

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B21D 37/00 (2006.01)

B21D 22/02 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780002377.9

[43] 公开日 2009年2月18日

[11] 公开号 CN 101370603A

[22] 申请日 2007.1.12

[21] 申请号 200780002377.9

[30] 优先权

[32] 2006.1.13 [33] JP [31] 006370/2006

[86] 国际申请 PCT/JP2007/050350 2007.1.12

[87] 国际公布 WO2007/080983 日 2007.7.19

[85] 进入国家阶段日期 2008.7.11

[71] 申请人 新日本制铁株式会社

地址 日本东京都

共同申请人 阿赛洛法国公司

[72] 发明人 桑山卓也 铃木规之 P·迪鲁

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 徐冰冰 黄剑锋

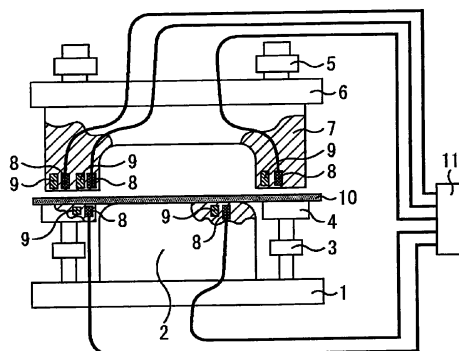
权利要求书 2 页 说明书 24 页 附图 16 页

## [54] 发明名称

冲压成形装置及冲压成形方法

## [57] 摘要

本发明提供冲压成形装置及冲压成形方法。具有：冲头(2)；相对于冲头(2)移动的冲模(7)；在将冲头(2)和冲模(7)中的至少某一个作为被控制部件时，设置在所述被控制部件的内部，测量对应于冲压成形所产生的所述被控制部件的应变量的应变测量单元(8)；及设置在所述被控制部件上，控制对应于冲压成形所产生的所述被控制部件的应变量的应变控制单元(9)。应变控制单元(9)控制所述被控制部件的驱动量，以使成形中由应变测量单元(8)测量到的应变在规定范围内。由此，能够降低冲压成形品表面的应变或改善形状冻结性等。



1. 一种冲压成形装置，其特征在于，具有冲头、相对于所述冲头移动的冲模和应变测量单元，所述应变测量单元在将所述冲头及所述冲模中的至少某一个作为被控制部件时，设置在所述被控制部件的内部，测量对应于冲压成形所产生的所述被控制部件的应变。

2. 一种冲压成形装置，其特征在于，具有冲头、相对于所述冲头移动的冲模、对被加工材料施加防皱压力负荷的防皱压模、以及应变测量单元，所述应变测量单元在将所述冲头、所述冲模和所述防皱压模中的至少某一个作为被控制部件时，设置在所述被控制部件的内部，测量对应于冲压成形所产生的所述被控制部件的应变。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的冲压成形装置，其特征在于，具有应变控制单元，该应变控制单元设置在所述被控制部件上，控制对应于冲压成形所产生的所述被控制部件的应变。

4. 如权利要求 3 所述的冲压成形装置，其特征在于，所述应变控制单元控制所述被控制部件的驱动量，以使成形中由所述应变测量单元测量到的应变在规定的范围内。

5. 如权利要求 1 至 4 中的任一项所述的冲压成形装置，其特征在于，具有摩擦力计算单元，该摩擦力计算单元根据由所述应变测量单元测量到的应变，计算所述被控制部件与所述被加工材料之间滑动时产生的摩擦力。

6. 如权利要求 5 所述的冲压成形装置，其特征在于，具有第一回弹量计算单元，该第一回弹量计算单元根据由所述摩擦力计算单元计算出的摩擦力，计算成形品形状的回弹量。

7. 如权利要求 1 至 4 中的任一项所述的冲压成形装置，其特征在于，具有第二回弹量计算单元，该第二回弹量计算单元根据由所述应变测量单元测量到的应变，计算成形品形状的回弹量。

8. 如权利要求 1 至 7 中的任一项所述的冲压成形装置，其特征在于，所述应变测量单元为压电元件传感器。

9. 如权利要求 3 或 4 所述的冲压成形装置，其特征在于，所述应变控制单元为压电元件致动器。

10. 一种冲压成形方法，使用权利要求 3 所述的冲压成形装置，其特征在于，由所述应变控制单元控制所述被控制部件的驱动量，以使成形中由所述应变测量单元测量到的应变在规定的范围内。

## 冲压成形装置及冲压成形方法

### 发明领域

本发明涉及例如薄板的冲压成形装置及冲压成形方法，尤其涉及测量冲压加工时产生的模具应变的冲压成形装置及冲压成形方法。

### 背景技术

冲压加工时，在模具上作用有压力机产生的加压或被加工材料变形阻力的反作用力等，模具产生弹性变形。该弹性变形称为模具的应变。

图 25 为表示在由冲头 2、冲模 7 和防皱压模 4 构成的压力机中冲压成形时产生的模具应变的概念图。实线表示冲压成形前模具的外形，虚线表示冲压成形时产生了弹性变形时的模具的外形。图 25 中强调了变位地进行图示，在实际成形的负荷范围内，弹性变形量为几  $\mu\text{m}$  左右的程度。

图 25 中只表示了冲头 2、冲模 7 和防皱压模 4 的变形，但严格地讲，认为压力机的滑块、导向销等其他的压力机构要素也产生弹性变形。但是，在冲压成形现象中主导的弹性变形可以认为是冲头、冲模和防皱压模的变形，以下将有关冲头、冲模和防皱压模这 3 者的弹性变形作为模具的应变进行讨论。

由于模具产生应变而使成形品的尺寸精度降低。并且由于模具应变引起的成形品的变形量和变形分布随压力机产生的加压以及被加工材料变形阻力产生的反作用力等而变化，因此模具应变也随压力机、模具形状、被加工材料的材质、被加工材料的形状、润滑状况、加压等诸条件的变化而变化，该模具应变的变化是成形品质量不均匀的主要因素。并且，用有限元法等进行的成形预测因计算能力等原因不能考虑模具应变，因此模具应变难以用成形的有限元法进行预测。

作为控制模具应变的装置，例如专利文献 1 中公开了在通过使安装于上横梁的冲头及安装于下横梁的冲模进行接触分离动作而在所述冲头及冲模之间对工件进行弯折加工的弯扳机中，具备多个上横梁用应变传感器、

多个下横梁用应变传感器、多个致动器和控制单元的弯扳机的中开补正装置，所述上横梁用应变传感器沿所述上横梁的长度方向设置、检测所述上横梁的应变；所述下横梁用应变传感器沿所述下横梁的长度方向设置、检测所述下横梁的应变；所述致动器沿折弯加工线方向分散配置在所述下横梁与下模具之间或者所述上横梁与上模具之间，在所述下模具或上模具上施加上下方向的压力；所述控制单元在加压开始后到加压结束前的途中使所述上横梁停止下降，读取该停止状态时所述上横梁用应变传感器和所述下横梁用应变传感器的检测输出，根据这些各检测输出计算上横梁和下横梁的应变量，根据该计算的值进行所述多个致动器的驱动控制以使上横梁和下横梁的应变量为合适的值，然后进行使加压控制重新开始的控制。由此，能够获得沿整个长度具有均匀的弯曲角度的成形品。

并且，专利文献 2 中公开了在模压成形中特征在于由负载检测单元、行程检测单元、冲压次数检测单元、模具温度检测单元、变形预测模型（モデル）、多变量控制信号发生装置、以及使成形凹部的内壁变形的驱动装置构成的冲压模具，所述变形预测模型由模具磨损模型、模具热变形模型、模具负载变形模型、被加工材料的热变形模型、被加工材料的回弹模型中的单个或多个模型构成。由此，能够获得具有高精度的尺寸和形状的制品。

并且，专利文献 3 中公开了虽然不进行模具应变的控制，但具有冲头、冲模、防皱压模、安装在所述冲模与所述防皱压模之间的摩擦力测量单元、以及防皱压力负荷调节单元的薄板冲压成形装置。由此，不管模具与被加工物之间的润滑性或表面形状等变动原因，都能够施加适当的摩擦力，不管材料的特性偏差或环境如何变化，总能提供良好的成形品。

专利文献 1 虽然公开了有关具有模具应变测量功能的装置的发明，但除了横梁用应变传感器沿弯扳机用横梁的长度方向设置以外，发明没有公开。因此，为了在使用形状比弯扳机用横梁的形状复杂的模具的冲压成形中进行高精度的质量管理，不能充分地测量在具有多个形状的模具中产生的模具应变，专利文献 1 的发明并不充分。

并且，专利文献 1 虽然公开了有关进行模具应变控制的装置的发明，但用于检测弯扳机上下横梁的应变的应变检测部设置在上下横梁上，与此相对，用于控制上下横梁应变的致动器设置在下横梁与下模具之间或者上

横梁与上模具之间，应变检测位置与应变控制位置不同。

因此，在将专利文献 1 的发明用于拉深成形用模具之类形状比弯扳机用模具的形状复杂的模具时，由于由致动器进行的应变控制不仅影响希望控制的应变量检测位置的应变量，而且影响不希望控制的应变量检测位置的应变量，因此作为控制的 S/N 比变低。并且，在用形状复杂的模具进行的成形中，作用在模具上的表面压力分布也不一样，模具中产生的应变量的分布复杂。因此，所希望的应变控制量也根据应变量检测位置而不同。因此，专利文献 1 的发明的结构中用来将应变控制量控制在所希望的量的致动器控制是困难的。

并且，专利文献 1 的发明在成形途中暂时中断成形，在该停止状态时检测上下横梁的应变量，进行致动器进行的控制以使上下横梁的应变量为适当的值，然后重新开始成形。但是，与弯扳机之类弯曲主体的成形不同，在拉深成形中，在中途中断成形的情况下，被加工材料与工具之间的摩擦力与成形中的摩擦力大不相同。因此，在将专利文献 1 的发明用于拉深成形的情况下，测量到的模具的应变量与成形中的模具应变量不同，控制的精度也变差。

并且，专利文献 1 的发明必须在成形途中暂时中断加工，用专利文献 1 的发明实施的控制使成形的循环时间变长。

并且，专利文献 2 虽然公开了有关控制模具应变的装置的发明，但是是根据由行程检测单元检测到的压下量、由负载检测单元检测到的负载和由模具温度检测单元检测到的温度，使用预测模具和被加工材料的变形状态的变形预测模型，由其预测结果推测为了获得规定的尺寸和形状的制品所需要的成形凹部形状的修正量进行控制的技术。模具的变形状态是使用模型预测的，不是直接测量的。

并且，专利文献 3 中公开了下述发明作为直接测量其摩擦力的原理。即，夹着应变测量元件地用螺栓等紧固平板和防皱压模，在这种状态下用冲模和所述平板夹着被加工物，如果使被加工物滑动，则在所述应变测量元件中产生剪切应变，能够测量摩擦力。这是在防皱压模或冲模上设置某些构造物测量摩擦力的装置，不是直接测量防皱压模和冲模应变的装置。

为了进行高精度的质量管理，直接测量冲头、冲模和防皱压模的模具

应变是不可欠缺的，因此，专利文献 1—3 的发明不充分。

专利文献 1：日本特开平 5-337554 号公报

专利文献 2：日本特开平 9-29358 号公报

专利文献 3：日本特开 2004-249365 号公报

## 发明内容

因此，本发明的目的在于提供一种能够控制冲压加工中的模具应变、精度高并且应用性好的冲压成形装置及冲压成形方法。尤其涉及测量冲压加工时产生的模具应变的冲压成形装置及冲压成形方法。

本发明的方案如下。

(1) 冲压成形装置，其特征在于，具有冲头、相对于所述冲头移动的冲模和应变测量单元，所述应变测量单元在将所述冲头及所述冲模中的至少某一个作为被控制部件时，设置在所述被控制部件的内部，测量对应于冲压成形所产生的所述被控制部件的应变。

(2) 冲压成形装置，其特征在于，具有冲头、相对于所述冲头移动的冲模、对被加工材料施加防皱压力负荷的防皱压模、以及应变测量单元，所述应变测量单元在将所述冲头、所述冲模和所述防皱压模中的至少某一个作为被控制部件时，设置在所述被控制部件的内部，测量对应于冲压成形所产生的所述被控制部件的应变。

(3) 如上述方案 (1) 或 (2) 所述的冲压成形装置，其特征在于，具有应变控制单元，该应变控制单元设置在所述被控制部件上，控制对应于冲压成形所产生的所述被控制部件的应变。

(4) 如上述方案 (3) 所述的冲压成形装置，其特征在于，所述应变控制单元控制所述被控制部件的驱动量，以使成形中由所述应变测量单元测量到的应变在规定的范围内。

(5) 如上述方案 (1) 至 (4) 中的任一方案所述的冲压成形装置，其特征在于，具有摩擦力计算单元，该摩擦力计算单元根据由所述应变测量单元测量到的应变，计算所述被控制部件与所述被加工材料之间滑动时产生的摩擦力。

(6) 如上述方案 (5) 所述的冲压成形装置，其特征在于，具有第一

回弹量计算单元，该第一回弹量计算单元根据由所述摩擦力计算单元计算出的摩擦力，计算成形品形状的回弹量。

(7) 如上述方案(1)至(4)中的任一方案所述的冲压成形装置，其特征在于，具有第二回弹量计算单元，该第二回弹量计算单元根据由所述应变量测量单元测量到的应变量，计算成形品形状的回弹量。

