

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95115238.6

[45] 授权公告日 2001 年 5 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1065175C

[22] 申请日 1995.8.1 [24] 颁证日 2000.12.29

[21] 申请号 95115238.6

[30] 优先权

[32]1994.8.1 [33]JP [31]180094/1994

[73] 专利权人 东丽株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 中野亮

[56] 参考文献

DE3830571 1989. 4. 6 B29C4576

EP525198 1993. 2. 3 B29C4576

审查员 何文

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

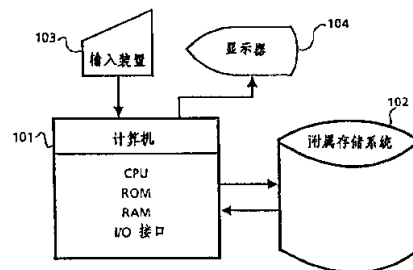
代理人 黄力行

权利要求书 2 页 说明书 23 页 附图页数 7 页

[54] 发明名称 分析流体流动过程的装置和方法

[57] 摘要

本发明的流体流动过程分析装置和方法包含:构成一个被分成若干小的基元的三维模型,以便代表流体流动的腔体,当关注的小基元位置靠近腔壁表面时,确定流导 k 为一个小值,当该小基元远离该表面时,确定流导 k 为一个大值,根据已确定的流导计算在各个小基元处的压力、压力转变或流速。在本发明的注模产品制造方法中,将被分成若干小的基元的代表流体流动的腔体的三维模型用来在惯用的计算时间内分析例如注模过程之类的流体流动过程。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种用于分析流体流动过程的装置, 包括:

三维模型构成装置, 用于构成一个被分成若干小的基元的三维模型, 以便至少代表流体流动的腔体的一部分;

流导确定装置, 用于当关注的小基元位置靠近腔壁表面时确定流体的流导 k 为一个小值, 以及当该小基元远离该表面时, 确定流体的流导 k 为一个大值; 以及

压力计算装置, 用于根据所述流导 k 求出:

- (a) 在所述各个小的基元处的流体压力; 或
- (b) 在所述各个小基元处的流体的压力转变; 或
- (c) 在所述各个小基元处的流体的流速。

2. 一种分析流体流动过程的方法, 它包括:

构成一个被分成若干小基元的三维模型, 以便至少代表流体流动的腔体的一部分;

确定在各个小基元处的流体的流导 k ;

根据已确定的所述流导 k 求出:

- (a) 在所述各个小基元处的所述流体的压力; 或
- (b) 在所述各个小基元处的流体的压力转变; 或
- (c) 在所述各个小基元处的流体的流速;

3. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 利用函数 $F(R, \eta)$ 确定在每个所述小的基元处的流导 k , 该函数随上述小基元和腔壁表面之间的最小距离 R 的增加而增加, 并随所述流体的粘度 η 的增加而降低。

4. 根据权利要求 2 所述的方法, 其特征在于, 通过解如下方程确定在每个小基元处的流导 k ;

$$\frac{\partial^2 k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial z^2} = -\frac{1}{\eta}$$

其中 η 代表被注模的材料的粘度; x 、 y 和 z 代表所述小基元的位置。

说明书

分析流体流动过程的装置和方法

本发明涉及一种通过求出在流体流动过程中的压力或压力转变或者流体的流速来分析流体流运过程的装置。

通常,分析流体流动过程的方法例如通过采用计算机模拟,再现注模过程等的分析注模过程的方法已经广泛应用。下面的介绍主要涉及用于分析流体流动过程的典型方法的注模过程的分析方法。

这些注模过程分析方法致力于在注模产品等的产品开发方面实现高质量,高效率 and 低成本。这些方法例如已公开在 91 - 224712 号、92 - 152120 号、92 - 305424 号、92 - 331125 号等日本专利公开文件上。这些注模过程分析方法利用二维模型求出在各个部分的压力、温度、剪应力等。

在这些常规的注模过程分析方法中,由于采用二维模型作为注模产品的模型,注模产品的各个部分被分为很多例如为三角形和矩

形的二维的小的基元,利用计算机通过数字分析技术求出在各个小的基元处的压力、温度、剪应力等参数。

在常规的注模过程分析方法中,当注模产品的形状能够通过综合二维的图形近似时,例如当注模产品的厚度与该注模产品的整体尺寸相比很薄时,通过分析得到的结果可以达到高精度。

然而,当注模产品厚度大于5毫米时,或普遍较小时例如为一个连接管时,由于三维流动,例如沿厚度方向易于流动,常规分析方法并不总是能够进行高精度分析。此外,即使当注模产品很薄时,在对产品的阶状部分或角状部分的局部流动状态的精确分析方面,采用平面状基元的常规方法只能提供很少的有用信息。

例如,注模产品为T形时,由于采用图13所示的二维模型,常规的注模过程分析方法不能精确地表达界面处的形态。

这样为了进行分析可以考虑采用如图3所示的三维模型,利用例如为有限元法或有限差分法的一般方法通过计算对流体进行分析。在这种情况下,待分析的模型被分为三维小的基元,例如六面体、三棱锥体和三角柱体。假如将这样的模型用于分析,通过利用计算机分析流体的一般方法,可以精确模拟实际形状,使得分析具有高精度。

然而,应用这种通用的三维分析方法需要大量的计算,占用很长的计算时间,使之不实用。其理由如下:在注模过程中的流动存在移动边界问题,填充的区域随时间推移而扩展。此外,通常用于模塑的材料是非牛顿流体,其粘度由于存在流动特性而随温度和剪切速率变化,决定粘度的温度也随时间的推迟每个瞬间都在改变。因此,复杂流动的三维分析需要很长的计算时间和很大的存储需求。

这样,利用这种模拟取代利用实际机械进行试制实际上难于实现高效率或低成本。

因此,当根据利用上述常规的注模过程分析方法和装置求出的注模产品的模压条件生产注模产品时,会产生任一或两个方面的问题,即由于分析精度不能令人满意,不能在较好的条件下生产注模产品,而且生产率很低。

由于不能在最佳条件下生产,按这种制造方法得到的注模产品在强度等方面存在问题。

考虑到上述问题,本发明的第一个目的是提出一种用于分析流体流动的装置和方法,其利用三维模型能精确再现流体的流动通道的形状,并在惯用的计算时间内进行精确的分析。

本发明的第二个目的是提出一种用于分注模过程的装置和方法,其利用三维模型能精确地再现注模产品的形状并且在惯用的计算时间内进行精确的分析。

本发明的第三个目的是提供一种通过利用所述注模过程分析装置按照产品形状确定模压条件、模具设计和材料选择高效生产高质量的注模产品的方法。

本发明的第四个目的是提供一种利用所述注模产品生产方法在最佳条件下生产的注模产品。

本发明提出的用于分析流体流动的过程的装置包括:三维模型构成装置,用于构成一个被分成若干小的基元的三维模型,以便至少代表流体流动的腔体的一部分;流导确定装置,用于当关注的小的基元位置接近腔壁表面时,确定流体的流导 K 为一个小值,而当该小的基元位置远离上述表面时,确定流体的流导 K 为一个大值;以及

