

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B21D 11/20 (2006.01)

B63B 9/06 (2006.01)

G06F 17/50 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480042572.0

[45] 授权公告日 2008 年 7 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100404157C

[22] 申请日 2004.3.31

[21] 申请号 200480042572.0

[86] 国际申请 PCT/JP2004/004640 2004.3.31

[87] 国际公布 WO2005/102550 日 2005.11.3

[85] 进入国家阶段日期 2006.9.26

[73] 专利权人 社团法人日本中小型造船工业会

地址 日本国东京都

共同专利权人 独立行政法人海上技术安全研究所

[72] 发明人 松冈一祥 富泽茂

[56] 参考文献

JP5 - 324772A 1993.12.7

JP5 - 250442A 1993.9.28

CN1292737A 2001.4.25

CN1082739A 1994.2.23

JP2000 - 237826A 2000.9.5

审查员 高晓颖

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 李贵亮

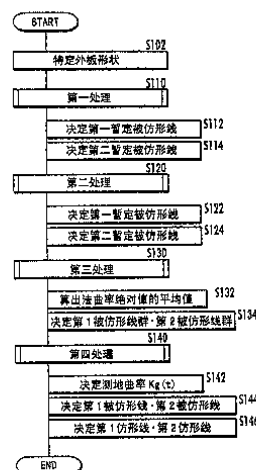
权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 8 页

[54] 发明名称

外板展开方法及外板制造方法

[57] 摘要

提供一种可以降低加工量并提高外板制造效率的外板展开方法及外板制造方法。根据本发明的外板展开方法，第 1 被仿形线及第 2 被仿形线作为第 1 仿形线及第 2 仿形线被仿形于平板上。此时，使第 1 被仿形线的实长坐标及作为其函数的测地曲率同第 1 仿形线的实长坐标及作为其函数的曲率相一致。另外，决定第 1 仿形线的相对位置，使得由相邻的第 1 仿形线夹着的仿形区域中的第 2 仿形线的长度达到被仿形区域中的与该第 2 仿形线相对应的第 2 被仿形线的长度以上，所述该被仿形区域是指与该仿形区域相对应且由相邻的第 1 被仿形线夹着的区域，且使得仿形区域的面积为最小，并且决定仿形区域中的第 2 仿形线的配置。



1. 一种外板展开方法，其将规定形状的外板展开成平板，该外板展开方法的特征在于，

执行第1处理、第2处理、第3处理、及第4处理，

所述第1处理是，在外板上决定作为基准的第1基准暂定被仿形线及第2基准暂定被仿形线的处理，

所述第2处理是，以由第1处理决定的第2基准暂定被仿形线为基准而在外板上来决定第1基准暂定被仿形线以外的多个第1暂定被仿形线，并且以由第1处理决定的第1基准暂定被仿形线为基准而在外板上来决定第2基准暂定被仿形线以外的多个第2暂定被仿形线的处理，

所述第3处理是，将由第1及第2处理决定的第1暂定被仿形线群及第2被仿形线群中的一方决定为第1被仿形线群，并且将另一方决定为第2被仿形线群的处理，

所述第4处理是，将第1被仿形线群作为第1仿形线群而从外板仿形到平板上，并且将第2被仿形线群作为第2仿形线群而从外板仿形到平板上的处理；

在第1处理中，

将以起始点处的外板的曲率为最大时的方向为切线方向，并且以除了起始点外的任意点处的外板的曲率为最大或最小时的方向为切线方向的曲线在外板上平滑地延伸，并将该曲线决定为第1基准暂定被仿形线，

将以与第1基准暂定被仿形线共用的起始点处的外板的曲率为最小时的方向为切线方向，并且以除了起始点外的任意点处的外板的曲率为最小或最大时的方向为切线方向的曲线在外板上平滑地延伸，并将该曲线决定为第2基准暂定被仿形线，

在第2处理中，

以由第1处理决定的第2基准暂定被仿形线上的点为起始点，并且还决定出在该起始点处与第2基准暂定被仿形线正交的第1基准暂定被仿形线以外的多个第1暂定被仿形线，以由第1处理决定的第1基准暂定被仿

形线上的点为起始点，并且还决定出在该起始点处与第1基准暂定被仿形线正交的第2基准暂定被仿形线以外的多个第2暂定被仿形线，

在第3处理中，

计算出由第1及第2处理决定的第1暂定被仿形线群的法曲率绝对值的平均值，计算出由第1及第2处理决定的第2暂定被仿形线群的法曲率绝对值的平均值，并将第1暂定被仿形线群及第2暂定被仿形线群中的法曲率绝对值的平均值大的线群所包含的线决定为第1被仿形线群，将第1暂定被仿形线群及第2暂定被仿形线群中的法曲率绝对值的平均值小的线群所包含的线决定为第2被仿形线群，

在第4处理中，

使第1被仿形线的实长坐标及作为该实长坐标的函数的测地曲率同第1仿形线的实长坐标及作为该实长坐标的函数的曲率相一致，

决定出相邻的第1仿形线的配置，使得包含在由该相邻的第1仿形线夹着的仿形区域中的第2仿形线的长度达到包含在被仿形区域中且与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的长度以上，所述该被仿形区域处于与该相邻的第1仿形线相对应的相邻的第1被仿形线之间，且使得该仿形区域的面积为最小，并且决定出该仿形区域中的第2仿形线的配置。

2. 一种外板展开方法，其将规定形状的外板展开成平板，该外板展开方法的特征在于，

执行第1处理、第2处理、第3处理、及第4处理，

所述第1处理是，在外板上决定作为基准的第1基准暂定被仿形线及第2基准暂定被仿形线的处理，

所述第2处理是，以由第1处理决定的第2基准暂定被仿形线为基准而在外板上来决定第1基准暂定被仿形线以外的多个第1暂定被仿形线，并且以由第1处理决定的第1基准暂定被仿形线为基准而在外板上来决定第2基准暂定被仿形线以外的多个第2暂定被仿形线的处理，

所述第3处理是，将由第1及第2处理决定的第1暂定被仿形线群及第2被仿形线群中的一方决定为第1被仿形线群，并且将另一方决定为第2被仿形线群的处理，

所述第4处理是，将第1被仿形线群作为第1仿形线群而从外板仿形

到平板上，并且将第2被仿形线群作为第2仿形线群而从外板仿形到平板上的处理；

在第1处理中，

将以起始点处的外板的曲率为最大时的方向为切线方向，并且以除了起始点外的任意点处的外板的曲率为最大或最小时的方向为切线方向的曲线在外板上平滑地延伸，并将该曲线决定为第1基准暂定被仿形线，

将以与第1基准暂定被仿形线共用的起始点处的外板的曲率为最小时的方向为切线方向，并且以除了起始点外的任意点处的外板的曲率为最小或最大时的方向为切线方向的曲线在外板上平滑地延伸，并将该曲线决定为第2基准暂定被仿形线，

在第2处理中，

以由第1处理决定的第2基准暂定被仿形线上的点为起始点，并且还决定出在该起始点处与第2基准暂定被仿形线正交的第1基准暂定被仿形线以外的多个第1暂定被仿形线，以由第1处理决定的第1基准暂定被仿形线上的点为起始点，并且还决定出在该起始点处与第1基准暂定被仿形线正交的第2基准暂定被仿形线以外的多个第2暂定被仿形线，

在第3处理中，

计算出由第1及第2处理决定的第1暂定被仿形线群的法曲率绝对值的平均值，计算出由第1及第2处理决定的第2暂定被仿形线群的法曲率绝对值的平均值，并将第1暂定被仿形线群及第2暂定被仿形线群中的法曲率绝对值的平均值大的线群所包含的线决定为第1被仿形线群，将第1暂定被仿形线群及第2暂定被仿形线群中的法曲率绝对值的平均值小的线群所包含的线决定为第2被仿形线群，

在第4处理中，

使第1被仿形线的实长坐标及作为该实长坐标的函数的测地曲率同第1仿形线的实长坐标及作为该实长坐标的函数的曲率相一致，

决定出相邻的第1仿形线的配置，使得包含在由该相邻的第1仿形线夹着的仿形区域中的第2仿形线的长度达到包含在被仿形区域中且与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的长度以上，所述该被仿形区域处于与该相邻的第1仿形线相对应的相邻的第1被仿形线之间，且使得该仿形区域

的面积为最大，并且决定出该仿形区域中的第 2 仿形线的配置。

3. 一种外板制造方法，其由按照如权利要求 1 所述的方法将所述规定形状的外板展开而得到的平板，来制造该规定形状的外板，该外板制造方法的特征在于，

弯曲所述平板形成中间曲板，使得所述第 1 仿形线的法曲率同所述第 1 被仿形线的法曲率相一致，

缩短加工该中间曲板，使得每一所述仿形区域中的第 2 仿形线的实长坐标同与各仿形区域相对应的每一所述被仿形区域中的与该第 2 仿形线相对应的第 2 被仿形线的实长坐标相等。

4. 一种外板制造方法，其由按照如权利要求 2 所述的方法将所述规定形状的外板展开而得到的平板，来制造该规定形状的外板，该外板制造方法的特征在于，

弯曲所述平板形成中间曲板，使得所述第 1 仿形线的法曲率同所述第 1 被仿形线的法曲率相一致，

伸长加工该中间曲板，使得每一所述仿形区域中的第 2 仿形线的实长坐标同与各仿形区域相对应的每一所述被仿形区域中的与该第 2 仿形线相对应的第 2 被仿形线的实长坐标相等。

