(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101090780 B
(45)授权公告日 2010.04.21

(21)申请号 200680001500.0

(22)申请日 2006.02.14

(30)优先权数据
037851/2005 2005.02.15 JP
040175/2005 2005.02.17 JP
025296/2006 2006.02.02 JP

(85)PCT申请进入国家阶段日
2007.06.19

(86)PCT申请的申请数据
PCT/JP2006/302543 2006.02.14

(87)PCT申请的公布数据
WO2006/088023 JA 2006.08.24

(73)专利权人 日本精工株式会社
地址 日本东京
专利权人 恩斯克转向器株式会社
住友金属工业株式会社
住友钢管株式会社

(72)发明人 阿部正一 渡边靖 下饭和美
富泽淳 内田光俊

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 史雁鸣

(51)Int.Cl.
B21D 26/02(2006.01)
B21D 53/88(2006.01)
B21D 28/28(2006.01)

(56)对比文件
JP 2004-98069 A,2004.04.02, 说明书的第18至22段、附图1和4.
JP 2004-203133 A,2004.07.22, 说明书22至24段、附图1至6.

审查员 张英

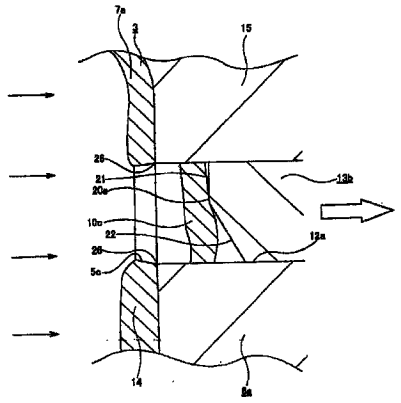
权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图 23 页

(54)发明名称

具有通孔的金属制构件及其制造方法

(57)摘要

本发明实现了稳定地并且低成本地进行形成通孔(5c)的作业的结构及方法,所述通孔形成在使金属管(3)的一部分向径向方向的外方塑性变形形成的膨出部(7a)的侧壁(14)的一部分中的板厚逐渐变化的部分上。一面使液压作用到上述侧壁(14)的内侧,一面使滑动工具(13b)退避到冲压孔(12a)内。该滑动工具(13b)的前端面(20a),与上述侧壁(14)中、板厚比较大的部分对向的部分凹入。借助这种结构,在该侧壁(14)中,在上述滑动工具(13b)退避开始的瞬间,对和上述冲压孔(12a)的两个侧缘吻合的部分的剪切加工的进行程度给予差异。并且,使从剪切加工转移到断裂的定时相一致,在上述侧壁(14)中,将和该冲压孔(12a)吻合的部分可靠地制成冲压片(10c),将其从该侧壁(14)中取出。



CN 101090780 B

1. 一种具有通孔的金属制构件，在至少一部分呈板状的金属制构件的一部分上，在呈板状的部分之中的厚度差在3%以上的厚度不均匀的部分中，以贯通该部分的状态设置通孔，其中，该通孔是利用如下所述的液压穿孔形成的：即，在使上述厚度不均匀的部分的一个面与金属模具接触的状态下，一面向该厚度不均匀的部分的另一个面上施加液压，一面将在该厚度不均匀的部分的一部分中与设置在上述金属模具上的冲孔对应的部分压入该冲孔，在通过进行液压穿孔来形成所述通孔时，作为插入金属模具的冲孔中的滑动工具，根据承受剪切加工的材料的厚度分布，使用具有前端面在厚度小的一侧向金属模具的内侧方向突出、在厚度大的一侧向金属模具的外侧方向凹入的形状的滑动工具，或者，使用作为金属模具的冲孔的周缘部的刀尖部分的截面形状的曲率半径对应于该刀尖部分承担剪切加工的材料的厚度分布而在厚度大的一侧形成得小、在厚度小的一侧形成得大的金属模具，在应形成的上述通孔的整个周缘同时结束切断现象，借此，上述通孔以在周围部分没有变形的状态形成。

2. 如权利要求1所述的具有通孔的金属制构件，其特征在于，厚度不均匀的部分的厚度逐渐变化。

3. 如权利要求1～2中任何一项所述的具有通孔的金属制构件，其特征在于，厚度不均匀的部分是通过塑性加工形成的。

4. 如权利要求3所述的具有通孔的金属制构件，其特征在于，塑性加工包括液压成形法、拉深加工、弯曲加工中的至少任意一种加工。

5. 如权利要求4所述的具有通孔的金属制构件，其特征在于，金属制构件是利用液压成形法使中空管的一部分向径向方向的外方膨出、且在该膨出的部分的侧壁部上形成通孔的转向柱。

6. 如权利要求5所述的具有通孔的金属制构件，其特征在于，在考虑包含中空管的中心轴在内的、在与膨出部膨出的方向垂直的方向上扩展的假想平面的情况下，整个通孔形成在从该假想平面向上述膨出的方向离开的位置处。

7. 如权利要求5～6中任何一项所述的具有通孔的金属制构件，其特征在于，膨出的部分和未膨出的部分经由倾斜部或者阶梯部连接，通孔中的至少一部分形成在该倾斜部或者阶梯部上。

8. 一种具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，为了在金属制的至少一部分呈板状的构件的一部分上、在该呈板状的部分的厚度存在差异的厚度不均匀部分中以贯通该厚度不均匀的部分的状态设置通孔，在施行液压穿孔时，在将要形成的上述通孔的整个周缘上使剪切现象同时结束，其中，所述液压穿孔如下所述：在使该厚度不均匀的部分的一个面与金属模具接触的状态下，一面向该厚度不均匀的部分的另一个面上施加液压，一面将在该厚度不均匀的部分的一部分中与设置的上述金属模具上的冲孔对应的部分压入到该冲孔内。

9. 如权利要求8所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，在将要形成的通孔的周缘处，根据厚度分布调整由液压穿孔进行的剪切加工开始的时刻。

10. 如权利要求8～9中任何一项所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，在将要形成的通孔的周缘处，根据厚度分布调整发生达到断裂的裂纹的时刻。

11. 如权利要求8～9中任何一项所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在

于，作为插入金属模具冲孔内的滑动工具，使用如下所述的滑动工具：该滑动工具根据承受剪切加工的材料的厚度分布，具有前端面在厚度小的一侧向金属模具的内侧方向突出、在厚度大的一侧向金属模具的外侧方向凹入的形状。

12. 如权利要求 8 ～ 9 中任何一项所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，使用如下所述的金属模具：即，作为金属模具冲压孔周缘部的刃尖部分的截面形状的曲率半径，根据该刃尖部分承受剪切加工的材料的厚度分布，在厚度大的一侧所述曲率半径形成得小，在厚度小的一侧所述曲率半径形成得大。

13. 如权利要求 11 所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，将具有在厚度不均匀的部分中板厚小的部分比板厚大的部分向该厚度不均匀的部分侧突出的前端面的滑动工具，插入到设置在金属模具上的具有与通孔相称的形状及大小的冲压孔的内侧，同时，在使上述金属模具的内表面碰到上述厚度不均匀的部分的一个面的状态下，一面向该厚度不均匀的部分的另一个面施加液压，一面使上述滑动工具沿着从上述厚度不均匀的部分退避开的方向位移，利用上述液压，将在该厚度不均匀的部分的一部分中与上述冲压孔对应的部分压入到该冲压孔内。

14. 如权利要求 13 所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，通过使滑动工具的前端面中最突出的部分位于与金属模具的内表面相一致的部分处，使该前端面在厚度不均匀的部分中板厚小的一侧与该厚度不均匀的部分的一个面接触、在板厚大的一侧隔着间隙与之对向，从这种状态起，使上述滑动工具在冲压孔的内侧沿着从上述厚度不均匀的部分退避开的方向位移，借此形成通孔。

15. 如权利要求 13 所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，使滑动工具的前端面中最突出的部分从金属模具的内表面突出，使最不突出的部分位于与该内表面相一致或者比该内表面凹入的部分处，同时，使上述前端面与仿照上述滑动工具的前端部弯曲的厚度不均匀的部分的一个面接触，从这种状态起，使该滑动工具在冲压孔的内侧沿着从上述厚度不均匀的部分退避开的方向位移，借此形成通孔。

16. 如权利要求 12 所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，将具有在厚度不均匀的部分中板厚小的部分比板厚大的部分向该厚度不均匀的部分侧突出的前端面的滑动工具，插入到设置在金属模具上的具有与通孔相称的形状及大小的冲压孔的内侧，同时，在使上述金属模具的内表面碰到上述厚度不均匀的部分的一个面的状态下，一面向该厚度不均匀的部分的另一个面施加液压，一面使上述滑动工具沿着从上述厚度不均匀的部分退避开的方向位移，利用上述液压，将在该厚度不均匀的部分的一部分中与上述冲压孔对应的部分压入到该冲压孔内。

17. 如权利要求 16 所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，通过使滑动工具的前端面中最突出的部分位于与金属模具的内表面相一致的部分处，使该前端面在厚度不均匀的部分中板厚小的一侧与该厚度不均匀的部分的一个面接触、在板厚大的一侧隔着间隙与之对向，从这种状态起，使上述滑动工具在冲压孔的内侧沿着从上述厚度不均匀的部分退避开的方向位移，借此形成通孔。

18. 如权利要求 16 所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，使滑动工具的前端面中最突出的部分从金属模具的内表面突出，使最不突出的部分位于与该内表面相一致或者比该内表面凹入的部分处，同时，使上述前端面与仿照上述滑动工具的前端部

弯曲的厚度不均匀的部分的一个面接触，从这种状态起，使该滑动工具在冲压孔的内侧沿着从上述厚度不均匀的部分退避开的方向位移，借此形成通孔。

19. 如权利要求 8 ～ 9 中任何一项所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，在厚度不均匀的部分的一部分之中的板厚逐渐变化的部分，是利用液压成形法使原材料的一部分膨出而构成的膨出部的侧壁。

20. 如权利要求 19 所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，金属制构件是利用液压成形法使中空管的一部分向径向方向的外方膨出、在该膨出形成的膨出部的侧壁部上形成通孔的转向柱，继该膨出部的加工作业之后，进行该通孔的形成作业。

21. 如权利要求 20 所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，在考虑包含中空管的中心轴在内的、在与膨出部的膨出方向垂直的方向上扩展的假想平面的情况下，将整个通孔形成在从该假想平面向上述膨出的方向离开的位置上。

22. 如权利要求 17 ～ 18、20 ～ 21 中任何一项所述的具有通孔的金属制构件的制造方法，其特征在于，膨出部分和不膨出的部分经由倾斜部或者阶梯部连接起来，将通孔中的至少一部分形成在该倾斜部或者阶梯部上。

具有通孔的金属制构件及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明例如可以用于转向柱及其制造方法，所述转向柱，利用液压成形法在中空管状材料的轴向方向的中间部形成膨胀部之后，通过在该膨胀部的侧壁部形成通孔，将该膨胀部作为转向柱托架。或者，也可以用在利用液压成形法加工构成汽车车身的金属板之后，在该金属板的一部分上形成安装门把手、方向指示器等用安装孔的情况下。

[0002] 总之，作为本发明的对象的金属制构件，包括金属板制的构件，指的是形成上述通孔的部分为板状（包括平板状、弧板状）的金属制构件。不言而喻，将平板状的金属板进行加工制成的金属板制构件，也包括在电焊管、挤压管等中在管壁部分形成通孔的金属管。

背景技术

[0003] 在构成汽车用转向装置的转向柱中，在组装到称为可倾斜式转向装置的转向盘的高度位置调节装置、或者称为伸缩式转向装置的转向盘的前后位置调节装置上的转向柱的轴向方向的中间部，有必要固定称为转向柱托架的托架。在过去，一般地，将这种转向柱托架与转向柱分开独立形成，之后，焊接固定到转向柱上。与此相对，在专利文献 1 中，如图 15～16 所示，记载了一种结构，在该结构中，使构成转向柱 1 的金属制中空管的轴向方向的中间部向径向方向的外方膨出，将该膨出的部分作为转向柱托架 2。通过采用这种结构，可以减少部件的数目，实现重量轻、廉价的汽车用转向装置。

[0004] 为了制造上面所述的成一整体地设置转向柱托架 2 的转向柱 1，利用液压成形法，向构成该转向柱 1 的（钢板制或者铝合金制的）金属管 3 的内周面施加液压（例如，水压），如图 15～图 16 所示，使该金属管 3 的一部分向径向方向的外方膨出（塑性变形）。另外，为了利用上述液压成形法使上述金属管 3 的轴向方向的中间部膨出，例如，如后面的图 19 所示，将作为原材料的中空构件 11（金属管）置于能够分开的、具有与将要扩径制造的上述金属管 3 的外表面形状相称的内表面形状的金属模具 6 内。然后，利用轴向推压工具 19a、19b 堵塞该中空构件 11 的两端，向中空构件 11 内例如附加 196MPa(2000kg/cm^2) 左右高压的液压。通过附加液压，将上述中空构件 11 的轴向方向的中间部向径向方向的外方扩径至贴紧到金属模具 6 的模腔的内表面上为止，在该中空构件 11 的轴向方向的中间部形成膨出部 7。这时，为了防止该膨出部 7 的厚度变薄，借助上述两个轴向推压工具 19a、19b 向轴向方向压缩上述中空构件 11，促进向上述膨出部 7 的材料供给。

[0005] 另外，进而如图 18(A)-(B) 所示，存在使以上述方式膨出的部分进一步膨出的情况。这样，在形成于上述转向柱 1 的一部分上的上述转向柱托架 2 上，例如，有必要形成用于插入倾斜螺栓 4 用的通孔 5。另外，这些各个通孔 5，有必要在使上述金属管 3 的一部分塑性变形、形成上述转向柱托架 2 之后形成。进而，在构成伸缩式转向装置的情况下，有必要将上述各个通孔 5 制成沿着上述转向柱 1 的轴向方向长的长孔。

[0006] 作为用于在如上所述的中空材料中利用液压成形方法膨出的部分上形成通孔的技术，过去，已知有专利文献 2～3 以及非专利文献 1 中记载的液压穿孔等。下面，利用图 19 对于其中的非专利文献 1 中记载的现有技术的三个例子进行说明。

[0007] 首先，在该图 19 的左端部所示的第一个例子的情况下，在利用液压成形法使设置在金属模具 6 内的原材料膨出、形成膨出部 7 的工序完成之后，在保持向该膨出部 7 的内侧赋予液压的状态不变的情况下，将冲头 9 向上述膨出部 7 推压，其中，所述冲头 9 嵌入安装到设置在上述金属模具 6 的一部分中与将要形成通孔 5 的部分相吻合的位置上的圆柱形孔 8 内，其前端面的形状与上述膨出部 7 的外表面相一致。然后，利用该冲头 9 冲压该膨出部 7 的一部分，形成上述通孔 5。通过利用该冲头 9 冲压该膨出部 7 的一部分产生的冲压片 10，残留在配备有该膨出部 7 的中空构件 11 的内部。

[0008] 其次，在图 19 的中央部所示的第二个例子的情况下，在利用液压成形法使设置在金属模具 6 内的原材料膨出、形成膨出部 7 的工序完成之后，在保持向该膨出部 7 的内侧赋予液压的状态不变的情况下，将冲头 9a 向上述膨出部 7 推压，其中，所述冲头 9a 嵌入安装到设置在上述金属模具 6 的一部分中与将要形成通孔 5a 的部分相吻合的位置上的圆柱形孔 8a 内，其前端面向一个方向倾斜。然后，利用该冲头 9a 将该膨出部 7 的一部分刺破，形成上述通孔 5a。由于为了形成该通孔 5a 而用以打破上述膨出部 7 的侧壁的剪切或者破裂从该通孔 5a 的一侧开始，向另一侧逐渐进行，所以，伴随着上述通孔 5a 的加工生成的冲压片 10a，在该通孔 5a 的加工完毕之后，会以原封不动地连接在上述膨出部 7 的侧边上的状态残留下来。

[0009] 进而，在图 19 的右端部所示的第三个例子的情况下，在利用液压成形法使设置在金属模具 6 内的原材料膨出、形成膨出部 7 的工序完成之后，在保持向该膨出部 7 的内侧赋予液压的状态不变的情况下，使滑动工具 13 向远离上述膨出部 7 的方向移动，其中，所述滑动工具 13 嵌入安装到设置在上述金属模具 6 的一部分中与将要形成通孔 5b 的部分相吻合的位置上的冲孔 12 内。其结果是，以前相互接触的这些滑动工具 13 的前端面与膨出部 7 的外表面分离。由于上述液压在上述膨胀部 7 的内表面上继续增加，所以，在膨出部 7 的侧壁的一部分中与上述冲孔 12 相吻合的部分伴随着失去支承而被强烈地压向该冲孔 12 内，剪切或者破裂，形成上述通孔 5b。由于由此所产生的冲压片 10b 被收集在上述冲孔 12 内，所以，在下一次加工之前，通过使上述滑动工具 13 前进等将其除去。

[0010] 如上所述，在非专利文献 1 中记载的三种现有技术中，根据图 19 的左端部所示的第一个例子，伴随着形成通孔 5 而生成的冲压片 10 残留在中空构件 11 的内部。因此，在形成上述通孔 5 之后，有必要将该冲压片 10 从该中空构件 11 中取出。但是，在与该冲压片 10 的尺寸相比、该中空构件 11 的端部开口狭窄，或者该中空构件 11 具有复杂的形状等情况下，存在着不能或者很难从该中空构件 11 的内部取出上述冲压片 10 的可能性。另外，在上述第一个例子的情况下，为了形成上述通孔 5，伴随着利用前述冲头 9 强力地推压上述膨出部 7 的外周面，在该膨出部 7 之中上述通孔 5 的周围部分，向上述中空构件 11 的径向方向的内方变形（松弛）。因此，在加工完毕之后，很难确保该周围部分的形状精度及尺寸精度。

[0011] 其次，根据图 19 的中央部所示的第二个例子，很难如所希望的那样正确地控制加工后的通孔 5a 的形状及尺寸。特别是，冲压片 10a 的基端部处连接状态的膨出部 7 的侧壁的一部分上，上述通孔 5a 的一个端部（图 19 的左端部），保持侧壁的一部分弯曲变形的状态不变，所以，只有弯曲变形的部分的侧壁下垂变形。与此相对，在上述通孔 5a 的中间部乃至另一个端部（图 19 的右端部），通过被前述冲头 9a 向径向方向内方强力推压，上述侧壁

向上述膨出部 7 的内方变形。其结果是，不管是在哪一个部分，很难确保与上述通孔 5a 的形状及尺寸相关的精度。另外，由于冲压片 10a 以从膨出部 7 的内表面向径向方向的内方突出的状态残留下来，所以，根据中空构件 11 的用途，也存在着上述冲压片 10a 成为障碍的可能性。

[0012] 在考虑到这些问题的情况下，根据图 19 的右端部所示的第三个例子，优选地，在中空构件 11 的膨出部 7 上形成通孔 5b。考虑到这种情况，利用图 20 ～ 23，对于前述图 15 所示的、为了制造成一整体地设置有转向柱托架 2 的转向柱 1 而在前面所考虑的方法进行说明。在这种前面考虑的方法中，首先，如图 20 所示，将作为原材料的板厚为 T_1 的金属管 3 配置在金属模具 6a 内的规定位置上。如图 21 所示，该金属模具 6a 是将一对金属模具元件 15 在中间对接构成的，在其内部配备有圆孔部 16 和凹部 17，其中，可以将在上述金属管 3 的两端部以及中间部中的周向方向的一个半部几乎没有间隙地内嵌到所述圆孔部 16 内，所述凹部 17 从该圆孔部 16 的中间部向径向方向的外方突出。该凹部 17 的内表面的形状与将要形成的上述膨出部 7 的外表面的形状相一致。另外，在上述两个金属模具元件 15 的一部分上，在从上述圆孔部 16 的中心轴朝着上述凹部 17 向圆孔部 16 的径向方向的外方偏移的相互吻合的位置，分别设置冲孔 12a。并且，将滑动工具 13a 能够分别相对于上述凹部 17 前进和后退地紧密内嵌到所述各个冲孔 12a 内。

