钢箔的屈服点较为明确,当加有其以上的应变时,会发生较大的塑性变形,折痕会变大。相对于弯曲曲率,当屈服强度足够高时不会成为问题,但本发明的不锈钢箔设想在曲率相对于箔厚前所未有的大条件下,反复屈伸的应用。进而,设想即使在根据弯曲的曲率估算的应变的大小比拉伸试验中的屈服应变更小的情况下,可折叠设备中的反复弯曲也会将其超过。可折叠设备的显示器一般由加强用金属箔、有机EL元件、以及将它们贴合的粘接剂构成,但作为金属箔以外的构成材料的元件或粘接剂的刚性较小,金属箔被利用为补充刚性。显示器的弯曲部会在自由空间内被弯曲,因此也设想因振动等而瞬间地加有较大应变,并超过静态的设计应变。例如,在具有上屈服点那样的不锈钢箔的情况下,在加有超过屈服应变的应变的情况下,会发生较大的塑性变形,存在较大的折痕进入的危险性。因此,在本发明的不锈钢箔中,可知:与即使强度相同,屈服点也清楚,断裂伸长率也较大的相比,优选即使超过屈服点,相对于应变,应力也会较大地上升那样的材料,断裂伸长率为2%以下的材料较佳。但是,小于1%的缺乏延展性的材料不怎么优选。

[0091] (本发明的不锈钢箔的制造)

[0092] 在可挠性不锈钢箔中,以往,兼顾本发明的不锈钢箔所需的强度和粗糙度的规定是困难的。作为兼顾本发明的不锈钢箔所规定的强度与粗糙度的有效的方法,需要考虑轧制通板速度、工作辊的磨削编号、道次次数、轧制后的张力热处理条件的全部。

[0093] 可折叠设备用不锈钢箔的形态多为大致四边形的形状,在从轧制辊材料切出并制成产品的情况下,实际上,在从轧制辊材料切出四边形形态的材料并制成产品的情况下,根据成品率这点,在本发明中,以轧制(RD)方向和其垂直(TD)方向为四方形的4边的方式来切出。

[0094] 作为提高针对弯曲的箔的拉伸强度的方法,可举出将总轧制率取得较大。此外,通过在轧制后实施300℃以上的热处理,能够对因加工应变而形成了不锈钢箔中的碳或氮的位错等缺陷进行再排列,使耐力及拉伸强度提高,并针对反复弯曲抑制折痕,使到裂纹长度为5mm的弯曲次数变大。

[0095] 另一方面,当求拉伸强度而实施强轧制时,油痕及工作辊磨削孔的转印增大这样的使粗糙度恶化的缺陷会增大。

[0096] 油痕主要沿轧制方向和垂直方向产生谷部,磨削孔的转印主要沿轧制方向产生凹凸。油痕及磨削孔的转印所导致的凹凸形状尤其会对本发明的不锈钢箔的耐久性造成影响。因此,需要一边抑制它们,一边获得强度。满足本发明所规定的不锈钢箔的厚度、强度、粗糙度需要特别的努力,但本发明的不锈钢箔的粗糙度的规定并不需要2维的粗糙度,而是根据弯曲方向,至少特别地减少特定的一个方向即可。在取轧制方向为弯曲方向的情况下,取重点减少油痕的工艺即可。

[0097] 此外,在欲将与轧制方向成直角的方向设为弯曲方向的情况下,取减少磨削孔的转印的方法即可。为了抑制油痕,可以通过降低轧制速度或提高每1个道次的轧制率来降低辊缝的油膜厚度。为了抑制轧制方向和直角方向的凹凸,可以提高工作辊的磨削编号,从而制成工作辊粗糙度(算术平均粗糙度Ra)较小的辊,也可以追加研磨工序,进一步制成粗糙度较小的工作辊。此外,为了无磨削孔化,实施喷丸加工,也能够使用将表面设为凹痕结构的工作辊。

[0098] 在制造具有本发明这样的加工诱发马氏体发达的强度较高的复相结构的不锈钢箔的情况下,容易形成与轧制方向平行的条状的凹凸,尤其是兼顾强度与平滑性会变得困难。但是,本发明的可挠性不锈钢箔可以改善弯曲方向的粗糙度(最大高度粗糙度Rz)。例如,当以轧制方向成为弯曲方向的方式设计材料时,可以用重点减少油痕所导致的沿与轧制方向垂直的方向相连的条状的凹凸来应对。由马氏体相与奥氏体相的复相组织产生的弯曲方向以外的凹凸可利用于提高与粘接剂的密接强度,因此是合适的。

[0099] 以下,基于上述的制造方针,针对本发明的可挠性不锈钢箔的制造方法进行说明。

[0100] 本发明的不锈钢箔的制造尤其需要板厚0.4mm以下的箔轧制工序中的制造上的控制。

[0101] 对于箔轧制,为了板厚及粗糙度的控制、以及包含强度的机械特性的稳定化,一边进行多级轧制机下的轧制。尤其是,对于轧制,优选12级以上的冷轧机。为了将拉伸强度设为1800MPa以上,在最终冷轧工序中,需要将总轧制率设为45%以上。在此,所谓总轧制率,意味着最终冷轧工序的前后中的钢材的厚度的减少率(%)。

[0102] 总轧制率以下式(A)来定义。

[0103] 总轧制率(%) = $100 - (\text{最终冷轧工序后的钢材的厚度}) / (\text{最终冷轧工序前的钢材的厚度}) \times 100$ (A)