## 外板展开方法及外板制造方法

### 技术领域

本发明涉及将规定形状的外板展开成平板的方法、及由该平板来制造规定形状的外板的方法。

### 背景技术

构成船舶的一部分的规定形状的金属外板，是通过在被展开成金属平板后，再将该平板加工制造成该规定形状来制成的。为了将平板正确地加工成规定形状的外板，需要将该外板适当地展开成平板。

然而，在将按照以往的测地线展开法等而展开的平板加工成外板的情况下，很难说适合于尤其是曲率较大的船头·船尾部分的外板的加工。即，无法说最适用于由外板展开成平板，由该展开平板加工成外板的加工量不必要地增大，加工效率有时也不一定好。这是因为以往的展开法过于依赖于经验的原因。

### 发明内容

因此，本发明的课题在于提供一种可以降低加工量并提高外板制造效率的外板展开方法及外板制造方法。

为解决所述课题，本发明第1技术方案提供一种外板展开方法，其特征在于，执行第1处理、第2处理、第3处理、及第4处理，所述第1处理是，在外板上决定作为基准的第1基准暂定被仿形线及第2基准暂定被仿形线的处理，所述第2处理是，以由第1处理决定的第2基准暂定被仿形线为基准而在外板上决定第1基准暂定被仿形线以外的多个第1暂定被仿形线，并且以由第1处理决定的第1基准暂定被仿形线为基准而在外板上决定第2基准暂定被仿形线以外的多个第2暂定被仿形线的处理，所述第3处理是，将由第1及第2处理决定的第1暂定被仿形线群及第2被仿形线群中的一方决定为第1被仿形线群，并且将另一方决定为第

2 被仿形线群的处理, 所述第 4 处理是, 将第 1 被仿形线群作为第 1 仿形线群而从外板仿形到平板上, 并且将第 2 被仿形线群作为第 2 仿形线群而从外板仿形到平板上的处理; 在第 1 处理中, 将以起始点处的外板的曲率为最大时的方向为切线方向, 并且以除了起始点外的任意点处的外板的曲率为最大或最小时的方向为切线方向的曲线在外板上平滑地延伸, 并将该曲线决定为第 1 基准暂定被仿形线, 将以与第 1 基准暂定被仿形线共用的起始点处的外板的曲率为最小时的方向为切线方向, 并且以除了起始点外的任意点处的外板的曲率为最小或最大时的方向为切线方向的曲线在外板上平滑地延伸, 并将该曲线决定为第 2 基准暂定被仿形线, 在第 2 处理中, 以由第 1 处理决定的第 2 基准暂定被仿形线上的点为起始点, 并且还决定出在该起始点处与第 2 基准暂定被仿形线正交的第 1 基准暂定被仿形线以外的多个第 1 暂定被仿形线, 以由第 1 处理决定的第 1 基准暂定被仿形线上的点为起始点, 并且还决定出在该起始点处与第 1 基准暂定被仿形线正交的第 2 基准暂定被仿形线以外的多个第 2 暂定被仿形线, 在第 3 处理中, 计算出由第 1 及第 2 处理决定的第 1 暂定被仿形线群的法曲率绝对值的平均值, 计算出由第 1 及第 2 处理决定的第 2 暂定被仿形线群的法曲率绝对值的平均值, 并将第 1 暂定被仿形线群及第 2 暂定被仿形线群中的法曲率绝对值的平均值大的线群所包含的线决定为第 1 被仿形线群, 将第 1 暂定被仿形线群及第 2 暂定被仿形线群中的法曲率绝对值的平均值小的线群所包含的线决定为第 2 被仿形线群, 在第 4 处理中, 使第 1 被仿形线的实长坐标及作为该实长坐标的函数的测地曲率同第 1 仿形线的实长坐标及作为该实长坐标的函数的曲率相一致, 决定出相邻的第 1 仿形线的配置, 使得包含在由该相邻的第 1 仿形线夹着的仿形区域中的第 2 仿形线的长度达到包含在被仿形区域中且与该第 2 仿形线相对应的第 2 被仿形线的长度以上, 所述该被仿形区域处于与该相邻的第 1 仿形线相对应的相邻的第 1 被仿形线之间, 且使得该仿形区域的面积为最小, 并且决定出该仿形区域中的第 2 仿形线的配置。

根据本发明第 1 技术方案的外板展开方法, 外板上的第 1 被仿形线群及第 2 被仿形线群作为第 1 仿形线群及第 2 仿形线群而被仿形在平板上。此时, 使第 1 被仿形线的实长坐标及作为其函数的测地曲率同第 1 仿形线的实长坐标及作为其函数的测地曲率相一致。

据此，如果弯曲加工平板使得第1仿形线的法曲率同第1被仿形线的法曲率相一致，则能够以不必在沿着第1仿形线的方向上伸长加工或缩短加工平板的方式形成中间曲板。由此，降低了外板制造时的加工量。

另外，决定出第1仿形线的相对位置，使得由相邻的第1仿形线夹着的仿形区域中的第2仿形线的长度达到与该仿形区域相对应的被仿形区域中的、与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的长度‘以上’。而且，决定出仿形区域中的第2仿形线。

据此，只要缩短加工中间曲板使得每一仿形区域的第2仿形线的实长坐标同与该仿形区域相对应的每一被仿形区域中的与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的实长坐标相一致就足以，从而避免了缩短加工的部位和伸长加工的部位并存的问题。因此，即使不是熟练工，也可以容易地制造外板。

此外，决定第1仿形线的相对位置使得相邻的第1仿形线之间的面积为‘最小’，而且，决定出由第1仿形线夹着的区域中的第2仿形线。

据此，外板制造时的平板的缩短加工量被抑制在最低限度。因此，通过弯曲加工平板形成中间曲板使得第1仿形线的法曲率同第1被仿形线的法曲率相一致，并缩短加工中间曲板使得第2仿形线的实长坐标同第2被仿形线的实长坐标相一致，可以在将加工量抑制到必要最小限度的同时制造外板。

为解决所述课题，本发明第2技术方案提供一种外板展开方法，其特征在于，执行第1处理、第2处理、第3处理、及第4处理，所述第1处理是，在外板上决定第1基准暂定被仿形线及第2基准暂定被仿形线的处理，所述第2处理是，以由第1处理决定的第2基准暂定被仿形线为基准而在外板上决定第1基准暂定被仿形线以外的多个第1暂定被仿形线，并且以由第1处理决定的第1基准暂定被仿形线为基准而在外板上决定第2基准暂定被仿形线以外的多个第2暂定被仿形线的处理，所述第3处理是，将由第1及第2处理决定的第1暂定被仿形线群及第2被仿形线群中的一方决定为第1被仿形线群，并且将另一方决定为第2被仿形线群的处理，所述第4处理是，将第1被仿形线群作为第1仿形线群而从外板仿形到平板上，并且将第2被仿形线群作为第2仿形线群而从外板仿形到平板上的处理；在第1处理中，将以起始点处的外板的曲率为最大时的方向为切线方向，并且以除了起始点外的任意点处的外板的曲率为最大或最小



时的方向为切线方向的曲线在外板上平滑地延伸，并将该曲线决定为第1基准暂定被仿形线，将以与第1基准暂定被仿形线共用的起始点处的外板的曲率为最小时的方向为切线方向，并且以除了起始点外的任意点处的外板的曲率为最小或最大时的方向为切线方向的曲线在外板上平滑地延伸，并将该曲线决定为第2基准暂定被仿形线，在第2处理中，以由第1处理决定的第2基准暂定被仿形线上的点为起始点，并且还决定出在该起始点处与第2基准暂定被仿形线正交的第1基准暂定被仿形线以外的多个第1暂定被仿形线，以由第1处理决定的第1基准暂定被仿形线上的点为起始点，并且还决定出在该起始点处与第1基准暂定被仿形线正交的第2基准暂定被仿形线以外的多个第2暂定被仿形线，在第3处理中，计算出由第1及第2处理决定的第1暂定被仿形线群的法曲率绝对值的平均值，计算出由第1及第2处理决定的第2暂定被仿形线群的法曲率绝对值的平均值，并将第1暂定被仿形线群及第2暂定被仿形线群中的法曲率绝对值的平均值大的线群所包含的线决定为第1被仿形线群，将第1暂定被仿形线群及第2暂定被仿形线群中的法曲率绝对值的平均值小的线群所包含的线决定为第2被仿形线群，在第4处理中，使第1被仿形线的实长坐标及作为该实长坐标的函数的测地曲率同第1仿形线的实长坐标及作为该实长坐标的函数的曲率相一致，决定出相邻的第1仿形线的配置，使得包含在由该相邻的第1仿形线夹着的仿形区域中的第2仿形线的长度达到包含在被仿形区域中且与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的长度以上，所述该被仿形区域处于与该相邻的第1仿形线相对应的相邻的第1被仿形线之间，且使得该仿形区域的面积为最大，并且决定出该仿形区域中的第2仿形线的配置。

根据本发明第2技术方案的外板展开方法，与本发明第1技术方案的外板展开方法同样，外板上的第1被仿形线群及第2被仿形线群作为第1仿形线群及第2仿形线群而被仿形在平板上。此时，使第1被仿形线的实长坐标及作为其函数的测地曲率同第1仿形线的实长坐标及作为其函数的曲率相一致。