[0013] 在制造成一整体地设置有上述转向柱托架 2 的转向柱 1 的情况下，首先，如图 20 ～ 21 所示，以利用上述两个金属模具元件 15 夹持上述金属管 3 的方式，将该金属管 3 内嵌到上述圆孔部 16 内。在这种状态下，该金属管 3 的中间部的圆周方向的一个半部与上述凹部 17 对向。其次，一面借助轴向推压工具 19 沿着相互接近的方向推压该金属管 3 的轴向方向的两端缘，一面将液压（一般为水压）导入到该金属管 3 的内侧。该液压的导入，例如，通过一个或者两个轴向推压工具 19 的中心孔 18 进行。另外，在这样进行的上述液压导入的初期阶段，使上述两个滑动工具 13a 的前端面 20 和上述凹部 17 的内表面相一致。

[0014] 当这样将液压导入到上述金属管 3 的内部、并且使上述两个轴向推压工具 19 向相互接近的方向移动时，上述金属管 3 的轴向方向中间部的圆周方向的一个半部朝着上述凹部 17 膨出。即，通过一面向该金属管 3 的内周面上朝着径向方向的外方施加强大的力，一面赋予将该金属管 3 向轴向方向压缩的力，如图 22 ～ 23 所示，将该金属管 3 加工成与前述金属模具 6a 的内表面形状相符的形状，即，加工成在中间部的圆周方向的一个半部中具有朝着径向方向的外方突出的膨出部 7a 的形状。

[0015] 如果从这样形成膨出部 7a 的状态起，使上述两个滑动工具 13a 从刚刚形成之后的该膨出部 7a 的侧壁 14 退避的话，则这两个侧壁 14 的一部分之中与上述两个冲孔 12a 吻合的部分被存在于上述膨出部 7a 内侧的液压推压，被压入到这两个冲孔 12a 内，在该部分形成通孔 5c。

[0016] 如上所述，可以设想，如果将在上述金属管 3 的一部分中利用液压成形法形成膨出部的技术和前述图 19 的右端部所示的现有技术的第三个例子组合起来的话，可以高效率地在上述膨出部 7a 的一部分中形成通孔 5c。但是，通过本发明人的研究发现，只通过简单地将上述两个技术组合起来，并不一定能够稳定地形成上述通孔 5c。下面在图 22 ～ 23 的基础上加上图 24 ～ 25 说明其原因。

[0017] 在利用液压成形法在上述金属管 3 的一部分上形成膨出部 7a 的情况下，在对应于

该膨出部7a的部分上，将构成上述金属管3的金属板向表面的方向上拉伸，所以，虽然将该金属管3向轴向方向压缩、促进材料向该膨出部7a的供该，但是，上述金属板变得比原来的板厚T_1（参照图20）小。并且，这种板厚变小的程度即使在上述膨出部7a之中也会产生差异。具体地说，由于越远离该膨出部7a的基部（图22～23的下部）、越减少材料的供给量，所以，在靠近该基部的部分中，板厚变小的程度低，越靠近前端部（图22～23的上部），板厚变小的程度越显著。进而，即使在该前端部中，在曲率变大（曲率半径变小）的图23的左右两个角部及其附近，板厚变小的程度变得显著。

[0018] 并且，在前述两个侧壁14之中将要形成上述两个通孔5c的部分的板厚，相对于这两个通孔5c的宽度方向（图22～25的上下方向）变成不均匀（逐渐变化）的状态。具体地说，在上述两个侧壁14之中将要形成上述两个通孔5c的部分的截面形状成为楔形。并且，在这两个通孔5c的宽度方向的两端缘部分中的上述两个侧壁14的板厚T_2、T_3（参照图24），在靠近上述膨出部7a的基端处变大，在靠近其前端处变小（$T_2 > T_3$）。

[0019] 在形成上述膨出部7a时，适当地设定导入到上述金属管3内部的液压的升压模式和使前述轴向推压工具19前进的模式（轴向推压模式）。即，在相对于轴向推压量的增加而言、液压的上升快的情况下，膨出部的厚度减薄变得显著，产生裂纹的可能性变高。相反地，在轴向推压量的增加先于液压的上升的情况下，容易发生材料的压曲。一般地，在设定成在不发生压曲的范围内优先进行轴向推压、最终轴向推压量大时，可以使在上述两端缘部分中的板厚T_2、T_3的差小，并且与原来的板厚T_1的差也小。在作为图19的右端部所示的外冲压液压冲孔，采用前述非专利文献1记载的通常的加工方法的情况下，在上述各部的板厚T_1、T_2、T_3中，上述两端缘部分的板厚T_2、T_3之差，从板厚大的一侧观察，在5％以内，更优选地，在3％以内时，从形成上述两个通孔5c的方面来说，是优选的。但是，在制品形状的非对称性显著的情况下，即使调整轴向推压模式或液压的升压模式，也不能充分消除板厚的不均匀性，特别是，如图20～23所示，在只于金属管3的一侧形成膨出部7a的情况下，如上所述，将要形成通孔5c的侧壁14的板厚变成不均匀的状态。换句话说，从板厚大的一侧观察，上述两端缘部分的板厚T_2、T_3之差有时会超过3％，进而会超过5％。

[0020] 这样，虽然将要形成通孔5c的侧壁14的板厚变得不均匀，但是，如图21、23～25所示，在使用前端面20是与所述两个侧壁14平行的平坦面的滑动工具13a的情况下，难以稳定地形成上述通孔5c。即，在使用其前端面20为上述简单形状的滑动工具13a的情况下，在通孔的形状为椭圆形或长圆形等复杂形状、或者即使为简单的圆形时，在加工开口面积大的通孔的情况下，不能将冲压片从将要成为通孔的部分完全除掉，容易变成该冲压片与原材料部分地连接的状态。特别是，像在上述侧壁14上形成上述通孔5c的情况下那样，在板厚不均匀的部分上形成通孔的情况下，容易产生上述问题。

[0021] 即，尽管在如上述两端缘部分的板厚T_2、T_3中存在着超过5％的差，但是，在如上所述利用前端面20平坦的滑动工具13a形成通孔5c的情况下，与该滑动工具13a开始后退的基本上同时，在上述侧壁14的一部分中与冲压孔12a对向的部分向着该冲压孔12a内开始变形（剪切）。并且，在上述滑动工具13a后退到某种程度的时刻，在上述侧壁14的一部分上与冲压孔12a对向的部分之中，板厚T_3小的部分比同样的部分中板厚T_2大的部分先破裂。其结果是，如图25所示，上述侧壁14的一部分上与冲压孔12a对向的部分中的板厚T_2大的部分，保持与上述侧壁14连接的状态不变，变成在将要抽出的部分的两侧存在相同的

液压的状态。即，金属管 3 内部的液压会从破裂的部位消失。其结果是，即使令上述滑动工具 13a 后退得更多，也不能进行上述板厚 T_2 大、与上述侧壁 14 连接的部分的剪切，不能形成上述通孔 5c。这样，将要抽出的部分的一部分变成原样与侧壁 14 连接的状态的现象，将要形成通孔的部分的厚度差越大则越显著，另外，该通孔的形状，与圆孔的情况相比，如长孔等那样，其形状越复杂，则上述现象越显著。

[0022] 另外，如前面所述的图 19 所示的那样，在过去已知的液压穿孔的情况下，因为膨出部 7 相对于中空构件 11 的中心轴是对称（或者基本上对称）的形状，将要形成通孔的部分的管壁的厚度在全周上基本上是均匀的，所以，在把将要抽出的部分向径向方向的外侧取出的所谓外冲压的情况下，也能够形成通孔。但是，在前述转向柱 1 的转向柱托架 2 的情况下，如前面所述，很难把将要形成通孔的部分的管壁的厚度制造地均匀。另外，在图 19 的左部及中央部所记载的开孔方法的情况下，即使将要形成通孔的部分的厚度是不均匀的，该通孔的形成本身也是可能的，不过，存在着如前面所述的问题。

[0023] 另外，前述专利文献 2、3 所记载的方法，整个工艺复杂，不能避免成本增高。从而，不能代替通过以良好的效率连续地进行膨出部 7a 的加工和通孔 5c 的形成作业，以图降低成本的方法。

[0024] 专利文献 1 :特开平 8-276852 号公报

[0025] 专利文献 2 :特开平 6-292929 号公报

[0026] 专利文献 3 :特开 2001-314926 号公报

[0027] 非专利文献 1 :Frank-Ulrich LEITLOFF/Steffen GEISWEID 著“汽车工业中管液压成形技术的应用”，Journal of the JSTP vol.39no.453(1998-10)

发明内容

[0028] 本发明鉴于上述情况，其目的是，实现一种在金属制的至少一部分为板状的构件的一部分上，在该板状的部分的板厚存在差异的厚度不均匀的部分中，稳定地而且低成本地进行形成通孔的作业的结构及方法。

[0029] 根据本发明的具有通孔的金属制构件，在金属制的至少一部分为板状的构件的一部分上，在该板状部分的厚度存在差异的厚度不均匀的部分中，以贯通该部分的状态设置通孔。

[0030] 该通孔是利用如下所述的液压穿孔形成的 :即，在使上述厚度不均匀的部分的一个面与金属模具接触的状态下，一面向该厚度不均匀的部分的另一个面上施加液压，一面在该厚度不均匀的部分的一部分中将与设置在上述金属模具上的冲孔对应的部分压入该冲孔。

[0031] 这种液压穿孔，例如，通过在将要形成上述通孔的整个周缘上使剪切现象同时结束来进行。

[0032] 为了使这种剪切现象同时结束，例如，在将要形成通孔的周缘上，根据厚度的分布，调整利用液压穿孔进行的剪切加工开始的时刻。

[0033] 或者，在将要形成通孔的周缘上，根据厚度的分布，调整达到断裂的裂纹发生的时刻。

[0034] 为此，例如，作为插入到金属模具的冲孔内的滑动工具，根据承受剪切加工的材料

的厚度分布，使用具有其前端面在厚度小的一侧向金属模具的内侧方向突出、在厚度大的一侧向金属模具的外侧方向凹入的形状的滑动工具。并且，在使上述金属模具的内表面碰到上述厚度不均匀的部分的一个面的状态下，一面向该厚度不均匀的部分的另一个面施加液压，一面使上述滑动工具向从该厚度不均匀的部分退避的方向位移，借助上述液压，将该厚度不均匀的部分的一部分上对应于上述冲孔的部分压入到该冲孔内。

[0035] 或者，使用这样的金属模具，即，作为金属模具的冲孔的周缘部的刀尖部分的截面形状的曲率半径，对应于该刀尖部分承担剪切加工的材料的厚度分布，在厚度大的一侧曲率半径形成得小，在厚度小的一侧曲率半径形成得大。

[0036] 在任何一种情况下，在上述厚度不均匀的部分中，使对应于上述冲孔的整个周缘的部分产生剪切力，使得在该部分中发生剪切现象，进而，与上述剪切现象同时，与断裂相结合，在与上述冲孔相吻合的部分上形成上述通孔。

[0037] 下面，参照图 1 对这一点进行说明。该图 1(A) ～ (C) 是分阶段地表示在利用液压穿孔进行的剪切加工当中，在金属制构件一部分中的板状部分（下面，称为“金属板 25”）的一部分上形成通孔的状态的剖视图。前面所述的所谓外冲压的液压穿孔，基本上是利用作为设置在金属模具 6 上的冲孔 12 周缘部的刀尖部分进行的剪切加工，更详细地说，这种剪切加工如下面所述。首先，如图 1(A) 所示，在使滑动工具 13 从金属模具 6 的冲孔 12 向外侧移动的开始阶段，金属板 25 的一部分进入通过滑动工具 13 的退避而产生的凹部内，该部分塑性变形成凸状。

[0038] 当在发生这种塑性变形之后、继续上述滑动工具 13 的移动（退避）时，如图 1 的 (B) 所示，借助设置在上述冲孔 12 的周缘部的刀尖部分 26，在上述金属板 25 的一部分的一个面（外面，图 1 的右面）侧，开始形成剪切面 27。然后，在这种剪切面 27 的加工进行到某种程度的阶段，如图 1(C) 所示，从该剪切面 27 发生的裂纹 28（龟裂）贯通至上述金属板 25 的另一个面（图 1 的左面）侧，被切削残留的该金属板 25 瞬间断裂，剪切加工结束。由此产生的冲压片 10 被向该金属板 25 的一面侧排出。在该金属板 25 的外表面上，即，在制品的表面上，如图 1(C) 所示，不会产生塌边等不适当的部分。

[0039] 利用外冲压液压穿孔进行的剪切加工，如上所述，是塑性变形、剪切加工和断裂的复合加工，但是，在本发明的情况下，通过根据厚度分布调整它们当中的剪切加工开始的时刻，不管板厚分布如何，都可以利用上述外冲压液压穿孔形成通孔。另外，在本文献的权利要求的范围及说明书中，将上述图 1(B) 所示的剪切面 27 开始形成的时刻作为“剪切加工开始的时刻”，将该图 (C) 所示的裂纹 28 沿着金属板 25 的厚度方向贯通、断裂结束，将材料完全分离的时刻作为“到达断裂的裂纹发生的时刻”（剪切现象结束的时刻）。

[0040] 与上述的本发明相对，为了能够在上述金属板 25 中的厚度不均匀的部分形成通孔，如果在该部分上不采取特殊措施而实施如前述图 19 的右端部所示的外冲压液压穿孔，则在将要形成的通孔的周围之中厚度最薄的部分处，剪切现象先结束，在该部分，裂纹 28 沿着上述金属板 25 的厚度方向贯通。由于上述局部的剪切现象结束，如借助前述图 25 所说明的那样，会引起卸压，不能进行以后的剪切加工，产生如图 25 所示的切削残余。因此，在现有技术中，如前面所述，为了在厚度不均匀的部分形成通孔，不能采用外冲压液压穿孔。与此相对，在本发明的情况下，即使是厚度不均匀的部分，由于根据其厚度分布改变剪切加工开始的时刻，所以，可以避免厚度小的部分的剪切现象部分地先进行到断裂、该厚度小的

部分的剪切现象比厚度大的部分明显先结束的情况。具体地说，与厚度小的部分相比，在厚度大的部分，例如，使剪切加工开始的时刻提前，使得在厚度小的部分和厚度大的部分，剪切加工结束、直到断裂的裂纹发生的时刻相一致（在通孔的全周上同时发生最后的断裂）。即，在将要形成的通孔的全周上，使剪切现象结束的时刻相一致，能够进行没有切削残余的完全的外冲压液压穿孔。

[0041] 用于实施上述这样的本发明的最恰当的状况在于，并不一定必须严格地根据厚度分布控制剪切加工开始的时刻。即，在形成上述通孔时，在对应于上述通孔的周缘部的部分上产生的剪切现象的最后，是由裂纹的贯通引起的断裂，只要这种断裂在通孔的周缘部进行某种程度的剪切现象的话，就会沿着该周缘部传播。从而，如果按照以一定程度的精度使剪切余量的残留量相一致（在一部分上发生裂纹的瞬间，在剩余部分上将剪切进行到一定程度以上）的方式、调整上述剪切现象的进行的时刻的话，剪切现象结束（裂纹发生）的时刻，变成在实际上相一致。即，如果对上述剪切加工开始的时刻进行调整，使之达到在上述通孔的周缘部遍及全周同时引起断裂的程度的话，就足够了。而且，由于这种定时的调整，例如，通过变更滑动工具的前端面的形状就可以比较简单地进行，所以，上述剪切加工开始的时刻的调整，从使上述裂纹发生的时刻相一致的观点出发，是极为现实的对策。

[0042] 另外，假定在全周上剪切加工开始的时刻是同时的，在将要形成通孔的周缘上，根据厚度分布调整达到断裂的裂纹发生的时刻，使得在厚度大的部分与厚度小的部分相比更早地发生由裂纹引起的断裂的话，能够在全周上使断裂同时结束。即，通过根据金属板的厚度分布调整达到断裂的裂纹发生的时刻，在将要形成的通孔的周缘的全周上，可以使剪切现象结束的时刻相一致，外冲压液压穿孔成为可能。例如，通过对金属模具侧进行设计，具体地说，通过改变作为金属模具的冲孔的周缘部的刀尖部分的截面形状的曲率半径，这种对策是可能的。即，使用根据承受剪切加工的材料的厚度分布、该刀尖部分的截面形状的曲率半径在厚度大的一侧小、在厚度小的一侧大的金属模具，使得在该厚度小的一侧由裂纹引起的断裂的发生推迟。这样，即使不进行剪切加工开始的时刻的调整，也可以使剪切现象结束（发生裂纹）的时刻相一致。另外，通过将对滑动工具的前端部的形状进行的设计和对上述刀尖部分的曲率半径进行的设计加以组合，也可以使剪切现象结束的时刻相一致。

[0043] 另外，如前者那样通过对滑动工具的前端部的形状进行设计、使得上述断裂在全周同时发生的技术，通过将剪切加工开始的时刻的调整和裂纹发生的时刻的调整两者组合起来，使剪切现象结束的时刻相一致。与此相对，如后者那样通过对刀尖部分的曲率半径进行设计、使上述断裂在全周上同时发生的技术，主要通过达到断裂的裂纹发生的时刻的调整，使剪切现象结束的时刻相一致。从而，根据材料的厚度分布进行工具设计，以便获得在将要形成的通孔的周缘部的整个长度上使剪切现象同时结束所必须的时刻之差。例如，为了能够在厚度薄的部分推迟剪切开始的时刻，在加工的初期阶段，在赋予该部分垂直于剪切面的方向的压缩应力，或者加大冲孔的端缘部（刀尖部分）的曲率半径。另一方面，为了在厚度厚的部分将剪切开始的时刻提前，将剪切开始本身提前、或者在加工的初期阶段赋于该部分拉伸应力。

[0044] 成为本发明的对象的具有通孔的金属制构件，由于与液压成形法（液压成形）组合是恰当的，所以，一般地，是具有封闭截面的管状构件，但是，也可以是板状构件，其形状没有特定的限制。在管状构件的情况下，可以是电焊管，无缝管（包括挤压成形管）的任何

一种。另外，在板状构件之中将要形成通孔的部分并不局限于平坦部，也可以是弯曲部。例如，对于车身等的平板乃至弯曲板，可以采用液压成形以及液压穿孔。在这种情况下，由于在将平板乃至弯曲板成形之后，可以原封不动地继续形成通孔，所以，可以简化加工工艺。有代表性的具有通孔的金属制构件，例如，是具有整体型的转向柱托架的转向柱用外管，该整体型的转向柱托架例如利用液压成形形成。另外，在具有通孔的金属制构件中的厚度不均匀的部分，指的是厚度存在差异的部分，不仅包括该厚度连续地变化的情况，也包括分阶段地变化或者连续地并且分阶段地变化（连续变化的部分和分阶段变化的部分混合存在）的情况。

[0045] 在金属制构件中，将要形成通孔的部分（厚度不均匀的部分）中的厚度变化率（最小厚度与最大厚度之差）没有特定的限制。与变化率的大小无关，本发明都是有效的。但是，当考虑到厚度的变化率越大、借助一般的外冲压的液压穿孔形成通孔越困难的情况，则厚度的变化率越大，本发明的有效性就越大。即，在3％以上的情况下，实施本发明是有效的，在5％以上的情况下，则更为有效。

[0046] 上述厚度不均匀的部分是由各种因素造成的。不仅在利用如前面所述的液压成形形成膨出部时产生，而且在拉深加工、弯曲加工等其它的塑性加工中也会产生。进而，由于即使除塑性加工之外也有时产生厚度不均匀，所以，在划定本发明的技术范围的情况下，产生上述厚度不均匀部分的原因没有限制。同样地，如前面所述，对于厚度不均匀的部分的形状也没有特定的限制。例如，在弯曲加工管的情况下，弯曲的外周侧厚度减薄，弯曲的内周侧厚度增加，产生厚度差。在实施该弯曲加工的原材料上实施液压成形加工、形成平坦部的情况下，结果也会产生厚度差。在由于这样的原因而产生厚度差的平坦面乃至弯曲面上形成通孔的情况下，本发明也是有效的。进而，对金属的种类也没有特定的限制。可以是钢等铁系合金、铝系合金、铜系合金等非铁合金，当然，也可以是其它各种金属、合金。

[0047] 根据如上述方式构成的本发明的具有通孔的金属制构件及其制造方法，可以稳定地并且低成本地进行这样的作业：即，在金属制的至少一部分呈板状的构件的一部分上，在呈该板状的部分的厚度具有差异的厚度不均匀部分上形成通孔。