[0104] 关于总轧制率,更优选的是,为50%以上,进一步优选的是,为55%以上。当总轧制率小于45%时,会难以得到1800MPa以上的拉伸强度。总轧制率的上限没有特别设置,但当总轧制率取得较大时,一般地,道次数会增加,油痕会变深,因此优选的是,将总轧制率设为80%以下。此外,优选的是,将最终冷轧工序中的道次数设为4~10次。当道次数变多时,会导致加工发热的降低,加工诱发马氏体的相变会被促进。结果,拉伸强度会上升。另一方面,油痕会变深。相反,当道次数过于少时,对于油痕的抑制是有效的,但有时不会充分地得到拉伸强度。为了将其防止,采取抑制轧制速度的方法。

[0105] 油痕也通过最终冷轧工序中的平均轧制速度来控制,为了得到平滑表面,优选的是,将所有道次的平均轧制速度设为210mpm以下。更优选的是,为150mpm以下,进一步优选的是,为100mpm以下。当平均轧制速度过高时,会存在以下情况:轧制油的撒入增加,促进油痕的形成,沿轧制方向测定时的表面粗糙度变大。

[0106] 最终冷轧工序中的钢材的表面粗糙度,尤其是TD方向的粗糙度也由与工作辊轧制旋转方向垂直的粗糙度来控制。为了得到钢材表面粗糙度 $R_z=0.35\mu\text{m}$ 以下,与工作辊的轧制旋转方向垂直的工作辊粗糙度 R_a 优选为 $0.40\mu\text{m}$ 以下,更优选的是,为 $0.30\mu\text{m}$ 以下,进一步优选的是,为 $0.10\mu\text{m}$,理想的是,为 $0.08\mu\text{m}$ 以下。当工作辊粗糙度过于变大时,钢材表面粗糙度 R_z 也会变大,有时会得不到充分的弯曲耐久性。因为下限会缩短工作辊的磨削或研磨上花费的时间,因此优选的是,将工作辊粗糙度设为 $R_a=0.01\mu\text{m}$ 以上。

[0107] 热处理工序是指光亮退火工序或低温热处理工序,在后工序中控制冷轧的情况下,实施光亮退火处理,在最终冷轧工序后的情况下,实施低温热处理。光亮退火工序的目的在于使材料软化。通过作为特征,在氨分解气体那样的含氢的还原性气氛中进行退火,能够抑制氧化皮膜的生成,并抑制下一工序的冷轧中的表面瑕疵。优选的是,将光亮退火工序中的热处理温度设为 $900\sim 1200^\circ\text{C}$ 。当热处理温度过低时,钢材的软化不会充分进行,会招致冷轧的道次数增加。当热处理温度过高时,有时会成为粗大的晶粒,得不到足够的耐久性。低温热处理工序的目的在于,如上所述地进行基于对碳或氮的晶格缺陷的再排列的组织强化。本工序中的热处理温度优选 $300\sim 800^\circ\text{C}$ 。冷加工后的热处理并非必须,但当热处理温度过低时,碳及氮会难以扩散,组织强化不会充分进行。此外,与本发明的优选的断裂伸长率值相比,伸长率值有时会更大。相反,当热处理温度过高时,作为高强度的要因的马氏体相会消失,加工应变也会被释放,因此会得不到必要的拉伸强度。

[0108] 本发明的可挠性不锈钢箔被作为加强材料来使用,该加强材料在表面贴合有面状的有机EL显示元件所代表的可挠性发光电子元件,使将画面折叠,或卷为辊状来收纳的可折叠设备的发光电子元件的机械强度、耐久性增大。在当前时间点,除了包含有机EL显示元件的可挠性发光设备以外,未发现需要本发明所规定的针对反复弯曲的耐久性的加强材料的用途,但当存在针对同样一个方向的严苛的反复弯曲的用途时,本发明的可挠性不锈钢箔能够适用。

[0109] 【实施例】

[0110] 以下,示出实施例,针对本发明的可挠性不锈钢箔,更具体地进行说明。另外,以下示出的实施例仅为本发明的可挠性不锈钢箔的一例,本发明的可挠性不锈钢箔并不被限定于以下示出的实施例。

[0111] (实施例1)

[0112] 制造厚度 $30\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 的不锈钢箔试样,并对基于反复弯曲试验的耐久性进行了调查。制造的不锈钢箔为铁素体系的SUS430(钢种名430:Fe—17.0%,Cr—0.07%,C—0.4%,Si—0.6%,Mn—0.02%,P—0.001%,S)。奥氏体系不锈钢SUS301(钢种名301:Fe—17.0%,Cr—6.5%,Ni—0.12%,C—0.06%,N—0.5%,Si—0.6%,Mn—0.03%,P—0.0008%,S)。奥氏体系NSSC130S(钢种名130S:Fe—17.7%,Cr—6.5%,Ni—11.6%,Mn—0.09%,C—0.31%,N—0.48%,Si—0.022%,P)。

[0113] 不锈钢箔试样如下地进行了制造。购入板厚 $300\sim 400\mu\text{m}$ 的铁素体系及奥氏体系不锈钢箔,关于奥氏体系不锈钢箔,反复1次~2次冷轧工序及光亮退火工序。

[0114] 关于光亮退火工序,以使材料软化为目的,在氨分解气体那样的含氢的还原性气氛中以 $900^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ 的温度进行了退火。