(8) 如上述方案(1)至(7)中的任一方案所述的冲压成形装置，其特征在于，所述应变量测量单元为压电元件传感器。

(9) 如上述方案(3)或(4)所述的冲压成形装置，其特征在于，所述应变量控制单元为压电元件致动器。

(10) 一种冲压成形方法，使用方案(3)所述的冲压成形装置，其特征在于，由所述应变量控制单元控制所述被控制部件的驱动量，以使成形中由所述应变量测量单元测量到的应变量在规定范围内。

如果采用上述结构的本发明，能够提供可以控制冲压加工时模具的应变、精度高并且应用性高的冲压成形装置及冲压成形方法。

## 附图说明

图1为具有应变量测量单元的冲压成形装置的概略图。

图2A为应变量测量单元的设置状况的详细图。

图2B为冲模的剖视图。

图2C为应变量测量单元和塞子(plug)的侧视图。

图3为具有多个应变量测量单元的冲压成形装置的概略图。

图4为图3中的应变量测量单元的设置状况的详细图。

图5为冲模和冲头两者为被控制体，在这些被控制体中具有应变量测量单元的冲压成形装置的概略图。

图6为冲模、冲头和防皱压模这三者为被控制体，在这些被控制体中具有应变量测量单元的冲压成形装置的概略图。

图7为具有应变量测量单元和应变量控制单元的冲压成形装置的概略图。

图8为图7中的应变量测量单元和应变量控制单元的设置状况的详细图。



图 9 为具有应变测量单元、应变控制单元和摩擦力计算单元的冲压成形装置的概略图。

图 10 为表示图 9 中的应变测量单元的配置例的图。

图 11 为用来说明摩擦力计算单元进行计算处理的一例的图。

图 12 为具有应变测量单元、应变控制单元、摩擦力计算单元和第一回弹量计算单元的冲压成形装置的概略图。

图 13 为具有应变测量单元、应变控制单元和第二回弹量计算单元的冲压成形装置的概略图。

图 14 为用来说明控制应变量的本发明的冲压成形装置的动作顺序的流程图。

图 15 为方形筒状部件成形中的成形品的外观图。

图 16 为方形筒状部件成形中的另外的成形品的外观图。

图 17 表示应变测量单元、应变控制单元的设置方法的图。

图 18 表示应变测量单元、应变控制单元的设置方向的图。

图 19 表示应变测量单元、应变控制单元的设置方法的图。

图 20 表示应变测量单元、应变控制单元相对于冲头的设置方法图。

图 21 表示应变测量单元、应变控制单元的设置方法的图。

图 22 表示应变测量单元、应变控制单元的设置方向的图。

图 23 具有应变测量元件、应变控制单元和摩擦力计算单元的冲压成形装置的概略图。

图 24 应变测量元件安装位置附近的放大图。

图 25 模具应变的概念图。

## 具体实施方式

下面用附图详细说明实施本发明的最佳方式。

### (第 1 实施方式)

图 1 为表示第 1 实施方式的冲压成形装置例的概略图。压力机垫板 1 上安装有冲头 2, 由成形负荷·速度调节单元 5 驱动的上部滑动体 6 上安装有冲模 7。另外, 图中标记 10 为作为被加工材料的薄板。

图 1 中选择冲模 7 作为被控制部件, 在其内部设置有应变测量单元 8。

图 2 为放大表示图 1 的应变测量单元 8 的设置场所附近的图。作为应变测量单元 8 的设置方法的一例，像图 2B 的示意图表示的那样在冲模 7 上开不贯穿的钻孔（きり穴），切阴螺纹；像图 2C 所示那样插入应变测量单元 8，用塞子施加轴向力将应变测量单元 8 压入钻孔的底部。在像图 2A 那样倾斜设置等情况下，有根据需要填充间隙使表面均匀的方法。

应变测量单元 8 设置在被控制部件的内部，使该应变测量位置离模具表面的距离为  $ds[\text{mm}]$ 。 $ds[\text{mm}]$  优选在  $1\sim 500[\text{mm}]$  的范围。

并且，应变测量单元 8 设置在被控制部件的内部，使其应变测量方向用在以应变测量位置为原点的任意正交坐标系中成分为  $(xs, ys, zs)$  的向量表示。其中， $xs$ 、 $ys$ 、 $zs$  分别为  $-1\sim 1$  范围内的值，并且用下述公式 (1) 表示。

[公式 1]

$$\sqrt{xs^2 + ys^2 + zs^2} = 1 \quad \dots (1)$$

虽然图 1 表示在被控制部件中设置一个应变测量单元 8 时的情况，但也可以在被控制部件中设置多个应变测量单元 8。图 3 中表示了设置多个应变测量单元 8 的例子。图 3 除了在被控制部件中设置 2 个应变测量单元 8 以外与图 2 相同。

图 4 为放大表示图 3 的应变测量单元 8 设置场所附近的图。多个应变测量单元 8 的应变测量位置和应变测量方向能够分别独立确定。

图 1 选择冲模 7 作为被控制部件，但被控制部件只要选择冲模 7、冲头 2 中的至少某一个就可以。图 5 表示选择冲模 7 和冲头 2 两者作为被控制部件的情况。

(第 2 实施方式)

图 6 表示第 2 实施方式的冲压成形装置例的概略图。压力机垫板 1 上安装有冲头 2，防皱压力负荷调节单元 3 上安装有防皱压模 4，由成形负荷·速度调节单元 5 驱动的上部滑动体 6 上安装有冲模 7。

图 6 中选择冲模 7、冲头 2 和防皱压模 4 这 3 个作为被控制部件，各自的内部设置有应变测量单元 8。另外，被控制部件只要选择冲模 7、冲头 2 和防皱压模 4 中的至少某一个就可以。

### （第3实施方式）

图7表示第3实施方式的冲压成形装置例的概略图。与图6一样，压力机垫板1上安装有冲头2，防皱压力负荷调节单元3上安装有防皱压模4，由成形负荷·速度调节单元5驱动的上部滑动体6上安装有冲模7。

图7中选择冲模7、冲头2和防皱压模4这3个作为被控制部件，各自的内部设置有应变测量单元8和应变控制单元9。

图8表示图7中的应变测量单元8和应变控制单元9的设置详细状况。应变测量单元8的设置方法与图2A~2C中说明过的一样。作为应变控制单元9设置方法的一例，有与图2A~2C说明过的一样开设不贯穿的钻孔、用塞子压入的方法。

应变控制单元9设置在被控制部件的内部，使其应变控制位置为离模具表面 $da[\text{mm}]$ 。 $da[\text{mm}]$ 优选在 $1\sim 500[\text{mm}]$ 的范围。

并且，应变控制单元9设置在被控制部件的内部，使其应变控制的方向用在以应变控制位置为原点的任意正交坐标系中成分为 $(x_a, y_a, z_a)$ 的向量表示。其中， $x_a, y_a, z_a$ 分别为 $-1\sim 1$ 范围内的值，并且用下述公式(2)表示。

[公式2]

$$\sqrt{x_a^2 + y_a^2 + z_a^2} = 1 \quad \dots (2)$$

当希望用应变控制单元9控制由应变测量单元8测量到的应变时，使希望控制的应变测量位置与应变控制单元9的应变控制位置之间的距离为 $L[\text{mm}]$ 地设置应变控制单元9。 $L[\text{mm}]$ 优选在 $1\sim 1000[\text{mm}]$ 的范围内。

作为控制方法的例子，有如下方法：用应变控制单元9控制被控制部件的驱动量，使应变测量单元8测量到的应变在成形中在规定范围内。作为具体例之一，这样进行控制：成形中当应变测量单元8测量到的压缩应变超过 $110\mu\epsilon$ 时，用应变控制单元9产生向抵消压缩应变的方向的应变，使应变测量单元8测量到的压缩应变在 $110\mu\epsilon$ 以下。

### （第4实施方式）

图9表示第4实施方式的冲压成形装置的概略图。这里，与图7所示

的冲压成形装置一样设置的应变测量单元 8 的输出，被输入至摩擦力计算单元 11。摩擦力计算单元 11 根据应变测量单元 8 测量到的应变计算被控制部件与被加工材料之间滑动时产生的摩擦力。

下面用图 10 和图 11 更详细地说明摩擦力计算单元 11。图 10 中，应变测量单元 8 设置在冲模 7 的内部，离夹具(holder)表面的距离  $Ds_x = 10\text{mm}$ ，离冲模纵壁的距离  $Ds_y = 15\text{mm}$ 。

并且，其应变测量的方向用在以应变测量位置为原点、以成形品高度的方向为 X、以成形品宽度的方向为 Y、以成形品长度的方向为 Z 的图中那样的正交坐标系中成分为  $(x_s, y_s, z_s) = (0, 1, 0)$  的向量表示地被设置在冲模 7 的内部。即，应变测量单元 8 能够检测图中 Y 方向的压缩、拉伸应变。

当在这种状态下进行被加工材料 10 的成形时，随着成形的进展，被加工材料 10 卷绕在冲模 7 的肩 R 部，在冲模 7 的肩 R 部产生压缩应变。该冲模 7 的肩部的压缩应变由应变测量单元 8 测量，输送给摩擦力计算单元 11。

下面用图 11 说明摩擦力计算单元 11 的功能。如图 11 所示，由于应变测量单元 8 输出的值随成形行程而改变，因此将行程位置 S1 的应变作为 Strain1、行程位置 S2 的应变作为 Strain2、……抽出，将这些值代入换算式中，通过这样计算出冲模 7 与被加工材料 10 之间滑动时产生的摩擦力。换算式优选如下方法：使用 FEM 分析，用多项式近似获得 FEM 分析的摩擦系数设定值与分析结果中模具产生的应变量的相关性。作为具体例之一，用下式进行近似计算。

$$F_{\text{fric}} = (3 \times 10^{-3}) \times \text{Strain}(s) \times \text{BHF}$$

$F_{\text{fric}}$ : 滑动时产生的摩擦力[N]

Strain (s): 行程位置  $S = dr + dp + t$  的应变 (dr: 冲模肩 R, dp: 冲头肩 R, t: 被加工材料板厚)

BHF: 防皱压力负荷[N]

(第 5 实施方式)

图 12 表示第 5 实施方式的冲压成形装置的概略图。这里，与图 7 所示

的冲压成形装置一样设置的应变测量单元 8 的输出，被输入至输入摩擦力计算单元 11 中，作为摩擦力计算单元 11 的输出的摩擦力输送给第一回弹量计算单元 12 中。摩擦力计算单元 11 为根据应变测量单元 8 测量到的应变计算被控制部件与被加工材料之间滑动时产生的摩擦力的单元，与第 4 实施方式一样。

第一回弹量计算单元 12 的功能是通过将作为摩擦力计算单元 11 的输出的摩擦力代入换算式而计算出冲压成形品的回弹量。换算式优选如下方法：通过进行多次冲压成形，调查摩擦力计算单元 11 的输出与成形品形状的相关性，用多项式等近似获得。作为具体例之一，用下式进行换算。

$$\Delta \theta_p = 0.13 F_{\text{fric}} - 4.5$$

$\Delta \theta_p$ : 成形品冲头肩角度回弹量[deg]

$F_{\text{fric}}$ : 滑动时产生的摩擦力[N]

(第 6 实施方式)

图 13 表示第 6 实施方式的冲压成形装置的概略图。这里，与图 7 所示的冲压成形装置一样设置的应变测量单元 8 的输出，被输送给第二回弹量计算单元 13。第二回弹量计算单元 13 通过将应变测量单元 8 测量到的应变代入换算式中而计算出冲压成形品的回弹量。换算式优选如下方法：通过进行多次冲压成形，调查应变测量单元 8 的输出与成形品形状的相关性，用多项式等近似获得。作为具体例之一，用下式进行换算。

$$\Delta \theta_p = 0.15 \text{Strain}(s) - 4.5$$

$\Delta \theta_p$ : 成形品冲头肩角度回弹量[deg]

Strain (s): 行程位置  $S = dr + dp + t$  的应变 (dr: 冲模肩 R, dp: 冲头肩 R, t: 被加工材料板厚)

如果使用压电元件传感器或应变仪作为应变测量单元 8 的话，则能够容易地测量应变。并且，如果使用压电元件致动器作为应变控制单元 9 的话，则能够容易地控制应变。

(第 9 实施方式)

作为第 9 实施方式，用图 14 所示的流程图说明应变控制单元 9 控制

被控制部件的驱动量使成形中应变测量单元 8 测量到的应变在规定的范围内的方法。

首先，在步骤 S101 中将被加工材料设置到压力机中，开始成形。此时  $i=1$ 。接着在步骤 S102 中使压力机行程  $S_{i-1}[\text{mm}]$  仅前进  $\delta S_i[\text{mm}]$ ，为  $S_i[\text{mm}]$ 。例如，当  $i=1$  时，由于  $S_1=S_0+\delta S_1$ 、 $S_0=0$ ，因此  $S_1=\delta S_1$ 。 $\delta S_i[\text{mm}]$  在加工前预先决定。

接着，在步骤 S103 中，用应变测量单元 8 测量行程  $S_i[\text{mm}]$  的模具应变  $\delta u_i[\text{mm}]$ 。在步骤 S104 中，将步骤 S103 中测量到的模具应变  $\delta u_i[\text{mm}]$  与模具应变目标值  $\delta ut_i[\text{mm}]$  进行比较。 $\delta ut_i[\text{mm}]$  在加工前预先决定。