[0048] 即，通过对滑动工具的前端面的形状或者金属模具中的冲压孔的周缘部的形状进行设计，即使在上述呈板状的构件的一部分的板厚不均匀的情况下，也能够在冲压孔的两侧缘彼此之间消除乃至降低该板厚的差异。因此，伴随着使上述滑动工具从上述厚度不均匀的部分退避，使得在该厚度不均匀的部分中与上述冲压孔对向的部分在该冲压孔的全周断裂，可靠地形成上述通孔。

附图说明

[0049] 图1是表示液压穿孔的进行状态的部分剖视图，用于说明本发明的原理。

[0050] 图2是以形成通孔之前的状态表示本发明的实施例1的与图23的A部相当的放大剖视图。

[0051] 图3是表示本发明的实施例1的通孔形成的过程当中的状态的与图2同样的图示。

[0052] 图4是表示本发明的实施例1的继续的状态的与图2同样的图示。

[0053] 图5是表示在本发明的实施例1中已经形成了通孔的状态的与图2同样的图示。

[0054] 图 6 是表示本发明的实施例 1 的变形例的与图 2 同样的图示。

[0055] 图 7 是以形成通孔之前的状态表示本发明的实施例 2 的与图 23 的 A 部相当的放大剖视图。

[0056] 图 8 是表示在本发明的实施例 2 中已经形成了通孔的状态的与图 7 同样的图示。

[0057] 图 9 是表示作为本发明的实施例 3 的、形成通孔用的滑动工具的三个例子的剖视图。

[0058] 图 10 是表示本发明的实施例 4 的与图 23 的 A 部相当的放大剖视图。

[0059] 图 11 表示本发明的实施例 5，(A) 是侧视图，(B)(C) 分别是以在相互不同的方向切断的状态表示形成通孔的部分的剖视图。

[0060] 图 12 是用于说明通孔的形状的部分侧视图。

[0061] 图 13 是表示本发明的实施例 6 的与图 11 同样的图示。

[0062] 图 14 是表示本发明的实施例 7 的与图 11 同样的图示。

[0063] 图 15 是表示成一整体地设置有转向柱托架的转向柱的现有技术例的剖视图。

[0064] 图 16 是表示该现有技术例的部分剖视图。

[0065] 图 17 是图 16 的 B 向视图。

[0066] 图 18 是图 17 的 C-C 剖视图，(A) 表示转向柱托架的侧壁部，(B) 表示使侧壁部进一步膨出的状态。

[0067] 图 19 是表示在将金属管塑性变形构成的膨出部上形成通孔的方法的三个例子的剖视图。

[0068] 图 20 是表示以前提出的在金属管上形成膨出部、进而在该膨出部上形成通孔的方法的准备工艺的剖视图。

[0069] 图 21 是图 20 的 D-D 剖视图。

[0070] 图 22 是表示在所述金属管上形成膨出部的状态的剖视图。

[0071] 图 23 是图 22 的 E-E 剖视图。

[0072] 图 24 是图 23 的 A 部放大剖视图。

[0073] 图 25 是用于说明利用以前提出的方法不能形成通孔的理由的与图 24 同样的剖视图。

[0074] 符号说明：

[0075] 1 转向柱

[0076] 2 转向柱托架

[0077] 3 金属管

[0078] 4 倾斜螺栓

[0079] 5、5a、5b、5c、5d、5e、5f 通孔

[0080] 6、6a 金属模具

[0081] 7、7a 膨出部

[0082] 8、8a 圆柱形孔

[0083] 9、9a 冲头

[0084] 10、10a、10b、10c 冲压片

[0085] 11 中空构件

[0086] 12、12a、12b 冲孔

[0087] 13、13a、13b、13c、13d、13e 滑动工具

[0088] 14 侧壁

[0089] 15 金属模具元件

[0090] 16 圆孔部

[0091] 17 凹部

[0092] 18 中心孔

[0093] 19、19a、19b 轴向推压工具

[0094] 20、20a、20b、20c、20d 前端面

[0095] 21、21a、21b、21c 平坦面

[0096] 22、22a 倾斜面

[0097] 23 间隙

[0098] 24、24a 倾斜部

[0099] 25 金属板

[0100] 26、26a、26b 刀尖部分

[0101] 27 剪切面

[0102] 28 裂纹

[0103] 29 倾斜部

具体实施方式

[0104] 在实施使用具有根据承担剪切加工的材料的厚度分布前端面在厚度小的一侧向金属模具的内侧方突出、在厚度大的一侧向金属模具的外侧方向凹入的形状的滑动工具的本发明的情况下，例如，使滑动工具的前端面中最突出的部分位于与金属模具的内表面相一致的部分。并且，使该前端面在该厚度不均匀的部分中板厚小的一侧与厚度不均匀的部分的一个面接触，而在板厚大的一侧隔着间隙与所述一个面对向。通过从这种状态使上述滑动工具在冲压孔的内侧向从上述厚度不均匀的部分退避的方向位移，形成通孔。

[0105] 在这种结构的情况下，在使上述滑动工具退避之前的状态（使滑动工具的前端面中最突出的部分位于与金属模具的内表面相一致的部分的状态），在上述厚度不均匀部分的一部分中与上述间隙对向的部分、即上述板厚大的一侧的部分，被稍稍压入到该间隙内。其结果是，在该板厚大的一侧的部分中，在与上述冲压孔的开口部的一端缘接触的部分中，与其它部分相比，剪切加工先开始。同时，该部分的板厚稍稍减少，该部分的板厚与上述板厚小的一侧的部分中和上述冲压孔的开口部另一端缘对向的部分的板厚之差降低或者消除。因此，如果使上述滑动工具从这种状态退避的话，则在上述其它部分也开始剪切加工。并且，在上述厚度不均匀的部分中，与上述冲压孔对向的部分在该冲压孔的开口部周缘的全周上断裂，被压入到冲压孔内，形成上述通孔。

[0106] 或者，使在滑动工具的前端面中最突出的部分从金属模具的内表面突出，使最不突出的部分与该内表面相一致或者位于比该内表面凹入的部分处。在将上述滑动工具的前端部配置在这样的位置上的状态下，在厚度不均匀的部分的一个面上，使液压作用到与上述滑动工具所对着的面相反侧的面上，使该厚度不均匀的部分依照该滑动工具的前端部进

行弯曲。由于在这种状态下，该滑动工具的前端面变成与这样弯曲的上述厚度不均匀的部分的一个面接触的状态，所以，通过从这种状态使上述滑动工具在冲压孔的内侧向从上述厚度不均匀的部分退避开的方向位移，形成通孔。

[0107] 在这样构成的情况下，通过使液压作用到上述厚度不均匀的部分的一个面上，在该厚度不均匀的部分的一部分上，在与将要形成通孔的部分的两端缘对应的部分之中，板厚变小的一侧的部分在与当使上述滑动工具后退而形成上述通孔时变形的方向相反的方向上产生比较大的变形。与此相对，板厚比较大的一侧的部分在与当形成上述通孔时变形的方向相反的方向上不变形，或者，即使在变形的情况下，其变形量也很小。

[0108] 如果从根据厚度不均匀的部分的一部分中将要形成通孔的部分之中的与两个端缘对应的部分的板厚、使这两个部分的形状变成上述的形式的状态起，使上述滑动工具在冲压孔内从上述厚度不均匀的部分退避开，则在该厚度不均匀的部分中与该冲压孔吻合的部分被压入到该冲压孔内。这时，上述板厚比较大的部分立即被压入到该冲压孔内，开始剪切加工，与此相对，上述板厚变小的部分，在一度变形到与其它部分平行之后，被压入到上述冲压孔内。并且，在上述板厚变小的部分一度变形到与其它部分平行，进而，被压入到上述冲压孔内的过程中，向该部分施加压缩应力，变成该部分难以断裂（断裂的时刻推迟）的状态。另外，该部分的板厚稍稍增大。

[0109] 因此，在从上述板厚比较大的部分中的剪切开始到断裂的时刻与从上述板厚变小的部分中的剪切开始到断裂的时刻之间，没有大的差异。其结果是，在上述厚度不均匀的部分中，与上述冲压孔对向的部分一面遍及该冲压孔的周缘部的全周同时断裂，一面被压入到该冲压孔内，形成上述通孔。

[0110] 在实施本发明的情况下，例如，将厚度不均匀部分的一部分中的板厚逐渐变化的部分作为通过液压成形法使原材料的一部分膨出形成的膨出部的侧壁。

[0111] 在这种情况下，例如，将金属制构件作为利用液压成形法使中空管的一部分向径向方向的外方膨出、在该膨出形成的膨出部的侧壁部上形成通孔的转向柱。并且，继续这种膨出部的加工作业，进行通孔的形成作业。

[0112] 如果以这样的形式实施本发明的话，则无需转换原材料，就可以连续地进行膨出部的形成和通孔的形成，通过工艺的简化，降低制造成本。

[0113] 另外，在这种情况下，例如，在考虑到包含中空管的中心轴且向垂直于膨出部膨出的方向扩展的假想平面的情况下，将整个通孔形成在从该假想平面在上述膨出的方向上离开的位置上。

[0114] 在构成膨出部的侧壁部中，存在于这样的位置上的部分的板厚逐渐变化。因此，借助本发明在这样的侧壁部上形成通孔是有效的。

[0115] 实施例 1

[0116] 图 2 ～ 5 表示本发明的实施例 1。另外，本实施例的特征在于，利用前述图 20 ～ 23 所示的液压成形法使金属管 3 的一部分向径向方向的外方塑性变形，形成前述图 15 ～ 16 所示的膨出部 7a，之后，通过对在该膨出部 7a 的侧壁 14 上形成通孔 5c 的工艺进行设计，可靠地形成通孔 5c。关于形成上述膨出部 7a 的问题，由于与前面所述一样，所以，省略或者简化其重复说明，下面以本实施例的特征部分为中心，进行说明。

[0117] 在本实施例的情况下，在构成金属模具 6a 的金属模具元件 15 的一部分上，在上述

侧壁 14 中的将要形成上述通孔 5c 的部分中，设置具有与该通孔 5c 相称的（实质上相一致的）形状（例如长圆形）的冲压孔 12a。并且，在该冲压孔 12a 内，紧密并且可相对于上述侧壁 14 进退地嵌入安装用于形成上述通孔 5c 的滑动工具 13b。在本实施例中使用的上述滑动工具 13b 的前端面 20a，将上述冲压孔 12a（或者通孔 5c）的宽度方向（图 2 ～ 5 的上下方向）的一个端部（图 2 ～ 5 的上端部）作为与上述金属模具元件 15 的内表面平行的平坦面 21，将中间部乃至另一端部（图 2 ～ 5 的下端部）作为随着远离该平坦面 21 而向远离上述侧壁 14 的方向倾斜的倾斜面 22。在实施用于在上述金属管 3 的一部分上形成上述膨出部 7a 的液压成形工艺时，使上述滑动工具 13b 在前述冲压孔 12a 内前进，使上述平坦面 21 位于和上述金属模具元件 15 的内表面相同的平面上。从而，在上述滑动工具 13b 的前端面 20a 之中对应于上述倾斜面 22 的部分成为比上述金属模具元件 15 的内表面凹的状态。

[0118] 在使上述滑动工具 13b 如上所述地前进的状态下，将液压导入到上述金属管 3 的内部，同时，一面施加将该金属管 3 向轴向方向压缩的方向的力，一面形成上述膨出部 7a。在这种情况下，如前面所述，该膨出部 7a 的侧壁 14 的板厚越靠近图 2 ～ 5 的上方则变得越小。在本实施例的情况下，伴随着上述膨出部 7a 的加工，在该膨出部 7a 的侧壁 14 的一部分中，与上述倾斜面 22 对向的部分如图 2 所示稍稍进入存在于所述侧壁 14 与倾斜面 22 之间的间隙 23 内。并且，在这样进入间隙 23 内的部分上，施加垂直于剪切面方向的拉伸应力，同时，在上述侧壁 14 的一部分中，在与存在于上述冲压孔 12a 的周缘部处的刀尖部分 26 碰到的部分上，施加剪切应力。

[0119] 即，在与上述间隙 23 对向的部分的两端缘部中，在与上述平坦面 21 和上述倾斜面 22 的连接部对向的一侧（图 2 的上侧），除施加若干相对于剪切面垂直的方向的拉伸方向的应力之外，还施加弯曲应力，使上述侧壁 14 的一部分弯曲。与此相对，在和存在于上述冲压孔 12a 的开口周缘部的上述刀尖部分 26 对向的一侧（图 2 的下侧），借助该刀尖部分 26 和液压，施加剪切应力，在该部分中开始剪切加工。同时，上述部分的板厚 T_4 与不存在上述间隙 23 的状态的板厚 T_2（参照图 24）相比变小（$T_4 < T_2$）。

[0120] 另一方面，在与上述冲压孔 12a 的宽度方向两端缘对向的上述侧壁 14 中，与上述平坦面 21 和前述金属模具元件 15 的内表面的连接部相对应的部分，在图 2 所示的状态下，剪切加工尚未开始，关于该部分的板厚 T_3，借助前述图 20 ～ 23 所示的液压成形法，不足以变成使金属管 3 的一部分向径向方向的外方塑性变形、形成膨出部 7a 的状态。即，上述部分的板厚 T_3 不会由于使用本实施例的滑动工具 13b 而特别减少。

[0121] 这样，在本实施例的情况下，由于对滑动工具 13b 的前端面 20a 的形状进行设计，在实施液压成形工艺时，恰当地限制该前端面 20a 的位置，所以，在上述侧壁 14 的一部分上，在与冲压孔 12a 对向的部分中，剪切加工先从板厚大的一侧（图 2 的下侧）开始。另外，在上述侧壁 14 中，将位于上述冲压孔 12a 的宽度方向的两端缘部的部分的板厚 T_4、T_3 之差抑制得很小。即，在液压成形工艺结束时，使比较大的部分的板厚（从 T_2）降低变成 T_4，而不使比较小的部分的板厚降低，使其保持在 T_3 不变，所以，可以使上述宽度方向的两端缘部的板厚 T_4、T_3 基本上相等（$T_4 \approx T_3$），此外，能够很容易地使剪切加工结束的时刻相一致（容易同时结束）。

[0122] 于是，如图 3 所示，使上述滑动工具 13b 在上述冲压孔 12a 内开始后退。通过该后

退开始，在上述侧壁 14 的一部分中与冲压孔 12a 对向的部分之中，板厚小的一侧（图 3 的上侧）也开始剪切加工。当从这种状态使上述滑动工具 13b 如图 4 所示进一步后退时，在上述侧壁 14 的一部分中与冲压孔 12a 对向的部分的全周（板厚大的一侧及小的一侧、以及之间的部分），进行剪切加工。并且，伴随着该剪切加工的进行，在上述侧壁 14 的一部分中与冲压孔 12a 对向的部分的全周上，几乎同时地产生如图 1(C) 所示的裂纹。

[0123] 其结果是，与上述冲压孔 12a 对向的部分，如图 5 所示，被存在于上述侧壁 14 的内侧部分处的液压冲压，成为冲压片 10c，被压入到上述冲压孔 12a 内。这时，与上述冲压孔 12a 对向的部分的周缘部从剪切加工达到断裂，但是，通过如上所述从板厚大的部分先开始剪切加工，以及通过该部分的周缘部的板厚 T_4、T_3 在全周上基本上相等 ($T_4 \approx T_3$)、容易使该部分的剪切加工结束的时刻相一致，在上述周缘部的全周上，实质上同时发生这种断裂，形成上述冲压片 10c。如前述图 15 所示，在侧壁 14 的一部分上与冲压孔 12a 对向的部分不会原封不动地保持与该侧壁连接的状态。其结果是，在上述侧壁 14 中与前述冲压孔 12a 吻合的部分上，可靠地形成前述通孔 5c。

[0124] 另外，上述冲压片 10c 被压入到上述冲压孔 12a 内，不会残留在包含前述膨出部 7a 的金属管 3 内。从而，在形成上述通孔 5c 之后，不需要将上述冲压片 10c 从该金属管 3 的内部取出的工艺及装置。因此，可以将制造配备有上述膨出部 7a 及通孔 5c 的制品用的装置小型化（节省空间）等，降低制造该制品所需要的成本。

[0125] 另外，为了可靠地冲压将要形成上述通孔 5c 的部分，根据上述金属管 3 的材质、原来的板厚等，从设计上和实验上确定在上述板厚大的一侧剪切加工的开始比板厚小的一侧提前的程度，或者确定令上述宽度方向的两端缘部的板厚 T_4、T_3 基本上相等、易于使剪切加工结束的时刻相一致的程度。例如，在成一整体地设置在由软钢板、铝合金板等制造的转向柱上的转向柱托架上形成通孔的情况下，通过适当地对前述滑动工具 13b 的前端部分的形状进行设计，使上述剪切加工的开始时刻错开。另外，如上所述，为了使上述宽度方向上的两端缘部的板厚 T_4、T_3 的关系成为容易使剪切加工结束的时刻相一致的关系，根据液压、上述金属管 3 的材质、与原来的板的关系，基于实验数据控制相对于上述宽度方向的前述倾斜面 22 的宽度尺寸。

[0126] 另外，例如，在将形成膨出部 7a、进而在该膨出部 7a 的侧壁 14 上形成通孔 5c 的金属管 3 从由前述金属模具元件 15 构成的金属模具 6a 中取出之后，通过使前述滑动工具 13b 前进、从上述冲压孔 12a 中将被压入到上述冲压孔 12a 内的上述冲压片 10c 压出，可以容易地将上述冲压片 10c 从上述金属模具 6a 中取出。或者，在上述金属管 3 是软钢板等磁性材料制造的情况下，在将金属管 3 从金属模具 6a 中取出之后，利用磁铁吸附上述冲压片 10c，也可以从上述冲压孔 12a 中将其取出。进而，也可以在上述金属模具 6a 的内部设置排出通路，该排出通路从上述冲压孔 12a 通向外部空间，具有只使上述冲压片 10c 通过的大小。在这种情况下，在将上述金属管 3 从上述金属模具 6a 中取出之后，利用另外导入到上述冲压孔 12a 内的空气压或液压，将利用导入到上述金属管 3 内的液压压入到上述冲压孔 12a 内的上述冲压片 10c 从该冲压孔 12a 排出。在任何一种情况下，伴随着上述通孔 5c 的加工而被压入到该冲压孔 12a 内的上述冲压片 10c，在下一个加工作业之前，从该冲压孔 12a 排出。

[0127] 另外，在本实施例的情况下，在如图 2 所示的通孔形成加工的初期阶段，使上述滑动工具 13b 的前端面 20a 的平坦面 21 存在于与金属模具元件 15 的内表面相同的位置上。

但是，如图 6 所示，也可以使该平坦面 21 存在于比该内表面稍稍凹入的位置上。在这种情况下，如图 6 所示，与上述平坦面 21 不比金属模具元件 15 的内表面凹入的状态相比，板厚小的部分被略微压入到冲压孔 12a 内。从而，在板厚大的部分和小的部分，剪切加工的开始时刻的错开变小。究竟采用图 2 和图 6 中的哪一种，根据上述板厚大的部分和小的部分之差等从设计上决定（通过实验等设定其条件）。

[0128] 实施例 2

[0129] 图 7 ～ 8 表示本发明的实施例 2。关于在本实施例中使用的滑动工具 13c 的前端面 20b，与上述实施例 1 的情况一样，配备有与侧壁 14 中板厚比较小的部分对向的平坦面 21a、和与侧壁 14 中板厚比较大的部分对向的倾斜面 22a。但是，在本实施例中使用的滑动工具 13c 的情况下，该倾斜面 22a 的倾斜角度比上述实施例 1 中使用的滑动工具 13b 的倾斜面 22（参照图 2 ～ 6）平缓。

[0130] 在本实施例的情况下，在使这样的滑动工具 13c 的前端部比金属模具元件 15 的内表面稍稍突出的状态下，将液压导入到金属管 3 的内侧，进行液压成形，使该金属管 3 的一部分向径向方向的外方塑性变形，形成膨出部 7a。即，使作为上述滑动工具 13c 的前端面 20b 中最突出的部分的上述平坦面 21a 从上述金属模具元件 15 的内表面突出。与此相对，使作为上述前端面 20b 中最不突出的部分的上述倾斜面 22a 中离上述平坦面 21a 最远的部分处于与上述金属模具元件 15 的内表面相一致的部分的位置上。并且，在这种状态下，将液压导入到上述金属管 3 的内侧，使该金属管 3 的一部分向径向方向的外方膨出，形成上述膨出部 7a。