据此，如果弯曲加工平板使得第1仿形线的法曲率同第1被仿形线的法曲率相一致，则能够以不必在沿着第1仿形线的方向上伸长加工或缩短加工平板的方式形成中间曲板。由此，降低了外板制造时的加工量。

另外，决定出第1仿形线的相对位置，使得由相邻的第1仿形线夹着

的仿形区域中的第2仿形线的长度达到与该仿形区域相对应的被仿形区域中的、与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的长度‘以下’。而且，决定出仿形区域中的第2仿形线。

据此，只要伸长加工中间曲板使得每一仿形区域的第2仿形线的实长坐标同与该仿形区域相对应的每一被仿形区域中的与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的实长坐标相一致就足以，从而避免了缩短加工的部位和伸长加工的部位并存的问题。因此，即使不是熟练工，也可以容易地制造外板。

此外，决定第1仿形线的相对位置使得相邻的第1仿形线之间的面积为‘最大’，而且，决定出由第1仿形线夹着的区域中的第2仿形线。

据此，外板制造时的平板的伸长加工量被抑制在最低限度。因此，通过弯曲加工平板形成中间曲板使得第1仿形线的法曲率同第1被仿形线的法曲率相一致，并伸长加工中间曲板使得第2仿形线的实长坐标同第2被仿形线的实长坐标相一致，可以在将加工量抑制到必要最小限度的同时制造外板。

为解决所述课题，本发明第1技术方案提供一种外板制造方法，其由按照所述第一技术方案的方法将所述规定形状的外板展开而得到的平板，来制造该规定形状的外板，该外板制造方法的特征在于，弯曲所述平板形成中间曲板，使得所述第1仿形线的法曲率同所述第1被仿形线的法曲率相一致，缩短加工该中间曲板，使得每一所述仿形区域中的第2仿形线的实长坐标同与各仿形区域相对应的每一所述被仿形区域中的与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的实长坐标相等。

根据本发明第1技术方案的外板制造方法，弯曲加工平板形成中间曲板使得第1仿形线的法曲率同第1被仿形线的法曲率相一致。另外，通过缩短加工中间曲板使得每一仿形区域中的第2仿形线的实长坐标同与该仿形区域相对应的每一被仿形区域中的与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的实长坐标相一致，可以在将加工量抑制到必要最小限度的同时制造外板。

为解决所述课题，本发明第2技术方案提供一种外板制造方法，其由按照所述第二技术方案的外板展开方法将所述规定形状的外板展开而得

到的平板，来制造该规定形状的外板，该外板制造方法的特征在于，弯曲所述平板形成中间曲板，使得所述第1仿形线的法曲率同所述第1被仿形线的法曲率相一致，伸长加工该中间曲板，使得每一所述仿形区域中的第2仿形线的实长坐标同与各仿形区域相对应的每一所述被仿形区域中的与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的实长坐标相等。

根据本发明第2技术方案的外板制造方法，弯曲加工平板形成中间曲板使得第1仿形线的法曲率同第1被仿形线的法曲率相一致。另外，通过伸长加工中间曲板使得每一仿形区域中的第2仿形线的实长坐标同与该仿形区域相对应的每一被仿形区域中的与该第2仿形线相对应的第2被仿形线的实长坐标相一致，可以在将加工量抑制到必要最小限度的同时制造外板。

#### 附图说明

图1是本发明的外板展开方法的流程图；

图2~图8是本发明的外板展开方法的详细说明图；

图9表示本发明的外板制造方法的流程图。

#### 具体实施方式

结合附图，说明本发明的外板展开方法及外板制造方式的实施方式。

结合图1~图8，说明本发明的外板展开方法。

首先，用由下式(1)所示的曲面，来表示作为外板展开方法适用对象的图2所示的外板Q，以此特定该外板Q的形状(规定形状)(图1/S102)。图2(a)所示的外板Q，例如是构成船头一部分的金属外板。

$$z=Q(x, y) \quad \dots\dots(1)$$

接着，执行‘第1处理’(图1/S110)，即，在外板上决定出第1暂定被仿形线及第2暂定被仿形线的处理。

首先，将以起始点处的外板Q的曲率为最大时的方向为切线方向，并且以除了起始点外的任意点处的外板Q的曲率为最大或最小时的方向为切线方向的曲线在外板Q上平滑地延伸，并将该曲线决定为‘第1暂定被仿形线’(图1/S112)。具体而言，如图2(a)所示，以外板Q上的任意点O

为起始点, 决定出在该任意点  $O$  处的外板的曲率(=(曲率半径) $^{-1}$ )包括正负在内而为最大时的方向上沿着外板  $Q$  延伸的第 1 项的第 1 线段  $\delta a_1$ 。另外, 还决定出以第  $n(n=1, 2, \dots)$  项的第 1 线段  $\delta a_n$  的终点  $a_n$  为起始点的第  $n+1$  项的第 1 线段  $\delta a_{n+1}$ 。第  $n+1$  项的第 1 线段  $\delta a_{n+1}$  是指下述两线段之中的与第  $n$  项的第 1 线段  $\delta a_n$  平滑地相连的那一线段, 即该两线段是指在第  $n$  项的第 1 线段  $\delta a_n$  的终点  $a_n$  处的外板  $Q$  的曲率为最大时的方向上沿着外板  $Q$  延伸的线段、和在该曲率为最小时的方向上沿着外板  $Q$  延伸的线段。具体而言, 第  $n+1$  项的第 1 线段  $\delta a_{n+1}$  是: 该两线段中的、起始端部的方向矢量与第  $n$  项的第 1 线段  $\delta a_n$  的终端部的方向矢量所呈的角度较小的那一线段。而且, 如图 2(b)所示, 将第 1 线段  $\delta a_n$  的连结线决定为第 1 暂定被仿形线  $A$ 。

另外, 将起始点与第 1 暂定被仿形线  $A$  的起始点相同, 以该起始点处的外板  $Q$  的曲率为最小时的方向为切线方向, 并且以除了起始点外的任意点处的外板  $Q$  的曲率为最小或最大时的方向为切线方向的曲线在外板  $Q$  上平滑地延伸, 并将该曲线决定为第 2 暂定被仿形线(图 1/S114)。具体而言, 如图 2(a)所示, 决定出起始点与第 1 项的第 1 线段  $\delta a_1$  的起始点相同, 且在第 1 项的第 1 线段  $\delta a_n$  的起始点  $O$  处的外板  $Q$  的曲率为最小时的方向上沿着外板  $Q$  延伸的第 1 项的第 2 线段  $\delta b_1$ 。此外, 还决定出以第  $m(m=1, 2, \dots)$  项的第 2 线段  $\delta b_m$  的终点  $b_m$  为起始点的第  $m+1$  项的第 2 线段  $\delta b_{m+1}$ 。第  $m+1$  项的第 2 线段  $\delta b_{m+1}$  是指下述两线段之中的与第  $m$  项的第 2 线段  $\delta b_m$  平滑地相连的那一线段, 即该两线段是指在第  $m$  项的第 2 线段  $\delta b_m$  的终点  $b_m$  处的外板  $Q$  的曲率为最小时的方向上沿着外板  $Q$  延伸的线段、和在该曲率为最大时的方向上沿着外板  $Q$  延伸的线段。具体而言, 第  $m+1$  项的第 2 线段  $\delta b_{m+1}$  是: 该两线段中的、起始端部的方向矢量与第  $m$  项的第 2 线段  $\delta b_m$  的终端部的方向矢量所呈角度较小的那一线段。而且, 如图 2(b)所示, 将第 2 线段  $\delta b_m$  的连结线决定为第 2 暂定被仿形线  $B$ 。

另外, 在决定第 1 线段  $\delta a_n$  和第 2 线段  $\delta b_m$  时, 也可以使用龙格·库塔法(Runge-Kutta method)等的微分方程式的初值问题的开放。

然后, 执行‘在第 2 处理’(图 1/S120), 即, 以由第 1 处理决定的第

2 暂定被仿形线为基准而在外板上决定一个或多个第 1 暂定被仿形线，并且以由第 1 处理决定的第 1 暂定被仿形线为基准而在外板上决定一个或多个第 2 暂定被仿形线的处理。

首先，以由第 1 处理决定的第 2 暂定被仿形线 B 上的点为起始点，并且决定在该起始点处与第 2 暂定被仿形线 B 正交的第 1 暂定被仿形线(图 1/S122)。具体而言，如图 3(a)所示，将由第 1 处理决定的第 2 暂定被仿形线 B 上的点  $y_1 \sim y_6$  作为第 1 项的第 1 线段的起始点，逐步决定出第 n 项的第 1 线段(参照图中箭头)。而且，如图 3(b)所示，决定出以由第 1 处理决定的第 2 暂定被仿形线 B 上的点  $y_1 \sim y_6$  作为第 1 项的第 1 线段的起始点的第 1 暂定被仿形线 A1~A5、A7。而且，在图 3(b)中，由第 1 处理决定的图 3(a)所示的第 1 暂定被仿形线 A 被表示为第 1 暂定被仿形线 A6。另外，成为第 1 项的第 1 线段的起始点的第 2 暂定被仿形线 B 上的点的间隔可以根据外板 Q 的比例来调节。