如果  $\delta u_i=\delta ut_i$ ，则前进到步骤 S105 不进行控制，前进到步骤 S107。如果  $\delta u_i\neq\delta ut_i$ ，则前进到步骤 S106，用应变控制单元 9，根据模具应变与模具应变目标值的差  $\delta u_i-\delta ut_i$  增减模具应变控制量  $\delta uc_{i+1}[\text{mm}]$ 。

在步骤 S107 中，将行程  $S_i[\text{mm}]$  与成形结束的行程  $S_{\text{end}}[\text{mm}]$  进行比较。如果  $S_i=S_{\text{end}}$ ，则成形结束。在步骤 S107 中，如果  $S_i\neq S_{\text{end}}$ ，则前进到步骤 S108 将  $i$  增加 1，返回步骤 S102。

通过实施本冲压成形方法，即使在各种成形条件变化时也总能使模具应变  $\delta u_i[\text{mm}]$  与模具应变目标值  $\delta ut_i[\text{mm}]$  一致地进行控制，因此能够降低每次成形时模具应变  $\delta u_i[\text{mm}]$  不同引起的成形品质量不均匀。

#### (实施例 1)

作为本发明的实施例 1，试制了图 7 所示的冲压成形装置，进行了冲压成形。表 1 表示使用的钢板的特性。使用了板厚 1.0mm、杨氏模量为 270MPa 级的普通钢。

[表 1]

材料	屈服应力[MPa]	抗拉强度[MPa]	拉伸率[%]
普通钢	192	308	49

成形部件 1 表示在图 15 中，成形部件 2 表示在图 16 中。如图 15 所示，成形部件 1 为冲头底面曲率半径为 1500mm (1500R)、冲头肩为 R5mm、600mm×600mm×成形高度 30mm 的方形筒状 (角筒) 部件。

如图 16 所示, 成形部件 2 为冲头底面曲率半径为 1500mm (1500R)、冲头底面具有曲率半径为 20mm (20R) 的凹形状、冲头肩为 R5mm、600mm × 600mm × 成形高度 30mm 的方形筒状部件。

在本成形中, 选择了防皱压模 4 作为被控制部件。图 17 表示本成形使用的防皱压模 4。如图 17 所示, 应变测量单元 8 和应变控制单元 9 各设置了 8 个。应变测量单元 8 使用了如图 2A~2C 中的在模具上开不贯穿的钻孔、切阴螺纹, 插入应变测量单元 8, 用塞子施加轴向力将应变测量单元 8 压入钻孔的底部的方法, 设置于模具的内部, 使其应变测量位置为距模具表面  $d_s=30\text{mm}$ 。

并且, 应变控制单元 9 也使用了如图 2A~2C 中的在模具上开不贯穿的钻孔、切阴螺纹, 插入应变控制单元 9, 用塞子施加轴向力将应变控制单元 9 压入钻孔的底部的方法, 设置成使其应变控制位置为距模具表面  $d_a=30\text{mm}$ 。并且, 使应变测量位置与应变控制位置之间的距离  $L=30\text{mm}$  地设置了应变控制单元 9。

图 18 中表示了应变测量单元 8 和应变控制单元 9 的设置方向。首先, 为了定义设置方向, 定义了图中所示的 XYZ 正交坐标系。其中, X 为成形品的长度方向、Y 为成形品的宽度方向、Z 为成形品的高度方向。

8 个应变测量单元 8 全部使其应变量的测量方向用在以应变测量位置为原点的所述正交坐标系中成分为  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  的向量表示地设置。本成形中使用了能够检测应变测量方向上的压缩和拉伸应变的压电元件传感器作为应变测量单元 8。由此, 应变测量单元 8 能够检测 Z 轴方向的压缩和拉伸应变。

8 个应变控制单元 9 全部使其应变量的控制方向用在以应变控制位置为原点的所述正交坐标系中成分为  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  的向量表示地设置。

本成形中使用了能够控制应变控制方向上的压缩和拉伸应变的压电元件致动器作为应变控制单元 9。由此, 应变控制单元 9 能够控制 Z 轴方向的压缩和拉伸应变。

本成形中对所有的  $i$  使  $\delta S_i=1[\text{mm}]$ 。即, 对每个 1mm 行程反复执行测量、控制循环。本成形中对所有的  $i$  使模具应变目标值  $\delta S_{ut_i}=0[\text{mm}]$ 。

并且使图 9 所示流程图的步骤 S106 中的公式为  $\delta uc_{i+1} = \delta uc_i + f(\delta u_i - \delta ut_i)$   
 $ut_i) = \delta uc_i - (\delta u_i - \delta ut_i)$ 。

因此，模具挠曲控制量  $\delta uc_{i+1}$  [mm] 由  $\delta uc_{i+1} = \delta uc_i - (\delta u_i - \delta ut_i)$   
 $= \delta uc_i - \delta u_i$  决定。

即，本成形中应变量控制单元 9 使应变量测量单元 8 检测到的模具应  
 变量  $\delta u_i$  [mm] 接近 0 地进行控制。

并且，作为比较例 1，进行了未使用本发明的冲压成形装置的成形。比  
 较例 1 使用的冲压成形装置的成形条件除了未使用本发明的应变量测量单  
 元 8 和应变量控制单元 9 外与实施例 1 的相同。

表 2 中表示了本发明的实施例 1 和比较例 1 中的表面精度、形状冻结  
 性。首先，用三维形状测量仪测量了成形部件 1 和成形部件 2 这 2 个成形  
 品的底面，沿图 15 或图 16 的圆弧 1、圆弧 2 计算出了成形曲率 ( $k=1/R$ )。  
 其中，R 为曲率半径。

接着计算出测量到的成形曲率  $k$  与模具的成形曲率  $k_{design}$  之差的最大值  
 $\Delta k$ 。如果成形品具有与模具相同的成形曲率分布 ( $k=k_{design}$ )，则  $\Delta k=0$ 。  
 将该  $\Delta k$  作为表面精度、形状冻结性的指标。

[表 2]

		$\Delta k$ (圆弧 1) [1/m]	$\Delta k$ (圆弧 2) [1/m]
实施例 1	成形部件 1	2.1	1.9
	成形部件 2	3.2	3.8
比较例 1	成形部件 1	12.5	14.2
	成形部件 2	13.5	13.1

如表 2 所示，对于表面精度、形状冻结性，成形部件 1 和成形部件 2  
 都是本发明的实施例 1 能够获得良好的结果。可以认为，通过实施本发明  
 能够降低冲压成形品的表面应变、改善形状冻结性。

#### (实施例 2)

作为本发明的实施例 2，试制了图 7 所示的冲压成形装置，进行了冲压成形。  
 为了研究本发明对提高成形界限的效果，改变实施例 1 中成形部件 1 和成  
 形部件 2 的成形高度 30mm 进行了成形。除成形高度以外的条件与实施例



1 相同。

并且，作为比较例 2，还进行了未使用本发明的冲压成形装置的成形。比较例 2 使用的冲压成形装置的成形条件除了未使用本发明的应变量测量单元 8 和应变量控制单元 9 以外与实施例 2 相同。

表 3 表示本发明的实施例 2 与比较例 2 的成形界限的比较。以 n 数为 30 进行成形，能够以 9 成以上无断裂成形时记为○，能够以 5 成以上、未滿 9 成无断裂成形时记为△，只有未滿 5 成无断裂成形时记为×。

[表 3]

		成形高度 30mm	成形高度 35mm	成形高度 40mm
实施例 2	成形部件 1	○	○	○
	成形部件 2	○	○	△
比较例 2	成形部件 1	○	×	×
	成形部件 2	△	×	×

如表 3 所示，就成形界限来说，成形部件 1 和成形部件 2 都是本发明的实施例 2 能够获得良好的结果。可以认为，通过实施本发明能够提高冲压成形品的成形界限。

### (实施例 3)

作为本发明的实施例 3，试制了图 7 所示的冲压成形装置，进行了冲压成形。为了研究本发明降低成形品质量偏差的效果，批量生产了实施例 1 的成形部件 1 和成形部件 2。生产量为方形筒状部件、帽型截面部件各 100 个/日×30 日，共计 3000 个。制作时间为 6 个月。各种成形条件与实施例 1 相同。

并且，作为比较例 3，进行了未使用本发明的冲压成形装置的成形。比较例 3 使用的冲压成形装置的成形条件除了未使用本发明的应变量测量单元 8 和应变量控制单元 9 外与实施例 3 相同。

表 4 表示本发明的实施例 3 与比较例 3 的成形品质量偏差的比较。使用以下 2 个参数作为成形部件的成形品质量偏差评价指标。

(1) 裂缝·起皱产生率 = 裂缝·起皱产生个数 / 总计生产个数

(2)  $\Delta k$  偏差 =  $\Delta k$  的标准偏差 /  $\Delta k$  平均值

$\Delta k$  偏差的计算以能够无裂缝起皱成形的部件为对象进行。

[表 4]

		裂缝 起皱产生率	$\Delta k$ 偏差(圆弧 1)	$\Delta k$ 偏差(圆弧 2)
实施例 3	成形部件 1	0.3%	2.1%	1.9%
	成形部件 2	1.2%	3.6%	4.1%
比较例 3	成形部件 1	8.2%	18.2%	17.6%
	成形部件 2	14.5%	22.1%	19.6%

如表 4 所示，成形部件 1 和成形部件 2 都是本发明的实施例 3 能够获得良好的结果。可以认为，本发明的实施例 3 在各种成形条件变化时总能使模具应变变量  $\delta u_i[\text{mm}]$  与模具应变变量的目标值  $\delta u_{ti}[\text{mm}]$  一致地进行控制，因此降低了成形品质量的偏差。

#### (实施例 4)

作为本发明的实施例 4，试制了图 7 所示的冲压成形装置，进行了冲压成形。使用的钢板的特性与表 1 相同。并且，成形部件为图 15 所示的成形部件 1 和图 16 所示的成形部件 2 这 2 个。

本成形中，选择冲头 2、防皱压模 4 和冲模 7 作为被控制部件。图 19 表示本成形中使用的冲头 2 和防皱压模 4。如图所示，防皱压模 4 中设置了 8 个应变变量测量单元 8 和 8 个应变变量控制单元 9。并且，应变变量测量单元 8 和应变变量控制单元 9 的设置方法与图 2A~2C 一样，使用了在模具上开不贯穿的钻孔、切阴螺纹，插入应变变量测量单元 8，用塞子施加轴向力将应变变量测量单元 8 压入钻孔的底部的的方法。

应变变量测量单元 8 使其应变变量测量位置为距防皱压模 4 表面  $d_s=30\text{mm}$  地设置。应变变量控制单元 9 也使其应变变量控制位置为距防皱压模 4 表面  $d_a=30\text{mm}$  地设置。并且，应变变量控制单元 9 使应变变量测量位置与应变变量控制位置之间的距离  $L=30\text{mm}$  地设置。

并且，冲头 2 中各设置了 1 个应变变量测量单元 8 和 1 个应变变量控制单元 9。应变变量测量单元 8 和应变变量控制单元 9 设置到冲头 2 上的方法表示在图 20 中。

应变变量测量单元 8 使其应变变量测量位置为距冲头 2 表面  $d_s=15\text{mm}$  地

设置。并且，应变测量单元 9 使其应变测量位置为距冲头 2 表面  $d_a=15\text{mm}$  地设置。并且，应变测量单元 9 使应变测量位置与应变测量控制位置之间的距离  $L=15\text{mm}$  地设置。

图 21 表示本成形使用的冲模 7。如图所示，冲模 7 中设置了 8 个应变测量单元 8 和 8 个应变测量控制单元 9。并且，应变测量单元 8 和应变测量控制单元 9 的设置方法与图 2 一样，使用了在模具上开不贯穿钻孔、切阴螺纹，插入应变测量单元 8，用塞子施加轴向力将应变测量单元 8 压入钻孔的底部的方法。

应变测量单元 8 使其应变测量位置为距冲模 7 表面  $d_s=30\text{mm}$  地设置。并且，应变测量控制单元 9 使其应变测量控制位置为距冲模 7 表面  $d_a=30\text{mm}$  地设置。并且，应变测量控制单元 9 使应变测量位置与应变测量控制位置之间的距离  $L=30\text{mm}$  地设置。

图 22 中表示了应变测量单元 8 和应变测量控制单元 9 的设置方向。首先，为了定义设置方向，定义了图中所示的 XYZ 正交坐标系。其中，X 为成形品的长度方向、Y 为成形品的宽度方向、Z 为成形品的高度方向。

防皱压模 4 和冲模 7 中，8 个应变测量单元 8 全部使其应变的测量方向用在以应变测量位置为原点的所述正交坐标系中成分为  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  的向量表示地设置。本成形中使用了能够检测应变测量方向上的压缩和拉伸应变的压电元件传感器作为应变测量单元 8。由此，应变测量单元 8 能够检测 Z 轴方向的压缩和拉伸应变。

防皱压模 4 和冲模 7 中 8 个应变测量控制单元 9 全部使其应变的控制方向用在以应变测量控制位置为原点的所述正交坐标系中成分为  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  的向量表示地设置。本成形中使用了能够控制应变测量方向上的压缩和拉伸应变的压电元件致动器作为应变测量控制单元 9。由此，应变测量控制单元 9 能够控制 Z 轴方向的压缩和拉伸应变。