[0115] 在最终冷轧工序中,设厚度 $30\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 。接着,经清洗工序及低温热处理(TA)工

序,制造了评价用样本。

[0116] 对于轧制,使用了12级可逆式冷轧机。将冷轧工序的总轧制率设为50%~87%,将道次数设为5~15回。将所有道次的平均轧制速度设为50~300mpm。使用的工作辊为将与轧制旋转方向垂直的工作辊粗糙度Ra管理为0.08以下的,因此准备出了管理为0.2 μ m以上,小于0.3 μ m的3个层次的。

[0117] 在最终冷轧后,实施了低温热处理(TA)。该工序沿不锈钢箔的长度方向施加张力(tension),进行连续地退火(anneal),因此简称为TA。将TA工序中的热处理温度设为350~900 $^{\circ}$ C,也实施了不进行一部分低温热处理就精加工了的试样的评价。

[0118] 针对以如上方式制造的不锈钢箔,在各种方向上实施了拉伸试验、表面粗糙度测定、以及反复弯曲试验。此外,针对SUS301箔,进行了基于EBSD(电子背散射衍射法)的组织评价。

[0119] 在基于SUS301箔的EBSD的组织评价中,求得了不锈钢箔的马氏体相的比例。针对通过化学研磨除去了表面的应变的不锈钢箔面,以铺设于FE-SEM(电场辐射型电子显微镜)的EBSD分析装置实施了试样内的晶相的识别。测定条件设为倍率1500倍,测定区域60 \times 120 μ m,测定间隔设为0.08 μ m。关于测定,改变场所,针对3个视野进行。FE-SEM使用了日立High-Technologies公司制SU70,EBSD装置使用了TSLsolutions公司制OIM。

[0120] 关于拉伸试验,从如上所述地制造的不锈钢箔中,切出长度150mm的以JIS13号B试验片为基准的形状的试验片,附加标点间距离50mm的接触式应变计,以十字头速度50mm/min.的速度实施。试验方向为轧制(RD)方向与其垂直(TD)方向中的任意一个,并设为与反复弯曲试验的试验方向相同的方向。以测压元件对到断裂为止的载荷进行监视,将最大的载荷除以试验前的试样截面积得到的值作为强度。此外,将以用试样断裂时的接触式应变计计测的伸长率值相对于初始的计测长度(标点距离)的比例以百分比表示的值作为断裂伸长率。强度和断裂伸长率设为测定5根试验片得到的值的平均值。

[0121] 关于粗糙度测定,使用触针式表面粗糙度测定器,在与拉伸试验中的拉伸方向相同的方向上,对如上所述地制造的不锈钢箔表面进行了测定。测定装置使用东京精密制触针式表面粗糙度测定器(带桌上除振台),型号:SURFCOM130A,按照JISB0601(2001)进行了评价。测定条件设为测定长度1.25mm,切痕值(λ_c)0.25mm,切痕值(λ_s)0.0025mm,触针的扫描速度0.3mm/sec,测定载荷0.7mN。测头前端半径2 μ m,并使用了开角60 $^{\circ}$ 圆锥。

[0122] 在该粗糙度测定中,根据作为与沿一个方向测定的测头的箔表面的凹凸相应的位移轮廓的轮廓曲线,求得粗糙度曲线,并导出作为本发明的不锈钢箔的粗糙度指标的最大高度粗糙度(Rz)及最大谷深(Rv)。对不锈钢箔表面的不同位置的任意5个位置进行测定,将5点的平均值作为测定值。在本实施例中使用的不锈钢箔的粗糙度在两面上看不出显著的差,但在本实施例中,将较差的一者的值作为指标。

[0123] 反复弯曲试验的试样通过以下方式进行:使宽度40mm \times 长度100mm大小的试样与长度方向为RD方向或TD方向中的任意一个相符,并将其从如上所述地制造的不锈钢箔中切出。反复弯曲试验使用了YUASA system机器制,无负荷翻盖弯曲试验器,形式DR11MR。以试样长度100mm的方向为弯曲方向,反复在中央弯曲180 $^{\circ}$ 并关闭,将其恢复180 $^{\circ}$ 并打开的动作。通过调整弯曲关闭时的间隙,能够改变弯曲曲率,如图4所示,通过将间隙设为2R,弯曲半径R的弯曲部被形成。反复弯曲的周期设为1Hz。试验进行到反复弯曲次数达到100000次

为止。

[0124] 在100000次反复弯曲结束的时间点,将完全未生成裂纹的试样的裂纹评价记为A,将即使1根也生成了5mm以上的裂纹的,记为裂纹评价D,将最大裂纹长度为3mm以上,小于5mm的记为裂纹评价C,将看得到裂纹,但最大裂纹小于3mm的,记为裂纹评价B。尤其在判定为裂纹评价D、裂纹评价C的试样中,存在产生多个裂纹的情况,但本发明的不锈钢箔根据目标用途,以最大裂纹长度为判定基准,将评价D的记为不合格,将其以外的记为合格。通过评价,被判定为评价B的试样基本小于1mm,当裂纹长度超过1mm时,裂纹比较快地进展。