压力计算装置,用于根据所述流导K 求出在所述各个小的基元处的流体压力。

本发明还提供的一种用于分析流体流动过程的装置包括:三维模型构成装置,用于构成一个分成若干小的基元的三维模型,以便至少代表流体流动的腔体的一部分;流导确定装置,用于当关注的小的基元位置接近腔壁表面时确定流体的流导K为一个小值,而当该小的基元位置远离上述表面时确定流体的流导K为一个大值;以及压力转变计算装置,用于根据所述流导K 求出在所述各个小的基元处的流体的压力转变。

本发明另外提出的一个用于分析流体流动过程的装置包括:三维模型构成装置,用于构成一个被分成若干小的基元的三维模型,以便至少代表流体流动的腔体的一部分;流导确定装置,用于当小的基元位置接近腔壁表面时,确定流体的流导K为一个小值,而当该小的基元远离上述表面时,确定流体的流导K为一个大值;以及流速计算装置,用于根据所述流导K 求出在所述各个小的基元处的流体流速。

本发明另外提出的一种用于分析流体流动过程的方法,包括:构成一个被分成若干小的基元的三维模型,以便至少代表流体流动的腔体的一部分;确定在各个小的基元处的流体的流导K;根据已确定的所述流导K求出在各个小的基元处的所述流体的压力;以及利用已求出的压力分析所述流体的流动过程。

本发明另外提出的一种用于分析流体流动过程的方法,包括:构成一个被分成若干小的基元的三维模型,以便至少代表流体流动的腔体的一部分;确定在各个小的基元处的流体的流导K;根据已确

定的所述流导K, 求出在所述各个小的基元处的所述流体的压力转变; 以及利用求出的压力转变分析所述流体的流动过程。

本发明另外提出的一种用于分析流体流动过程的方法包括: 构成一个被分成若干小的基元的三维模型, 以便至少代表流体流动的腔体的一部分; 确定在各个小的基元处的流体的流导K; 根据已确定的所述流导K求出在所述各个小的基元处的所述流体的流速; 以及利用求出的流速分析所述流体的流动过程。

在本发明的用于分析流体流动过程的方法的一个优选实施例中, 在每个所述小的基元处的流导K由函数 $F(R, \eta)$ 来确定, 该函数随小的基元和腔壁表面之间的最小距离R的增加而增加, 随所述流体的粘度 η 增加而降低。

在本发明的用于分析流体流动过程的所述方法的另一个优选实施例中, 在每个所述小的基元处的流导K通过解如下方程来确定:

$$\frac{\partial^2 k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial z^2} = \frac{1}{\eta}$$

(其中 η 是所述流体的粘度; x 、 y 、 z 表示所述小的基元的位置)。

本发明另外提出的一种用于分析注模过程的装置包括: 一个三维模型构成装置, 用于构成一个被分成若干小的基元的三维模型, 以便至少代表注模产品的一部分; 流导确定装置, 用于当关注的小的基元位置接近模具表面时确定被注模的材料的流导k为一个小值, 而当该小的基元远离上述表面时, 确定被注模的材料的流导k为一

个大值;以及压力计算装置,用于根据所述流导 k 求出在所述各个小的基元处的被注模的材料的压力。

本发明另外提出的一种用于分析注模过程的装置包括:三维模型构成装置,用于构成一个被分成若干小的基元的三维模型,以便至少代表模产品的一部分;流导确定装置,用于当关注的小的基元位置接近模具表面时确定被注模的材料的流导 k 为一个小值,而当该小的基元远离上述表面时确定被注模的材料的流导 k 为一个大值;以及压力转变计算装置,用于根据所述流导 k 求出在所述各个小的基元处的被注模的材料的压力转变。

本发明另外提出的一种用于分析注模过程的装置包括:三维模型构成装置,用于构成一个被分成若干小的基元的三维模型,以便至少代表注模产品的一部分;流导确定装置,用于当关注的小的基元位置靠近模具表面时确定被注模的材料的流导 k 为一个小值,而当该小的基元远离该表面时确定被注模材料的流导 k 为一个大值;以及流速计算装置,用于根据所述的流导 k ,求出在所述各个小的基元处的被注模的材料的流速。

本发明另外提出的一种用于分析注模过程的方法包括:构成一个被分成若干个小的基元的三维模型,以便至少代表注模产品的一部分;确定在各个小的基元处的被注模的材料的流导 k ;根据已确定的流导 k 求出在所述各个小的基元处的被注模的材料的压力;以及利用求出的压力,分析注模产品的注模过程。

本发明另外提出的一种用于分析注模过程的方法包括:构成一个被分成若干个小的基元的三维模型,以便至少代表注模产品的一部分;确定在各个小的基元处的被注模的材料的流导 k ,根据已确定

的所述流导k求出在所述各个小的基元处的被注模的材料的压力转变; 以及利用已求出的压力转变, 分析注模产品的注模过程。

本发明另外提出的一种用于分析注模过程的方法包括: 构成一个被分成若干个小的基元的三维模型, 以便至少代表注模产品的一部分; 确定在各个小的单元处的被注模的材料的流导k; 根据已确定的所述流导k求出在所述各个小的基元处的被注模的材料的流速; 以及利用已求出的流速分析注模产品的注模过程。

在本发明的用于分析注模过程的方法的一个优选实施例中, 每个小的基元处的流导k由函数 $F(R, \eta)$ 来确定, 该函数随在小的基元和模具表面之间的最小距离R的增加而增加, 随被注模的材料的粘度 η 的增加而降低。

在本发明的用于分析注模过程的方法的另一优选实施例中, 在每个小的基元处的流导k通过解如下方程来确定:

$$\frac{\partial^2 k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial z^2} = - \frac{1}{\eta}$$

(其中 η 是被注模的材料的粘度; x 、 y 、 z 表示所述小的基元的位置)。

本发明另外提出的一种制造注模产品的方法包括: 确定注模产品的模压条件, 构成一个被分成若干个小的基元的三维模型, 以便至少代表所述注模产品的一部分; 当关注的小的基元位置靠近模具表面时确定被注模的材料的流导k为一个小值, 而当该小的基元远

离上述表面时, 确定被注模材料的流导 k 为一个正值; 根据已确定的流导 k 求出在各个小的基元处的被注模的材料的压力; 最终根据因此求出的压力分布决定模压条件; 以及根据最终决定的模压条件, 制造注模产品。

本发明另外提出的一种用于制造注模产品的方法包括: 确定注模产品的模压条件, 构成一个被分成若干个小的基元的三维模型, 以便至少代表所述注模产品的一部分; 当关注的小的基元位置靠近模具表面时, 确定被注模的材料的流导 k 为一个正值, 而当该小的基元远离上述表面时, 确定被注模的材料的流导 k 为一个正值; 根据已确定的流导 k 求出在各个小的基元处的被注模的材料的压力转变; 最终根据因此求出的压力转变的分布决定模压条件; 以及根据所述最终决定的模压条件制造注模产品。