冲头 2 中应变测量单元 8 使其应变的测量方向用在以应变测量位置为原点的所述正交坐标系中成分为  $(X, Y, Z) = (0, 0, 1)$  的向量表示地设置。本成形中使用了能够检测应变测量方向上的压缩和拉伸应变的压电元件传感器作为应变测量单元 8。

冲头 2 中应变测量控制单元 9 使其应变的控制方向用在以应变测量控制

位置为原点的所述正交坐标系中成分为  $(X, Y, Z) = (0, 1/\sqrt{2}, 1/\sqrt{2})$  的向量表示地设置。本成形中使用了能够控制应变量控制方向上的压缩和拉伸应变的压电元件致动器作为应变量控制单元 9。

本成形中对所有的  $i$  使  $\delta S_i = 1[\text{mm}]$ 。即，对每个 1mm 行程反复执行测量、控制循环。本成形中对所有的  $i$  使模具应变量目标值  $\delta ut_i = 0[\text{mm}]$ 。并且使图 8 所示流程图的步骤 S106 中的公式为  $\delta uc_{i+1} = \delta uc_i + f(\delta u_i - \delta ut_i) = \delta uc_i - (\delta u_i - \delta ut_i)$ 。

因此，模具挠曲控制量  $\delta uc_{i+1} [\text{mm}]$  由  $\delta uc_{i+1} = \delta uc_i - (\delta u_i - \delta ut_i) = \delta uc_i - \delta u_i$  决定。

即，本成形中，应变量控制单元 9 使应变量测量单元 8 检测到的模具应变量  $\delta u_i [\text{mm}]$  接近 0 地进行控制。

并且，作为比较例 4，也进行了未使用本发明的冲压成形装置的成形。比较例 4 使用的冲压成形装置的成形条件除了未使用本发明的应变量测量单元 8 和应变量控制单元 9 外与实施例 4 的相同。

表 5 中表示了本发明的实施例 4 和比较例 4 中的表面精度、形状冻结性的比较。首先，用三维形状测量仪测量了成形部件 1 和成形部件 2 这两个成形品的底面，沿图 15 和图 16 的圆弧 1、圆弧 2 计算出了成形曲率 ( $k = 1/R$ )。其中， $R$  为曲率半径。

接着计算出测量到的成形曲率  $k$  与模具的成形曲率  $k_{\text{design}}$  之差的最大值  $\Delta k$ 。如果成形品具有与模具相同的成形曲率分布 ( $k = k_{\text{design}}$ )，则  $\Delta k = 0$ 。将该  $\Delta k$  作为表面精度、形状冻结性的指标。

[表 5]

		$\Delta k$ (圆弧 1) [1/m]	$\Delta k$ (圆弧 2) [1/m]
实施例 4	成形部件 1	1.8	1.5
	成形部件 2	3.3	2.7
比较例 4	成形部件 1	11.2	12.1
	成形部件 2	12.9	11.5

如表 5 所示，对于表面精度、形状冻结性，成形部件 1 和成形部件 2 都是本发明的实施例 4 能够获得良好的结果。可以认为，通过实施本发明

能够降低冲压成形品的表面应变、改善形状冻结性。

(实施例 5)

作为本发明的实施例 5, 试制了图 7 所示的冲压成形装置, 进行了冲压成形。为了研究本发明对提高成形界限的效果, 改变实施例 4 中成形部件 1 和成形部件 2 的成形高度 30mm 进行了成形。除成形高度以外的条件与实施例 4 相同。

并且, 作为比较例 5, 还进行了未使用本发明的冲压成形装置的成形。比较例 5 使用的冲压成形装置的成形条件除了未使用本发明的应变测量单元 8 和应变控制单元 9 以外与实施例 5 相同。

表 6 表示本发明的实施例 5 与比较例 5 的成形界限的比较。以 n 数为 30 进行成形, 能够以 9 成以上无断裂成形时记为○, 能够以 5 成以上、未满足 9 成无断裂成形时记为△, 只有未满足 5 成无断裂成形时记为×。

[表 6]

		成形高度 30mm	成形高度 35mm	成形高度 40mm
实施例 5	成形部件 1	○	○	○
	成形部件 2	○	○	○
比较例 5	成形部件 1	○	×	×
	成形部件 2	△	×	×

如表 6 所示, 就成形界限来说, 成形部件 1 和成形部件 2 都是本发明的实施例 5 能够获得良好的结果。可以认为, 通过实施本发明能够提高冲压成形品的成形界限。

(实施例 6)

作为本发明的实施例 6, 试制了图 7 所示的冲压成形装置, 进行了冲压成形。为了研究本发明降低成形品质量偏差的效果, 批量生产了实施例 4 的成形部件 1 和成形部件 2。生产量为方形筒状部件、帽型截面部件各 100 个/日×30 日, 共计 3000 个。制作时间为 6 个月。各种成形条件与实施例 4 相同。

并且, 作为比较例 6, 进行了未使用本发明的冲压成形装置的成形。比较例 6 使用的冲压成形装置的成形条件除了未使用本发明的应变测量单

元 8 和应变变量控制单元 9 外与实施例 6 相同。

表 7 表示本发明的实施例 6 与比较例 6 的成形品质量偏差的比较。使用以下 2 个参数作为成形部件的成形品质量偏差评价指标。

(1) 裂缝·起皱产生率=裂缝·起皱产生个数/总计生产个数

(2)  $\Delta k$  偏差=  $\Delta k$  的标准偏差/ $\Delta k$  平均值

$\Delta k$  偏差的计算以能够无裂缝起皱成形的部件为对象进行。

[表 7]

		裂缝·起皱产生率	$\Delta k$ 偏差(圆弧 1)	$\Delta k$ 偏差(圆弧 2)
实施例 6	成形部件 1	0.1%	1.2%	1.1%
	成形部件 2	0.9%	3.3%	4.0%
比较例 6	成形部件 1	7.9%	17.5%	17.2%
	成形部件 2	15.5%	23.1%	19.4%

如表 7 所示, 成形部件 1 和成形部件 2 都是本发明的实施例 6 能够获得良好的结果。可以认为, 本发明的实施例 6 在各种成形条件变化时总能使模具应变变量  $\delta u_i$ [mm]与模具应变变量的目标值  $\delta u_t$ [mm]一致地进行控制, 因此降低了成形品质量的偏差。

(实施例 7)

作为本发明的实施例 7, 试制了图 9 所示的冲压成形装置, 进行了冲压成形。使用的钢板的特性如表 1 所示。并且, 成形品成形为图 15 所示的成形部件 1。关于应变变量测量单元 8 和应变变量控制单元 9 的设置方法与实施例 1 相同。

摩擦力计算单元 11 根据以下计算公式计算出摩擦力。

$$F_{\text{fric}} = (3 \times 10^{-3}) \times \text{Strain}(s) \times \text{BHF}$$

$F_{\text{fric}}$ : 滑动时产生的摩擦力[N]

Strain (s): 行程位置  $S = dr + dp + t$  上 8 个应变变量测量单元输出的应变量的平均值 (dr: 冲模肩 R, dp: 冲头肩 R, t: 被加工材料板厚)

BHF: 防皱压力负荷[N]

在本发明的实施例 7 中, 当摩擦力计算单元 11 的输出在 100kN 以下时,

由应变量控制单元 9 进行使产生  $50 \mu \epsilon$  的应变的控制；当摩擦力计算单元 11 的输出在 100kN 以上时，由应变量控制单元 9 进行使产生  $20 \mu \epsilon$  的应变的控制。

并且，作为比较例 7，进行了未使用本发明的冲压成形装置的成形。比较例 7 使用的冲压成形装置的成形条件除了未使用本发明的应变测量单元 8 和应变量控制单元 9 外与实施例 7 的相同。

表 8 中表示本发明的实施例 7 和比较例 7 中的表面精度、形状冻结性的比较。成形品的评价方法与实施例 1 相同。

[表 8]

	$\Delta k$ (圆弧 1) [1/m]	$\Delta k$ (圆弧 2) [1/m]
实施例 7	1.4	2.1
比较例 7	12.5	14.2

如表 8 所示，对于表面精度·形状冻结性，本发明的实施例 7 能够获得良好的结果。可以认为，通过实施本发明能够降低冲压成形品的表面应变、改善形状冻结性。

(实施例 8)

作为本发明的实施例 8，试制了图 12 所示的冲压成形装置，进行了冲压成形。使用的钢板的特性如表 1 所示。并且，成形品成形为图 15 所示的成形部件 1。关于应变测量单元 8 和应变量控制单元 9 的设置方法与实施例 1 相同。

摩擦力计算单元 11 根据以下计算公式计算出摩擦力。

$$F_{\text{fric}} = (3 \times 10^{-3}) \times \text{Strain}(s) \times \text{BHF}$$

$F_{\text{fric}}$ : 滑动时产生的摩擦力[N]

$\text{Strain}(s)$ : 行程位置  $S = dr + dp + t$  上，从 8 个应变测量单元输出的应变量的平均值 ( $dr$ : 冲模肩 R,  $dp$ : 冲头肩 R,  $t$ : 被加工材料板厚)

$\text{BHF}$ : 防皱压力负荷[N]

并且，第一回弹量计算单元 12 根据以下计算公式计算出回弹量。

$$\Delta \theta_p = 0.13 F_{\text{fric}}^{-4.5}$$

$\Delta \theta_p$ : 成形品冲头肩角度回弹量[deg]

$F_{fric}$ : 滑动时产生的摩擦力[N]

在本发明的实施例 8 中, 当第一回弹量计算单元 12 的输出在  $8.5^\circ$  以下时, 由应变量控制单元 9 进行使产生  $50 \mu \varepsilon$  的应变的控制; 当第一回弹量计算单元 12 的输出在  $8.5^\circ$  以上时, 由应变量控制单元 9 进行使产生  $20 \mu \varepsilon$  的应变的控制。

并且, 作为比较例 8, 进行了未使用本发明的冲压成形装置的成形。比较例 8 使用的冲压成形装置的成形条件除了未使用本发明的应变量测量单元 8 和应变量控制单元 9 外与实施例 8 的相同。

表 9 中表示了本发明的实施例 8 和比较例 8 中的表面精度、形状冻结性。成形品的评价方法与实施例 1 相同。

[表 9]

	$\Delta k$ (圆弧 1) [1/m]	$\Delta k$ (圆弧 2) [1/m]
实施例 8	1.3	2.5
比较例 8	12.5	14.2

如表 9 所示, 对于表面精度、形状冻结性, 本发明的实施例 8 能够获得良好的结果。可以认为, 通过实施本发明能够降低冲压成形品的表面应变、改善形状冻结性。

(实施例 9)

作为本发明的实施例 9, 试制了图 13 所示的冲压成形装置, 进行了冲压成形。使用的钢板的特性如表 1 所示。并且, 成形品成形为图 15 所示的成形部件 1。关于应变量测量单元 8 和应变量控制单元 9 的设置方法与实施例 1 相同。

第二回弹量计算单元 13 根据以下计算公式计算出回弹量。

$$\Delta \theta_p = 0.15 \text{Strain}(s) - 4.5$$

$\Delta \theta_p$ : 成形品冲头肩角度回弹量[deg]

Strain (s): 行程位置  $S = dr + dp + t$  上的应变量 (dr: 冲模肩 R, dp: 冲头肩 R, t: 被加工材料板厚)

在本发明的实施例 9 中, 当第二回弹量计算单元 13 的输出在  $8.5^\circ$  以



下时，由应变测量控制单元 9 进行使产生  $50 \mu \varepsilon$  的应变的控制；当第二回弹量计算单元 13 的输出在  $8.5^\circ$  以上时，由应变测量控制单元 9 进行使产生  $20 \mu \varepsilon$  的应变的控制。

并且，作为比较例 9，进行了未使用本发明的冲压成形装置的成形。比较例 9 使用的冲压成形装置的成形条件除了未使用本发明的应变测量单元 8 和应变测量控制单元 9 外与实施例 9 的相同。

表 10 中表示了本发明的实施例 9 和比较例 9 中的表面精度、形状冻结性。成形品的评价方法与实施例 1 相同。

[表 10]

	$\Delta k$ (圆弧 1) [1/m]	$\Delta k$ (圆弧 2) [1/m]
实施例 9	1.7	2.9
比较例 9	12.5	14.2

如表 10 所示，对于表面精度、形状冻结性，本发明的实施例 9 能够获得良好的结果。可以认为，通过实施本发明能够降低冲压成形品的表面应变、改善形状冻结性。

(实施例 10)

作为本发明的实施例 10，试制了图 9 所示的冲压成形装置，进行了冲压成形。使用的钢板的特性如表 1 所示。并且，成形品成形为图 15 所示的成形部件 1。关于应变测量单元 8 和应变测量控制单元 9 的设置方法与实施例 1 相同。摩擦力计算单元 11 计算摩擦力的方法与实施例 7 使用的方法相同。并且，本发明的实施例 10 没有实施使用了应变测量控制单元 9 的被控制部件的应变量的控制。

并且，作为比较例 10，试制了图 23 所示的冲压成形装置。图 23 中夹着应变测量元件 20 地用紧固螺栓 22 紧固平板 21 和防皱压模 4、或者平板 21 和冲模 7、或者平板 21 和冲头 2，取代应变测量单元 8。在这种状态下进行冲压成形，通过测量钢板与所述平板之间的滑动引起的应变测量元件 20 中产生的剪切应变计算出摩擦力。图 23 中应变测量元件 20 的安装位置附近的放大图表示在图 24 中。