[0125] 针对在100000次中完全未断裂的试样,以不对试验片施加较大的力的方式从试验夹具中去除,并对残留于不锈钢箔的自由开角进行了计测。当使不锈钢箔躺倒时,开角会因自重而改变,因此以弯曲棱线与桌子的顶板平面垂直的方式使不锈钢箔立在平坦的桌子上,从正上方与上端部对焦,以数码相机进行拍摄,用该图像计测了附于不锈钢箔的角度。在折痕较小,不锈钢箔不自行竖立的情况下,使得不锈钢箔的折痕不变地,使板从不锈钢箔的两面抵接,进行了计测。将在不锈钢箔没有折痕地恢复到开角180°的记为A,将开角175°以上,小于180°的记为B,将170°以上,小于175°的记为C,将开角小于170°,即有10°以上的折痕的,记为D。

[0126] 在表1中,将不锈钢箔的制造方法与评价结果概括表示。

[0127] 示出了作为制造方法的参数而重要的总轧制率(%)、表示工作辊粗糙度的算数平均粗糙度Ra(μm)、最终轧制工序的道次数(次)、轧制速度(m/min.)、以及低温热处理工序后的退火温度(TA温度:($^{\circ}\text{C}$))。

[0128] 在表1中,针对拉伸试验方向、粗糙度测定方向的反复弯曲试验中的弯曲方向全部表示相同的方向。将测定方向为轧制方向的,表述为RD,将以厚度方向为轴,并为其垂直方向的,表述为TD。

[0129] 此外,关于EBSD测定,以由具有面心立方结构的奥氏体相与具有体心立方结构的马氏体相这2个相构成为前提进行测定、分析,将相对于所有测定个数的被判定为马氏体的个数,即马氏体相的面积比例作为M相比例(%)来提示。M相比例为将不同的场所中的3处的平均值的小数点以下四舍五入而求得的值。

[0130] 关于本发明的不锈钢箔,微小裂纹、折痕中的任一特性作为耐久性也是必要的,因此裂纹评价、折痕评价均为D评价是不合格的。

[0131] 【表1】

[0132]

表1

试样编号	不锈钢箔		制造参数						不锈钢箔特性						反复弯曲评价条件		反复弯曲评价结果		备注
	钢材品种	厚度(μm)	总轧制率(%)	工作辊粗糙度Ra(μm)	最终轧制道次数(次)	平均轧制速度(mpm)	TA温度(°C)	拉伸强度(MPa)	断裂伸长率(%)	粗糙度(μm)	Rv/Rz	测定方向	M相比例(%)	弯曲半径R(mm)	R/t	裂纹评价	折痕评价		
1	SUS430	40.0	87	≤0.10	7	300	650	1050	2.5	0.241	0.559	RD	-	3.95	98.8	C	D	比较例	
2	130S	40.2	80	≤0.10	10	200	500	1850	1.9	0.343	0.549	RD	-	3.95	98.3	B	B	实施例	
3	SUS301	40.3	73	≤0.10	10	205	350	1845	1.4	0.341	0.529	RD	67	3.95	98.0	A	B	实施例	
4	130S	40.2	80	≤0.10	10	250	650	1950	2.1	0.380	0.602	RD	-	3.95	98.3	D	B	比较例	
5	SUS301	40.3	73	≤0.10	10	205	900	1510	12.3	0.341	0.552	RD	26	3.95	98.0	A	D	比较例	
6	SUS301	40.3	73	≤0.10	10	205	800	1805	1.8	0.338	0.548	RD	64	3.95	98.0	B	C	实施例	
7	SUS301	39.9	65	≤0.10	10	150	-	1833	8.7	0.312	0.518	RD	51	3.95	99.0	B	C	实施例	
8	SUS301	39.9	65	≤0.10	10	150	350	1852	1.4	0.314	0.529	RD	67	3.95	99.0	B	B	实施例	
9	SUS301	40.0	73	≤0.10	8	150	-	1969	1.3	0.333	0.522	RD	69	3.95	98.8	B	A	实施例	
10	SUS301	40.0	73	≤0.10	10	150	700	1928	1.4	0.348	0.569	RD	62	3.95	98.8	C	B	实施例	
11	SUS301	39.9	73	≤0.10	5	150	700	2032	1.2	0.298	0.504	RD	72	3.95	99.0	A	A	实施例	
12	SUS301	100.0	67	≤0.10	6	150	650	1803	1.9	0.270	0.512	TD	60	10.0	100.0	B	C	实施例	
13	SUS301	99.9	67	0.20~0.30	6	150	650	1820	2.0	0.810	0.426	TD	60	10.0	100.1	D	C	比较例	
14	SUS301	99.9	70	≤0.10	6	150	650	1828	1.5	0.305	0.525	RD	66	10.0	100.1	A	B	实施例	
15	SUS301	50.0	50	0.20~0.30	5	150	400	1853	1.5	0.301	0.535	RD	64	5.00	100.0	B	B	实施例	
16	SUS301	49.9	50	0.20~0.30	12	150	400	1821	1.2	0.392	0.606	RD	62	5.00	100.2	D	C	比较例	
17	SUS301	30.1	50	≤0.10	5	80	650	1910	1.3	0.281	0.532	RD	65	2.25	74.8	B	A	实施例	
18	SUS301	29.9	50	≤0.10	5	50	650	2010	1.1	0.210	0.512	RD	67	2.05	68.6	A	B	实施例	
19	SUS301	30.0	50	≤0.08	5	50	700	1955	1.2	0.188	0.524	RD	68	1.50	50.0	B	B	实施例	