本发明另外提出的一种用于制造注模产品的方法包括: 确定注模产品的模压条件, 构成一个被分成为若干小的基元的三维模型, 以便至少代表所述注模产品的一部分; 当关注的小的基元位置靠近模具表面时, 确定被注模材料的流导 k 为一个正值, 而当该小的基元远离上述表面时, 确定被注模的材料的流导 k 为一个正值; 根据已确定的流导 k 求出在各个小的基元处的所述被注模的材料的流速; 根据因此求出的流速的分布最终决定模压条件; 以及根据最终决定的模压条件制造该注模产品。

本发明还提出一种用于制造注模产品的方法, 其中所述的模压条件包括: 所述注模产品的形状、模具结构、注入速度、模具温度和注模材料中的任何一项。

本发明还提出利用以上任何一种制造方法生产的注模产品。

图1是表示本发明的用于分析流体流动过程(注模过程)的装置的硬件结构的一个实例的示意图;

图2是表示本发明的注模过程分析方法和注模产品制造方法的程序的一个实例的流程图;

图3是表示用在本发明中的被分成各小的基元的三维模型的实例的示意图;

图4是表示用在本发明中的用于确定流导的方法的一个实例的基本原理图;

图5是表示用在本发明中的用于确定流导的方法的一个实例的基本原理图;

图6是表示作为本发明的一个实例的说明怎样决定分析对象的各小基元的示意图;

图7是表示在本发明的一个实例中在注模产品的一个横断面上的流导 k 分布的计算结果的示意图;

图8是表示根据图7所示的流导 k 的分布对在注模产品内部的压力分布进行分析所得结果的等压线示意图;

图9是表示根据图7所示的流导 k 分布对在注模产品内部的压力转变的分布进行分析所得结果的等压线的示意图;

图10是表示根据图7所示的流导 k 的分布对在注模产品内部的材料流动速度的分布进行分析所得结果的示意图;

图11表示按照本发明的一个实例如何决定对象的各小基元;

图12 是表示作为本发明的一个实例的为了描述在注模产品的横断面处流导 k 的分布的计算结果的示意图;

图13是表示按照本发明的一个实例,为了描述在注模产品的横

断面处流导k的分布的计算结果的示意图；

图14是表示根据图13中的流导k的分布，对注模产品内部的压力分布进行分析所得结果的等压线示意图；

图15是表示根据图13中的流导k的分布对在注模产品内部的压力转变的分布进行分析所得结果的等压线示意图；

图16是表示根据图13中的流导k的分布对在注模产品内部的材料流动速度的分布进行分析所得结果的示意图；

图17 是表示用在注模过程的常规分析的被分成各小基元的二维模型示意图。

下面参照附图详细介绍作为本发明的用于分析流体流动过程的装置和方法的一个实例的注模过程分析装置和方法的一些优选实施例。在下面还将介绍注模产品制造方法的一个优选实施例。

图1是表示本发明的注模过程分析装置的硬件结构的一个示例的示意图。计算机101和输入装置103、显示器104和附属存储系统102相连。输入装置103 例如接收待分析的注模产品的注模条件的数据和三维模型的数据。在附属存储系统102中存储上述数据。操作者指示计算机101读出存入包含在该计算机中的RAM(随机存取存储器)的数据,以便分析。通过分析得到的结果例如由显示器104显示。当需要时,操作者可以改变注模条件,重新进行分析。分析的结果还可以输出到另外提供的打印机或存储在附属存储系统102中。在这种情况下,该输出结果还可以例如作为另一台分析装置的输入数据。

图2是表示在本发明的注模过程分析装置和方法中的以及在利用所述装置制造注模产品的制造方法中的程序的一个示例的流程

图。

在对注模过程进行分析中,首先,输入注模产品的注模条件(例如:注模产品的形状、模具结构、注入速度、注入温度、模具温度,以及注模材料)(步骤1)。然后,将模型按照三维方式分成各小的基元,构成例如由图3所示的产品的三维模型(步骤2)。接着确定在各个小的基元处的流导 k (步骤3)。再利用在步骤3中确定的各个小的基元处的流导 k 求出在各个小的基元处的被注模的材料压力(下文称为“材料压力”)(步骤4)。在这种情况下,还可以代之以求出在各个小的基元处的压力转变。此外,按照其它方法,还可以由所求出的压力分布或者直接求出在各个小的基元处的被注模的材料流速。通过分析将因此得到的结果例如以作图方式处理,按照等值线或按照曲线图来表示(步骤5)。如上所述,该结果还可以由一台打印机输出。

当利用注模过程的分析结果制造注模产品时,对如上所述得到的压力、压力转变或流速进行评估(步骤6)。例如通过判别是否当某一区域出现不正常的压力、压力转变或流速时很容易出现模压失败来进行这种评估。假如利用通过分析得到的结果预测到这种模压失败,则改变注模条件(步骤7),再次由步骤1进行这种分析。重复进行这些步骤,假如该结果能预测可以实现良好地注模时,根据该注模条件进行注模,以便制造预期的注模产品(步骤8)。

下面详细介绍用于求出在各个小的基元处的材料压力、压力转变和流速的方法。

为了求出在注模过程中的材料压力,利用公知的连续性方程(1)。该方程表示,假设流体是不可压缩的,流入到流体中的一指定

区域中的流量和从该区域流出的流量的和为零并持续不变。如果流体是可压缩的,方程的右侧不再变为零,在下面的讨论中仍同样维持这一点:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

其中 x 、 y 和 z 是空间的三维座标, u 、 v 、 w 是沿各个座标轴方向的被注模材料的流速。该方程(1)是 u 、 v 和 w 为未知变量的方程,通常需要利用这个方程以及由作为未知变量的压力 P 和流速派生的剪切应力解动量方程。这样当处理三维流动时,有四个未知变量。

本发明人发现,利用用于解方程(1)的如下方程组(2),通过从方程(1)中消除沿各个方向的流速 u 、 v 和 w ,借此将未知变量的数目由4个降到仅一个压力变量,从而能够极大地降低计算时间。在这种情况下,采用三维模型的计算时间可以降低到大约1/16,并且所需的计算机的RAM容量降低到约1/4。因此,第一次以实用的速度和精度可以实现三维注模过程的分析;

$$u = -k \frac{\partial p}{\partial x}, \quad v = -k \frac{\partial p}{\partial y}, \quad w = -k \frac{\partial p}{\partial z} \quad (2)$$

在上述方程组(2)中, k 是流导。方程组(2)称为达西流动方程,其表示多孔(Porous)流动。即假设沿三维座标轴 x 、 y 和 z 的各个方向的流速 u 、 v 和 w 与沿各个方向的压力梯度等成比例。

将方程组(2)代入方程(1),得出如下的方程(3)

$$k\left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2}\right) = 0 \quad (3)$$