比较例 10 中用以下运算公式计算摩擦力。

$$F_{\text{fric}} = (9 \times 10^{-3}) \times \text{Strain}(s) \times \text{BHF}$$

$F_{\text{fric}}$ : 滑动时产生的摩擦力[N]

Strain (s): 行程位置  $S = dr + dp + t$  上, 从 8 个应变测量单元输出的应变量的平均值 (dr: 冲模肩 R, dp: 冲头肩 R, t: 被加工材料板厚)

BHF: 防皱压力负荷[N]

比较例 10 中使用的图 23 所示的冲压成形装置的成形条件除设置所述结构取代本发明的应变测量单元 8 以外, 与实施例 10 的相同。

冲压成形时使用高粘度油 (200cSt)、普通的压力机油 (20cSt) 和低粘度油 (5cSt) 这 3 种作为压力机油, 有意地改变滑动时的摩擦系数。

表 11 表示本发明的实施例 10 和比较例 10 中摩擦系数计算结果的比较。

[表 11]

	高粘度油 (200cSt)	普通的冲压油 (20cSt)	低粘度油 (5cSt)
实施例 10	1.29	1.51	1.85
比较例 10	1.53	1.52	1.83

从表 11 的结果可以看出, 当使用低粘度油和普通的冲压油时, 本发明的实施例 10 与比较例 10 没有太大的差别。此时, 可知本发明的实施例 10 和比较例 10 都能够测量到润滑油不同引起的摩擦系数的变化。

但是, 在使用高粘度油时, 本发明的实施例 10 与比较例 10 能够发现较大的差异。

本发明的实施例 10 能够测量到高粘度油与普通的冲压油的差异引起的摩擦系数的变化, 与此相对, 比较例 10 不能够测量到摩擦系数的变化。

比较例 10 中, 夹着应变测量元件 20 地用紧固螺栓 22 紧固平板 21 和防皱压模 4、或者平板 21 和冲模 7、或者平板 21 和冲头 2, 取代应变测量单元 8。但是, 紧固螺栓 22 在沿剪切方向产生松动。当通过应变测量元件 20 的剪切应变的测量来测量微小的负荷区域的摩擦力时, 该紧固螺栓 22 沿剪切方向松动的的影响很严重, 难于测量。

像比较例 10 那样在防皱压模 4 或冲模 7 的外部设置某结构物测量摩擦力的方法不是直接测量防皱压模 4 或冲模 7 的模具应变量的方法。并且, 像比较例 10 那样由于紧固螺栓 22 松动等的影响有可能不能获得与防皱压

模 4 或冲模 7 的模具应变变量相等的测量结果。

与之相对，本发明的实施例 10 通过在设置应变变量测量单元 8 时施加轴向压力将应变变量测量单元 8 压入，不存在比较例 10 那样松动的问题，能够直接测量防皱压模 4 或冲模 7 的模具应变变量。即，不会发生像比较例 10 那样因紧固螺栓 22 松动等的影响不能够获得与防皱压模 4 或冲模 7 的模具应变变量相等的测量结果这样的状况。