[0133] 试样编号1~11是厚度40μm的不锈钢箔。试样编号1的钢材430为铁素体系不锈钢，比较廉价，容易使表面变得平滑，相反，与其他不锈钢箔相比，即使提高总轧制率，强度也不会变高。钢材130S、钢材301是奥氏体系的不锈钢。钢材130S是以奥氏体相为主体的不锈钢箔，但可以知道，钢材301通过X射线衍射和电子背散射衍射法，成为了与包含较多马氏体相

的奥氏体相的复合组织。其原因在于,通过较强的冷加工,奥氏体相进行了马氏体相变。针对这些不锈钢箔,以弯曲半径4.0mm进行了反复弯曲试验。

[0134] 拉伸强度及最大粗糙度Rz满足本发明的材料条件的、试样编号2及试样编号3、试样编号6~11的不锈钢箔是作为可折叠设备的耐久性优异的本发明的不锈钢箔。另一方面,Rz比试样编号2及试样编号3更小且优异的试样编号1的试样的裂纹伸长,折痕也较大,在弯曲耐久性这点上较差,不满足本发明的基准。其原因在于,以铁素体相为主体的钢材430容易将表面精加工为平滑,相反,得不到足够的强度。

[0135] 一方面,得到钢材130S及钢材301的强度,另一方面,与钢材430不同,当使轧制速度变大而不使它降低时,无法使Rz变小。通过降低轧制速度,使用平滑的辊,并设为适当的道次数,首次得到了试样编号2、试样编号3、试样编号6~11那样的耐久性较高的不锈钢箔。

[0136] 试样编号2的特征在于,为奥氏体系不锈钢,并为非磁性。因此,作为需要非磁性的可折叠设备用加强不锈钢箔是有用的。也基本看不到折痕,基本看不到棱线中的永久变形(折痕)。另一方面,尽管即使为相同的钢种,试样编号4的强度也较高,但以比试样编号2更小的弯曲次数产生了裂纹。其原因在于,弯曲方向的粗糙度较粗。使用于最终轧制的工作辊的粗糙度相同,但因为轧制速度较大,所以油迹变大,结果,尤其是轧制方向的Rz变大,进而最大谷深Rv也变大。当针对试样编号4,将弯曲半径设为5mm并以相同条件进行反复弯曲试验时,裂纹评价结果会成为B,在R/t超过125的条件下,即使不那样注意制造方法,也能够得到100000次的耐久性。在以严苛的弯曲曲率进行反复弯曲的情况下,尤其是在厚度较薄的箔中,在板中不会成为问题的等级下的Rz和Rv/Rz的影响会强烈出现。

[0137] 钢种不同的301钢材针对Rz、Rv/Rz的反复弯曲耐久性的影响也是相同的。进而,在301钢材箔中,也会产生因制造条件的不同导致的组织的影响。在钢材301中,也是同样,试样编号5完全未产生李文,但折痕显著变大。其原因在于,TA温度过高而发生软化,强度降低,由此在该试验中的弯曲条件下的弯曲应变中超过屈服点,发生了较大的塑性变形。

[0138] 试样编号5、试样编号6与试样编号1相同,延展性较高,在本试验条件那样的低循环疲劳的区域中,认为断裂伸长率越大,耐久性就越优异,但通过此次实施的试验可知,在本发明的不锈钢箔中,断裂伸长率优选为2%以下。关于试样编号5及试样编号6材料,试样内的马氏体相(M相)的比例也较小。其原因在于,在这些材料中。通过提高轧制后的TA温度,相变为作为平衡相的奥氏体相。

[0139] 在试样编号3所代表的本实施例中,耐久性优异的301钢材箔的马氏体相的比例为60%以上,EBSD分析的结果,从箔面观察到的马氏组织看起来是在马氏体相中,分布由岛状的奥氏体相。奥氏体相的大在TD方向上为20 μ m以下,而在RD方向上具有伸长的形状。这种组织会提高强度、屈服强度,并进一步妨碍在反复弯曲中产生的极微细的疲劳裂纹的进展。

[0140] 在满足了本发明的要件的要件的试样编号7~11中,作为可折叠设备用加强不锈钢箔的耐久性也产生了差。

[0141] 试样编号7与试样编号8的冷轧条件相同,但试样编号7是在冷轧后不进行低温热处理(TA)就精加工的,试样编号8是实施TA温度350 $^{\circ}$ C的热处理并进行精加工的。在强度、粗糙度看不出较大的差,但关于马氏体相的比例,试样编号7较低。认为其原因在于总轧制率较小,但由于进行350 $^{\circ}$ C的TA,因而马氏体相的比例提高了。结果,虽然强度差不大,但在拉伸试验中得到的应力-应变大为不同,在试样编号7中,显示出明确的屈服,断裂伸长率变

大,另一方面,在试样编号8中,变得不显示明确的屈服,断裂伸长率变小。显示屈服的应变比以本试验中的不锈钢箔的厚度和曲率估算的应变更小,但在更为动态的反复弯曲试验中,在弯曲棱线附近,不锈钢箔未被约束,因此认为由于振动,应变局部地变高,发生局部的屈服,由此,塑性变形变大,使耐久性降低。在本发明所设想的可折叠设备中,设想会发生有机EL元件的刚性与不锈钢箔相比较小的相同状况。可以知道,即使为具有同程度的高强度的不锈钢箔,在低循环疲劳中,也优选断裂伸长率较高的方一者,与这种金属学的思考不同,加工马氏体组织发达,断裂伸长率较小,屈服点不清楚的试样编号8那样的试样是优选的。