[0131] 在上述金属模具元件 15 的内表面的一部分上，由于上述滑动工具 13c 的前端部突出，所以，在形成有上述膨出部 7a 的状态下，构成该膨出部 7a 的侧壁 14 的一部分如图 7 所示仿照上述滑动工具 13c 的前端部弯曲。即，在该侧壁 14 中与上述平坦面 21a 接触的部分变成最远离上述金属模具元件 15 的内表面的状态，与上述倾斜面 22a 接触的部分沿着该倾斜面 22a 倾斜，越朝向上述平坦面 21a，越向距上述金属模具元件 15 的内表面的距离变大的方向倾斜。

[0132] 因此，如图 8 所示，如果从这种状态使上述滑动工具 13c 在冲压孔 12a 的内侧朝着从上述侧壁 14 退避的方向位移的话，则在该侧壁 14 的一部分中与该冲压孔 12a 相吻合的部分在冲压孔 12a 的全周上断裂，形成与该冲压孔 12a 相吻合的通孔 5c。

[0133] 在本实施例的情况下，由于以下的理由，在上述侧壁 14 的一部分中与上述冲压孔 12a 相吻合的部分在冲压孔 12a 的全周上断裂。首先，为了形成上述膨出部 7a，在使液压作用到上述金属管 3 的内侧、形成该膨出部 7a 的工序的最终阶段，该膨出部 7a 的侧壁 14 的一部分被压到上述滑动工具 13c 的前端部上，所述部分仿照该前端部变形。具体地说，在上述侧壁 14 的一部分上，在与将要形成上述通孔 5c 的部分的两端缘相对应的部分之中，板厚变小的一侧（图 7 的上侧）的部分，在与使上述滑动工具 13c 后退、形成上述通孔 5c 时变形的方向相反的方向上，进行比较大的变形（弯曲）。在这种状态下，这样大的弯曲的部分的板厚变为 T_6。与此相对，板厚比较大的一侧（图 7 的下侧）的部分，向与形成上述通孔 5c 时变形的方向相反的方向变形，但是，其变形量很小，该部分的板厚变成 T_5。

[0134] 因此，如果从上述侧壁 14 的一部分将要中形成上述通孔 5c 的部分按照上述那样进行变形的状态起，使上述滑动工具 13c 在上述冲压孔 12a 内稍稍退避到表示前述实施例

1 的图 2 所示的程度，则与在上述比较大的板厚 T_5 的部分中、如该图 2 所示立即开始剪切加工相反，在上述比较小的板厚 T_6 的部分中，尚未开始剪切加工。不如说，该比较小的板厚 T_6 的部分变成相对于剪切面被向垂直方向压缩、施加压缩应力、难以发生裂纹的状态。当从这种状态进一步使上述滑动工具 13c 在上述冲压孔 12a 内稍稍退避到表示前述实施例 1 的图 3 所示的程度时，在上述比较小的板厚 T_6 的部分，也开始剪切加工。并且，当使上述滑动工具 13c 经由表示前述实施例 1 的图 4 的状态进一步退避时，如图 8 所示，在上述侧壁 14 的一部分中与上述冲压孔 12a 对向的部分的全周（上述比较大的板厚 T_5 的部分及上述比较小的板厚 T_6 的部分、以及之间部分）上进行剪切加工。并且，伴随着上述剪切加工的进行，在上述侧壁 14 的一部分中与冲压孔 12a 对向的部分的全周上，基本上同时发生如前述图 1(C) 所示的裂纹。

[0135] 其结果是，与上述冲压孔 12a 对向的部分，如图 8 所示，被存在于上述侧壁 14 的内侧部分处的液压冲压，成为冲压片 10c，被压入到上述冲压孔 12a 内。另外，如上所述，在上述侧壁 14 的一部分中与冲压孔 12a 对向的部分的全周上，基本上同时发生裂纹，可以认为，这是在使上述剪切加工开始的时刻错开的基础之上，还缩小各部分的板厚之差作出的贡献。即，如上述图 7 所示，当使上述滑动工具 13c 在上述冲压孔 12a 内从上述侧壁 14 退避时，在该侧壁 14 中与该冲压孔 12a 吻合的部分被压入到该冲压孔 12a 内。这时，具有上述比较大的板厚 T_5 的部分立即开始被压入到该冲压孔 12a 内。与此相对，上述板厚 T_6 小的部分一度变形到与其它部分平行之后，被压入到上述冲压孔 12a 内。并且，在上述板厚 T_6 小的部分一度变形到与其它部分平行、进而被压入到上述冲压孔 12a 内的过程中，与向该部分施加压缩应力同时，该部分的板厚稍稍增大（变得比 T_6 大）。其结果是，在上述侧壁 14 中与上述冲压孔 12a 对向的部分，一面在该冲压孔 12a 的周缘部的全周上断裂，一面被压入到该冲压孔 12a 内，形成上述通孔 5c。

[0136] 另外，在本实施例的情况下，在如图 7 所示形成膨出部 7a 的阶段，也可以使在上述滑动工具 13c 的前端面 20b 的倾斜面 22a 中远离平坦面 21a 侧的端部位于比金属模具元件 15 的内表面稍稍凹入的部分上。在这种情况下，如图所示，与该部分比金属模具元件 15 的内表面不凹入的状态相比，由于在膨出部 7a 的侧壁 14 中与该部分接触的部分被稍稍压入到冲压孔 12a 内，所以，有该部分中的剪切加工的开始变得更早、同时该部分的板厚稍稍变薄的倾向。

[0137] 在任何一种情况下，如图 7 所示，在使金属管 3 的一部分膨出、形成膨出部 7a，令上述滑动工具 13c 的前端面 20b 碰到该膨出部 7a 的侧壁 14 的一部分的状态下，在该侧壁部 14 中与上述冲压孔 12a 的宽度方向的两端缘对应的部分的板厚 T_5、T_6 之差，从板厚大的一侧观察时，优选地在 30％以内，更优选地，如果在 20％以内的话，对于形成上述通孔 5c 而言，很难产生问题。即，本实施例的制造方法，与前述实施例 1 的情况相比，在板厚之差大的情况下，是恰当的。另外，可以使在上述前端面 20b 中最凹入、且在上述倾斜面 22a 中离上述平坦面 21a 侧远的端部，如图所示，与金属模具 15 的内表面相一致，或者，如上所述，使之位于稍稍凹入的部分，进而，也可以使之稍稍从该内表面突出。

[0138] 实施例 3

[0139] 图 9，作为本发明的实施例 3，表示在前述实施例 1 及上述实施例 2 中使用的滑动工具 13b、13c 和能够置换该滑动工具 13b、13c 的滑动工具两个例子，共计三个例子的滑动

工具。即，如上述两个实施例所述，在形成通孔 5c 的情况下使用的滑动工具的前端部的形状，并不局限于如图 9(A) 所示那样配备有截面形状为直线状的倾斜面 22、22a 的滑动工具 13b(13c)，如图 9(B)(C) 所示，也可以配备有截面形状为圆弧形的曲面状的倾斜部 24、24a，虽然图中没有示出，但倾斜面的截面形状也可以是将直线和曲线组合起来的复合面。另外，如上述图 9(A) 中的虚线所示，也可以使形成在滑动工具 13b(13c) 的前端面 20a(20b) 上的倾斜面 22(22a) 倾斜角度 θ 在该前端面 20a(20b) 的长度方向（图 9 的表面背面方向）的中间部变化。在将要借助液压穿孔形成通孔的部分的厚度不仅在该通孔的宽度方向上、而且也在长度方向上变化的情况下，上述那样的考虑是必要的。另外，在这种情况下，也可以代替上述倾斜面 22(22a) 的倾斜角度 θ，使平坦面 21(21a) 的宽度 W_2 变化，或者使两者变化。这样，根据材料的厚度分布的形式，按照需要，使前端面 20a(20b) 的形状进行三维变化。

[0140] 另外，图 9(A)，表示在上述实施例 1 及上述实施例 2 中使用的滑动工具 13b(13c)，但是，这种滑动工具 13b(13c) 的尺寸，例如，按照下述方式来控制。即，当令该滑动工具 13b(13c) 的宽度为 W_1，该滑动工具 13b(13c) 的前端面 20a(20b) 中的平坦面 21(21a) 的宽度为 W_2，其倾斜面 22(22a) 的倾斜角度为 θ 时，可以采用

[0141] $0 \leqslant W_2 \leqslant 0.9W_1$

[0142] $0.3° \leqslant \theta \leqslant 90°$

[0143] 的范围。

[0144] 优选地，设定在

[0145] $0.01W_1 \leqslant W_2 \leqslant 0.9W_1$

[0146] $0.3° \leqslant \theta \leqslant 90°$

[0147] 的范围内，

[0148] 更优选地，设定在

[0149] $0.2W_1 \leqslant W_2 \leqslant 0.8W_1$

[0150] $1° \leqslant \theta \leqslant 20°$

[0151] 的范围内，

[0152] 特别优选地，设定在

[0153] $0.2W_1 \leqslant W_2 \leqslant 0.7W_1$

[0154] $3° \leqslant \theta \leqslant 20°$

[0155] 的范围内。

[0156] 总之，上述滑动工具 13b(13c) 的宽度 W_1，根据将要形成的通孔 5c 的宽度决定，其余的宽度 W_2 及倾斜角度 θ，根据金属管 3 的材质、板厚，通过实验选择最佳值。当平坦面 21(21a) 的宽度 W_2 过大时，很难充分获得通过使该平坦面 21(21a) 突出起到的对剪切加工开始的时刻、到达断裂的裂纹发生的时刻的调整效果。相反地，当上述 W_2 过小时，难以确保上述平坦面 21 的机械强度。从而，如果在确保滑动工具的机械强度方面没有问题的话，也可以省略该平坦面 21。关于上述倾斜角度 θ，当其过小时，难以获得通过使上述滑动工具 13b(13c) 退避起到的对上述各个时刻的调整效果。相反地，在上述倾斜角度 θ 过大的情况下，不仅难以确保上述平坦面 21(21a) 的机械强度，而且较厚的一侧易于被过度剪切，难以调整上述各个时刻。

[0157] 另外，图 9(B)(C) 表示利用截面形状的曲率半径为 R 的部分圆筒面状的凹曲面｛在图 9(b) 的情况下｝或者凸曲面｛(图 9(C) 的情况下｝的倾斜部 24、24a 代替上述倾斜面 22(22a) 形成的滑动工具的情况，关于形成这种倾斜部 24、24a 的滑动工具 13d、13e，在下面所述的范围内选定各部分的尺寸。

[0158] 即，当令各个滑动工具 13d、13e 的宽度为 W_1、各个滑动工具 13d、13e 的前端面 20c、20d 中的平坦面 21b、21c 的宽度为 W_2 时，可以设定在

[0159] $0 \leqslant W_2 \leqslant 0.9W_1$

[0160] 的范围内，

[0161] 优选地，设定在

[0162] $0.01W_1 \leqslant W_2 \leqslant 0.9W_1$

[0163] 的范围内。上述倾斜部 24、24a 的截面形状的曲率半径 R 的值可以任意设定。关于各个值，根据金属管 3 的材质、板厚，通过实验选定最佳值。和图 9(A) 所示的滑动工具 13b(13C) 的情况一样。

[0164] 总之，关于对本发明的实施，在使滑动工具在冲压孔的内侧退避时，即使如膨出部的侧壁那样，在板厚存在着差异的情况下，如果是具有如下面所述的前端形状的滑动工具的话，就可以用于本发明的实施，所述滑动工具的前端形状，在上述冲压孔的两侧缩小板厚的差异等，可以在全周上同时将与该冲压孔对向的部分断裂。

[0165] 进而，优选地，以在侧壁 14 中将要形成通孔的部分的厚度 T(相当于图 2 的 T_3) 为基准，将滑动工具 13b、13c 的前端面 20a、20b 的从金属模具 15 的内表面突出的突出量 S(图 7) 或者凹入的凹入量 -S(图 6)，限制在 $|T| > |S|$ 的范围内。当该突出量 S 过大时，伴随着滑动工具的后退，附加到厚度小的部分上的压缩应力过大，即使剪切加工进展，也不会发生裂纹。其结果是，只有厚度大的部分发生剪切，本发明的实施变得困难。另外，当上述凹入量 -S 过大时，从初期状态起材料过度进入冲压孔内，由于滑动工具的前端面形状，对应于厚度大的一侧和厚度小的一侧调整前述各个时刻的效果变小。换句话说，各个时刻的调整变得困难。

[0166] 另外，在形成通孔时，关于一面使滑动工具退避一面向侧壁 14 的一个面 (与金属模具元件 15 相反侧的面) 上作用的液压 P，在令金属材料的剪切阻力为 r，厚度为 T，通孔的周长为 L，通孔的面积为 S 的情况下，将其控制为满足 $P > (r \cdot T \cdot L)/S$。

[0167] 实施例 4

[0168] 图 10 表示本发明的实施例 4。在本实施例的情况下，与前面所述的各个实施例的情况不同，对金属模具 6 侧进行设计。即，使刀尖部分 26a、26b 的截面形状的曲率半径相互不同，所述刀尖部分 26a、26b 存在于形成在金属模具 15 上的冲压孔 12b 的开口周缘部中的宽度方向的两端缘处，其中，所述金属模具元件 15 与将要形成通孔的侧壁 14 对向。具体地说，缩小将要对上述侧壁 14 中的板厚大一侧进行剪切加工的图 10 的下侧的刀尖部分 26a 的截面形状的曲率半径 (制成锐利的刃口)。与此相对，把将要对上述侧壁 14 中的板厚小的一侧进行剪切加工的图 10 的上侧的刀尖部分 26b 的截面形状的曲率半径形成得比较大。插入上述冲压孔 12b 内的滑动工具 13 的前端面 20 在整个面上是平坦的。

[0169] 在本实施例的情况下，通过把将要对上述板厚小的一侧进行剪切加工的刀尖部分 26b 的截面形状的曲率半径形成得比较大，在该板厚比较小的一侧，难以进行剪切，与将上

述刀尖部分 26b 形成锐利的刃口的情况相比，推迟在该侧发生达到断裂的裂纹的时刻。总之，在本实施例的情况下，通过减小本来的板厚在发生达到断裂的裂纹的时刻容易提早的一侧，有推迟该时刻的倾向。

[0170] 因此，在本实施例的情况下，在板厚小的一侧和大的一侧，即使剪切加工开始的时刻相同，也基本上使发生达到断裂的裂纹的时刻（剪切现象结束的时刻）相一致，即使板厚不同也没有关系，可以进行没有切削残留的完全的外冲压液压穿孔。

[0171] 另外，也可以在像本实施例那样改变上述各个刀尖部分 26a、26b 的截面形状的曲率半径的同时，像前述实施例 1 ～ 3 所述的那样，对滑动工具 13 的前端面 20 的形状进行设计。具体地说，在有必要使对剪切的灵敏度钝化的板厚小的一侧，加大刀尖部分的截面形状的曲率半径，同时，使滑动工具 13 的前端面 20 突出到金属模具元件 15 的内部，推迟剪切加工开始的时刻。另一方面，在板厚大的一侧，在减小刀尖部分的截面形状的曲率半径的同时，使滑动工具 13 的前端面 20 向上述金属模具元件 15 的外方凹陷，促进剪切加工。

[0172] 实施例 5

[0173] 图 11 ～ 12 表示本发明的实施例 5。在本实施例的情况下，揭示在利用液压成形法使金属管 3 的一部分向径向方向的外方塑性变形形成的膨出部 7a 的侧壁 14 上，形成异形的通孔 5d 的情况。该通孔 5d，将图 12(A) 所示的宽度尺寸比较小的长圆形部分、和图 12(B) 所示的宽度尺寸比较大的长圆形部分重合（合成），制成图 12(C) 所示的键孔状。其中，这种键孔状的通过 5d 是利用将截面形状制成键孔状的滑动工具一下子加工而成的。滑动工具的前端面形状，按照前面说明的任意一个实施例形成。关于这种键孔状的通孔 5d，可以在板厚均匀的情况下加工，当然，如果应用本发明的话，即使板厚不均匀，另外，不管金属制构件是环状还是板状，都能够利用液压穿孔可靠地进行加工。另外，关于金属制构件的一部分上将要形成该通孔 5d 的部分的形状，可以是平坦面、部分圆弧面、曲面等任何一种（使滑动工具的前端面的形状分别与之相一致）。

[0174] 实施例 6

[0175] 图 13 表示本发明的实施例 6。在本实施例的情况下，在利用液压成形法使金属管 3 的一部分向径向方向的外方塑性变形形成的膨出部 7a 的侧壁 14 上，在跨越该膨出部 7a 的倾斜部 29 的状态下，形成纵横比大（狭缝状）的通孔 5e。在本实施例的情况下，滑动工具的前端面形状与前面说明的任意一种实施例相一致，同时，与将要形成上述通孔 5e 的上述侧壁 14 的外表面形状相一致地形成。关于这种以跨越倾斜部 29 的状态存在的狭缝状的通孔 5e，和上述实施例 5 一样，通过应用本发明，可以利用液压穿孔可靠地进行加工。

[0176] 实施例 7

[0177] 图 14 表示本发明的实施例 7。在本实施例的情况下，在利用液压成形法使金属管 3 的一部分向径向方向的外方塑性变形形成的膨出部 7a 的侧壁 14 上，以跨越该膨出部 7a 的倾斜部 29 的状态形成键孔状的通孔 5f。在本实施例的情况下，滑动工具的前端面形状和前面说明的任意一个实施例相一致，同时，与将要形成上述通孔 5f 的上述侧壁 14 的外表面形状相一致地形成。关于这种以跨越倾斜部 29 的状态存在的键孔状的通孔 5f，和上述实施例 5、6 一样，通过应用本发明，借助液压穿孔，能够可靠地进行加工。

[0178] 实施例 8

[0179] 下面对于为了确认本发明的有效性所进行的实验进行说明、利用前述图 7 ～ 8 所

示的实施例 2 的方法，实际上进行液压成形及液压穿孔。即，设想制作形成整体型的转向柱托架的转向柱用的外管，利用液压成形，在金属管的轴向方向中间部形成膨出部，接着，在同一个金属模具内，通过液压穿孔，在该膨出部的两侧的侧壁部上形成长圆形的通孔（参照图 15 ～ 17）。作为组合到金属模具上的滑动工具，使用以平坦面和倾斜面形成前端面的图 9(A) 所示的形状的滑动工具。

[0180] 在实验中使用的金属管，是机械结构用的碳素钢管 (STKM11A)，外径为 60.5mm，厚度为 2.0mm，全长为 500mm。该材料的机械试验值，屈服点为 300MPa，抗拉强度 400MPa，伸长率 40％。形成通孔用的长圆形的冲压孔的尺寸，长径方向的长度为 60mm，短径方向的长度为 10mm。

[0181] 利用液压成形形成的膨出部的扩管率约为 30％，板厚在小的一侧为 1.8mm，在大的一侧为 2.0mm。为了利用液压成形在膨出部的两侧的侧壁部上形成长圆形的通孔，对滑动工具的前端面的宽度 W_1 和平坦面的宽度 W_2 的关系（刃背宽度比 W_2/W_1）、倾斜面相对于平坦面的倾斜角度 θ、以及初期位置的平坦面的突出量 S 进行各种改变。将这些值和实验结果一起示于下面的表 1。该表 1 中的比较例是作为滑动工具使用前端面在整个面上是平坦面的情况。

[0182] [表 1]

[0183]

	倾斜角度 θ	刃背宽度比 W_2/W_1	突出量 S	通孔的形成结果
本发明例	3	0.5	0	良好
本发明例	15	0.5	0	良好
本发明例	3	0.5	0.5	良好
本发明例	15	0.5	0.5	良好
本发明例	3	0	0	良好
本发明例＊	30	0	0	良好
比较例	0	–	0	厚的部分切削残留
比较例	0	–	0.5	厚的部分切削残留

[0184] ＊一万次试验后确认，在滑动工具的前端看到崩刃

[0185] 如从该表 1 看出的那样，通过适当地选定滑动工具的前端面的形状，调整剪切加工开始的时刻，以及达到断裂的裂纹发生的时刻，可以在将要形成通孔的整个周缘部上使剪切现象同时结束，使全周断裂。因此，对于板厚具有差异的膨出部的两个侧壁部，可以进行完全没有切削残留的液压穿孔。另外，利用本发明的方法在膨出部的两个侧壁部上形成通孔的金属管加工制品，可以作为转向柱用的外管使用。更详细地说，所获得的外管具有没