如上所述，可以认为，通过实施本发明能够高精度地测量摩擦系数。

产业上的可利用性

如以上所述，如果采用本发明，能够提供可以控制冲压加工时模具的应变变量、精度高并且应用性高的冲压成形装置及冲压成形方法。

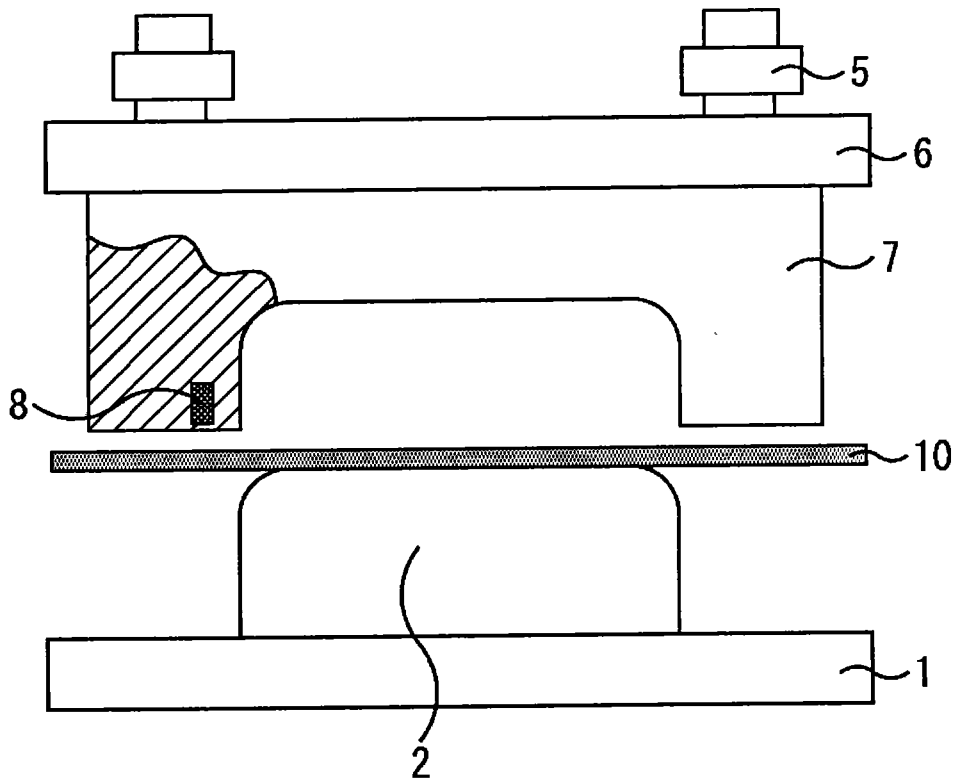


图1

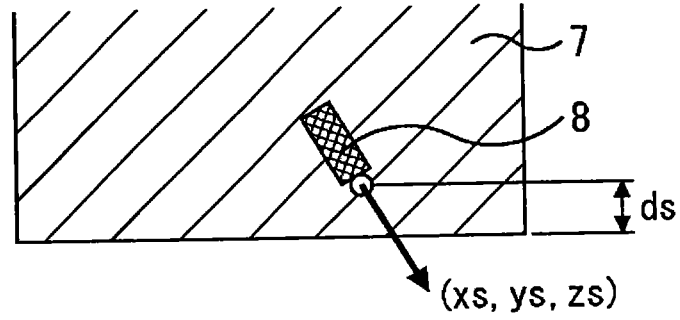


图2A

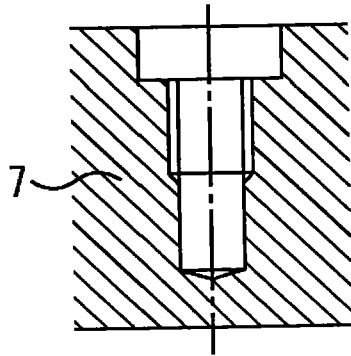


图2B

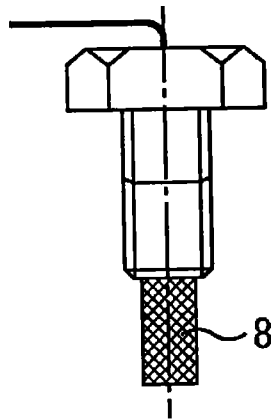


图2C

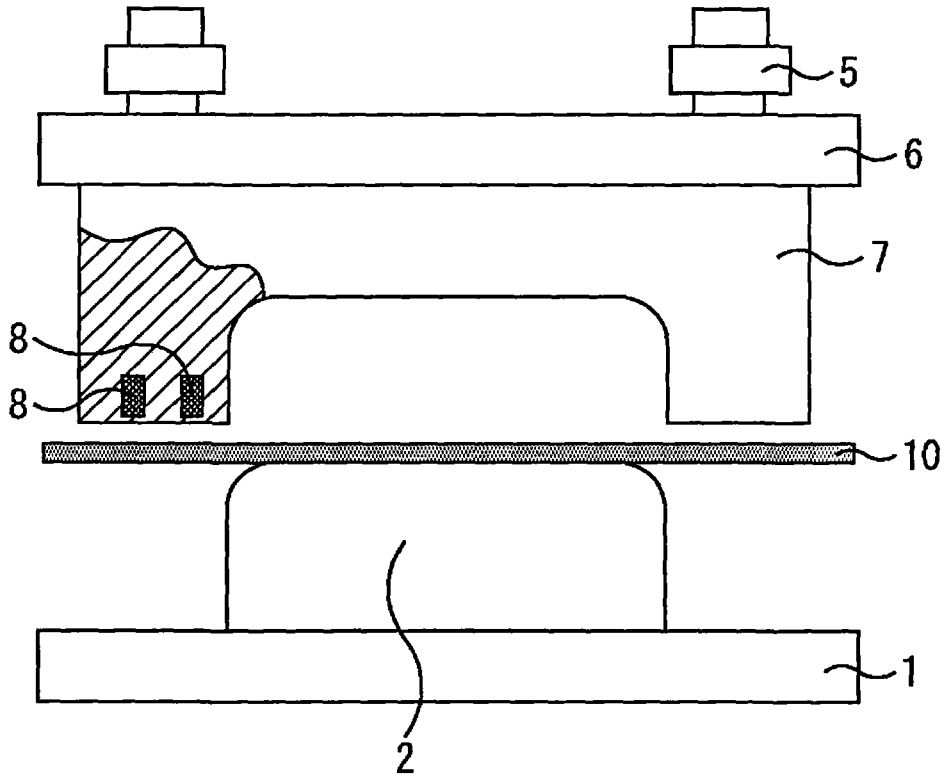


图3

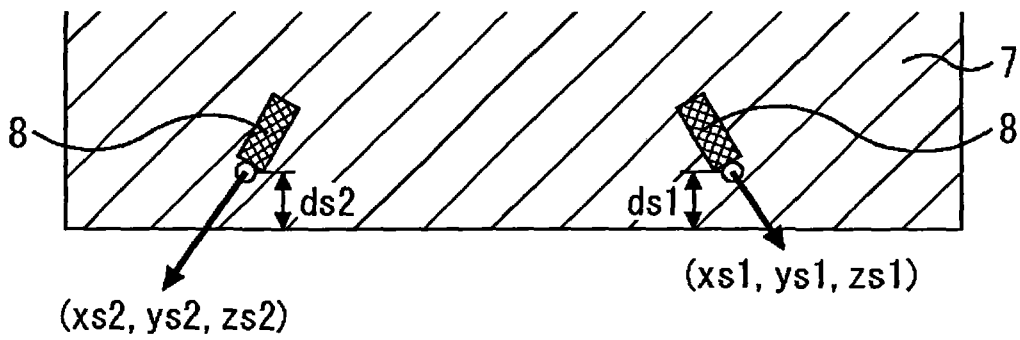


图4

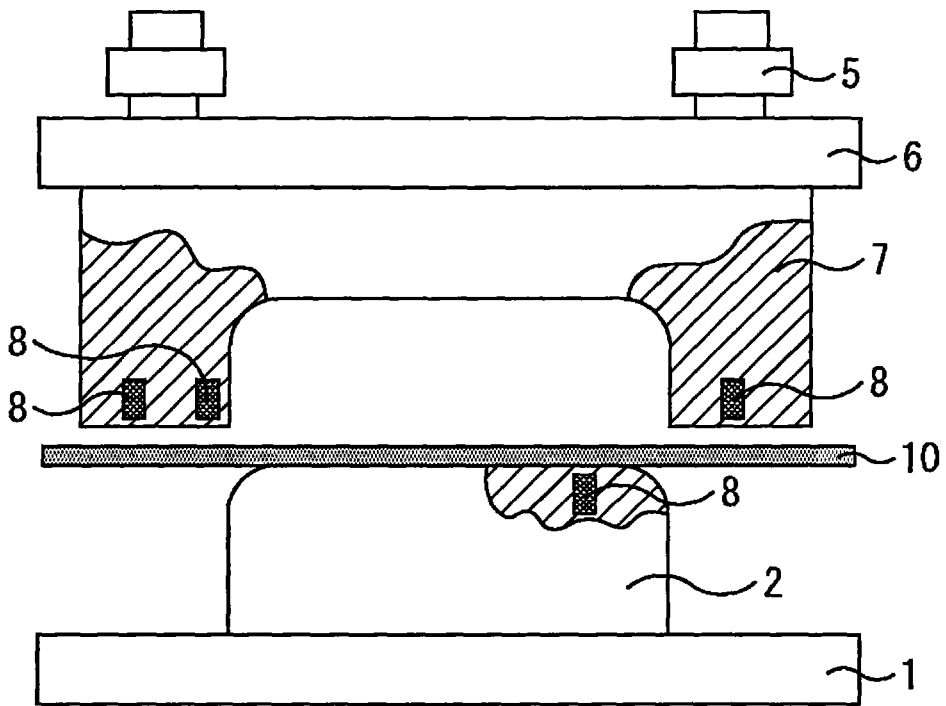


图5

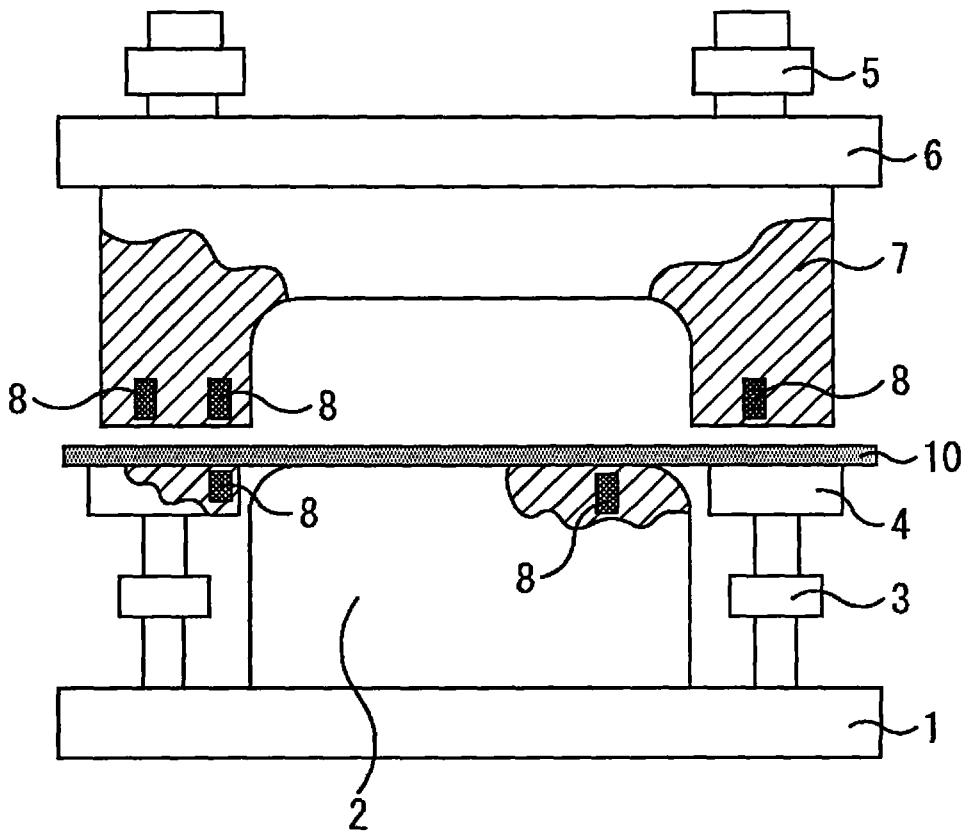