[0142] 试样编号9与试样编号7相同,为在冷轧后不进行低温热处理(TA)地精加工的SUS301,但通过提高总轧制率,即使不进行低温热处理,也能够提高马氏体比例,成为弯曲耐久性比较高的不锈钢箔。

[0143] 试样编号10和试样编号11是表示由于冷轧加工的道次计划表不同。因而耐久性出现差的结果。试样10与试样编号11的最终冷加工时的道次次数不同。试样编号10使道次次数变多,因此油痕会变大Rz,尤其是Rv会变大,结果,RD方向的弯曲感受性变高,弯曲耐久性中的、尤其是产生裂纹的频率、进展速度变高。另一方面,试样编号11使道次次数变小,结果,成为了强度较高且表面也平滑的不锈钢箔,结果,可折叠设备中需要的弯曲条件下的耐久性变高。进而,尝试了减少道次次数,但轧制中的断裂也增加。

[0144] 试样编号12和试样编号13、试样编号14是厚度约100 μm 的钢材301箔。可以知道,通过X射线衍射和EBSD(电子背散射衍射法),成为了与奥氏体相的复合组织,该奥氏体相包含与试样编号3同样的马氏体相。马氏体相的比例比试样编号3更小。在制作了试样编号12和试样编号13的轧制条件下,得到了1800MPa以上的强度的仅是与轧制方向成直角的方向。试样编号12与试样编号13的轧制辊的粗糙度(Ra)不同,辊的粗糙度尤其会对与轧制方向垂直的方向的粗糙度造成影响。结果,与轧制方向垂直的方向的耐久性成为了大为不同的结果。尽管试样13与试样编号12相比,强度更高,但因为Rz大于基准值,所以试样编号13的裂纹伸长,耐久性较差。

[0145] 试样编号12是以RD方向为始,具有在TD方向以外的方向上未满足强度基准的方向,但在TD方向上,满足强度和粗糙度条件,且针对TD方向的100000次反复弯曲具有耐久性的本发明的不锈钢箔。另一方面,使辊编号变大得到的试样13的箔的TD方向的表面粗糙度变大,变得不满足本发明的规定,结果,尤其是断裂寿命降低。

[0146] 提高了总轧制率的结果,试样编号14是RD方向的强度也满足本发明的箔。与试样12相比,在轧制(RD)方向和与面内垂直的(TD)方向上,后者易于提高强度,会得到断裂伸长率较大的材料,但通过提高总轧制率,与试样编号12及试样编号13的TD方向的强度同等的强度在RD方向上被得到。可以知道,当强度与表面性状同等时,弯曲耐久性在向RD方向弯曲时较为良好。因此,可以知道,优选的是,在使用于可折叠设备的情况下,使得弯曲方向成为RD方向地进行使用。此时,基于油痕的凹凸控制是重要的,总轧制率及道次数需要特别的努力以满足强度。

[0147] 试样编号15与试样编号16是厚度约50 μm 的钢材301的箔。可以知道,通过X射线衍射和EBSD(电子背散射衍射法),具有与试样3相同的组织结构,并成为了与奥氏体相的复合组织,该奥氏体相包含较多的马氏体相。试样编号15与试样编号16的制造方法的不同是轧

制次数。结果,试样编号16的Rz的值大为不同。试样编号15的Rz与试样编号16相比变小的原因在于,通过使轧制次数变少,油痕所导致的凹凸变小,尤其是沿轧制方向测定时的凹凸变小。结果,试样编号15的裂纹评价结果为优异,是本发明的不锈钢箔。

[0148] 辊的粗糙度及基于道次数的表面凹凸的控制分别对于控制轧制(RD)方向和作为其垂直方向的TD方向的凹凸是有效的。相反,分别对它们以外的方向的凹凸的影响相对较少。本发明的不锈钢箔设想在可折叠设备中,以粘接剂将面状的发光电子元件粘贴并使用的加强材料,因此当面粗糙度较小时,会难以确保与粘接剂的密接力。从使弯曲方向的粗糙度变小,从而确保其他方向的粗糙度,并确保粘接性的观点出发,基于辊的粗糙度及道次数的一个方向的表面凹凸的控制是有效的。

[0149] 试样编号17~19是在厚度30 μm 的本发明的实施范围中制造适当的材料并评价的例子。

[0150] 可以知道,通过以兼顾弯曲方向的强度与最大粗糙度的方式进行制造,能够提供一种针对弯曲半径为1.5mm~2.25mm的严苛的反复弯曲条件,耐久性也较为优异的不锈钢箔。一方面,使用工作辊粗糙度以Ra计0.1 μm 以下的工作辊,使总轧制率降低到50%,另一方面,将轧制速度设为80mpm以下,由此,冷加工时的加工发热被抑制,能够制造出拉伸强度为1900MPa以上,该方向的Rz为0.30 μm 以下,兼顾了强度与粗糙度的不锈钢箔。由此,在R/t为75,展开角180°的严苛条件下折痕较小,并能够确保100000次的耐久性。

[0151] 进而,能够一方面将轧制速度抑制到50mpm,并确保强度,另一方面,将最终轧制道次数设为5次,将工作辊粗糙度设为0.1 μm 以下,进而缩减到0.08 μm 以下,由此将Rz设为0.25 μm ,进一步设为0.20 μm 以下,并能够在R/t为75,67,进而50下的展开角180°的严苛条件下,确保100000次的耐久性。