另外，决定出以由第 1 处理决定的第 1 暂定被仿形线 A 上的点为起始点，并且在该起始点处与第 1 暂定被仿形线 A 正交的第 2 暂定被仿形线(图 1/S124)。具体而言，如图 4(a)所示，将由第 1 处理决定的第 1 暂定被仿形线 A 上的点  $x_1 \sim x_4$ 、 $x_6 \sim x_9$  作为第 1 项的第 2 线段的起始点，逐步决定第 m 项的第 2 线段(参照图中箭头)。而且，如图 4(b)所示，决定出以由第 1 处理决定的第 2 暂定被仿形线 B 上的点  $x_1 \sim x_4$ 、 $x_6 \sim x_9$  作为第 1 项的第 2 线段的起始点的第 2 暂定被仿形线 B1~B4、B6~B9。而且，在图 4(b)中，由第 1 处理决定的图 4(a)所示的第 1 暂定被仿形线 B 被表示为第 2 暂定被仿形线 B5。另外，成为第 1 项的第 2 线段的起始点的第 1 暂定被仿形线 A 上的点的间隔可以根据外板 Q 的比例来调节。

另外，也可以将在第 2 处理中决定的第 2 暂定被仿形线视为在第 1 处理中决定的第 2 暂定被仿形线，然后以其为基准来重新决定第 1 暂定被仿形线。同样，也可以将在第 2 处理中决定的第 1 暂定被仿形线视为在第 1 处理中决定的第 1 暂定被仿形线，然后以其为基准来重新决定第 2 暂定被仿形线。

之后，执行‘第 3 处理’，即，将由第 1 及第 2 处理决定的第 1 暂定被仿形线群及第 2 被仿形线群中的一方决定为第 1 被仿形线群，并且将另

一方决定为第 2 被仿形线群的处理(图 1/S130)。

具体而言, 首先, 分别关于第 1 暂定被仿形线群 A1~A7、及第 2 暂定被仿形线群 B1~B9, 按照下式(2)来计算法曲率 K 的绝对值的平均值  $K^*$ (图 1/S132)。

$$K^* = \frac{\sum \int dt \cdot \text{Abs}[K(t)]}{\sum \int dt} \quad \dots\dots(2)$$

其中,  $\sum \int dt \cdot \text{Abs}[K(t)]$ 表示关于各个第 1 暂定被仿形线 A1~A7(或第 2 暂定被仿形线 B1~B9)的法曲率绝对值  $\text{Abs}[K(t)]$ 的积分值总和。另外,  $\sum \int dt$  是表示各个第 1 暂定被仿形线 A1~A7(或第 2 暂定被仿形线)的实长的总和。

此外, t 为各被仿形线的实长坐标, 并按照下式(3)计算, 该下式(3)以第 1 被仿形线或第 2 被仿形线的微小部分 dt 与该微小部分 dt 在 x-y 平面上的投影微小部分 dr 之间的几何学关系为基础。

$$t = \int dr [1 + \{ \partial_x z + \lambda \partial_y z \}^2 / (1 + \lambda^2)]^{1/2}$$

$$\lambda \equiv (dy/dx), \quad \partial_x \equiv \partial/\partial x, \quad \partial_y \equiv \partial/\partial y \quad \dots\dots(3)$$

而且, 将第 1 暂定被仿形线群 A1~A7 及第 2 暂定被仿形线群 B1~B9 中法曲率绝对值的平均值  $K^*$ 大的线群所包含的线决定为‘第 1 被仿形线’(图 1/S134)。在此, 图 4(b)所示的第 1 暂定被仿形线 A1~A7 分别被决定为‘第 1 被仿形线’。

另外, 将第 1 暂定被仿形线群 A1~A7 及第 2 暂定被仿形线群 B1~B9 中法曲率绝对值的平均值  $K^*$ 小的线群所包含的线决定为‘第 2 被仿形线’(图 1/S134)。在此, 图 4(b)所示的第 2 暂定被仿形线 B1~B9 分别被决定为‘第 2 被仿形线’。

然后, 执行‘第 4 处理’, 即, 将第 1 被仿形线群作为第 1 仿形线群而从外板仿形到平板上, 并且将第 2 被仿形线群作为第 2 仿形线群而从外板仿形到平板上的处理(图 1/S140)。

具体而言, 首先, 将第 1 被仿形线群 A1~A7、及第 2 被仿形线群 B1~B9 的各自的测地曲率  $K_g$  作为实长坐标 t 的函数, 按照下式(4)来进行决定(图 1/S142)。

$$K_g(t) = \pm [g^{1/2} A(t) + g^{-1/2} B(t)]$$

$$g \equiv 1 + (\partial_x z)^2 + (\partial_y z)^2$$

$$\begin{aligned}
A &\equiv x' y'' - y' x'' \\
B &\equiv \partial_y z \cdot \partial_x \partial_x z \cdot x'^3 \\
&\quad + \{2\partial_y z \cdot \partial_x \partial_y z - \partial_x z \cdot \partial_x \partial_x z\} \cdot x'^2 \cdot y' \\
&\quad + \{\partial_y z \cdot \partial_y \partial_y z - 2\partial_x z \cdot \partial_x \partial_y z\} \cdot x' \cdot y'^2 \\
&\quad - \partial_x z \cdot \partial_y \partial_y z \cdot t'^3 \\
\partial_x &\equiv \partial/\partial x, \quad \partial_y \equiv \partial/\partial y, \\
x' &\equiv dx/dt, \quad x'' \equiv d^2x/dt^2, \\
y' &\equiv dy/dt, \quad y'' \equiv d^2y/dt^2, \quad \dots\dots(4)
\end{aligned}$$

接着，将第 1 被仿形线  $A_1 \sim A_7$  的实长坐标  $t$  及测地曲率  $K_g(t)$ 、和平板( $x-y$  平面)上的实长坐标及作为其函数的曲率相一致的线决定为如图 5 所示的第 1 暂定仿形线  $f(A_n)(n=1, 2, \dots, 7)$ (图 1/S144)。同样地，将第 2 被仿形线的实长坐标  $t$  及测地曲率  $K_g(t)$ 、和平板上的实长坐标及作为其函数的测地曲率相一致的线决定为如图 6 所示的第 2 暂定仿形线  $q(B_m)(m=1, 2, \dots, 9)$ (图 1/S144)。在图 5 及图 6 中，‘O(圆形标志)’表示第 1 被仿形线  $A_n$  及第 2 被仿形线  $B_m$  的交点，‘+(十字标志)’表示外板  $Q$  的边缘。

然后，依据第 1 暂定仿形线  $q(A_n)$  及第 2 暂定仿形线  $q(B_m)$ ，决定第 1 仿形线  $p(A_n)$  及第 2 仿形线  $p(B_m)$ (图 1/S146)。关于第 1 仿形线  $p(A_n)$  及第 2 仿形线  $p(B_m)$  的决定方法，结合图 7~图 8 进行说明。

首先，以 1 条第 2 暂定仿形线  $q(B_m)$  为基准，暂时决定相邻的一对第 1 暂定仿形线  $q(A_n)$  及  $q(A_{n+1})$  的相对位置使得其满足下述条件 1~3。

(条件 1)与第 2 暂定仿形线  $q(B_m)$  的交点处的第 1 暂定仿形线  $q(A_n)$  及  $q(A_{n+1})$  的实长坐标同与第 2 被仿形线  $B_m$  的格点处的第 1 被仿形线  $A_n$  及  $A_{n+1}$  的实长坐标相一致。

(条件 2)包含在由第 1 暂定仿形线  $q(A_n)$  及  $q(A_{n+1})$  夹着的区域中的第 2 暂定仿形线  $q(B_m)$  的实长坐标同包含在由第 1 被仿形线  $A_n$  及  $A_{n+1}$  夹着的被仿形区域中的第 2 被仿形线  $B_m$  的实长坐标相一致。

(条件 3)第 1 暂定仿形线  $q(A_n)$  及  $q(A_{n+1})$ 、和第 2 暂定仿形线  $q(B_m)$  正交。

另外，在由已被暂时决定了相对位置的一对第 1 暂定仿形线  $q(A_n)$ 、

$q(A_{n+1})$ 夹着的区域,暂时决定第2暂定仿形线  $q(B_{m'})$  ( $m' \neq m$ )的配置使得满足下述条件4。此时,第2暂定仿形线  $q(B_{m'})$ 的实长坐标根据需要而伸缩。

(条件4)与第2暂定仿形线  $q(B_{m'})$ 的交点处的第1暂定仿形线  $q(A_n)$ 及  $q(A_{n+1})$ 的实长坐标同与第2被仿形线  $B_{m'}$ 的交点处的第1被仿形线  $A_n$ 及  $A_{n+1}$ 的实长坐标相一致。

例如,在以第2暂定仿形线  $q(B_4)$ 为基准的情况下,如图7(a)所示,暂时决定第1暂定仿形线  $q(A_3)$ 及  $q(A_4)$ 的相对位置。另外,在这种情况下,如图7(a)所示,暂时决定包含在由第1暂定仿形线  $q(A_3)$ 及  $q(A_4)$ 夹着的区域(斜线部分)中的第2暂定仿形线  $q(B_{m'})$  ( $m' \neq 4$ )(虚线)的配置。