方程(3)在形式上与表示热导的通用方程相同。在热导问题中, 对于一个分为若干小的基元的指定区域内, 通过提出在边界处的温度 T 或温度梯度作为边界条件, 通过利用例如为有限元法、有限差分法和控制体积法的数字分析方法可以得到在该区域的温度分布。因此, 假如对于一个被分成若干小的基元的指定区域设定边界上的压力或压力梯度作为边界条件, 通过利用一种用于热导问题的分析方法或分析程度可以按相似的方式解方程(3), 并且可以得到材料的压力分布。

为了设定边界条件, 例如将由注入压力值或注入流速得到的压力梯度值设定在材料流入部分, 由于既不流入也不流出, 将零值压力梯度设定在与模具表面相接触的边界上, 将大气压力设定作为具有自由表面的流动体的前部的压力。

此外, 由于在注模过程中材料填充的区域随时间的推移增加, 压力分布也随时间推移而变化。通过再求出随重新注入的材料的总量变化的填充区的形状解方程(3), 可以得到压力分布的这种瞬时变化(压力转变的分布)。利用在常规的注模过程分析法中采用的如控制体积法或FAN(流动分析网络)等, 可以求出填充区的变化的形状。

例如通过得到如上所述的压力分布将其代入方程(1), 可以简单地得到流速。

实际的注模产品可能具有其薄得使之可不考虑被注模的材料

沿厚度方向流动的区域。可以利用二维模型和利用如下方程(4)而不是方程(2)按照二维方式分析这一区域。这样可以进一步提高整体计算速度;

$$u = -k \frac{\partial p}{\partial x}, \quad v = -k \frac{\partial p}{\partial y}, \quad k = \frac{H^2}{12\eta} \quad (4)$$

其中H为材料流动通道的厚度, η 为粘度。

下面详细介绍在图2中所示的步骤3中的用于确定流导k的方法。

对于利用二维模型分析注模过程的一个部分,如在方程(4)中所示,可以由流动通道的形状和粘度直截了当地确定流导,该数值的采用是优选的。

在利用三维模型分析中,最好例如用由本发明人发现的如下方法来确定流导k。

本发明人发现,被注模的材料的流动性随离模具表面的距离的增加而变大,随距离的减小而降低。因而,通常最好以当关注的小的基元位置靠近模具表面时,将确定的流导作为一个小值,当远离时作为一个大值。此外,假设流导k随某一表示这一趋势的函数变化,可得到理想的近似的分析结果。即对于在这种情况下流导k,最好利用如下方程(5):

$$k = F(R, \eta) \quad (5)$$

其中R是关注的基元的重心到模具表面的最小距离或关注的基元的顶点到模具表面的最小距离, η 是粘度。

由于材料之间的摩擦力作用较小,方程(5)的函数F随距模具表面距离的增加即R的增加使流导k增加,由于流动性降低,随粘度 η

的增加使流导k降低。例如利用像 $k=aR/\eta+b$ 限定的一个函数,使k随R的增加而增加,随 η 的增加而降低。在这种情况下,a是一个正比例常数,b一个系数是表示在 $R=0$ 即在模具表面处的流导。例如可通过对注模产品进行型式实验等确定这两个常数。这是所述的关于 R/η 的线性方程的特征是按照最简单的方式表示函数F,使得在短的时间内就能完成计算。根据注模产品的类型,还可以采用另一种方程,它能提供与实际的模压结果非常一致的分析结果。

此外,粘度 η 与温度,剪切速率等有关,它可以用方程(6)近似表示。在该方程中,A、B和C由该材料特有的系数,能够通过实验利用粘度测量仪器测得。假如将由方程(6)得到的粘度近似值代入方程(5),由于剪切速率和温度变化所引起的粘度变化的影响可以简单地包含在流导的计算中;

$$\eta = Ax(\text{剪切速率})^B \times \text{指数}(C \times \text{温度}) \quad (6)$$

流导k还可以按照下述求得。

本发明人发现一种通过解方程(7)所示的微分方程求得流导k的方法,其中x、y、z是空间的三维坐标轴, η 是粘度;

$$\frac{\partial^2 k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 k}{\partial z^2} = -\frac{1}{\eta} \quad (7)$$

本发明人发现,将方程组(2)的第一个方程代入方程(8),通过消除流速U和略去关于压力P的x、y和z的二阶偏导数项可以得到方程(7),方程(8)表示由粘滞力主要影响的流场中的力的平衡。利用如下简单的方法,通过略去二阶偏导数项能够得到k;

$$\eta \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = \frac{\partial p}{\partial x} \quad (8)$$

方程(7)在形式上与一般表示热导的方程相同。所周知,在热导问题中,假如对于一个具有指定形状的区域,预先设定边界的温度T或温度梯度作为边界条件,通过利用例如有限元法、边界元法、有限差分法或控制体积法等数字分析法,可以得到该区域的温度分布。因此,假如通过设定边界条件,即将在作为边界的模具表面处的k设为零,求解方程(7),利用任一用于求解热导问题的分析方法或分析程序可以求得在靠近模具表面某一位置的较小k的分布和在远离该表面的某一位置处较大k的分布。由方程(1)可以看出,边界条件k=0对应于这样一种假设,即在模具表面处的速度为零。假如用例如为k=0.01mm²/(Pa·sec)(平方毫米/帕·秒)的小值代替零,就还能够考虑在模具表面处的滑移。

假如,用方程(6)中的粘度近似值代入方程(7),由于剪切速率和温度的变化引起粘度变化的影响也可以简单地包含在流导的计算中。

虽然,与利用上述方程(5)确定流导k的方法相比,本发明解热导方程所用时间较长,但对于一个指定的形状能够精确地得到流导。此外,由于方程(7)是根据方程(8)导出的,方程(8)是一个用于表示在由如上所述的粘滞力主要影响的流场中的力的平衡的一个方程,得到的数值比利用方程(5)的方法得到数值就物理意义而言更高度一致。因而,总是可以得到高精度的分析结果,而与注模产品的形状及将模型分成若干小基元无关。

例如,我们分析使用具有如图4和图5所示的断面形状的若干小的基元的情况。当如图4所示分成若干规则的小基元时,利用方程(5)的流导确定方法能够精确和迅速地确定流导,但是假如象在图5中所示的那样分成若干不规则的小基元时,由于相邻基元的重心相对于模具表面不是恒定的,得到的流导可能不精确。

通常,利用被称为预处理机的程序可以自动进行用于数字分析的小基元的划分,特别是还可方便地划分具有很多突起和孔洞的复杂形状的产品。通常自动划分使各小的基元的形状不规则,不过即使对于具有复杂形状的注模产品,利用方程(7)的方法能够使小的基元的形状不规则带来的影响降至最小,而且能够进行高精度的分析。

除上述以外,还有各种用于确定流导的其它方法,特别是在特殊形状的情况下,可以考虑能够实现高的计算精度和计算速度的任何方法。

下面介绍利用上述方法分析注模过程和根据分析的结果决定注模条件以用于制造注模产品的方法。

在按照指定的注模条件制造注模产品的情况下,如上所述,可以得到被注模的材料材料压力、压力转变或流速的分布。在这种情况下,可以将该结果用于改进和决定如下所述的注模条件。