[0152] 试样编号17~19是由包含特别多的马氏体相的奥氏体相和马氏体相构成的不锈钢箔。沿轧制方向,晶粒伸长,沿箔压方向,具有粒径较小的片状的组织,但根据通过EBSD得到的结果,对来自箔面方向的相的分布进行观察,会看到在马氏体相中奥氏体相岛状地分散那样的组织。在裂纹刚开始产生后停止试验,对不锈钢箔的表面进行研磨、观察,并且通过EBSD对相进行识别,结果,裂纹整体上沿弯曲的棱线方向进展,但在途中,进行方向会改变或分岔为2个等,裂纹的进展被妨碍,在位置的前端,观察到了奥氏体相。此外,裂纹所通过的两侧为马氏体相。可以知道,裂纹一边使奥氏体相相变为马氏体相一边进行,奥氏体相具有妨碍裂纹的进展的作用。较强的冷加工的结果是,被形成的强度较高的马氏体相起到抑制严苛的反复弯曲条件下的折痕所有的作用,但为了抑制裂纹的进展,除了降低与裂纹的进行方向成直角的弯曲方向的粗糙度之外,由于存在与马氏体相共存的奥氏体相,因而认为进一步存在效果。

[0153] 将强度较高,马氏体相占多数的不锈钢箔的表面粗糙度减低是困难的,但不追求整体的粗糙度的降低地,进行了降低作为弯曲方向的一个方向的Rz的制作,结果能够实现作为本发明的目的的具有优异的弯曲耐久性的不锈钢箔。

[0154] 以上,在工业上成立轧制速度的条件下,兼顾作为本发明的要件的强度与表面性状是困难的,但是基于被专心致力的方针,在本实施例中,使用工作辊粗糙度以Ra计0.3 μm 以下的辊,设总轧制率为50%以上,80%以下,道次数为5次以上,10次以下,平均轧制速度为205mpm以下,作为冷轧材料,制成最终产品,或是以TA温度为700°C以下的条件进行调质

并精加工,由此能够得到本发明的不锈钢箔。可以知道,更优选的是,使用工作辊粗糙度被管理为以Ra计 $0.1\mu\text{m}$ 以下的辊,设总轧制率为65%以上,80%以下,道次数为5次以上,8次以下,平均轧制速度为205mpm以下,TA温度为 350°C 以上, 700°C 以下即可。