有焊接部的整体型转向柱托架，而且，存在于膨出部的两个侧壁部上的开孔的加工质量很高，具有非常高的品质。而且，通过在同一个金属模具内的一系列的操作，可以高效率地进行从膨出部的形成到开孔加工，所以，经济性非常高。

[0186] 工业上的利用可能性

[0187] 在实施本发明的情况下，形成在金属构件上的通孔的数目没有限制。即，在通孔的数目为一个或者两个的情况下，当然即使在三个以上，通过在金属模具上设置必要数目的冲压孔和滑动工具，就能够实施本发明。

[0188] 另外，对于将要形成的通孔的形状，可以适用于形成简单的圆形、长圆形、椭圆形、大致的四角形或者将它们组合的形状以及更复杂的形状等各种形状的通孔的形成。例如，可以适当地组合实施前述实施例 1 ～ 7 的结构。在这种情况下，例如，可以使用备有多个冲压孔及滑动工具的金属模具，通过液压穿孔同时形成具有相互不同形状的多个通孔。

[0189] 进而，在将本发明用于在将金属管向径向方向的外方塑性变形而形成的膨出部上形成通孔的情况下，并不局限于将金属管向一个方向膨出的情况，即使是在全周上使之膨出的情况下，也可以应用本发明。即，在使金属管在全周上膨出的情况下，通过部分地改变膨出的程度等，存在着板厚具有差异的厚度不均匀的部分，如果有必要在该部分上形成通孔的话，可以应用本发明。

[0190] 总之，本发明并不局限于在中空构件的膨出部上形成通孔的情况，在各种金属制的构件中，可以用于在板厚具有差异的厚度不均匀的部分上形成通孔的场合。

[0191] 特别是，例如在将本发明用于转向柱托架为整体型的转向柱的制造的情况下，与前述的本发明的基本作用和效果相比，获得更优异的作用和效果。即，在制造这种转向柱的情况下，如在前述图 20 ～ 23 中说明的那样，可以连续地（实质上同时）实施用于形成成为转向柱托架的膨出部的液压成形工艺、和用于形成通孔的孔加工工艺。因此，可以降低制造上述转向柱所花费的时间及劳动力，可以使制造成本降低。进而，在一个构件上形成多个通孔的情况下，为了进行所述各个通孔的定位，无需考虑进行该构件与所述各个通孔的定位，可以抑制成本的上升，获得将多个通孔正确定位的制品。

[0192] 另外，在将本发明应用于在转向柱托架的膨出部上形成通孔的情况下，当然，可以是在应用于任何一个部分上的情况下，在包含所形成的通孔的周缘部在内的该通孔的周围的部分上，几乎没有下垂等材料的变形，留下良好的面。因此，在形成该通孔之后，无需用于提高上述周围部分的精度的后续加工，或者所述后续加工变得容易，不需要或者简化了后续加工所需的装置或机构，可以通过削减设备费用等来降低成本。

[0193] 另外，图示的各个实施例，表示的是对厚度存在差异的厚度不均匀的部分进行开孔（液压穿孔）的情况。但是，在厚度（板厚）相同、加工硬化的程度存在差异的加工硬化不均匀的部分上施行开孔加工（液压穿孔）的情况下，也有产生和上述厚度不均匀的部分同样的问题的可能性。因此，在这种加工硬化不均匀的部分上，为了同时结束剪切现象，也可以根据加工硬化的程度调节（在设计上进行条件的设定）该部分的剪切开始的时刻等。在这种情况下，例如，使加工硬化的程度显著的部分与前述各个实施例的说明中的厚度大（厚）的部分相对应，使加工硬化的程度低（或者不加工硬化）的部分，与在前述各个实施例的说明中的厚度小（薄）的部分相对应。根据加工硬化的程度错开剪切开始的时刻的程度，和厚度不均匀时的情况一样，由实验求出。进而，不言而喻，对于厚度不均匀、而且加工