另一方面,在以第2暂定仿形线  $q(B_7)$ 为基准的情况下,如图7(b)所示,暂时决定第1暂定仿形线  $q(A_3)$ 及  $q(A_4)$ 的相对位置。另外,在这种情况下,如图7(b)所示,暂时决定包含在由第1暂定仿形线  $q(A_3)$ 及  $q(A_4)$ 夹着的区域(斜线部分)中的第2暂定仿形线  $q(B_{m'})$  ( $m' \neq 7$ )(虚线)的配置。

而且,在包含于由已被暂时决定了相对位置的一对第1暂定仿形线  $q(A_n)$ 及  $q(A_{n+1})$ 夹着的区域中的第2暂定仿形线  $q(B_m)$ 的长度、及该区域的面积满足一定条件的情况下,第1暂定仿形线  $q(A_n)$ 及该区域内的第2暂定仿形线  $q(B_m)$ 被决定为第1仿形线  $p(A_n)$ 及该区域内的第2仿形线  $p(B_m)$ (图1/S146)。该条件如下述说明所述,根据外板制造时的加工方法的种类而变动。

即,关于‘缩短加工’的上述一定条件如下所述。

(1a) 已被暂时决定了配置的所有的第2暂定仿形线  $q(B_m)$ 的各自长度是所对应的第2被仿形线  $B_m$ 的长度以上,并且,

(1b) 由一对第1暂定仿形线  $q(A_n)$ 及  $q(A_{n+1})$ 夹着的区域的面积为最小。

另一方面,关于‘伸长加工’的上述一定条件则如下所述。

(2a) 已被暂时决定了配置方式的所有的第2暂定仿形线  $q(B_m)$ 的各自长度是所对应的第2被仿形线  $B_m$ 的长度以下,并且,

(2b) 由一对第1暂定仿形线  $q(A_n)$ 及  $q(A_{n+1})$ 夹着的区域的面积为最大。



逐步决定相邻的第1暂定仿形线  $q(A_n)$  及  $q(A_{n+1})$  的相对位置, 并且逐步决定由第1暂定仿形线  $q(A_n)$  及  $q(A_{n+1})$  夹着的区域的第2暂定仿形线  $q(B_m)$  的配置方式。据此, 图2(a)所示的外板  $Q$  被展开成如图8所示那样的平板  $P$ 。即, 图4(b)所示的第1被仿形线群  $A_n$  及第2被仿形线群  $B_m$  作为图8所示的第1仿形线  $p(A_n)$  及第2仿形线  $p(B_m)$  而被展开在平板上。

下面, 结合图9, 说明加工图8所示的平板  $P$  来制造图2(a)所示的外板  $Q$  的方法。

作为加工前的准备工作, 首先, 算出沿着第1被仿形线  $A_n$  的外板  $Q$  的法曲率  $K$  (图9/S202)。另外, 算出由一对的第1仿形线  $p(A_n)$  及  $p(A_{n+1})$  夹着的仿形区域中的第2仿形线  $p(B_m)$  的长度相对由一对第1被仿形线  $A_n$  及  $A_{n+1}$  夹着的被仿形区域中的第2被仿形线  $B_m$  的长度的比率  $c$  (图9/S204)。例如, 就第2被仿形线  $B_1$  来说, 在由第1被仿形线  $A_1$  及  $A_2$  夹着的被仿形区域内, 比率  $c$  为 '1.05', 在由第1被仿形线  $A_2$  及  $A_3$  夹着的被仿形区域内, 比率  $c$  为 '1.07', ……等, 就每一部分来决定该比率。另外, 也可以在比被仿形区域细的每一区域局部地决定比率  $c$ 。

在所述准备工作结束后, 弯曲加工平板  $P$  形成中间曲板(图示省略)(图9/S206), 使得第1仿形线  $p(A_n)$  的法曲率同第1被仿形线  $A_n$  的法曲率相一致。

然后, 通过缩短(或伸长)加工中间曲板使得第2仿形线  $p(B_m)$  的实长坐标同第2被仿形线  $B_m$  的实长坐标相一致, 来制造图2所示的外板  $Q$  (图9/S208)。在该加工时, 使用先前计算出的比率  $c$ 。例如, 就第2被仿形线  $B_1$  而言, 考虑有下述之类的情况, 即在由第1被仿形线  $A_1$  及  $A_2$  夹着的被仿形区域内, 比率  $c$  为 '1.05', 在由第1被仿形线  $A_2$  及  $A_3$  夹着的被仿形区域内, 比率为 '1.07', ……。在这种情况下, 通过如下所述那样加工中间曲板, 来制造外板  $Q$ , 即, 第2仿形线  $p(B_1)$  在由第1仿形线  $p(A_1)$  及  $p(A_2)$  夹着的仿形区域内被缩短加工 '4.8%', 在由第1仿形线  $p(A_2)$  及  $p(A_3)$  夹着的仿形区域内被缩短加工 '6.6%', ……。

根据本发明的外板展开方法, 图4(b)所示的外板  $Q$  上的第1被仿形线群  $A_1 \sim A_7$  及第2被仿形线群  $B_1 \sim B_9$  作为图8所示的第1仿形线群  $p(A_1) \sim p(A_7)$  及第2仿形线群  $p(B_1) \sim p(B_9)$  而被仿形在平板  $P$  上。此时,

第1被仿形线  $A_n$  的实长坐标  $t$  及作为其函数的测地曲率  $K_g$  (参照上述式(4)) 同第1仿形线  $p(A_n)$  的实长坐标及作为其函数的曲率  $K$  相一致。

据此, 如果弯曲加工平板  $P$  使得第1仿形线  $p(A_n)$  的法曲率同第1被仿形线  $A_n$  的法曲率相一致, 则能够以不必在沿着第1仿形线  $A_n$  的方向上伸长加工或缩短加工平板  $P$  的方式形成中间曲板。由此, 降低了外板制造时的加工量。

另外, 决定第1仿形线  $p(A_n)$  及  $p(A_{n+1})$  的相对位置(参照图 7(a)、图 7(b)), 使得由相邻的第1仿形线  $p(A_n)$  及  $p(A_{n+1})$  夹着的仿形区域(参照图 7(a)、图 7(b)中的斜线部分)中的所有第2仿形线  $p(B_m)$  的各自的长度达到与该仿形区域相对应的被仿形区域中的第2被仿形线  $B_m$  的长度以上(或以下)。而且, 还决定仿形区域中的第2仿形线  $p(B_m)$ 。

据此, 只要缩短加工(或伸长加工)中间曲板使得每一仿形区域的第2仿形线  $p(B_m)$  的实长坐标同每一被仿形区域的第2被仿形线  $B_m$  的实长坐标相一致就足以, 从而避免了缩短加工的部位和伸长加工的部位并存的问题。因此, 即使不是熟练工, 也可以容易地制造外板  $P$ 。

此外, 决定第1仿形线  $p(A_n)$  及  $p(A_{n+1})$  的相对位置, 使得由相邻的第1仿形线  $p(A_n)$  及  $p(A_{n+1})$  夹着的仿形区域(参照图 7(a)、图 7(b)中斜线部分)面积为最小(或最大), 并且, 决定该仿形区域中的第2仿形线  $B_m$  的配置。

据此, 外板  $Q$  制造时的平板  $P$  的缩短加工量(或伸长加工量)被抑制在最低限度。因此, 通过弯曲加工平板  $P$  形成中间曲板使得第1仿形线  $p(A_n)$  的法曲率同第1被仿形线  $A_n$  的法曲率相一致, 并缩短加工(或伸长加工)中间曲板使得(每一仿形区域的)第2仿形线  $p(B_m)$  的实长坐标同(每一被仿形区域的)第2被仿形线  $B_m$  的实长坐标相一致, 可以在将加工量抑制到必要最小限度的同时制造外板  $Q$ 。

据本申请发明人所知, 根据本发明的外板展开方法, 通过将平板  $P$  在整体上缩短大约 2.2%, 就可以制造出外板  $Q$ , 相对于此, 根据以往的外板展开方法, 在制造外板  $Q$  时, 必须将平板在整体上缩短大约 7.1%。即, 根据本发明的外板展开方法, 与以往的测地线展开法相比, 制造外板  $Q$  所必要的平板  $P$  的缩短率被抑制在以往的 1/3 左右。

另外, 制造作业人员通过图 8 所示的第1仿形线  $p(A_n)$  及第2仿形线

$p(Bm)$ ，可以确认：将平板 P 在哪里向哪个方向弯曲为宜、将哪里向哪个方向缩短(或伸长)为宜。此外，制造作业人员还可以通过第 1 被仿形线  $A_n$  曲率来把握将平板 P 弯曲为哪种程度为宜。另外，制造作业人员还可以通过所述比率  $c$  来把握将中间曲板缩短为(或伸长)哪种程度为宜。据此，可以期待得到不需要熟练技术就能促进高质量的外板制造的方法。

还有，本发明的外板展开方法及外板制造方法除了图 2(a)所示的形状的外板 Q 之外，还可以适用于所有形状的外板。

另外，当外板是局部地包含球体一部分的形状的情况时，也可以通过平滑地延长该局部部分的恰好跟前处的第 1 暂定被仿形线及第 2 暂定被仿形线，来决定该局部部分处的外板上的第 1 暂定被仿形线及第 2 暂定被仿形线。