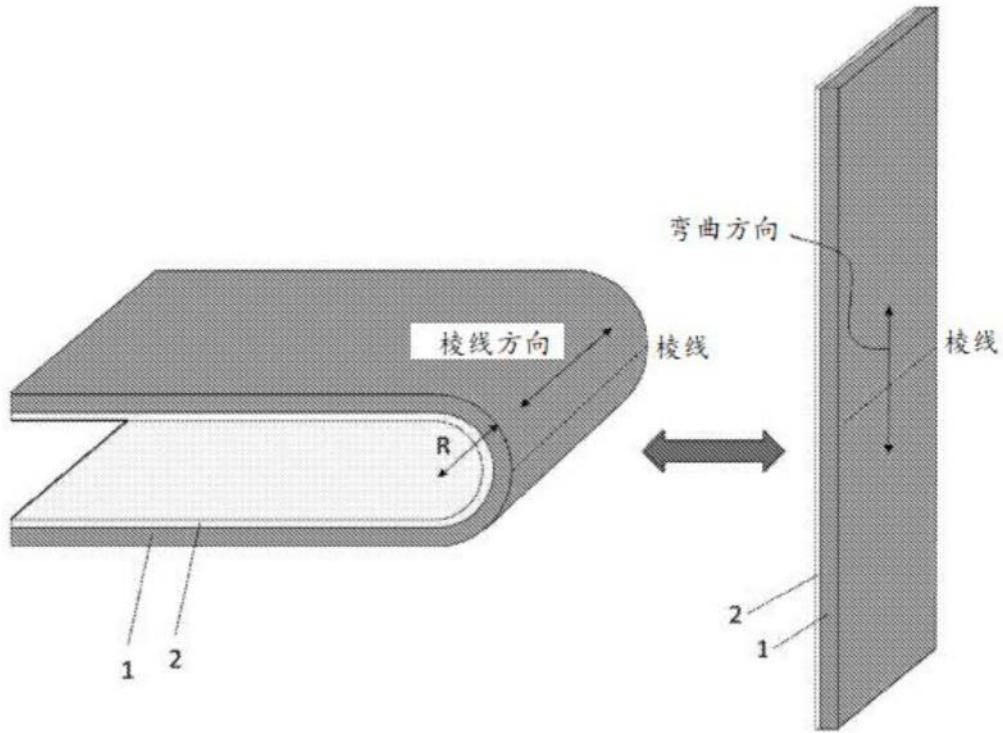


图1

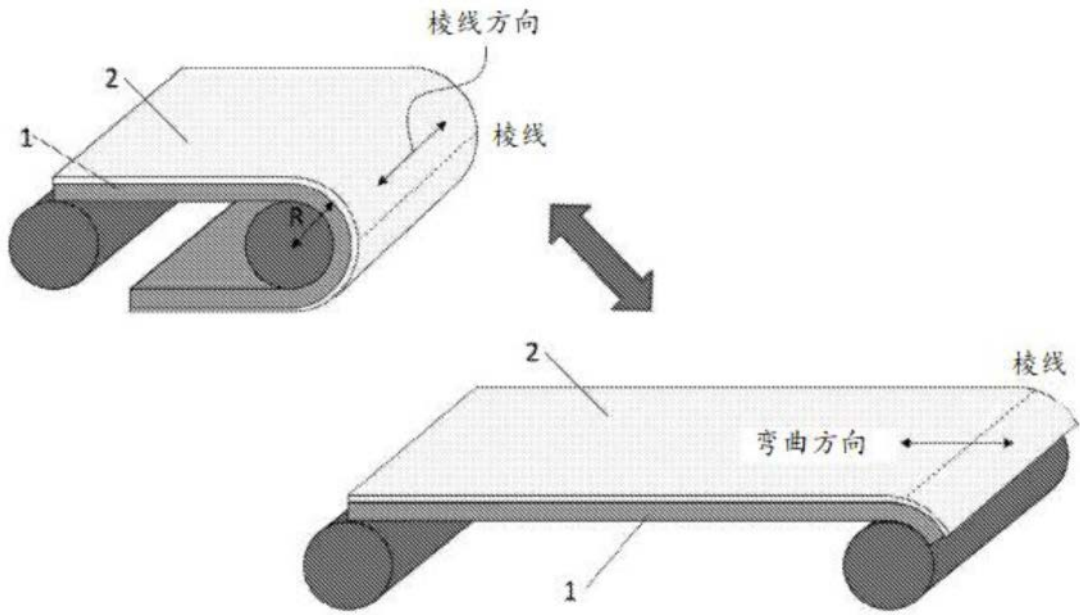


图2

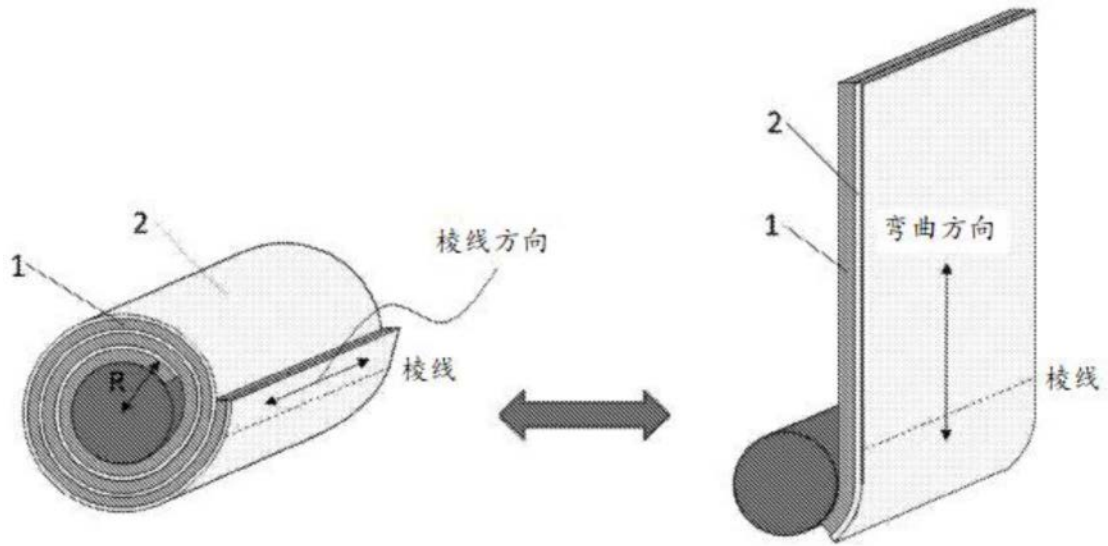


图3

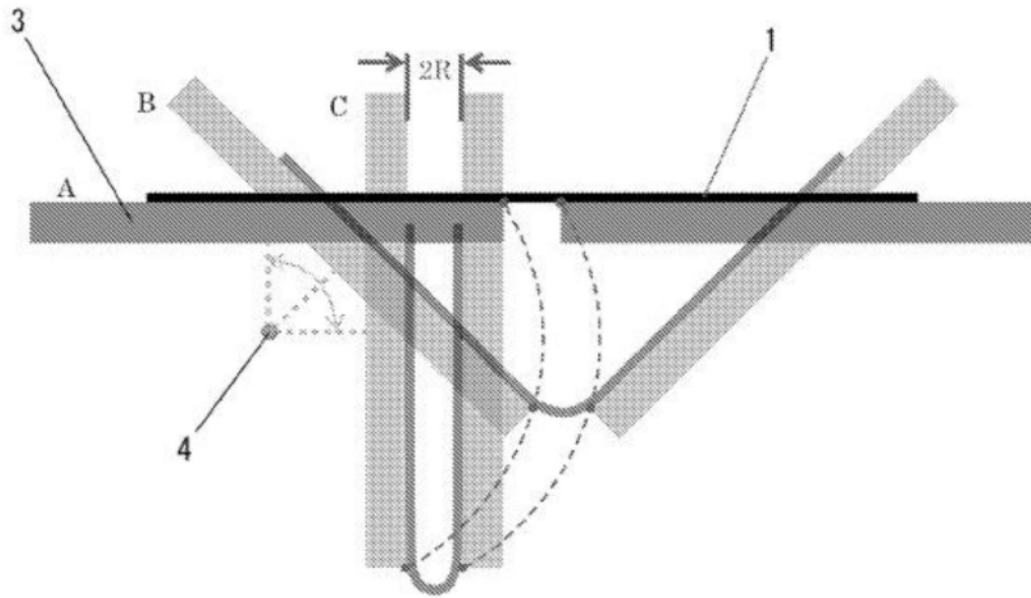


图4