硬化的程度不同的部分，可以实施本发明。在这种情况下，错开时刻的程度根据实验、工具厚度和加工硬化来限制。

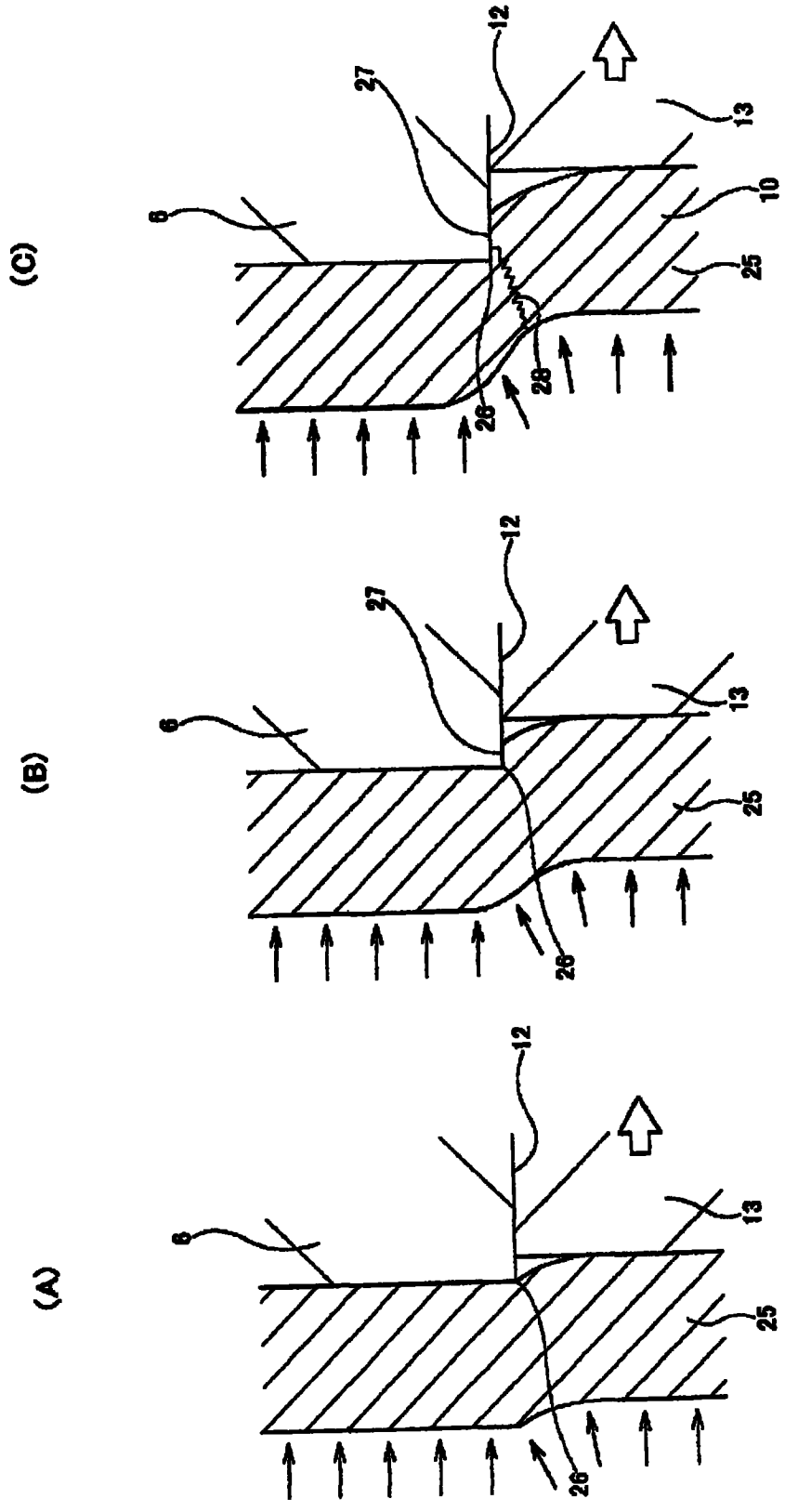


图 1

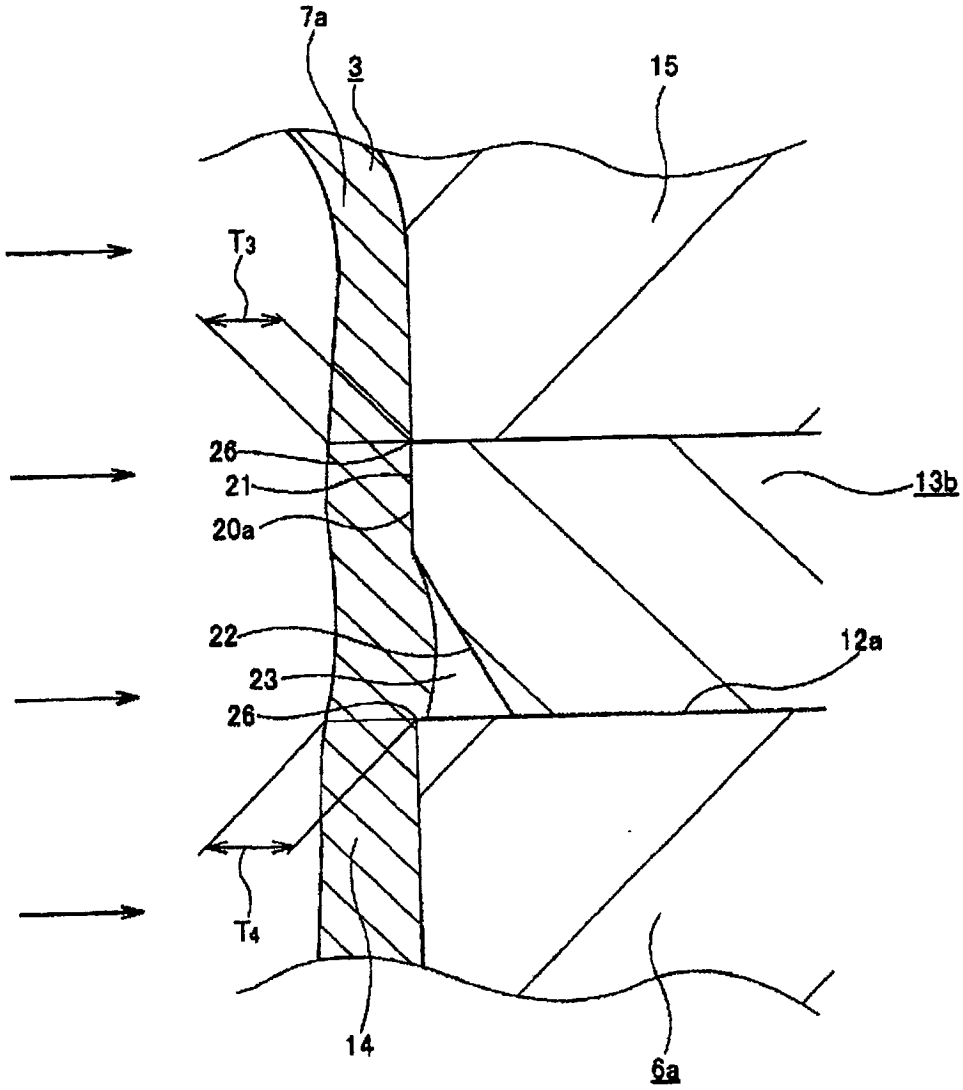


图 2

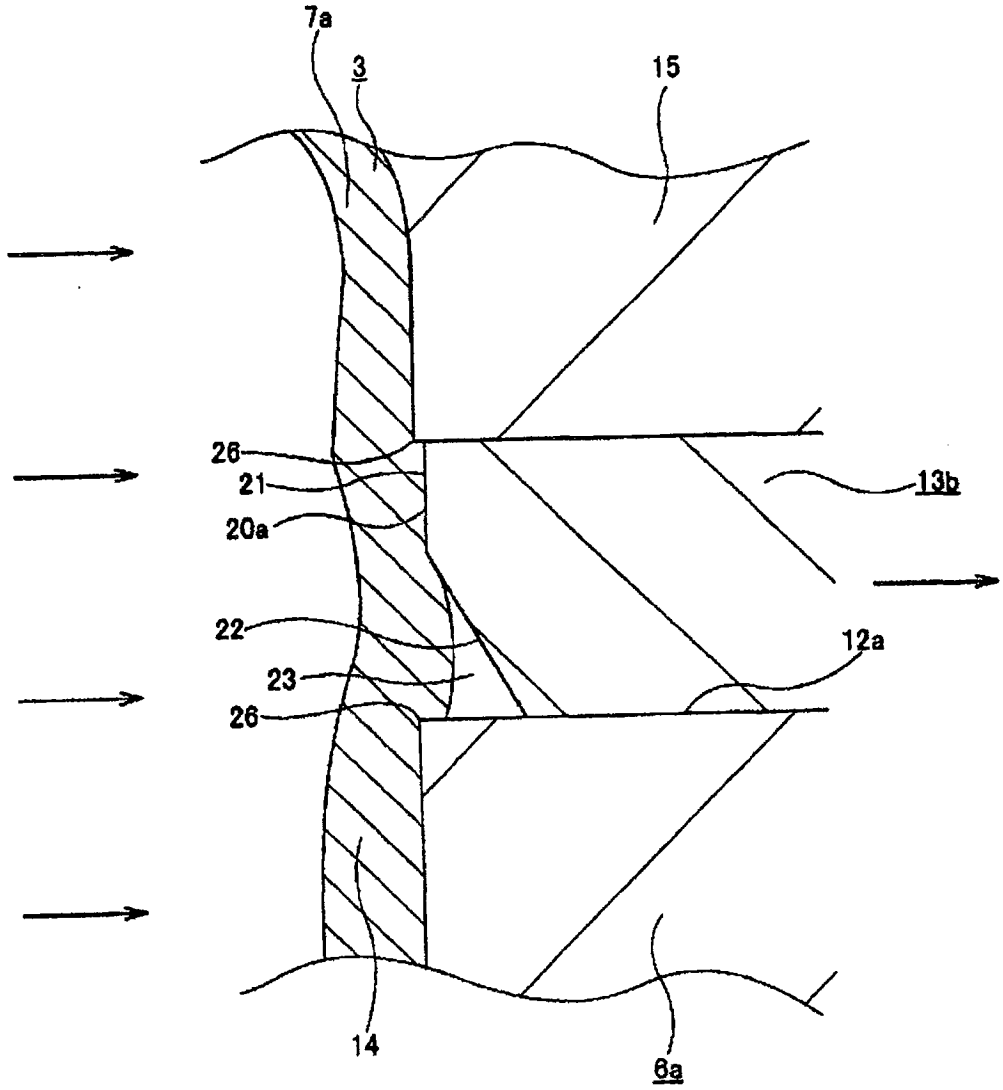


图 3

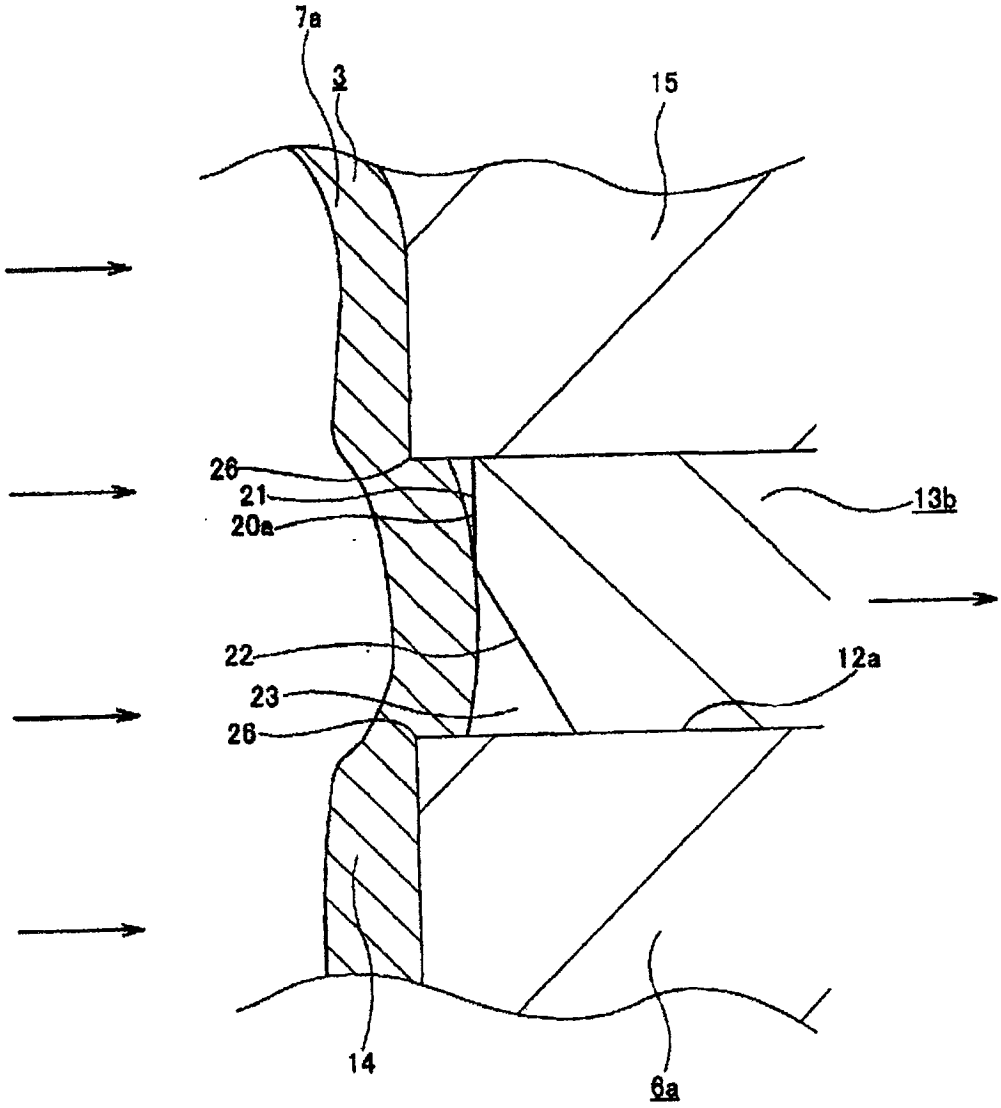


图 4

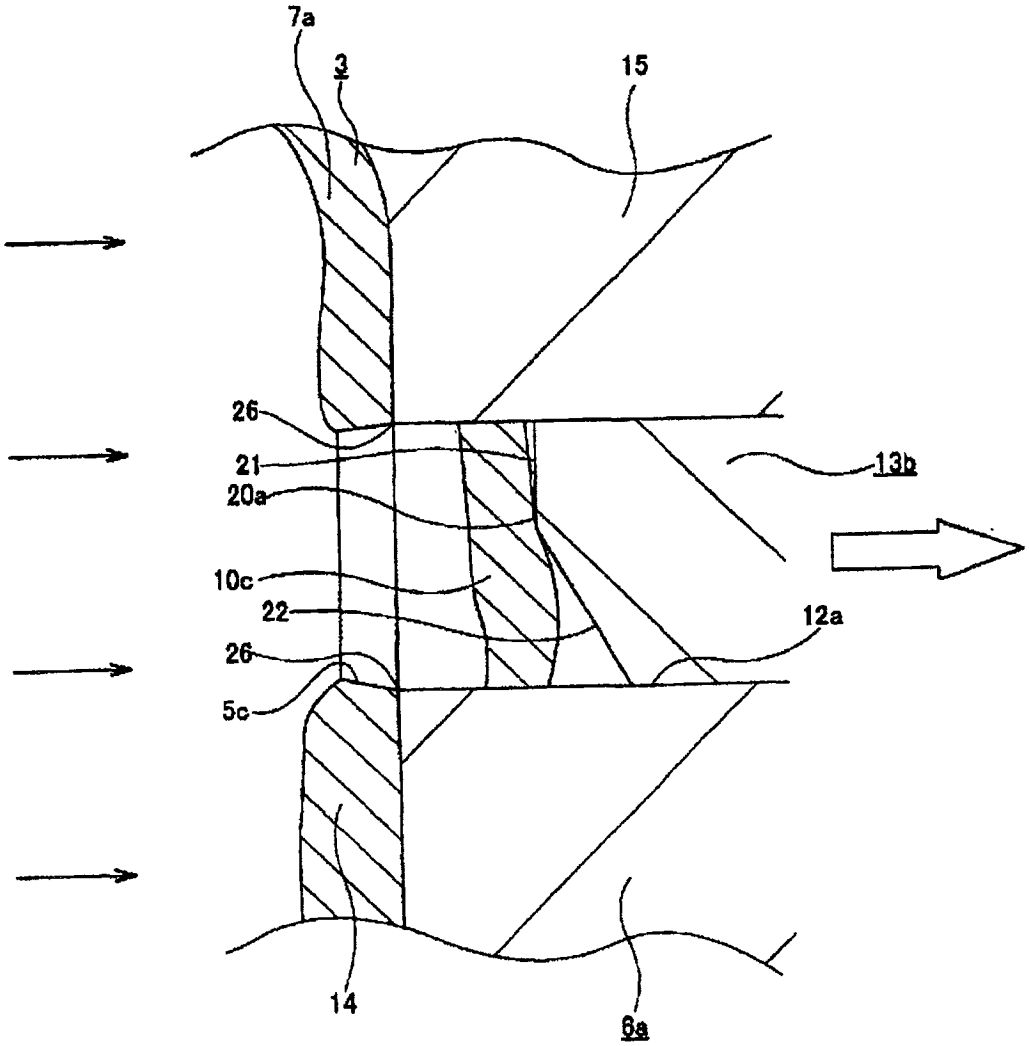


图 5

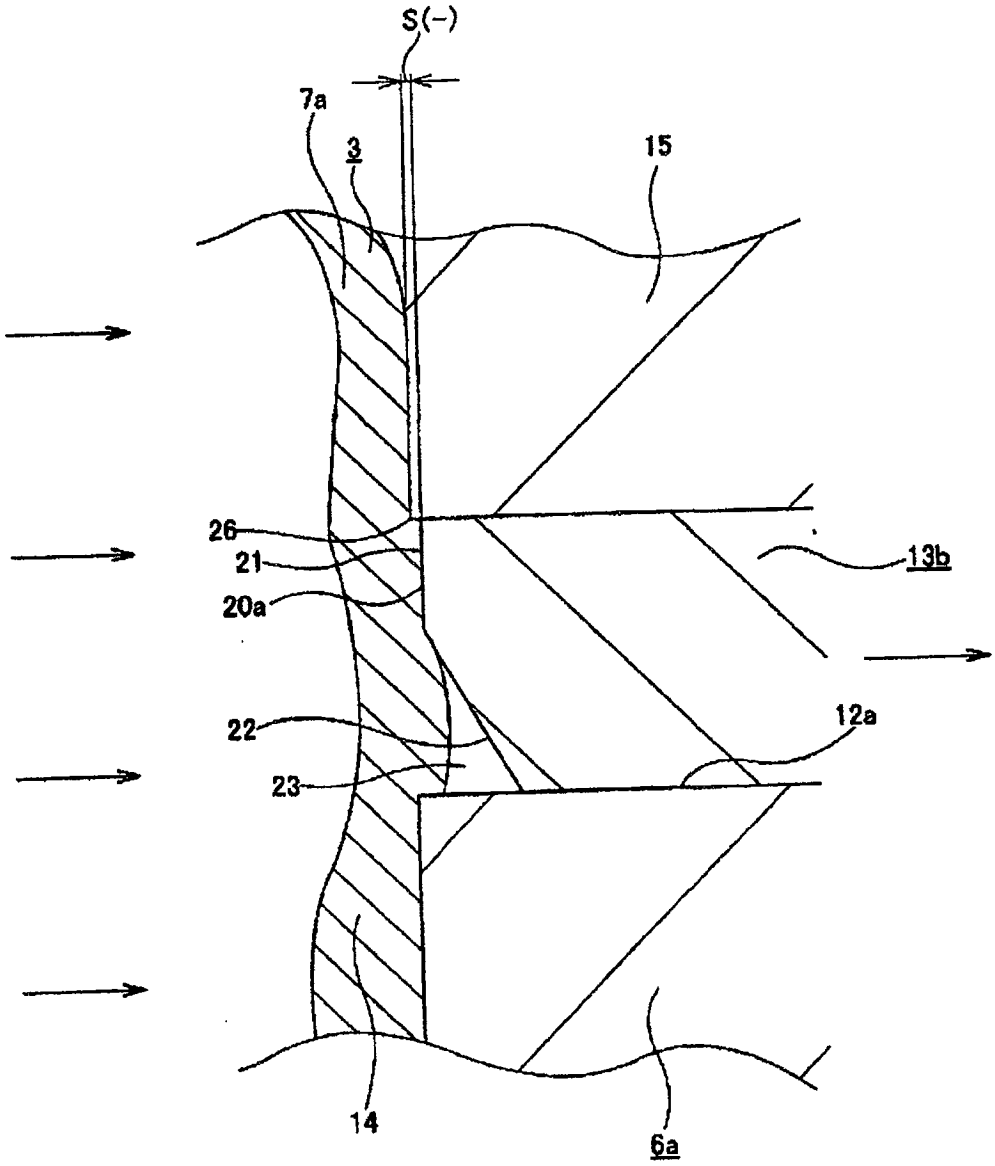


图 6

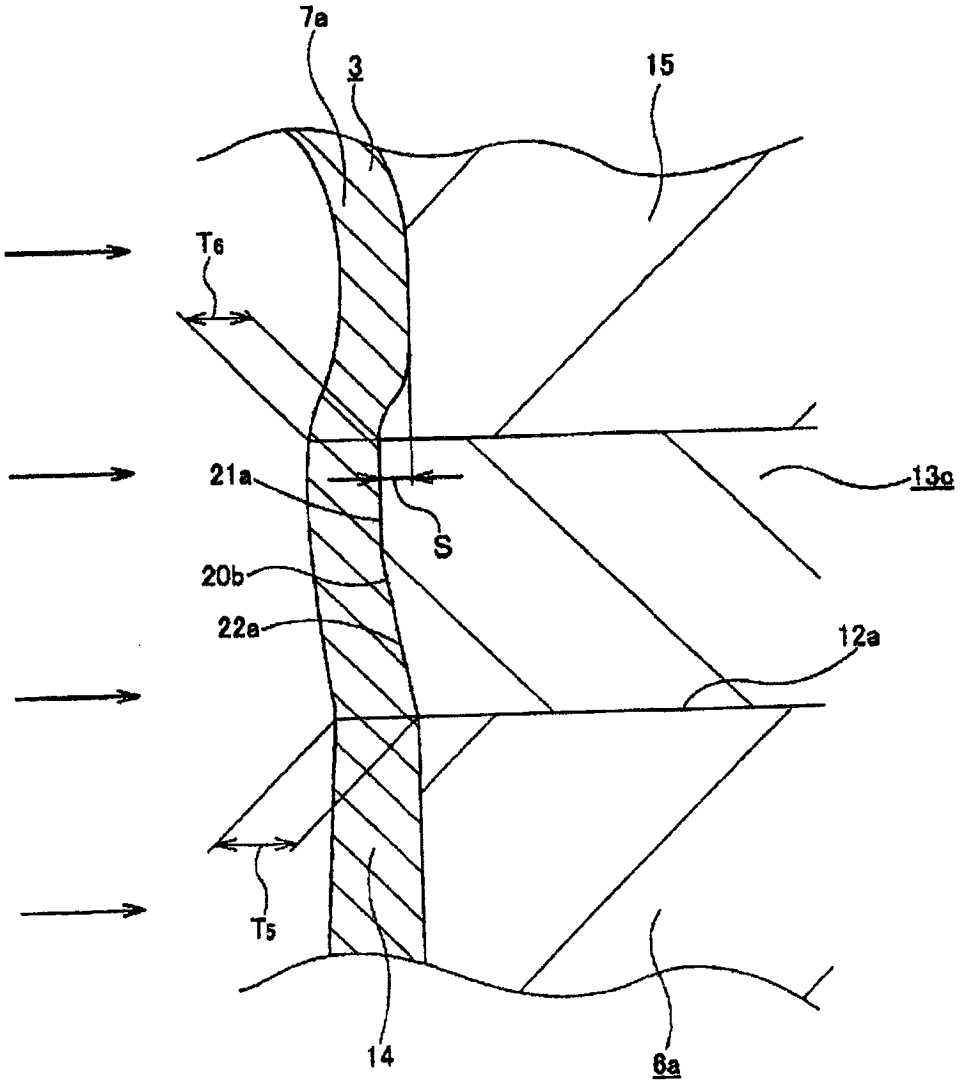


图 7

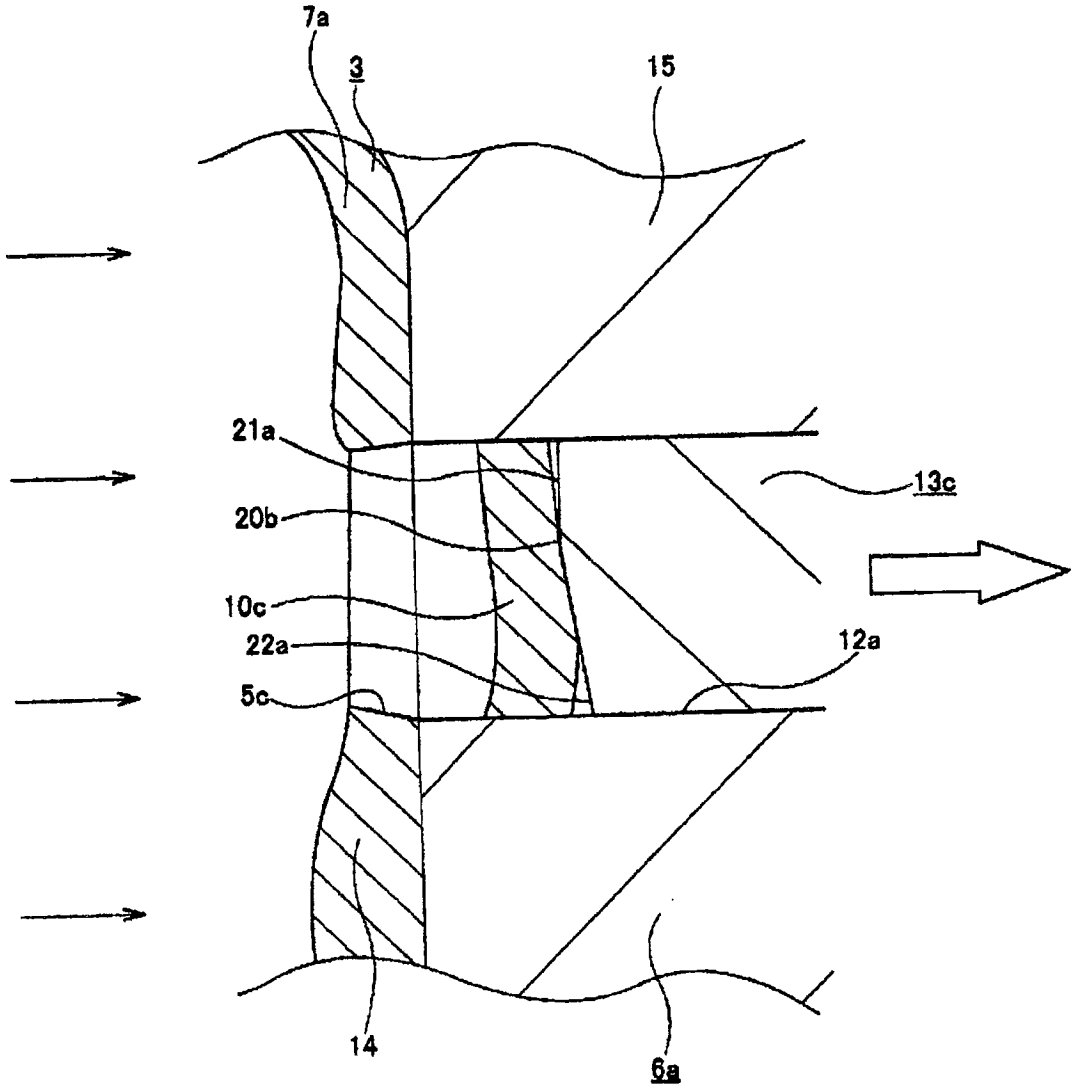


图 8

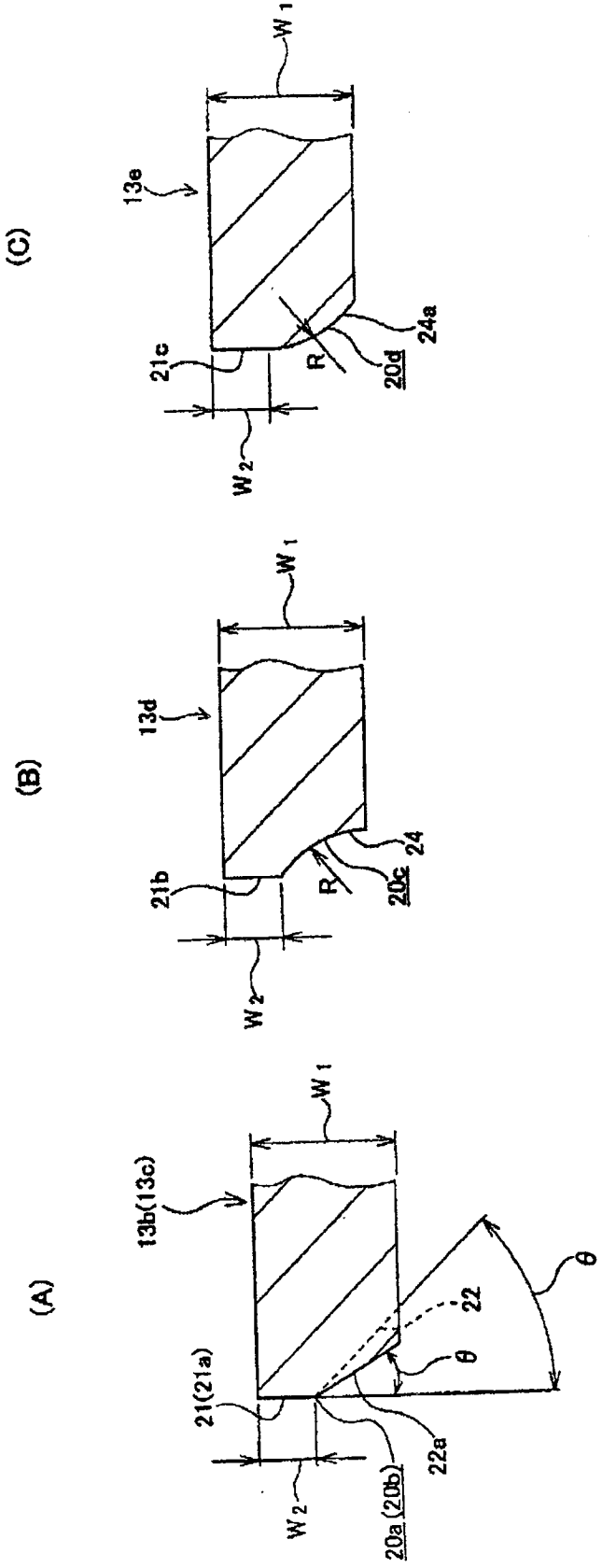

(C)
W1
13e
21c
R
20d
24a
W2
(B)
W1
13d
21b
R
20c
24
W2
(A)
W1
13b(13c)
θ
22
θ
21(21a)
22a
W2
20a (20b)