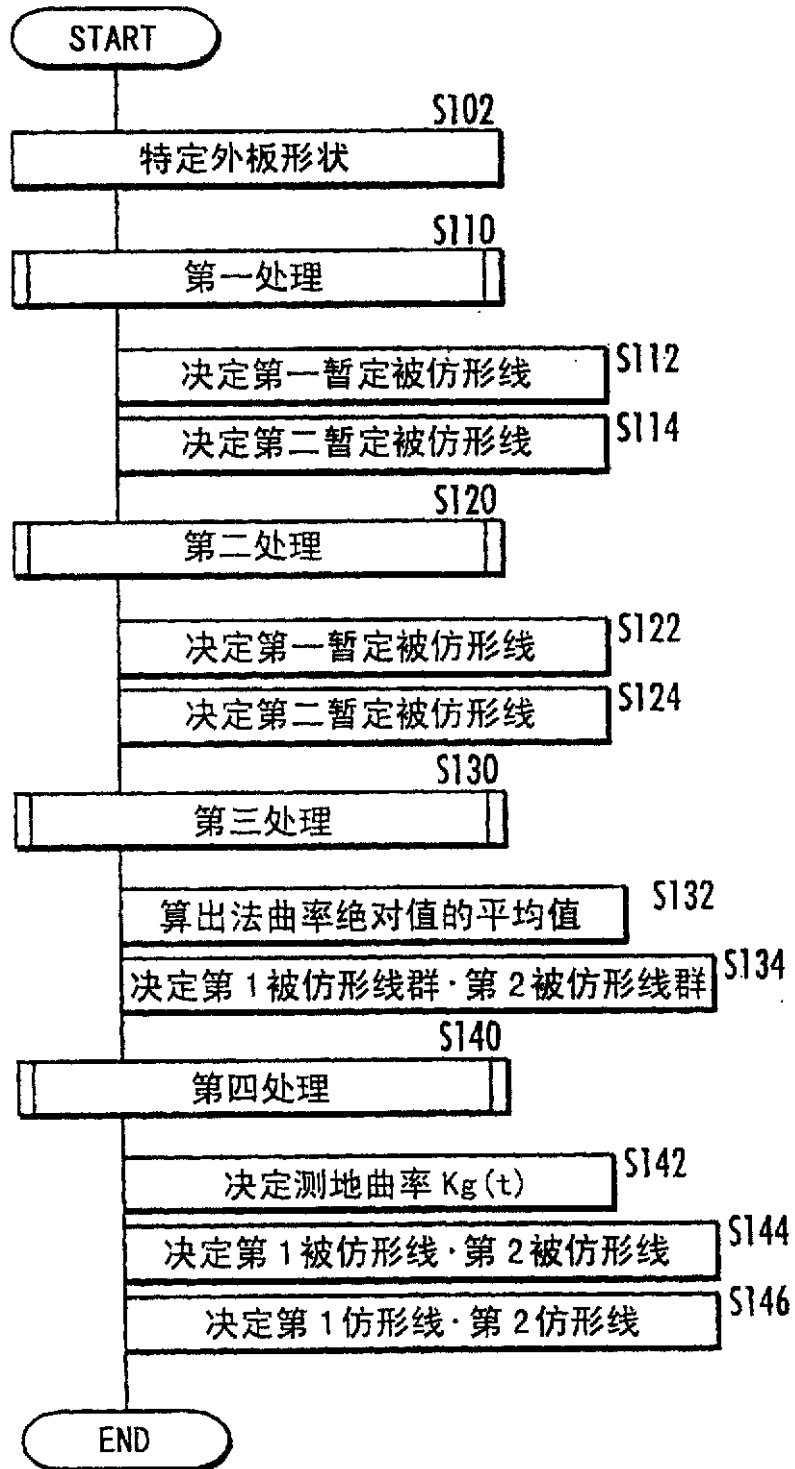


图 1

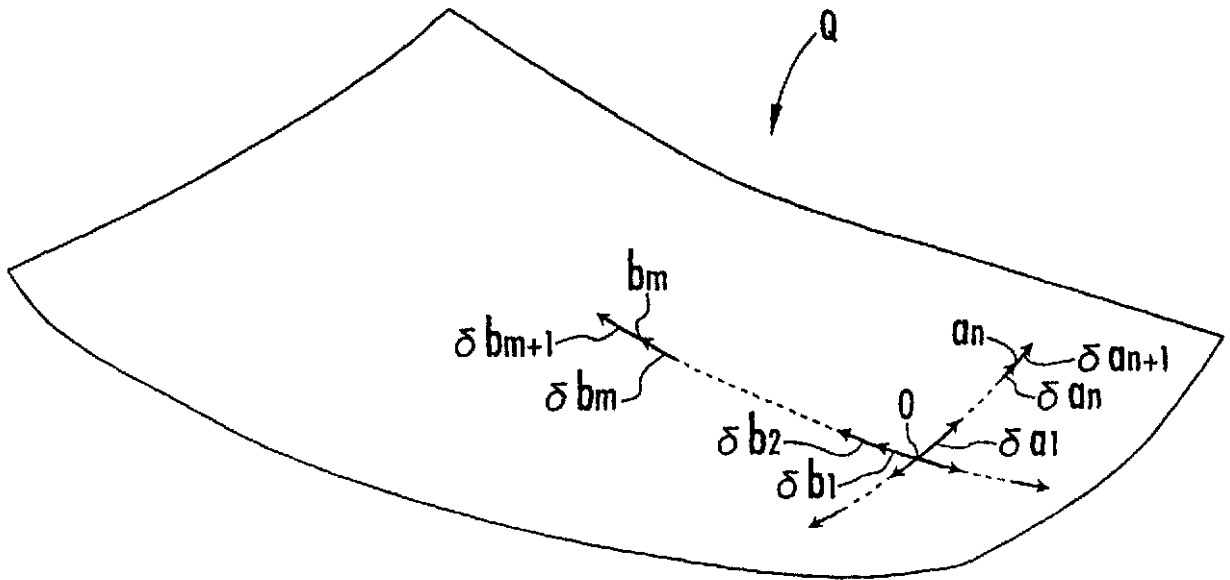


图 2(a)

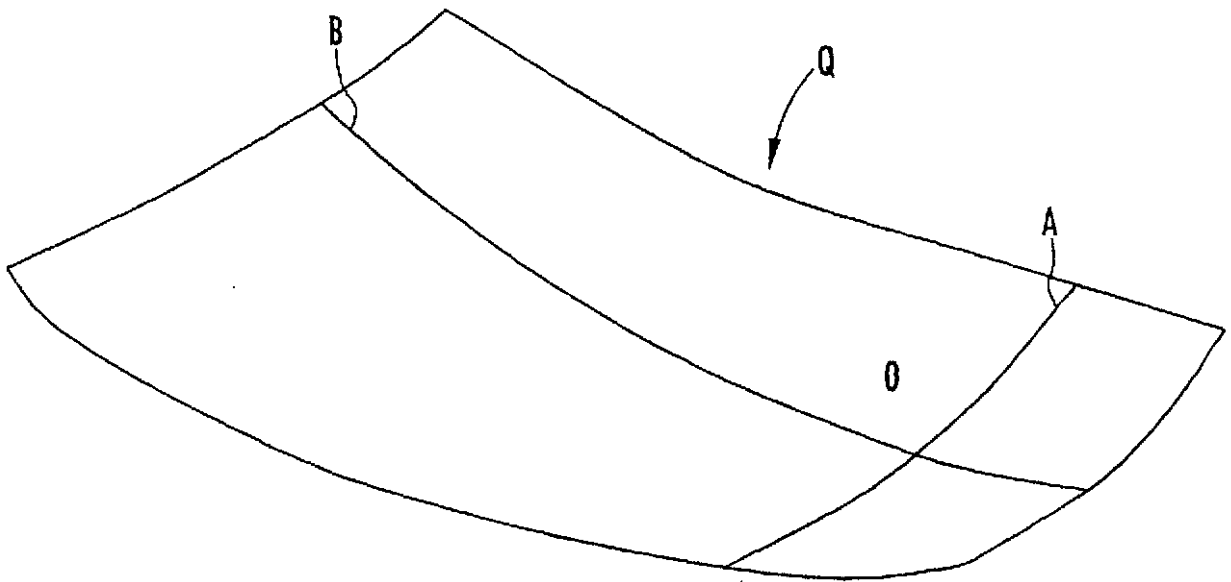


图 2(b)