通常,为在注模过程中得到在低应力下的小应变的注模产品,材料压力最好尽可能地低,压力梯度最好尽可能地均匀,既没有明显的突变部分也没有明显过缓的部分。此外,在压力的瞬间变化过程中,最好不产生由于突然的压力上升而出现的峰值压力。假如采用这种压力判别标准,就可以判别注模状态合适的程度。此外,最

好根据上述得到的流速作为标准。

此外还可以根据流速梯度、剪切速率和应力或填充流型等判别注模状态。通过对用上述相应的方法得到的压力分布、压力转变分布或流速分布的信息进行处理,可以简单地得到这些数据。例如,可以根据在各小的基元中的速度梯度确定剪切速率,通过将该剪切速率乘以材料的粘度得到剪切应力,通过参照流动波前的速度顺序地决定下一个填充区域可以分析在该填充区域中的填充流型。

当按照上述判别方法预料会出现失败时,根据下述方法,通过修正模具设计、产品设计、注模条件或使用材料,可以生产完美的注模产品。

为了改变材料流动通道等,第一修正方法是修正模具结构。在这种情况下,模具结构意指从材料的注入口到产品的成形部分的材料流动通道,它们通常被称为:浇孔,浇道和浇口。例如,假若判定由于从浇口到腔体端部的流动距离太长使压力损失太大,为使材料流经几个浇口进入产品成形部分,可以使浇道分支来缩短流动长度。

为了改变材料的流动通道,第二种修正是修正注模产品的形状。例如,假若在产品的成形部分处的压力梯度大到可能产生大的应变,可以增加产品厚度,以降低压力梯度。

第三种修正是修改注模条件,例如注入速度、材料温度或模具温度。例如,假若在某一时间在材料入口处压力急剧升高,可能导致注模困难,通过在该时间降低注入速度或升高材料温度和/或模具温度使上述压力增长减慢。

第四种修正是改变被注模的材料。例如,假若材料压力损失太大,致使注模困难,通过采用高流动性低粘度的材料可以降低

压力损失。

上述修正方法可以单独或综合采用。此外,为了自动进行上述修正,最好采用专家系统。

如上所述,反复检查注模条件,在估计的条件下利用上述注模过程分析装置再次进行分析,以便提供优选的注模结果,重复进行这种分析,一直到可以求出能得到最佳结果的注模条件。假如已求出能得到最佳结果的注模条件,在该条件下进行注模,以便制造预期的注模产品。

本发明在原理上能适用于各种注模产品的形状,但对产生三维成形效果的产品特别有效。

易于产生三维成形效果的产品是厚度大于5mm的厚实部分、或者外廓尺寸约为10mm最大部分甚至厚度薄到大约1到2mm、沿厚度方向较易于产生流动作用的小零件。此外,对局部流动区域如沿厚度方向流动产生突然变化例如阶状部分或角状部分的区域,三维分析法也是很有有效的。

本发明的注模过程分析方法还可以给合常规的二维法采用,对于不受三维流动影响的部分,常规的二维基元可以实现高精度分析。

在本发明中,所用模具可利用任何精密机加工方法例如金属的电火花机加工技术进行金属模具机加工而成。

本发明的用于分析流体流动的装置和方法不仅可以优选用于分析注模过程,而且也可以用于流体流动的一般过程。例如,本发明适用于伴随三维的材料流动的流动过程的分析,例如在挤压成型的挤压模中的材料流动,在挤压机的螺旋通道中的流动或者在搅拌机中的流动。

因此,为了得到在圆杆或平板挤压成型或轮廓挤压成型的挤压模中流动过程的压力分布、压力转变分布或材料流速分布,可以采用本发明。由于在压力梯度或流速接近于零的某一部分形成的材料滞留和热量降低可能使模压产品的质量降低,必须确定挤压成形的注模条件例如模具形状,使之不会产生任何残留部分。本发明也适用这种应用场合。

为了减少在注模机或挤压成形机的螺旋通道中的残留部分,也可以用本发明决定设计条件。此外在根据最大剪切应力值设计时还可以将本发明应用于在挤出型的搅拌机的螺旋通道中的剪切应力分布的计算。

实例

下面参照附图结合作为实例的注模过程分析装置和方法以及注模产品制造方法详细描述本发明的流体流动分析装置和方法。图2是表示本发明方法的程序流程图。

实例1

这个实例涉及一种模压产品,其具有如图6所示的厚度从5mm到10mm变化的阶状部分。

首先,在图2的步骤1输入注模条件(尼龙树脂作为使用材料,注入温度280°C,模具温度80°C,填充时间1秒)。然后在步骤2,将注模产品的形状分成若干三维小基元14,以便构成如图6所示的产品的三维模型。在这个实例中,产品被分成若干规则的具有三维小基元的格状结构,每个基元呈具有8个顶点的六面体状。

接着在图2的步骤3中,由方程(5)求得流导 $k(k=aR/\eta + b, a = 0.4\text{mm}, b=0.01\text{mm}/(\text{Pa} \cdot \text{s}), \eta = 100\text{Pa} \cdot \text{s})$ 。在方程(5)中,模具和每

个基元的重心间的距离用R表示。

图7以等值线表示利用图6所示的小的基元模型根据方程(5)所得到的在某一断面处的流导k的分布。由图7可以看到,在靠近模具表面的某一部分15处,流导接近于零,另一方面在接近厚度中心的某一部分16处,表示出具有高的流动性,流导为 $0.02\text{mm}/(\text{Pa}\cdot\text{sec})$ 。能够看出,所得到的k的分布是平滑的。

接着在图2的步骤4中,利用与分析热导相似的数字计算程序,根据图7中的k的分布,通过解方程(3)得到在注模过程中的各个小的基元的压力分布。进而在步骤(5)将这些结果以作图方式进行处理,以便得到如图8所示的压力分布。压力分布的压力范围为0.1至10MPa。这个图以等压线表示各个小的基元的压力分布。利用工程运算站在大约90秒的很短时间内完成由步骤2开始的一系列计算。

根据所得到的压力分布,得到压力转变的分布(图9)和流速分布(图10)。此外,还能得到剪切应力分布等。根据分析所得到的结果,流速为 $30\text{-}100\text{mm}/\text{s}$,剪切应力为1000Pa及小于此值。由于判定在注模过程中不存在特殊问题,进行注模产品制造。由于在最佳条件下进行制造,所制造的注模产品例如在强度方面的特性是优异的。

假若出现很大的压力梯度部分等等,很可能使模压失败,为了得到适当的产品设计、模具设计、注模条件等等,可以改变模压产品形状、模压条件、材料等等、重复从步骤1开始的相同程序。

实例2

对于与实例1中相同的注模产品,除了将模型以不规则的方式分成如图11所示的若干小的基元以外,按照上述相同的条件,根据方程(5)得到流导k的分布。结果,如图12所示,模具边界附近流导k

变化不规则。应该想到,这个结果不能从物理意义上进行解释,是计算错误。推测其原因在于,在各相邻的基元的重心和模具表面之间的距离应当基本是相同的,但由于小的基元的划分方法的影响上述距离不同。