图 9

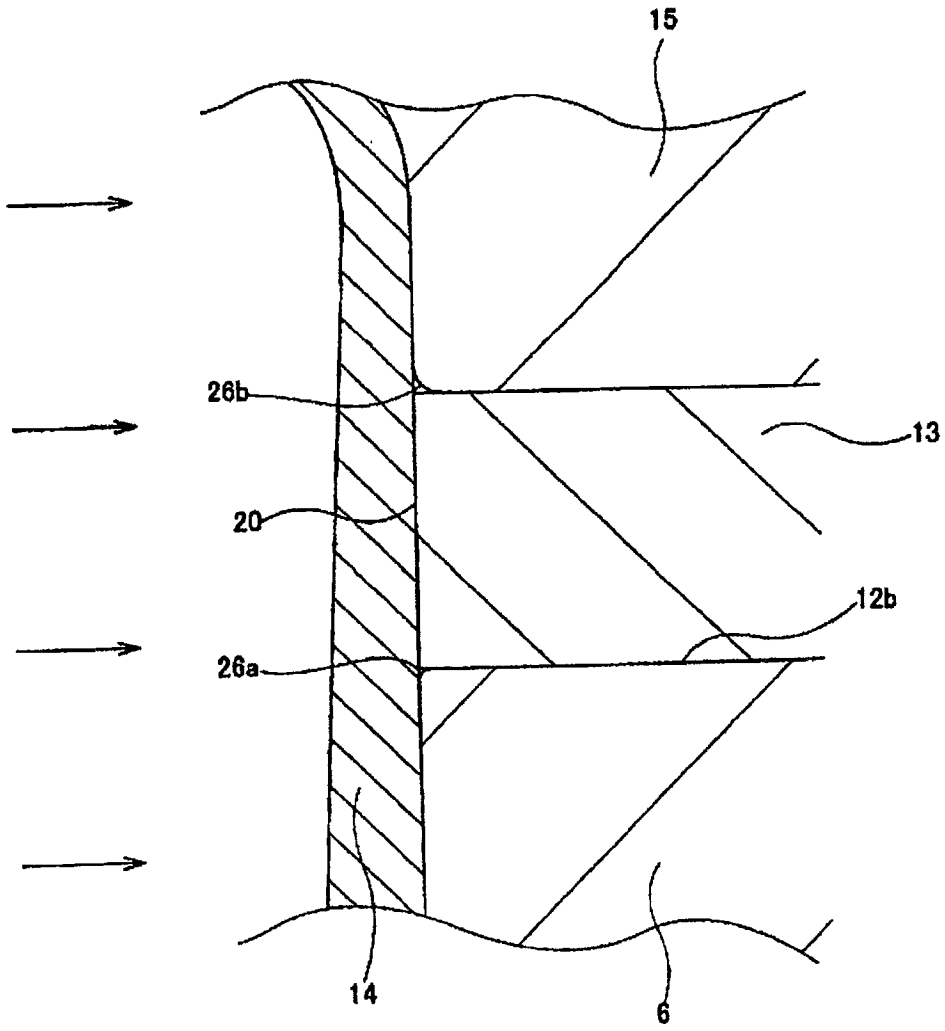


图 10

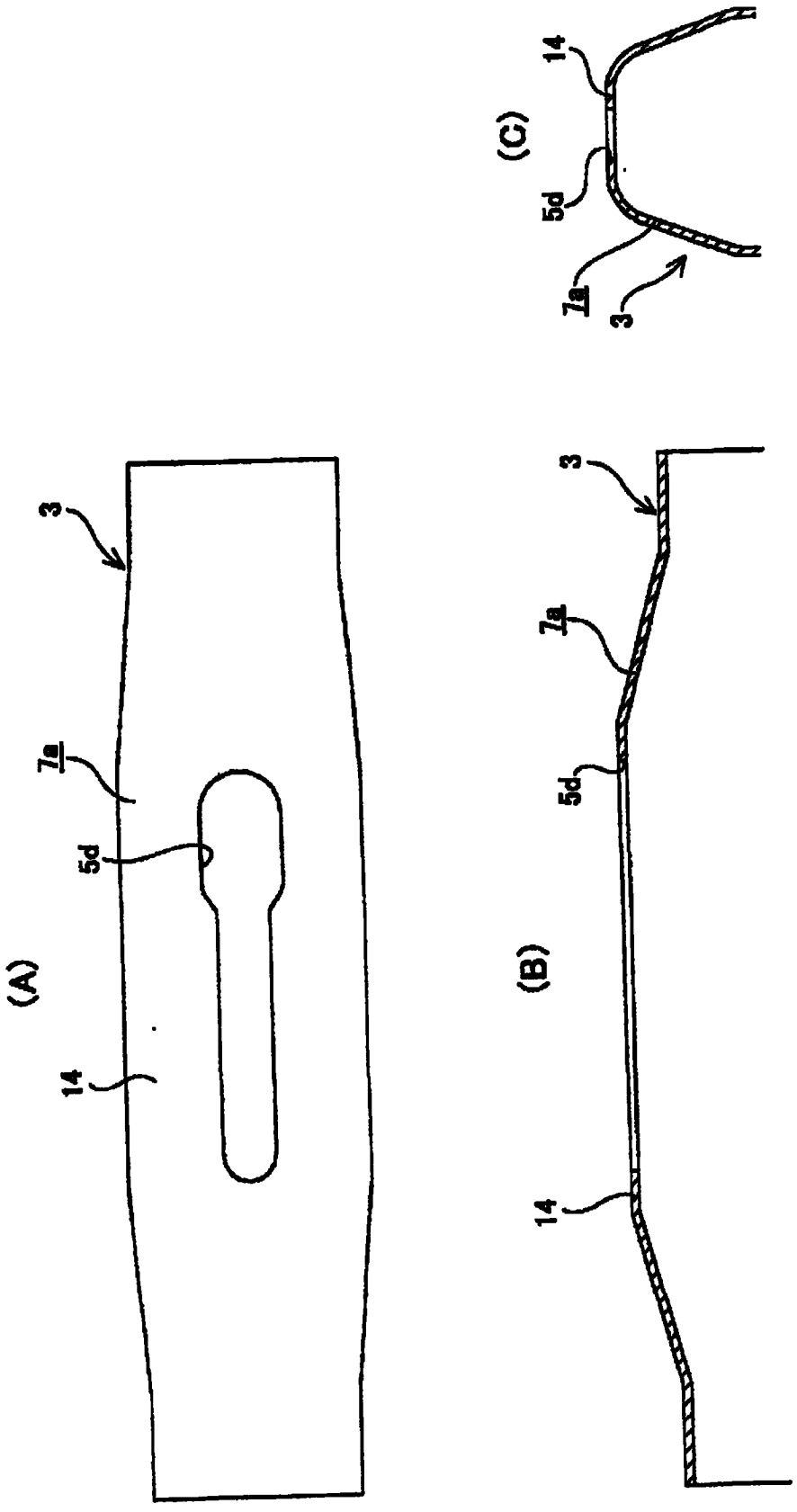


图 11

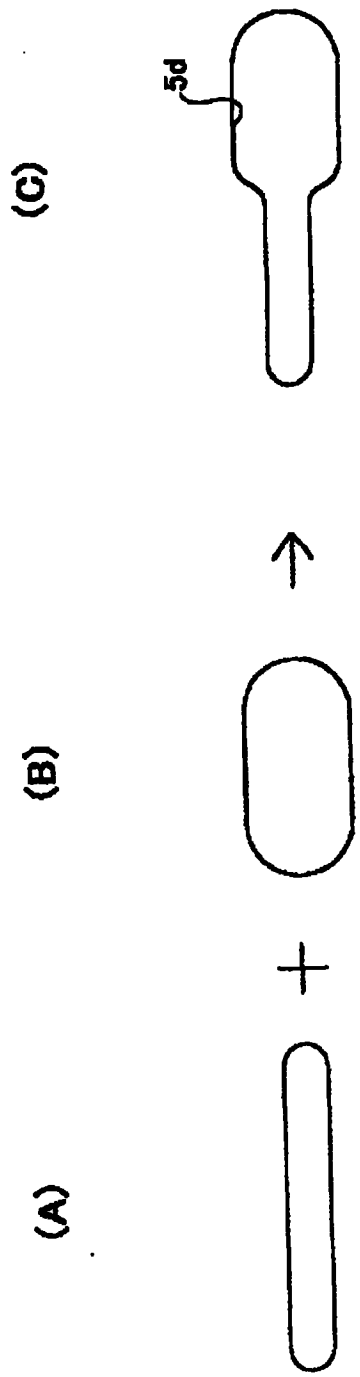


图 12

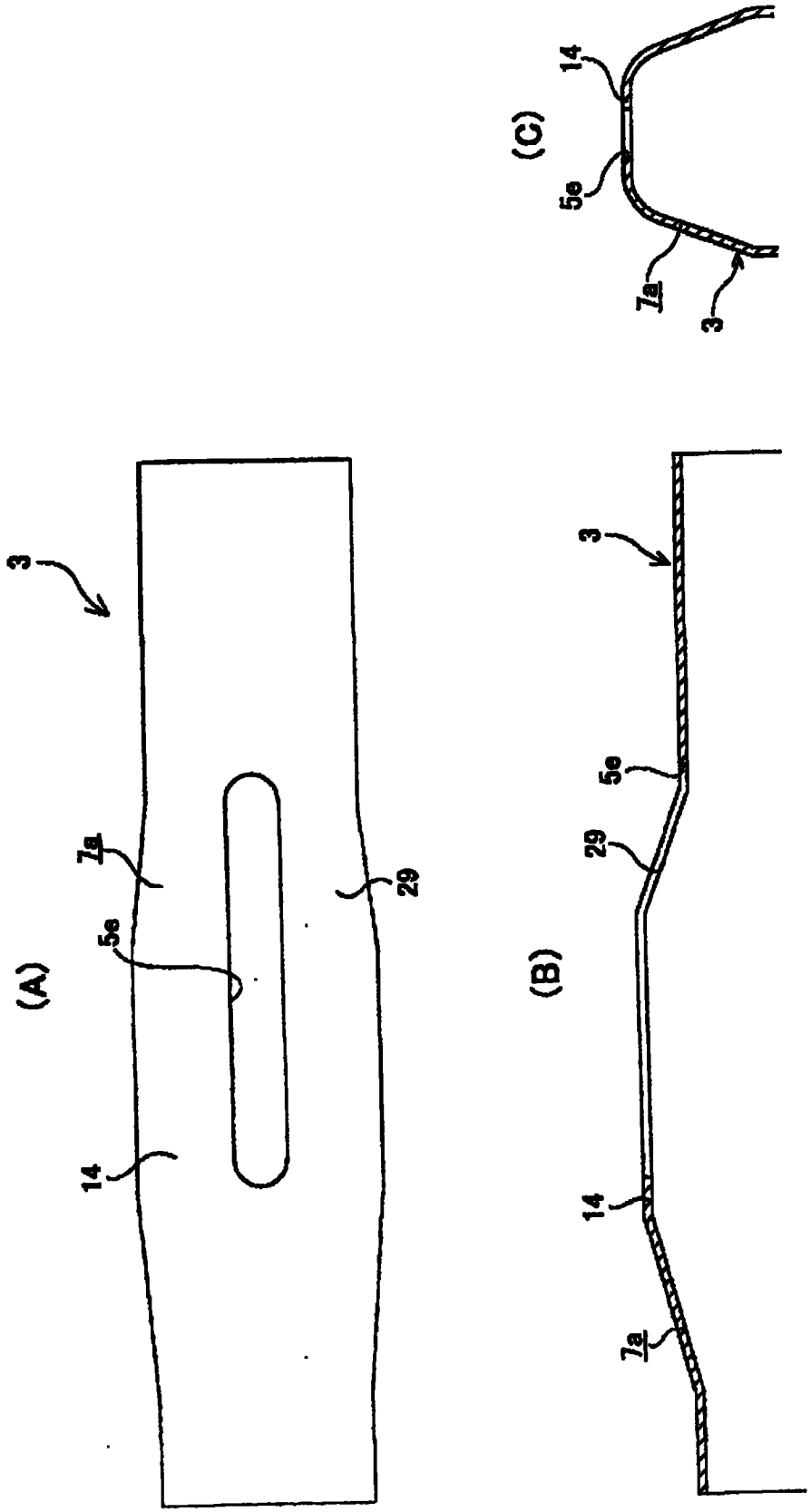


图 13

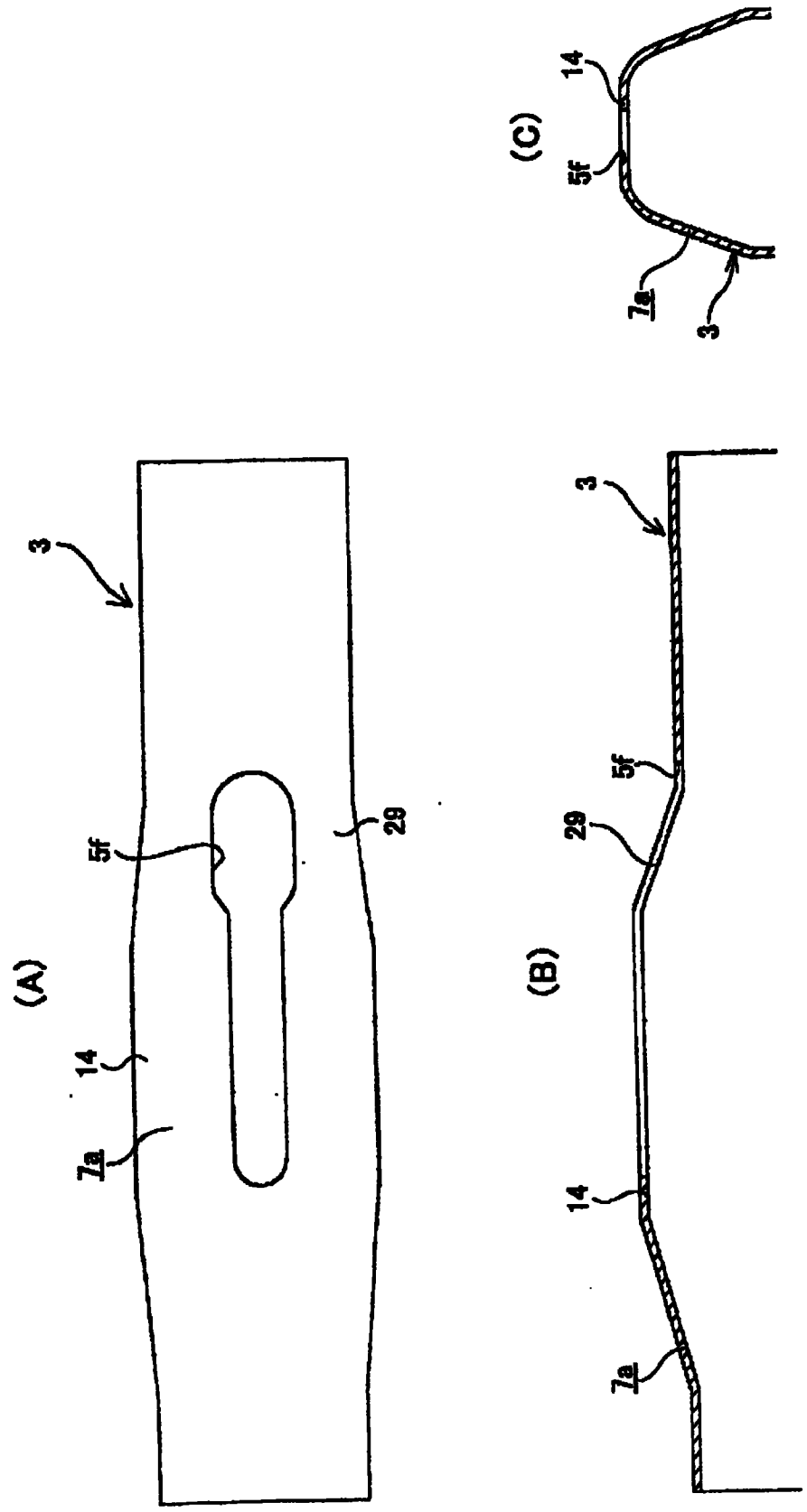


图 14

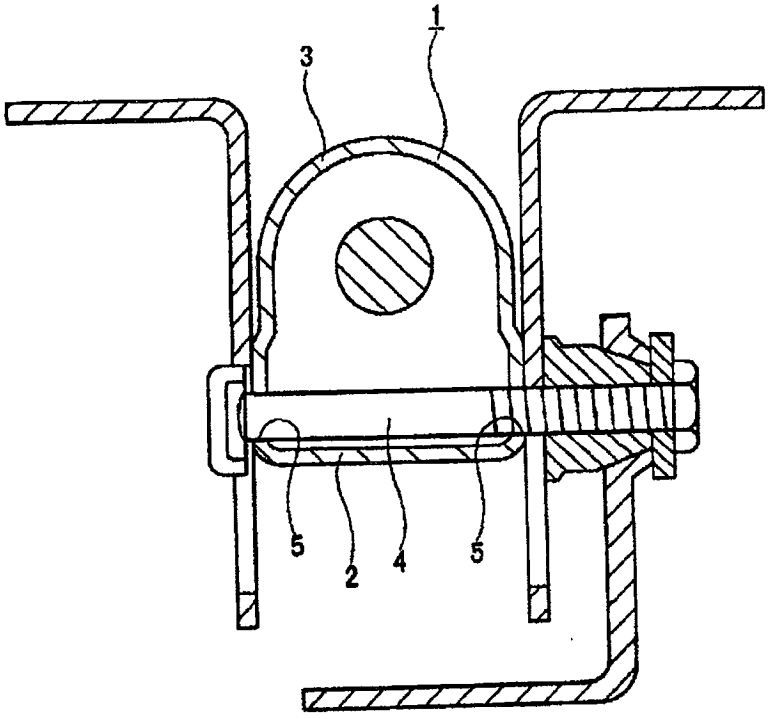


图 15

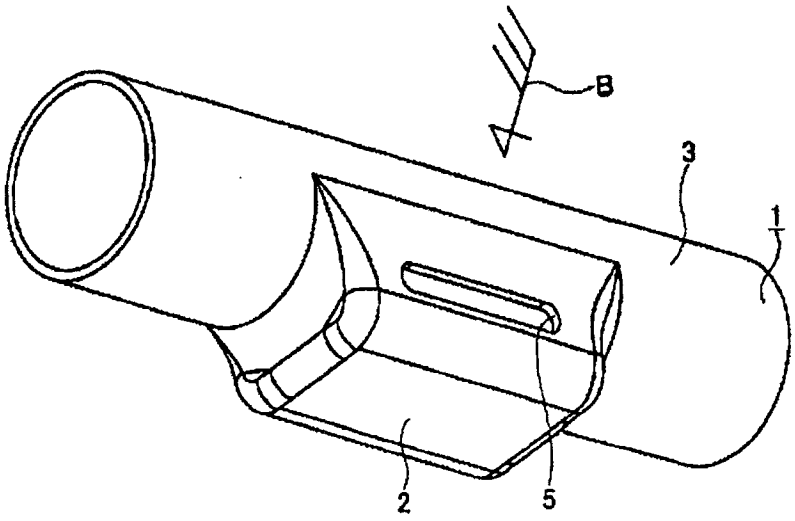


图 16

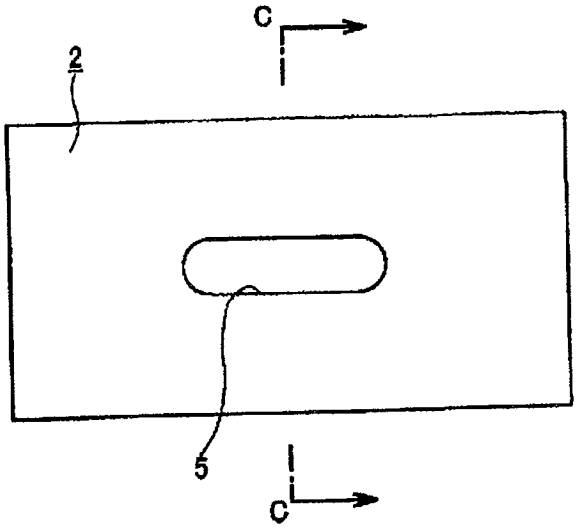