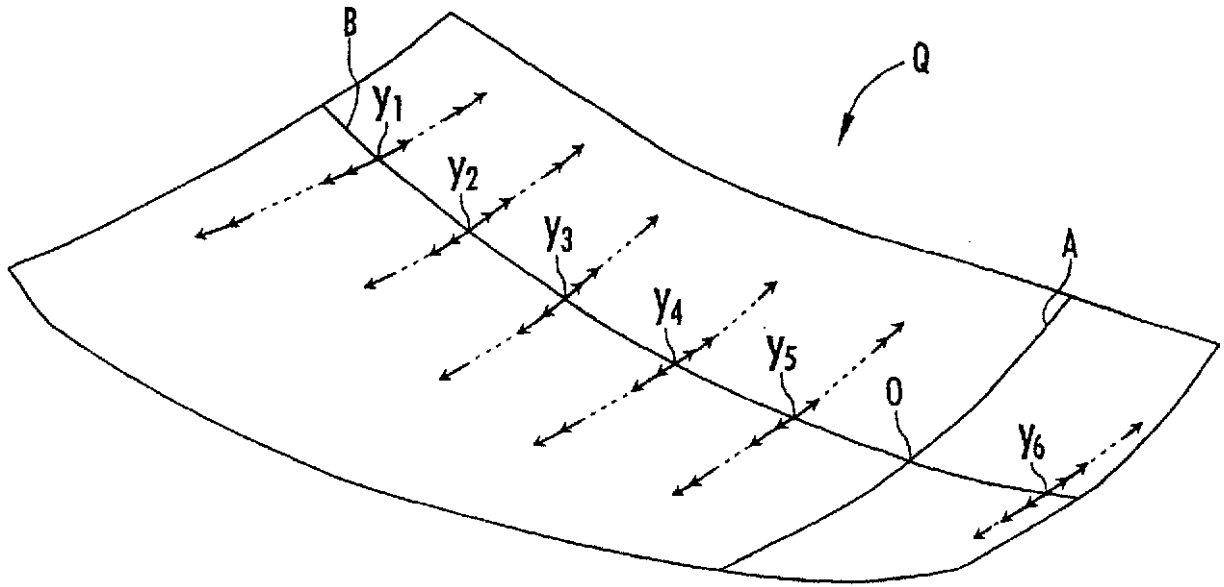


图 3(a)

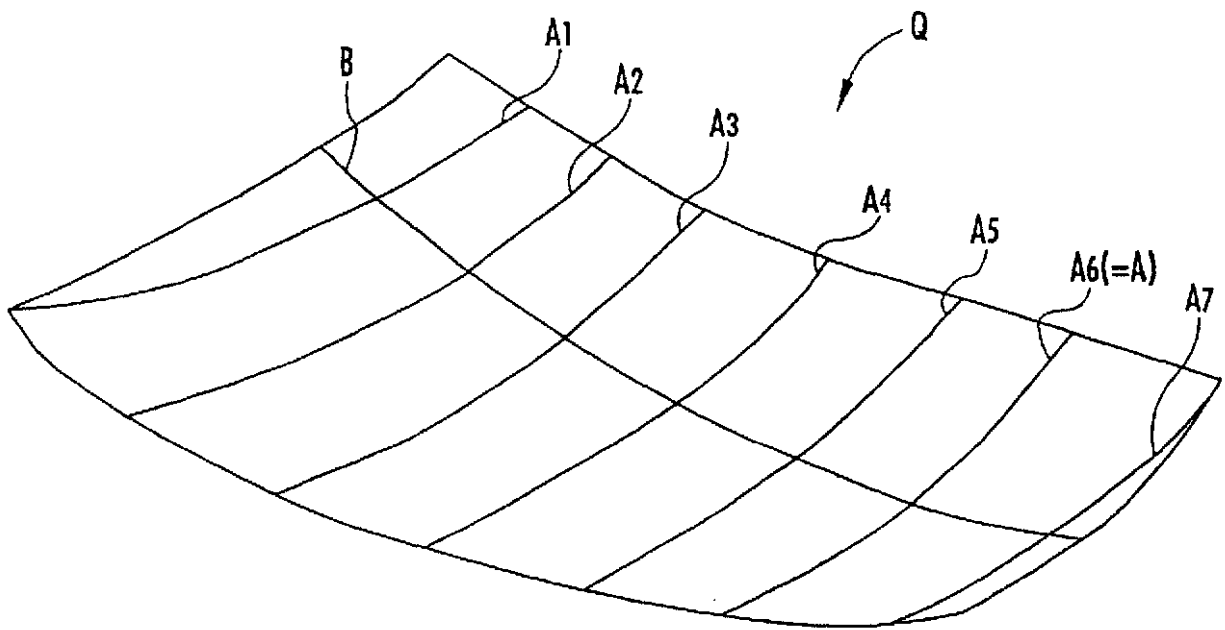


图 3(b)

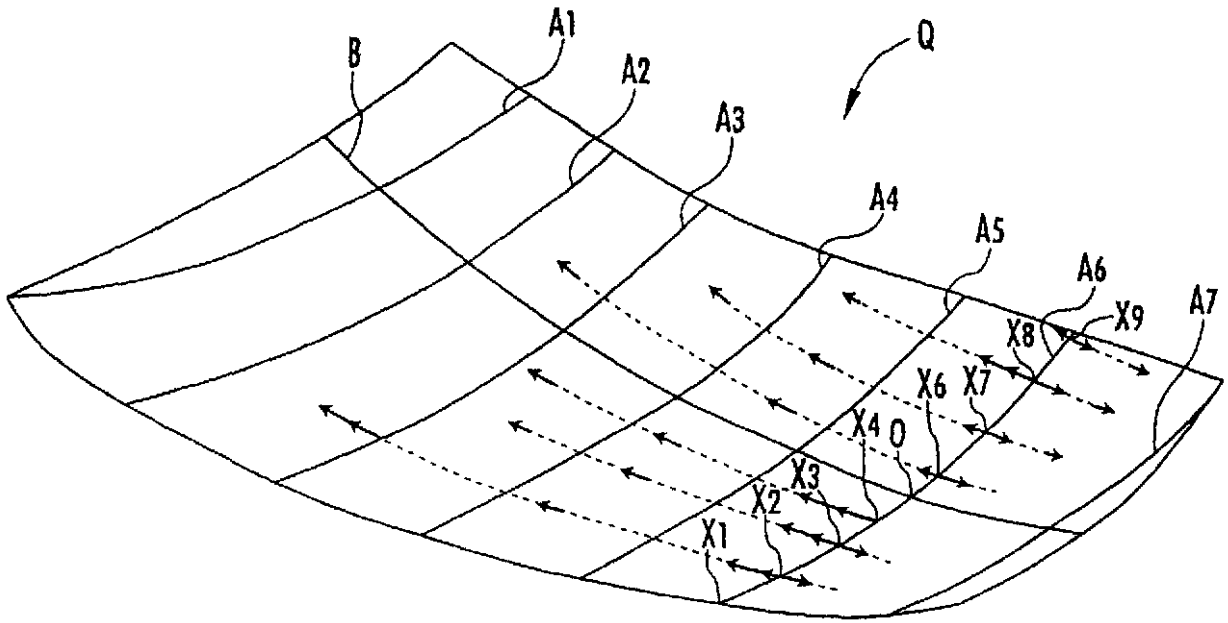


图 4(a)

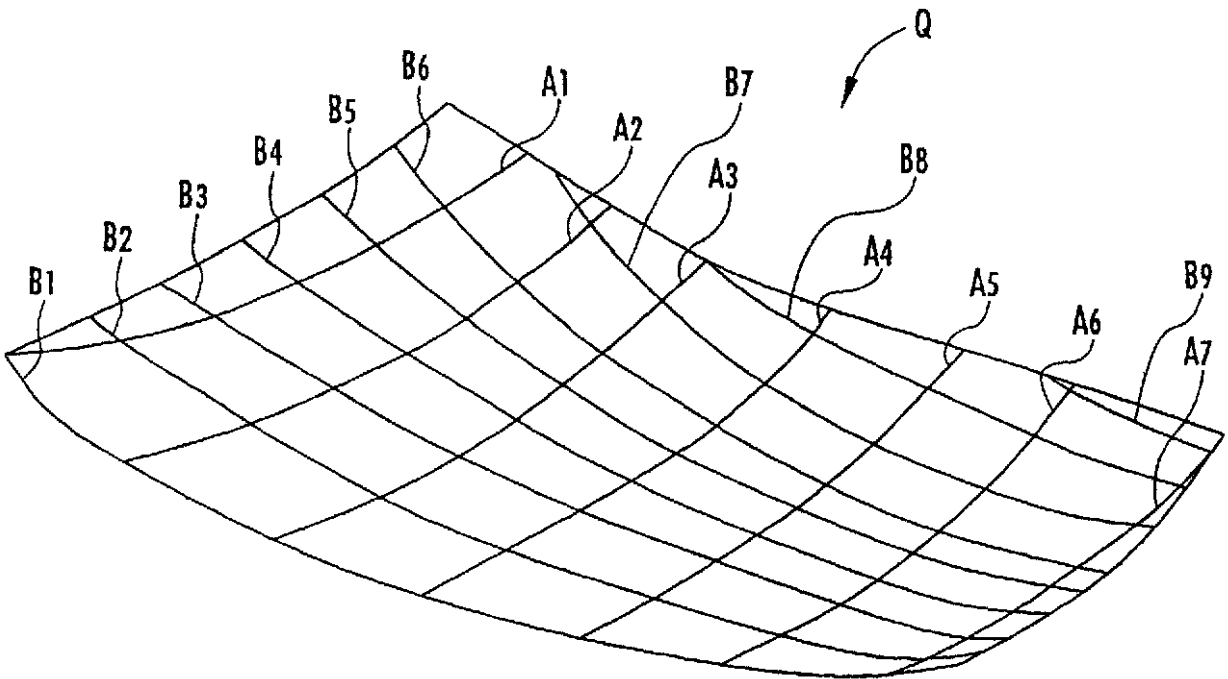


图 4(b)