在这种情况下,难于通过分析得到精确的结果。然而,上述不规则地分成各小基元的模型可以由注模产品的形状自动而简单地产生,并且根据方程(5)以高的计算速度得到流导 k 。这样,上述的分析可以有效地用于确定起始的近似条件,以便决定注模条件。

实例3

对于与实例1和2相同的注模产品,使用如例2中如图11中所示的小的基元模型,根据方程(7)可得到流导 k 的分布,并将该分布用于与上述实例相同条件的情况下分析注模过程。

图13以等值表示根据方程(7)利用图11所示的小的基元模型得到的在某一断面的流导 k 的分布。虽然计算时间稍长一些,所得的 k 的分布(分布范围0到 $0.02\text{mm}^2/(\text{Pa}\cdot\text{s})$)象图7那样是平滑的。

接着在图2的步骤4,根据在图13中得到 k 的分布,得到在注模过程中的各个小的基元的压力分布,如图14所示,压力分布范围由0.1到10MPa。在这种情况下,也用等压线表示各个小的基元的压力分布。所得到的压力分布与在图8中所示的几乎相同。利用上述的相同工程计算站,在大约160秒的稍长一些的时间内,完成从步骤2开始的一系列计算。对同一对象若用任何一种常规的数字计算方法例如求取其压力分布约需要2500秒。

根据得到的压力分布,得到压力转变的分布(图15)和流速分布(图16)。此外,还可以得到剪切应力的分布等。这些结果也与实例

1中的几乎相同。由这些通过分析得到的结果，可判断在注模时没有特别的问题。于是可制造注模产品。由于在与实例1中相似的最佳条件下制造注模产品，该产品例如在强度方面的特性是优异的。

像在实例1中的情况一样，如果由于产生一个急剧变化的梯度部分等等，而可能使模压失败，为了得到适当的产品设计、模具设计、注模条件等等，可改变注模产品的形状，注模条件和材料等等，重复从步骤1开始的相同程序。

说明书附图

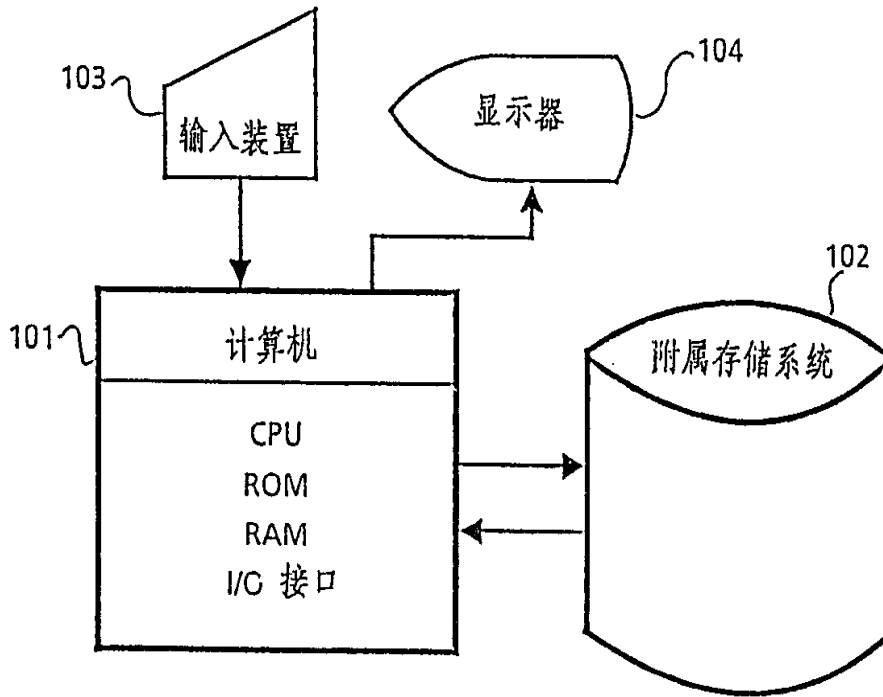
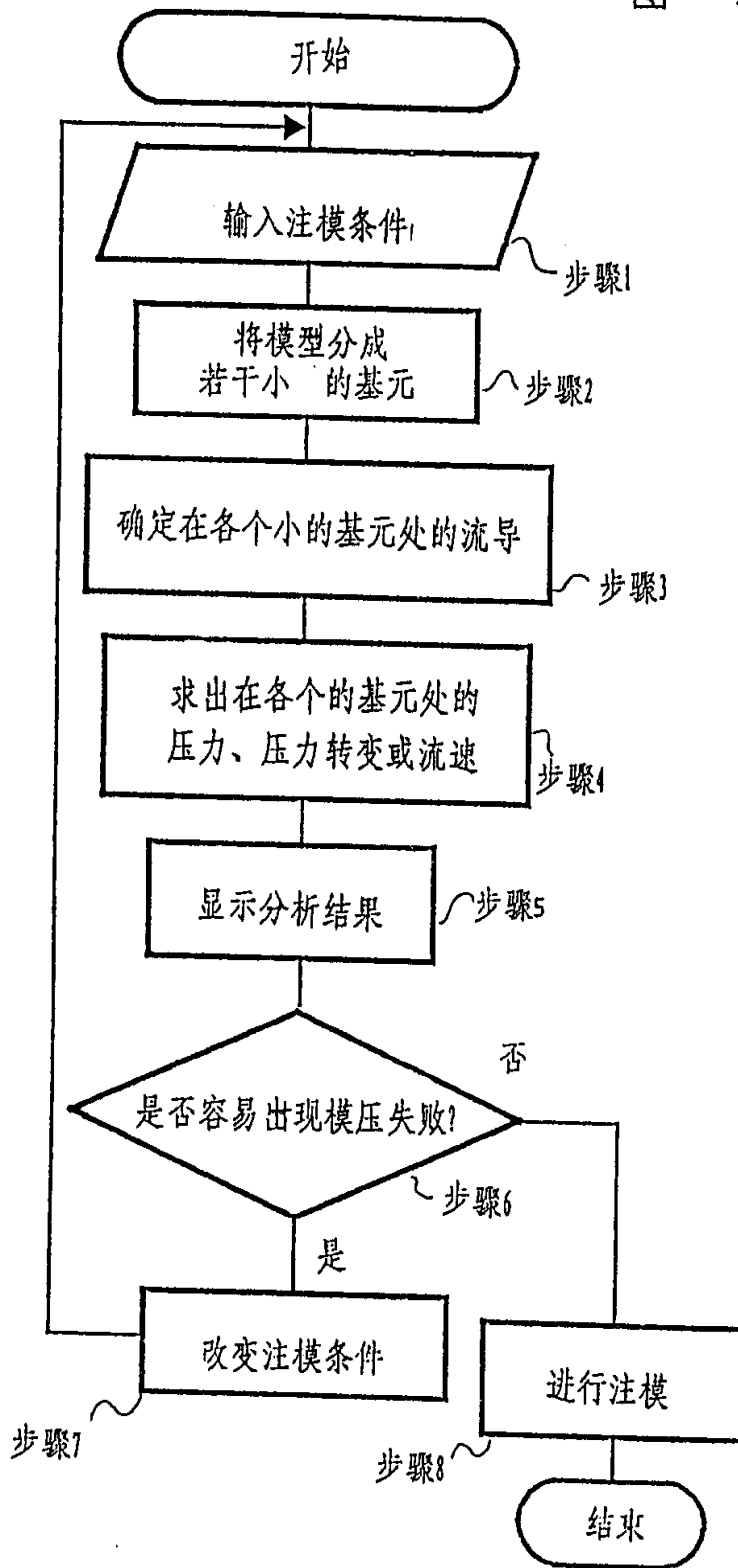