图 17

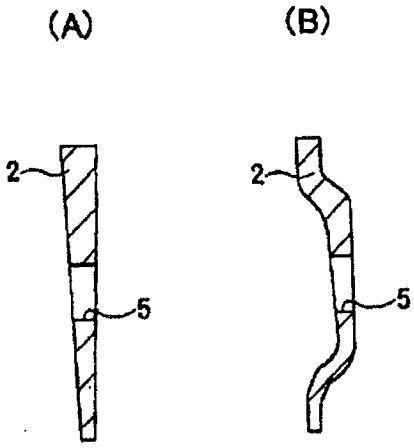


图 18

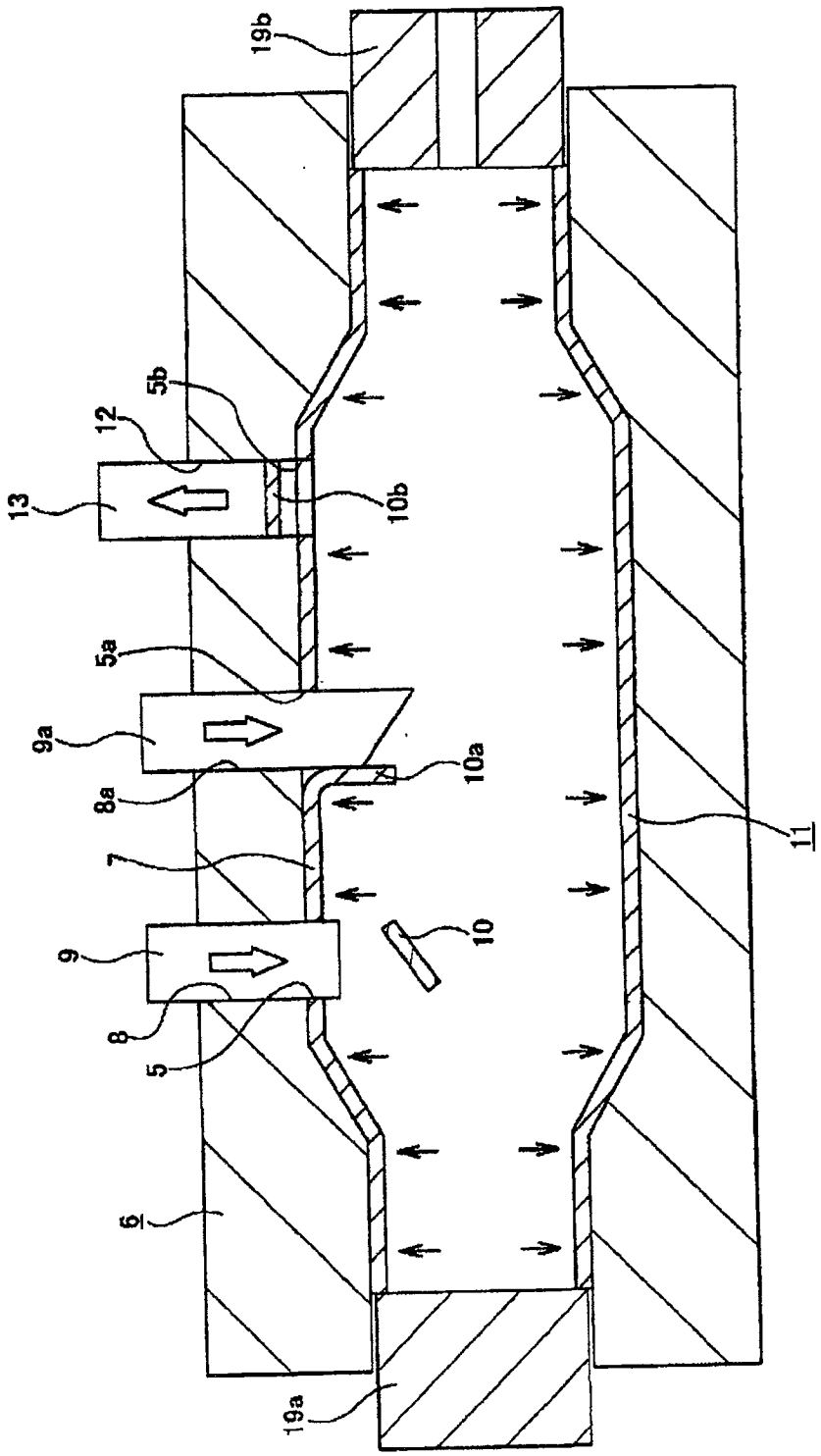


图 19

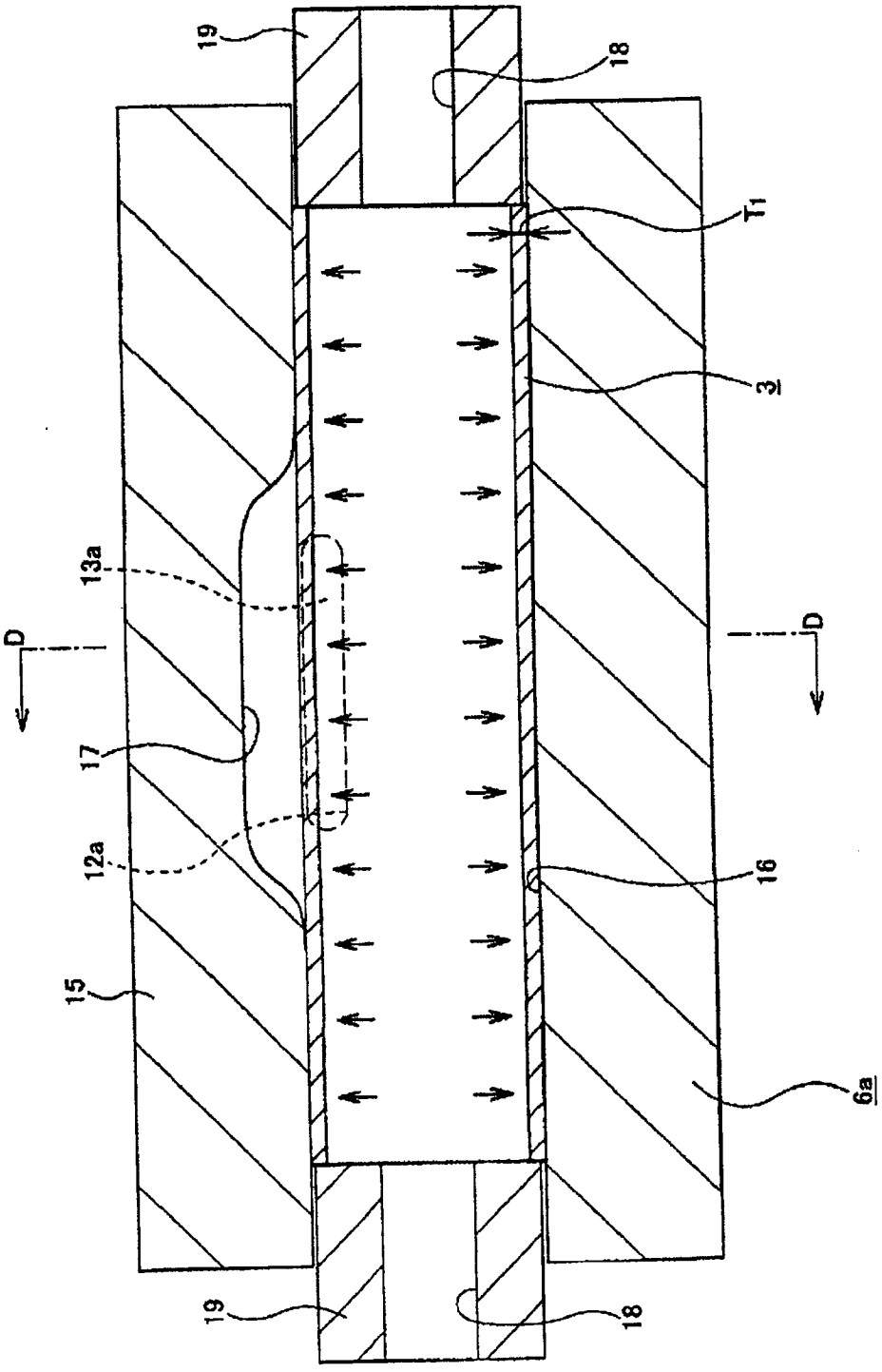


图 20

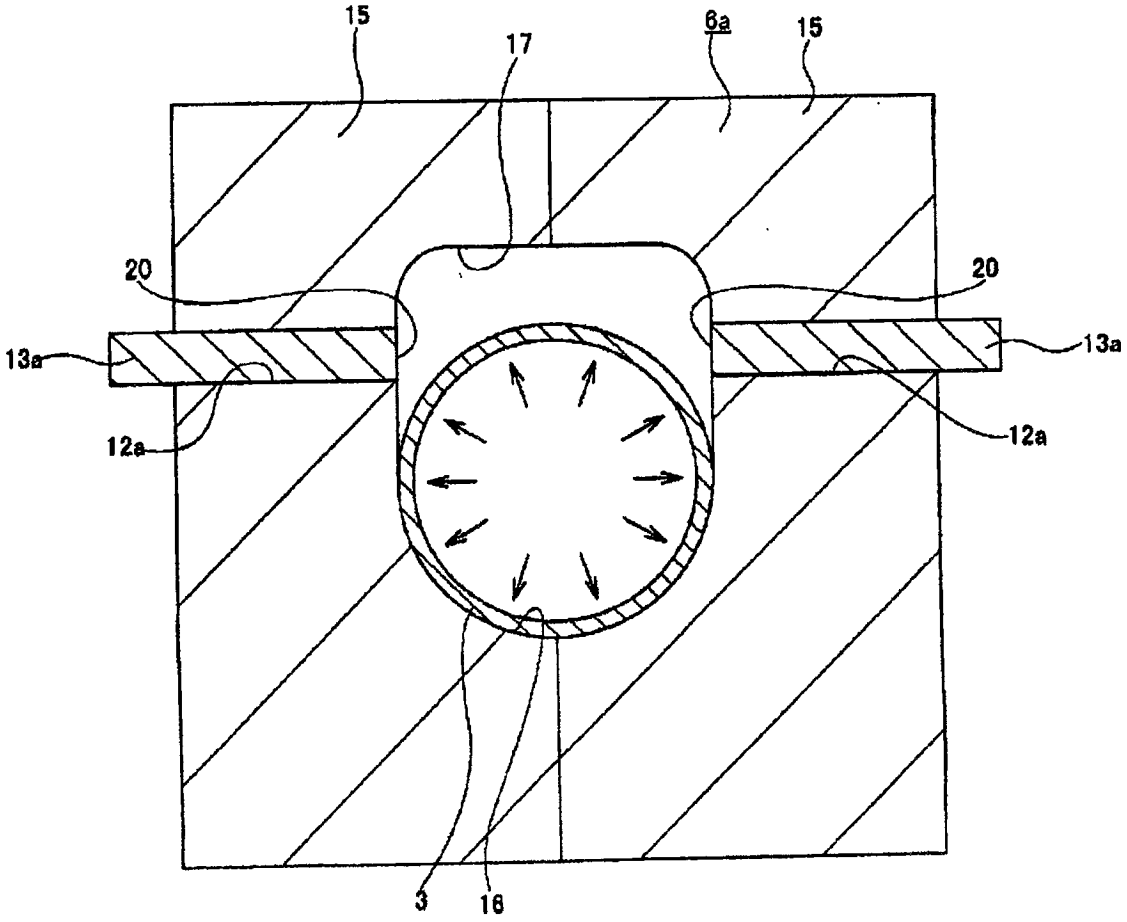


图 21

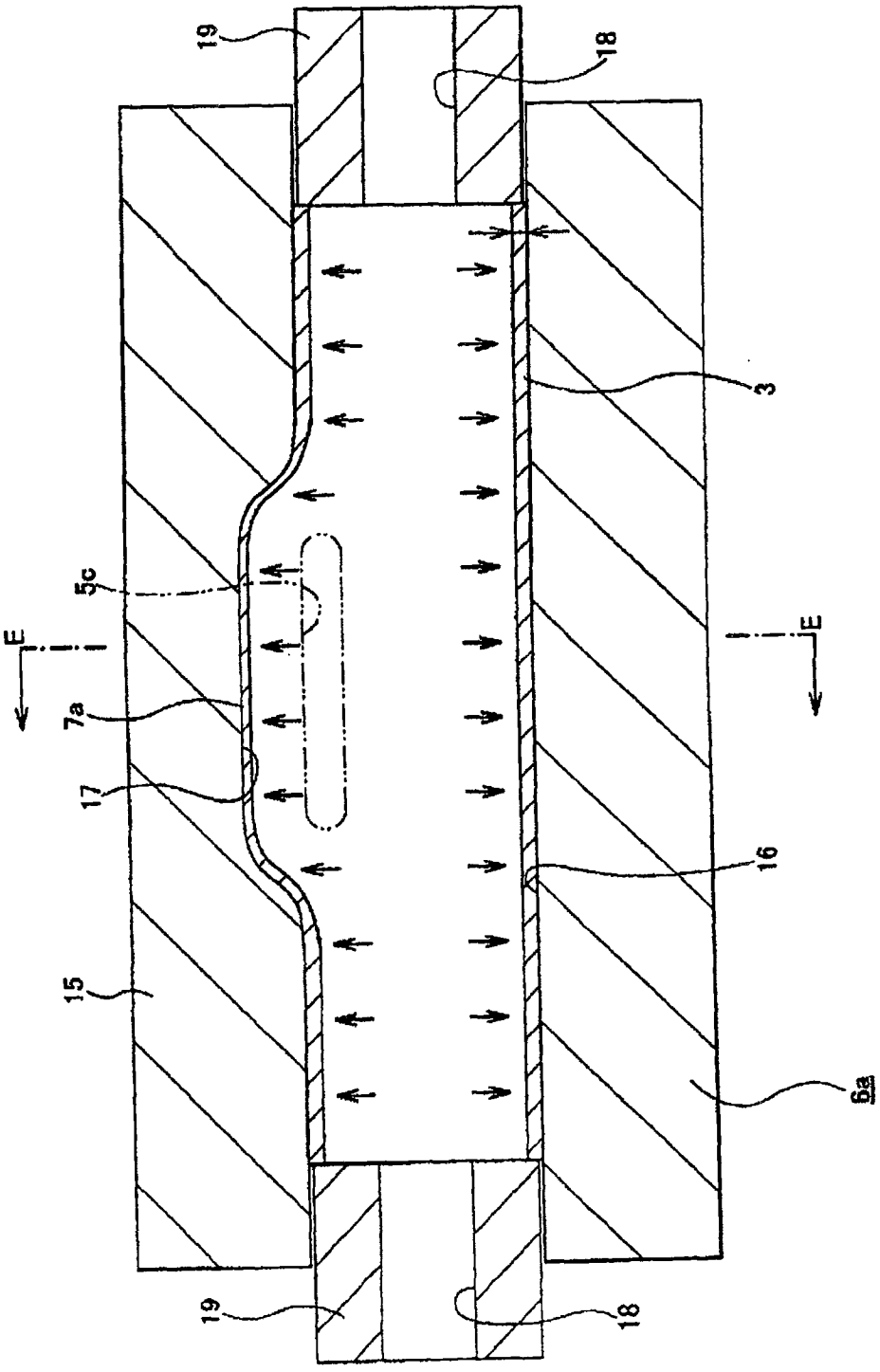


图 22

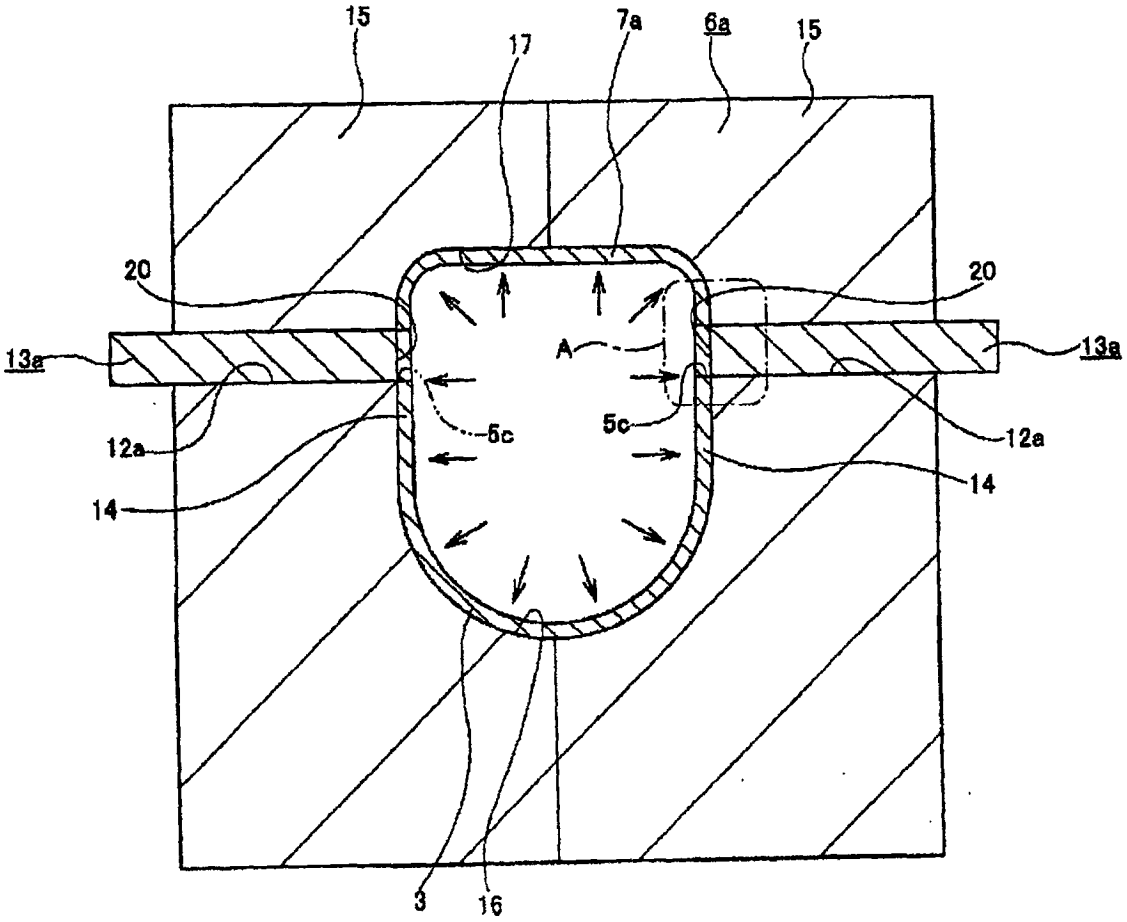


图 23

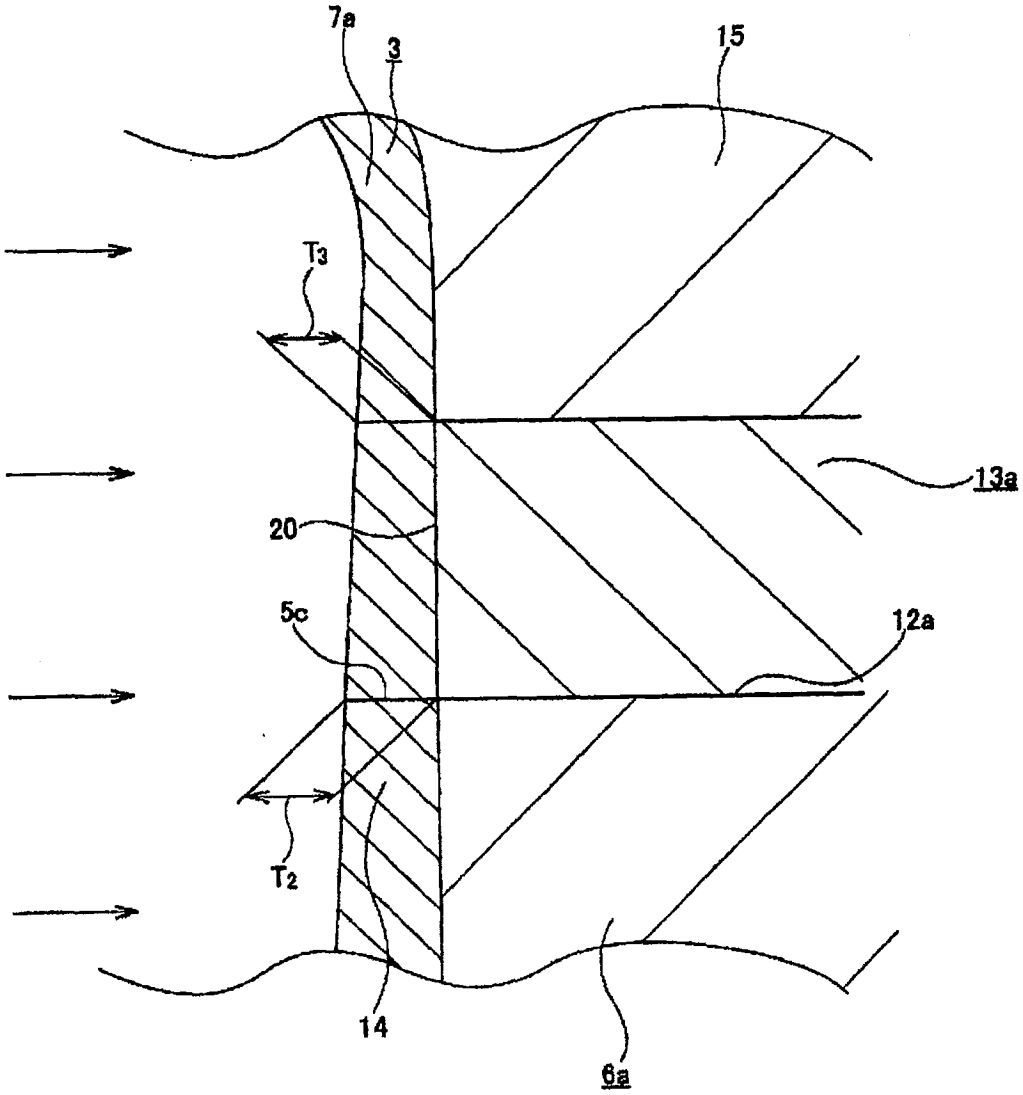


图 24

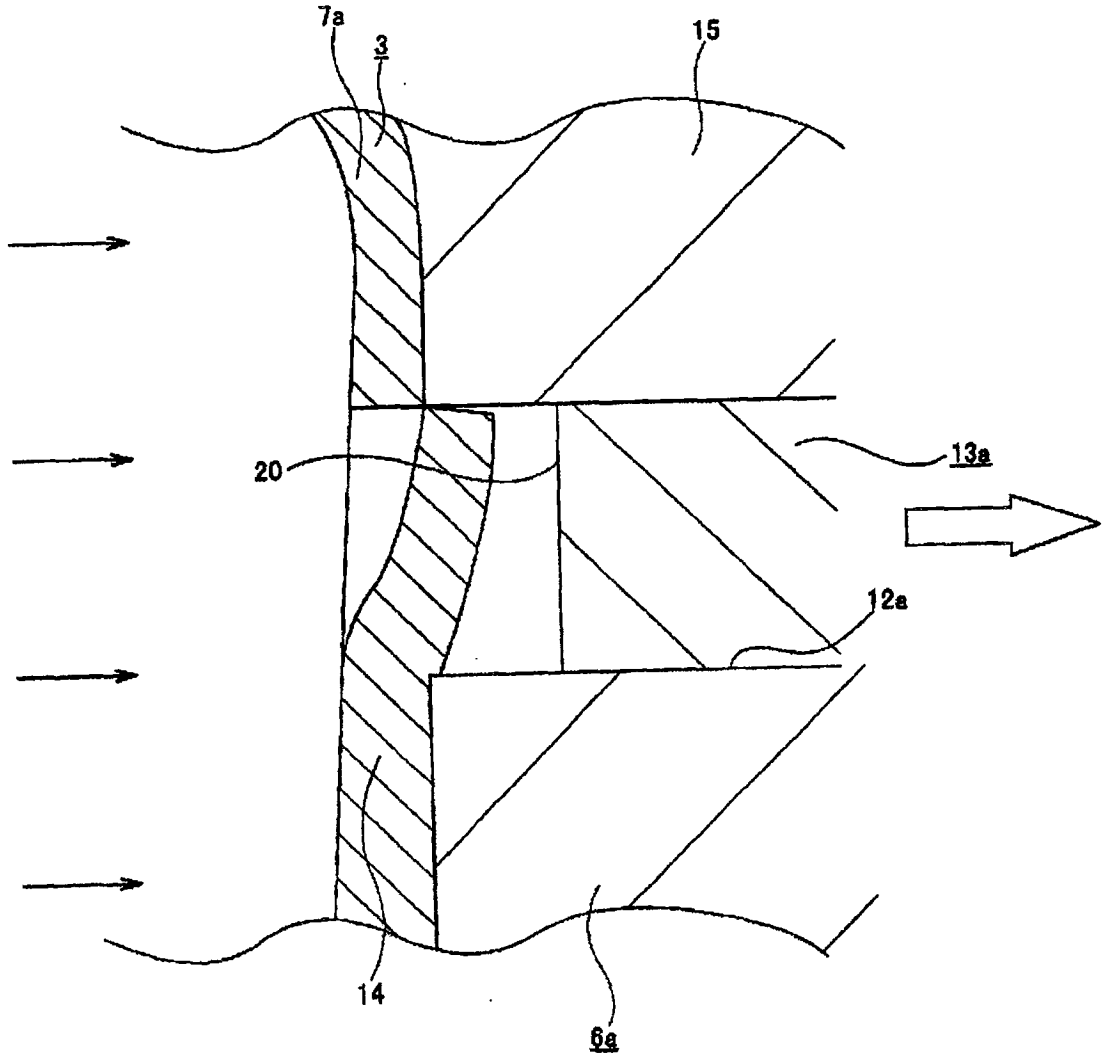


图 25