图6

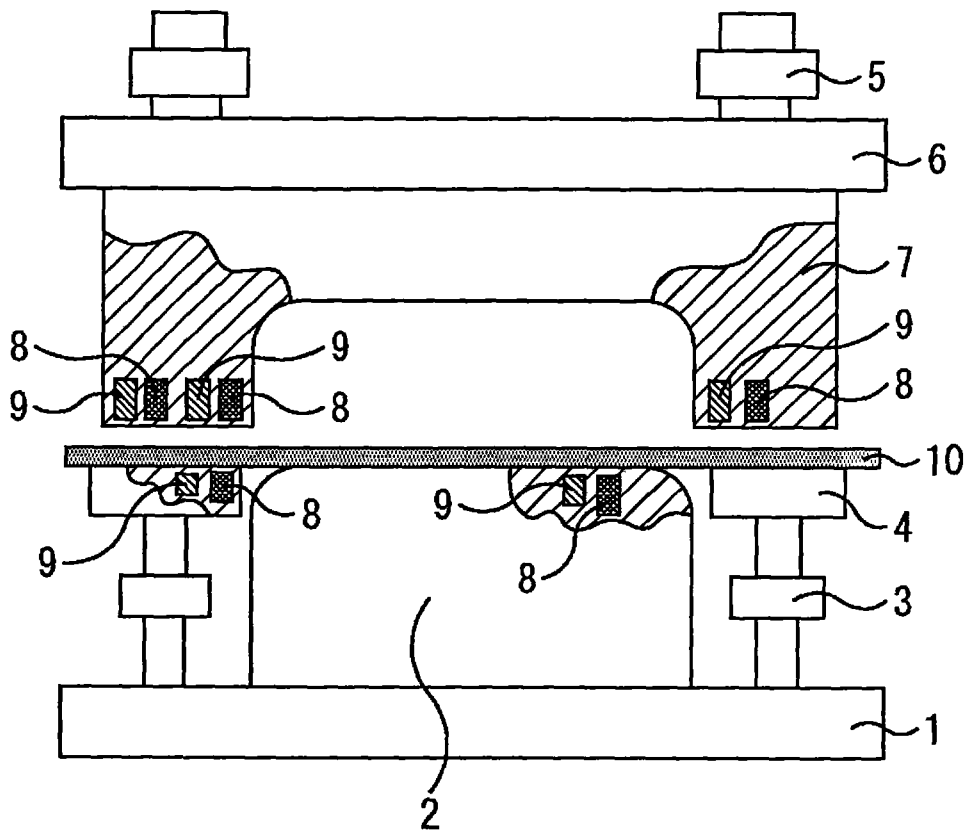


图7



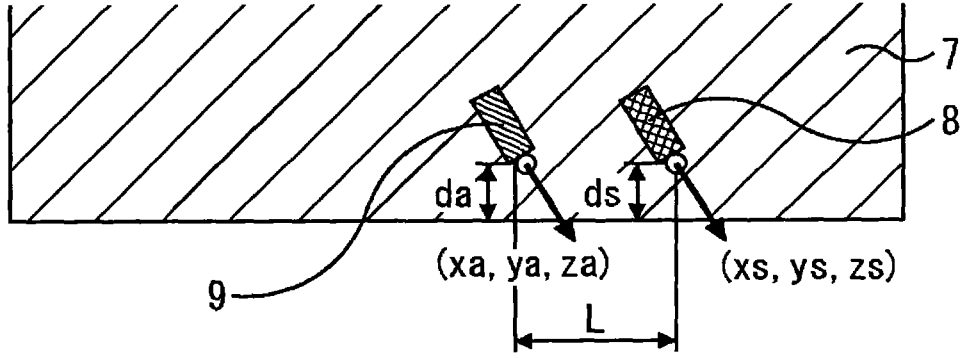


图8

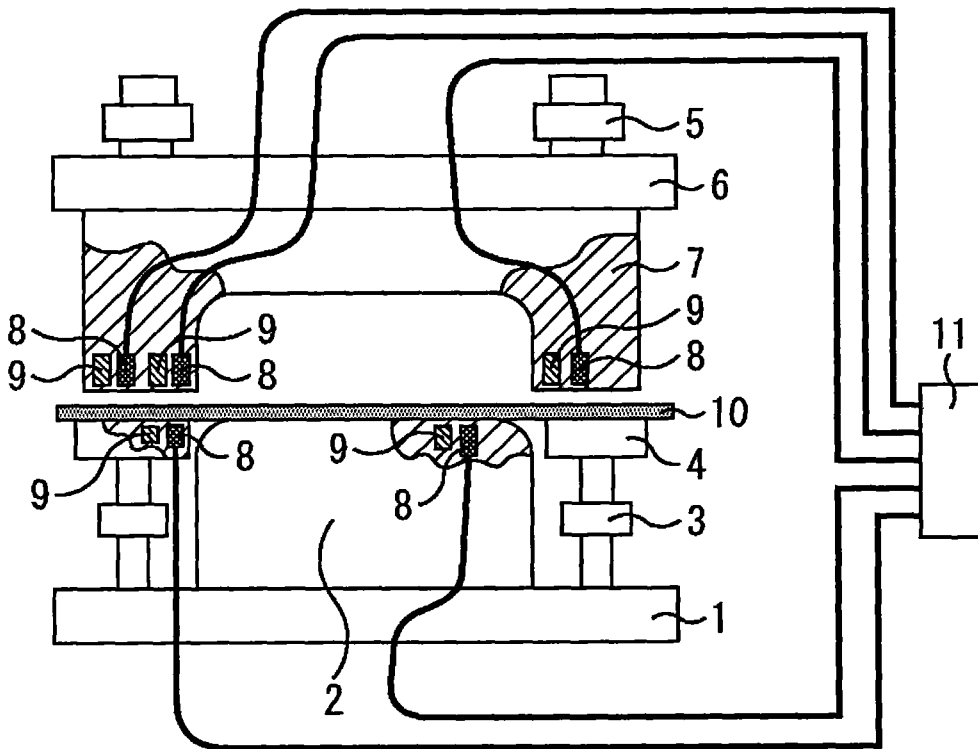


图9

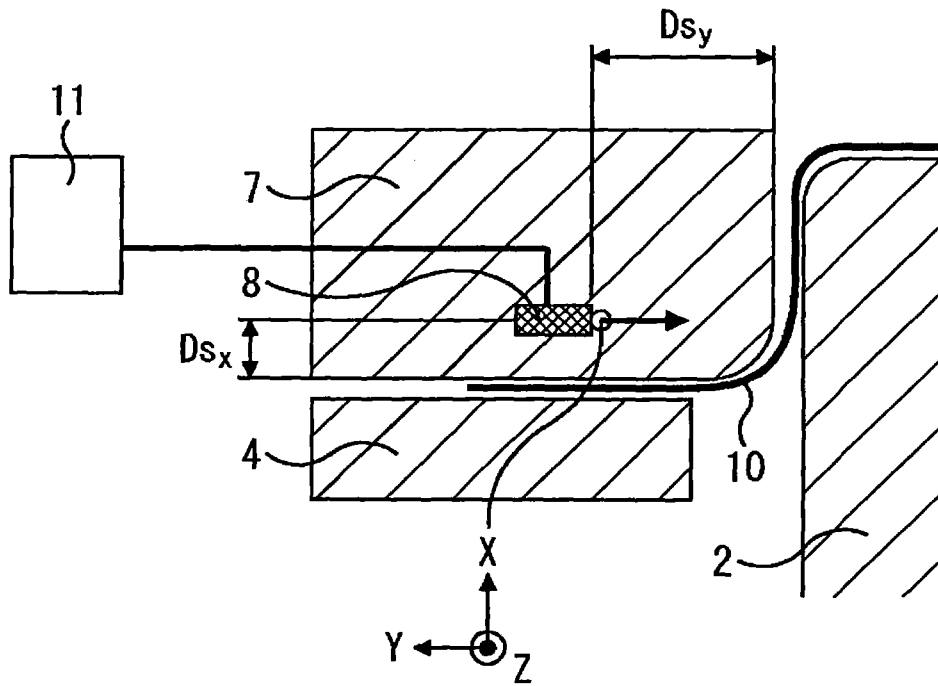


图10

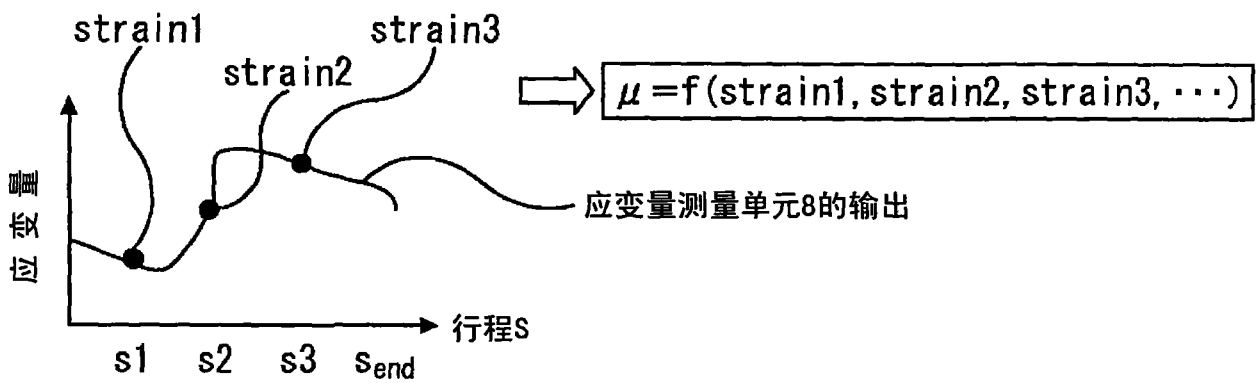


图11

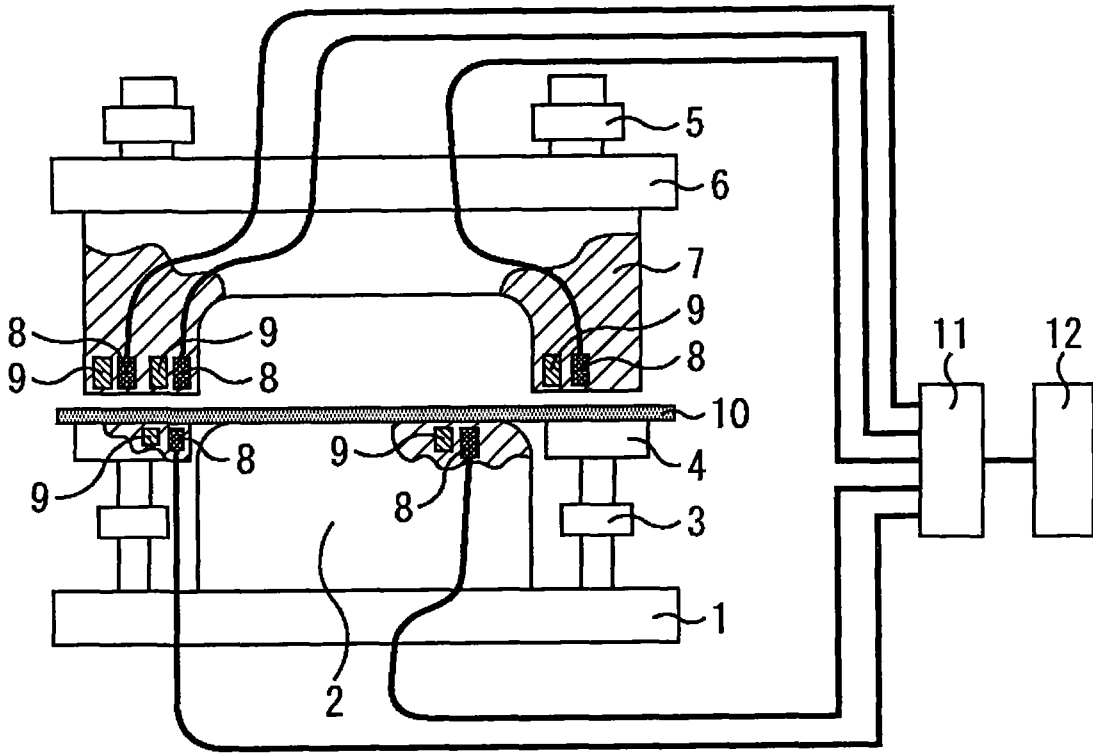


图12

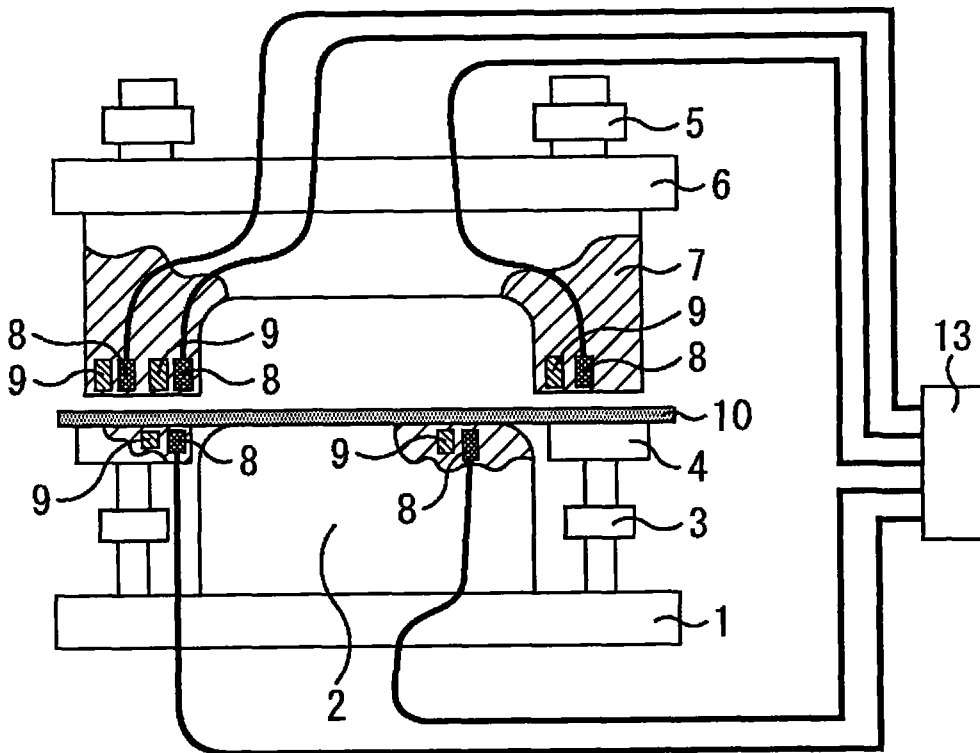


图13

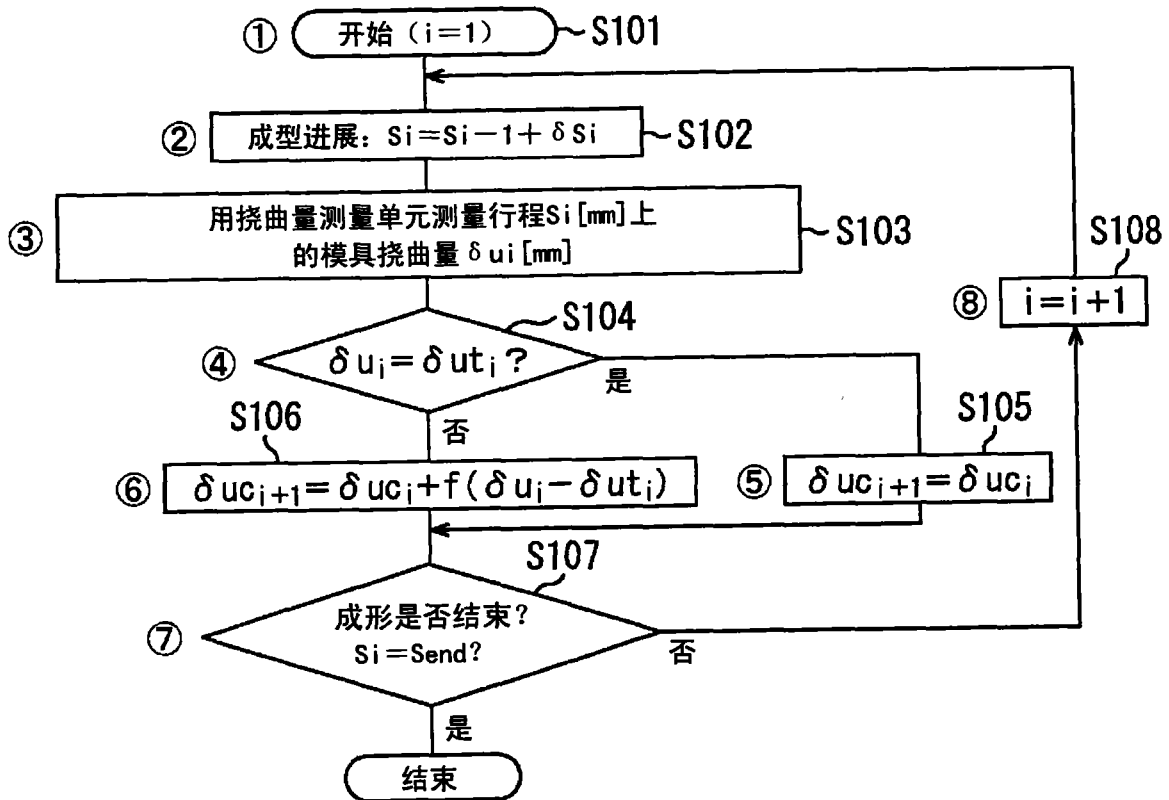


图14

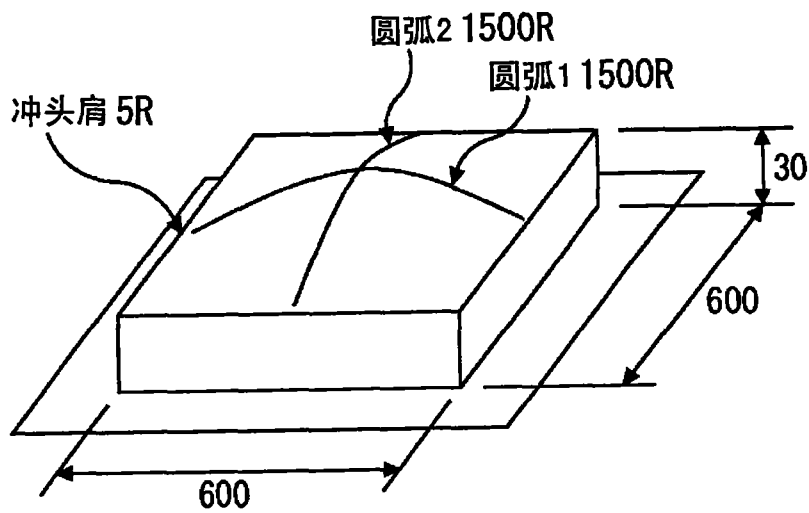


图15