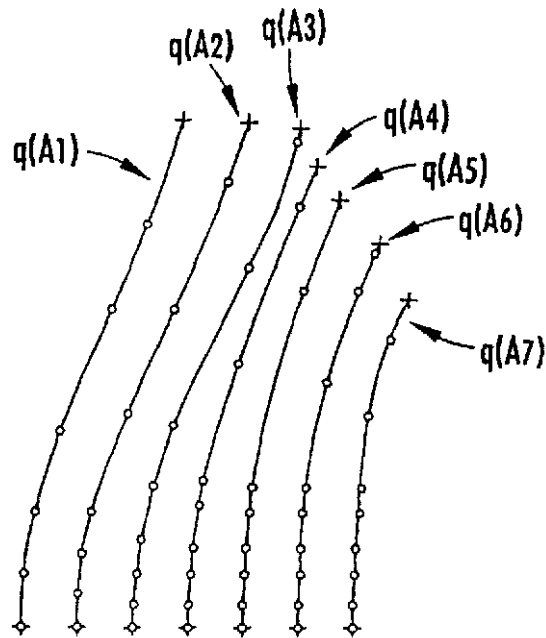


图 5

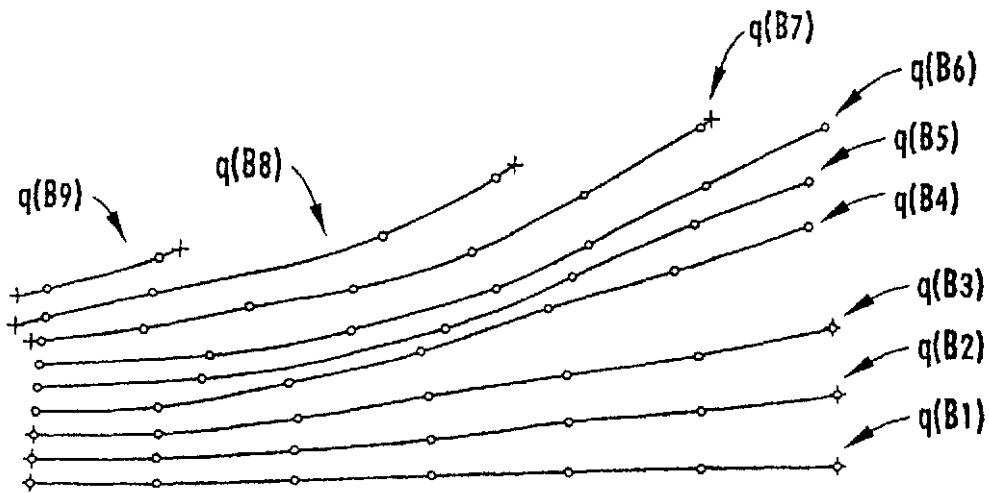


图 6



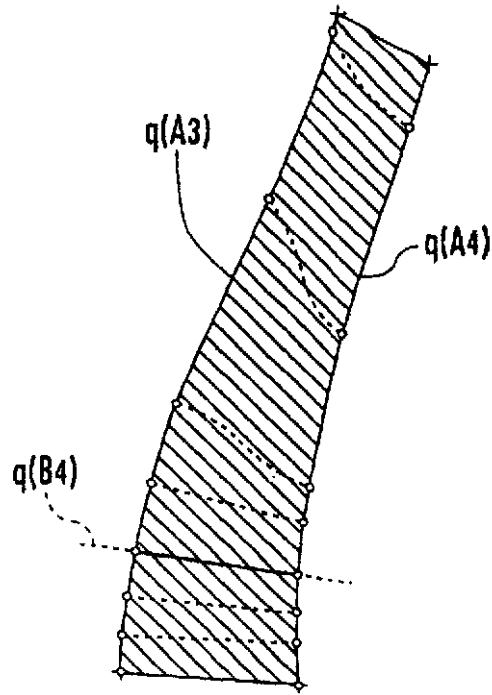


图 7 (a)

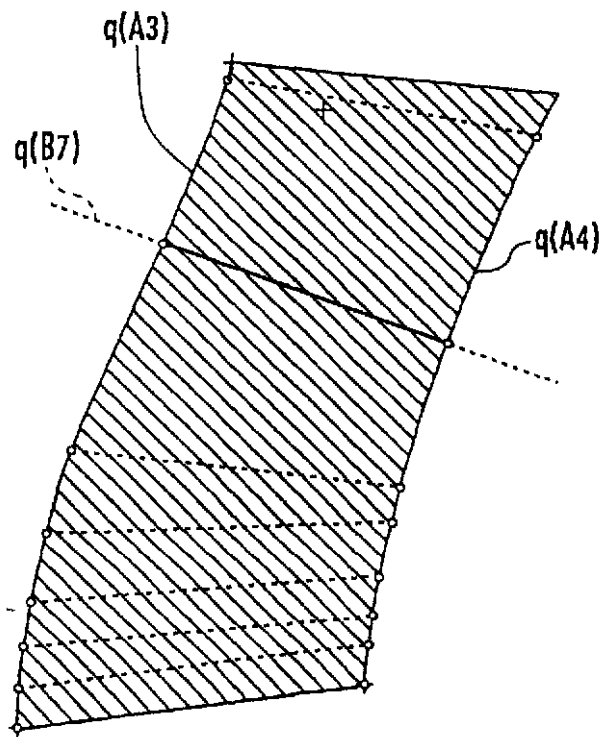


图 7 (b)

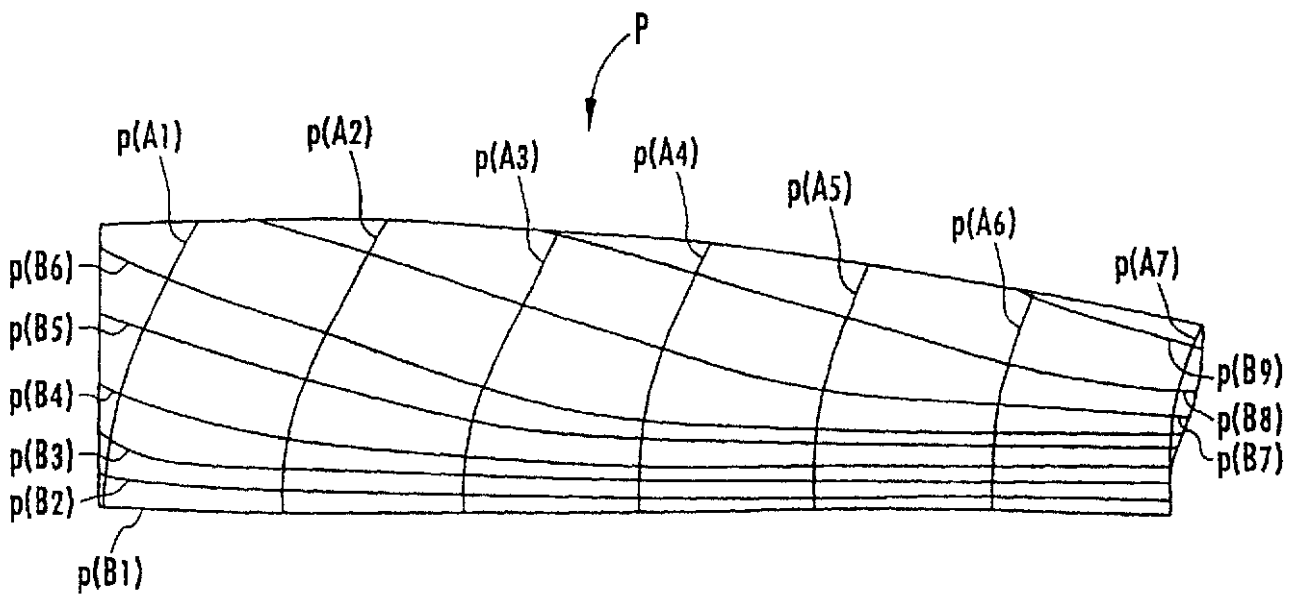


图 8

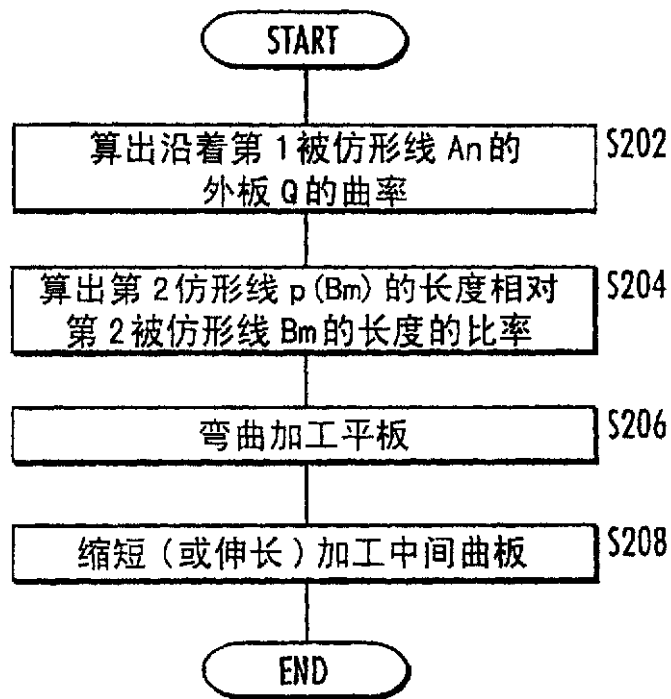


图 9