图 1

图 2



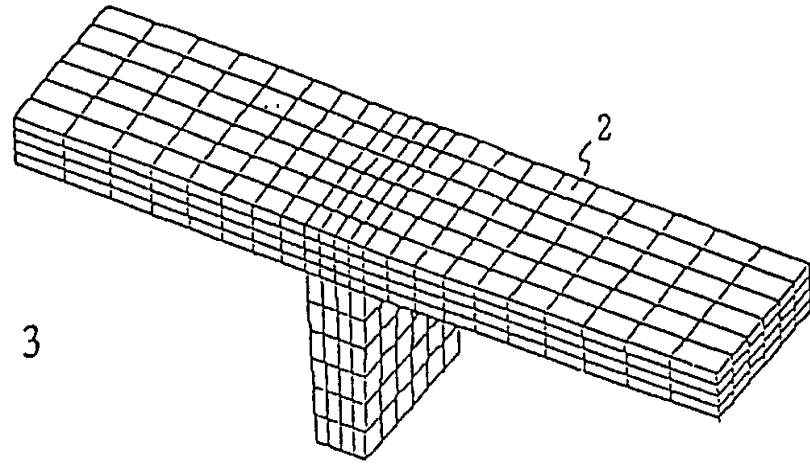


图 3

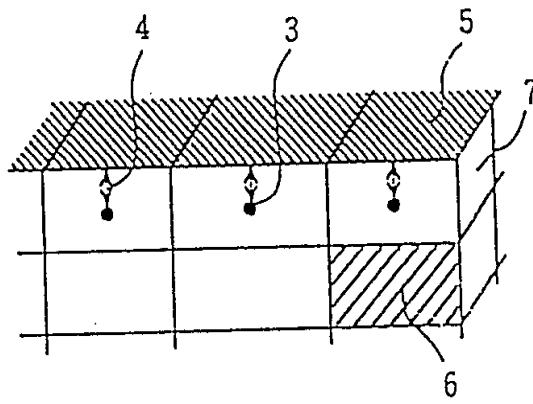


图 4

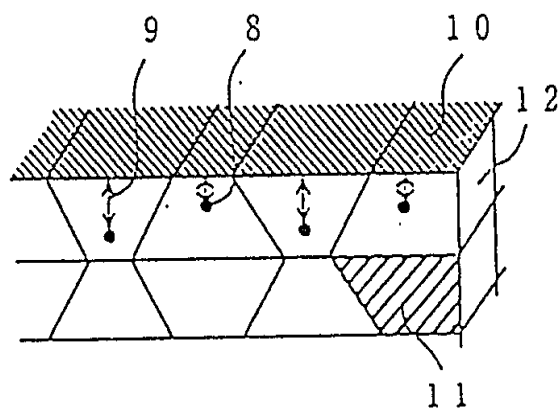


图 5

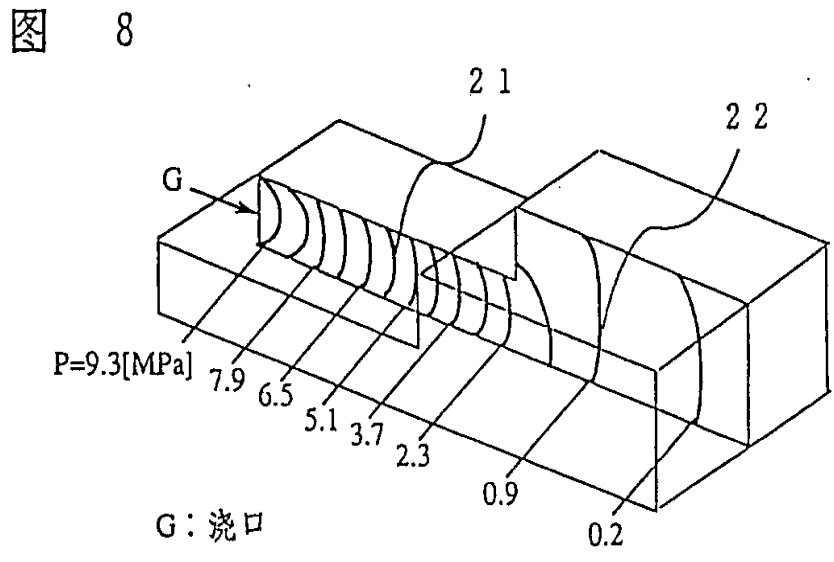
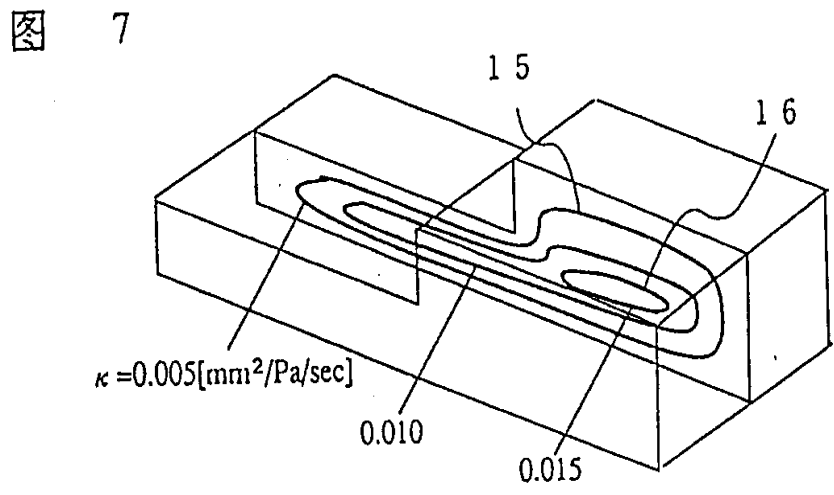
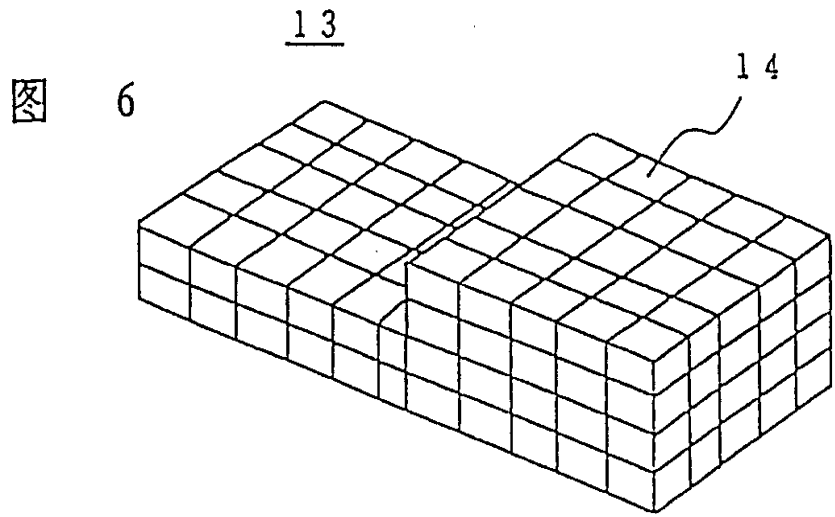