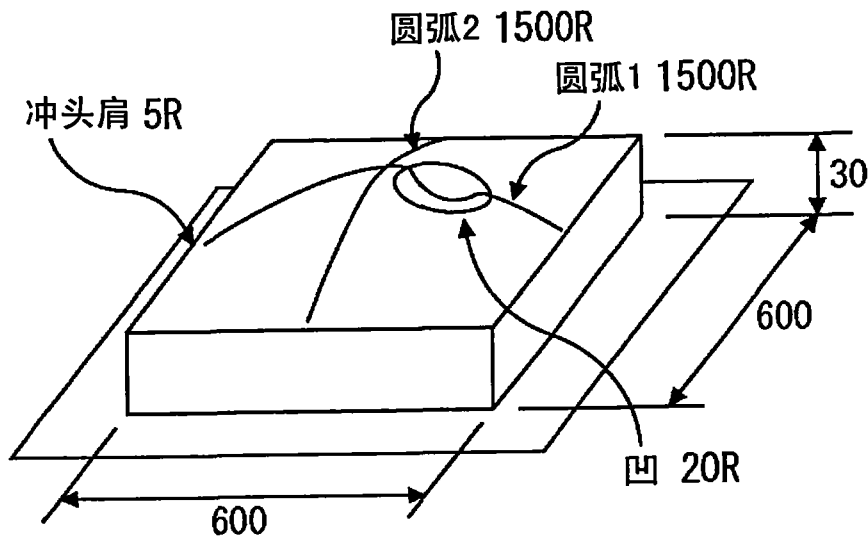


图16

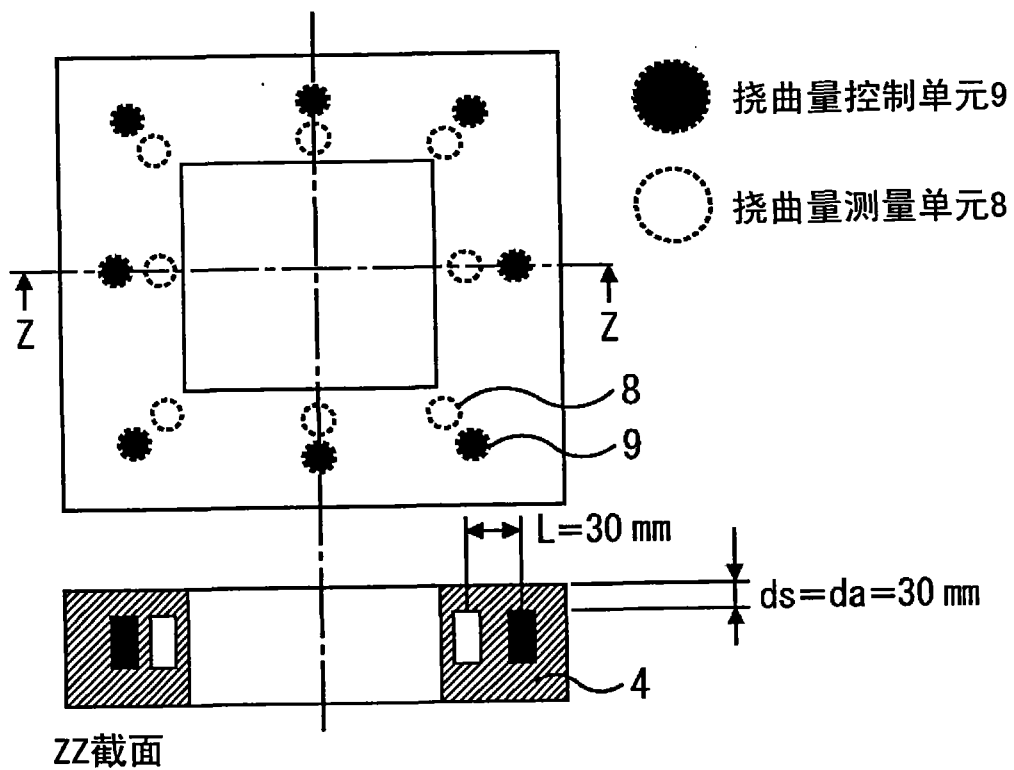


图17

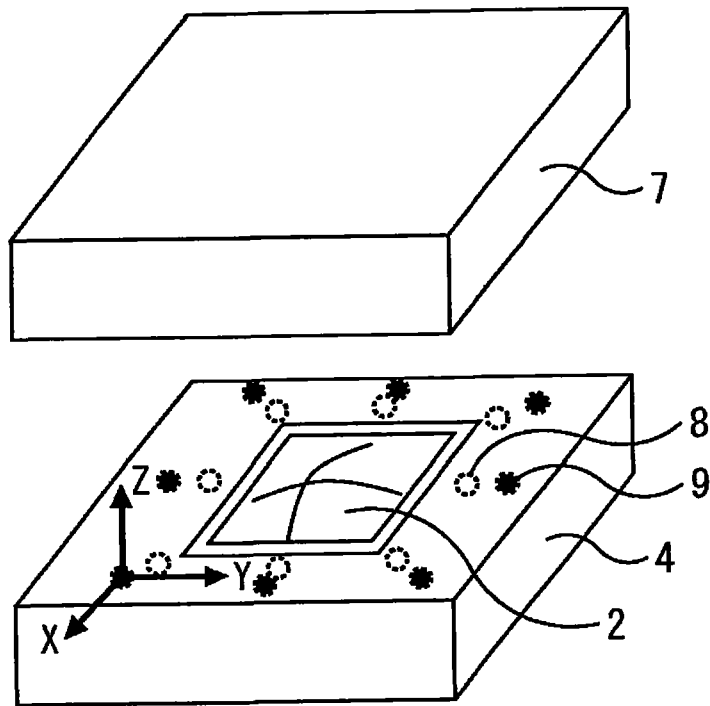


图18

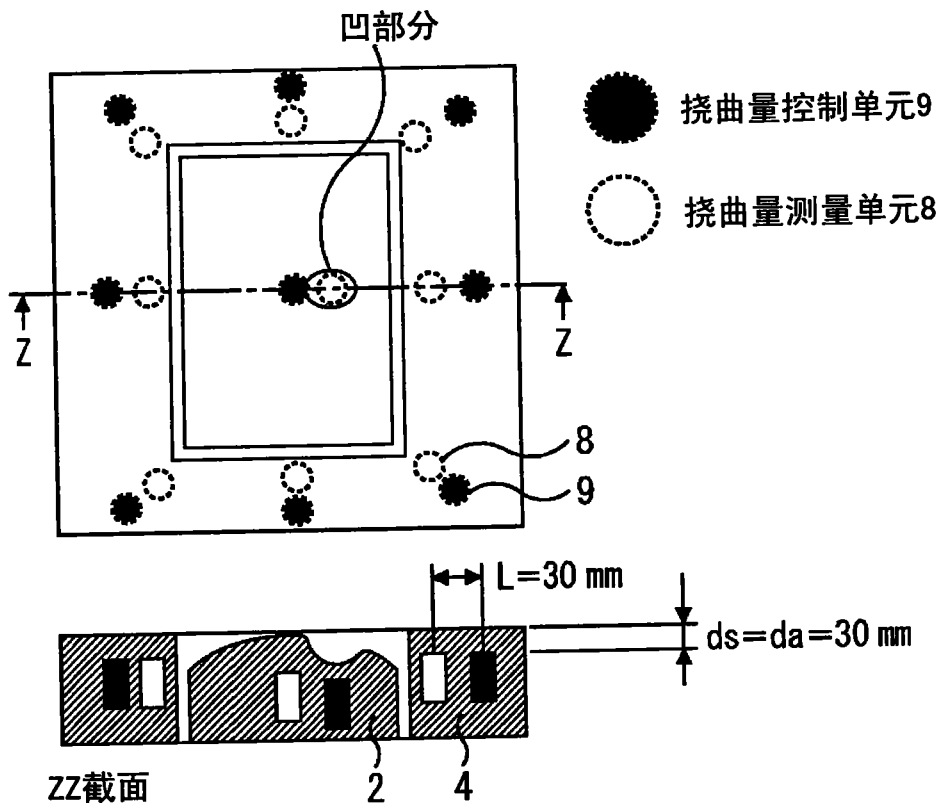


图19

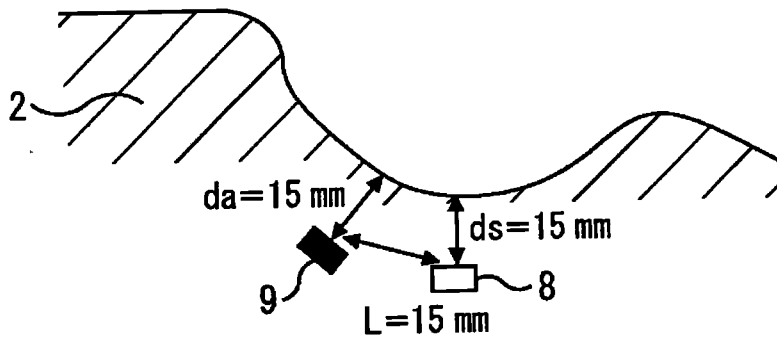


图20

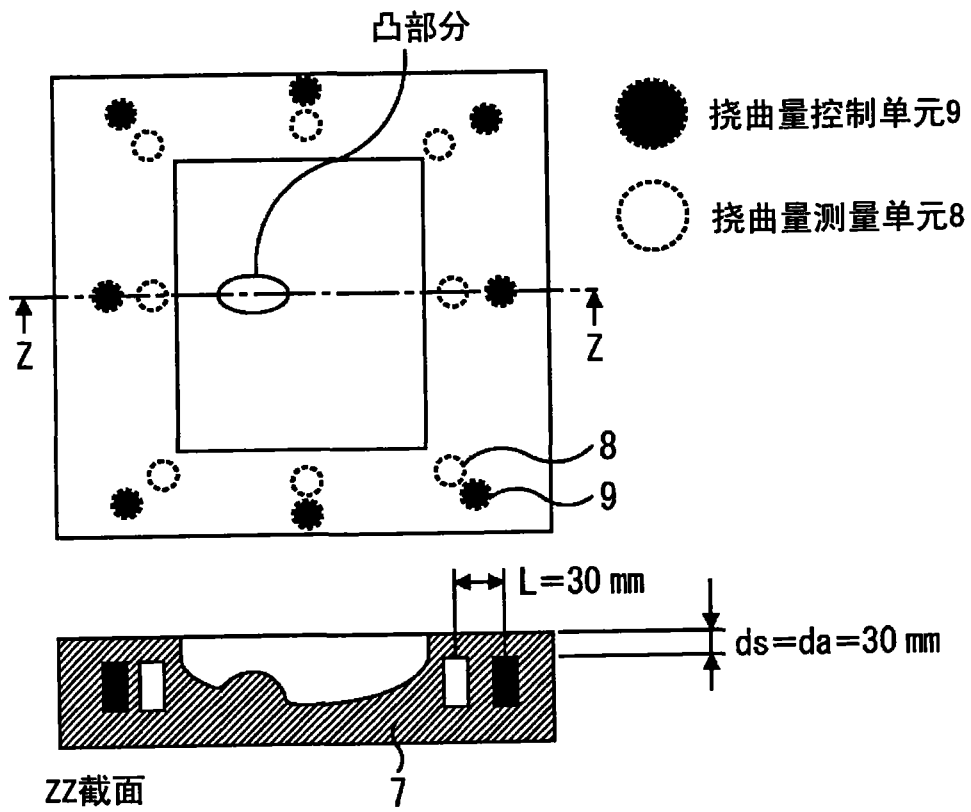


图21



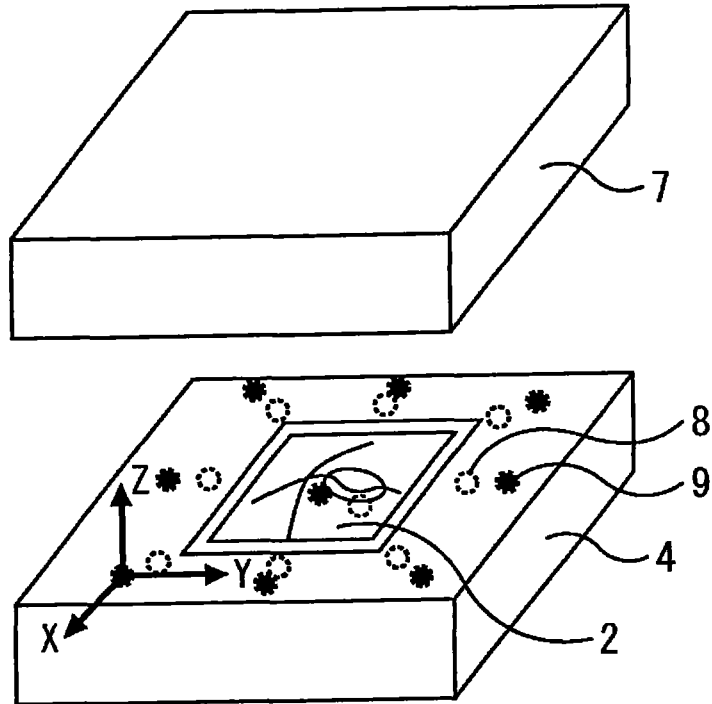


图22

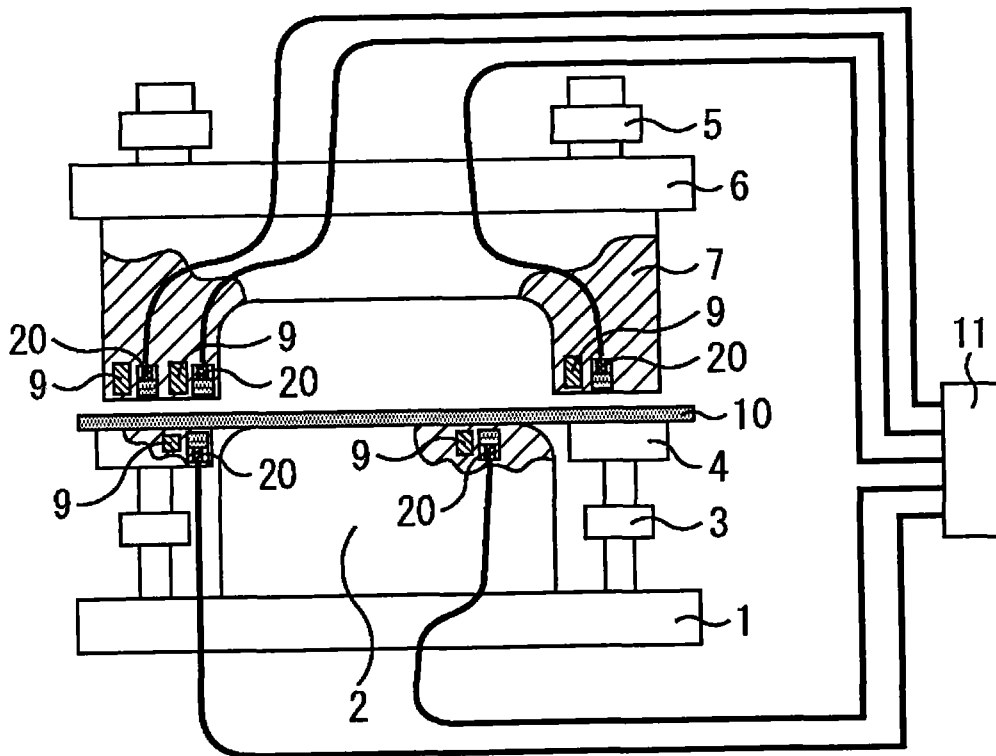


图23

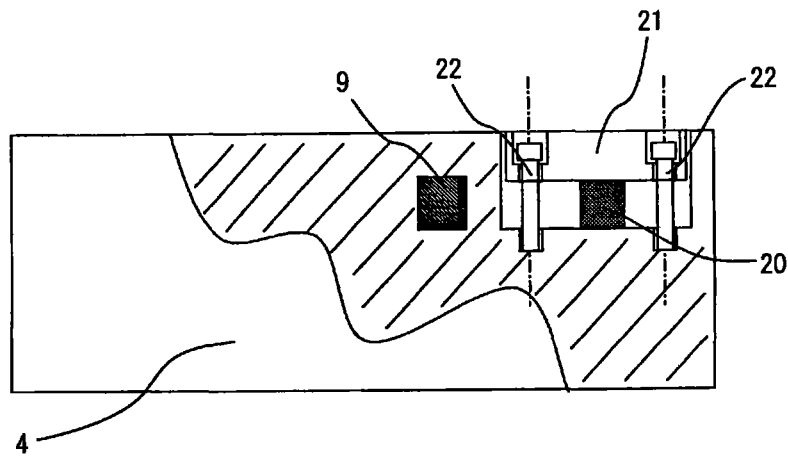


图24

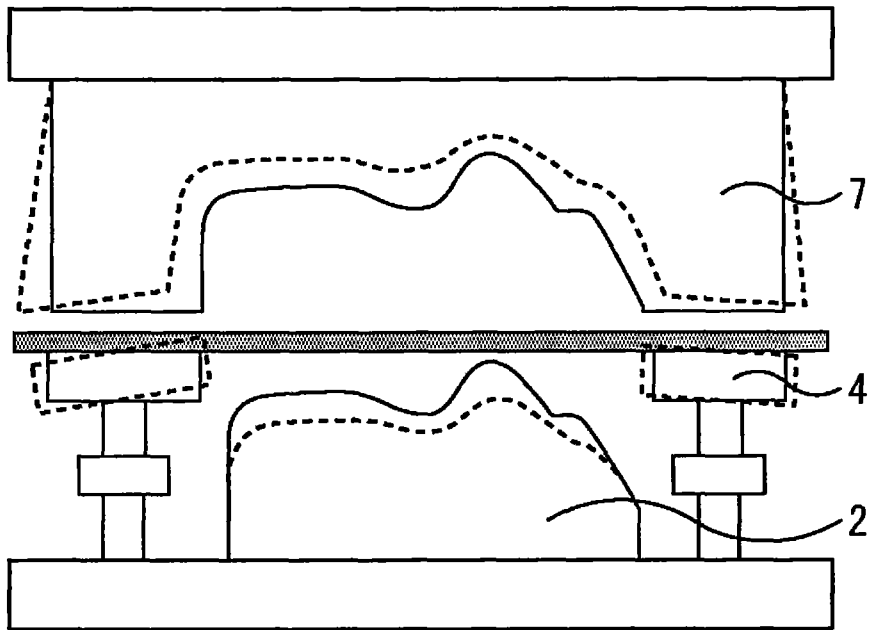


图25