图 9

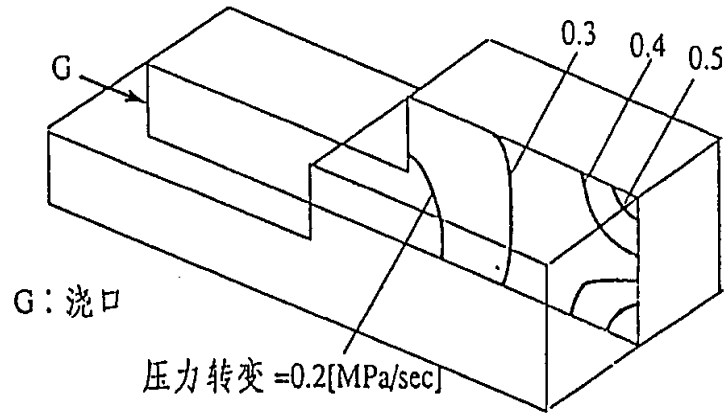


图 10

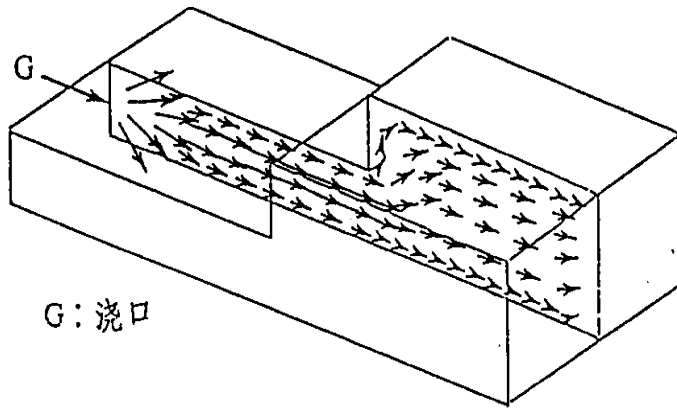


图 11

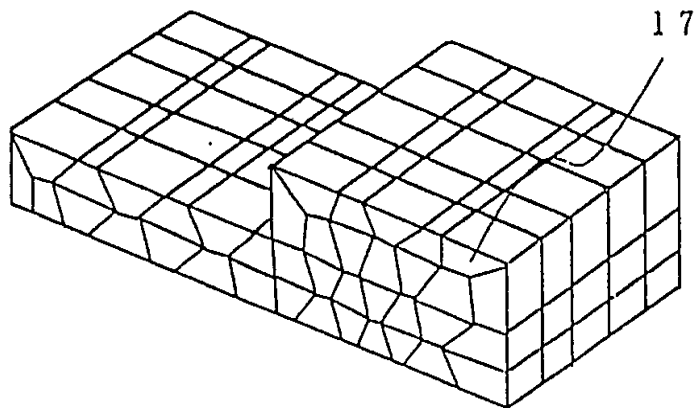


图 12

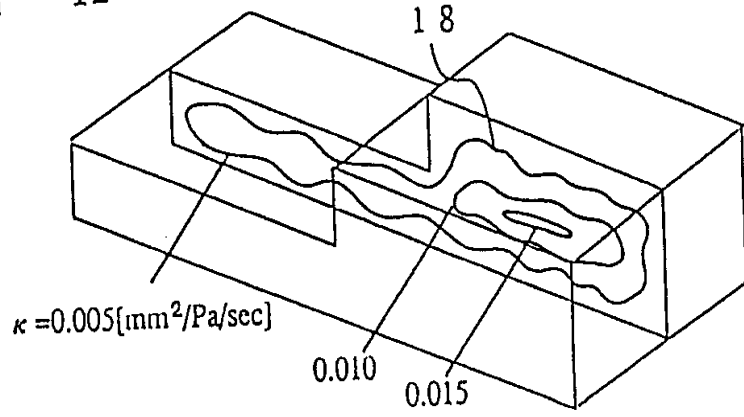


图 13

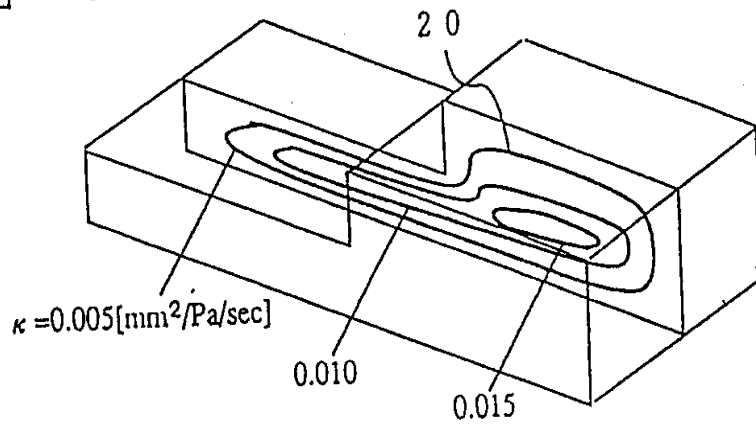


图 14

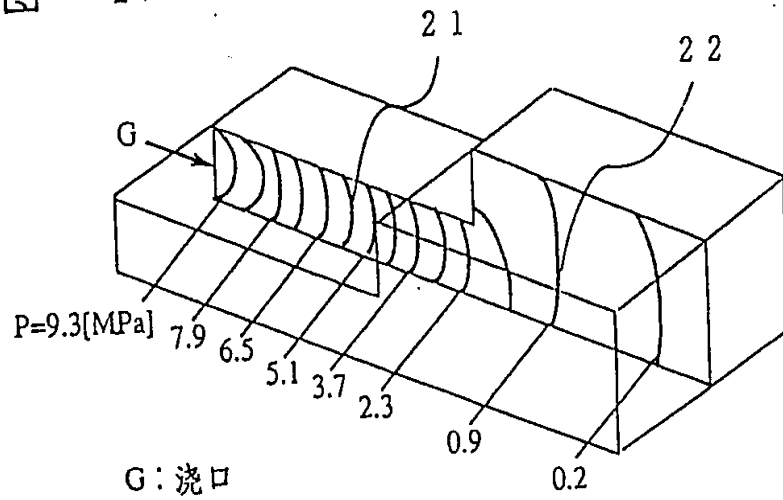


图 15

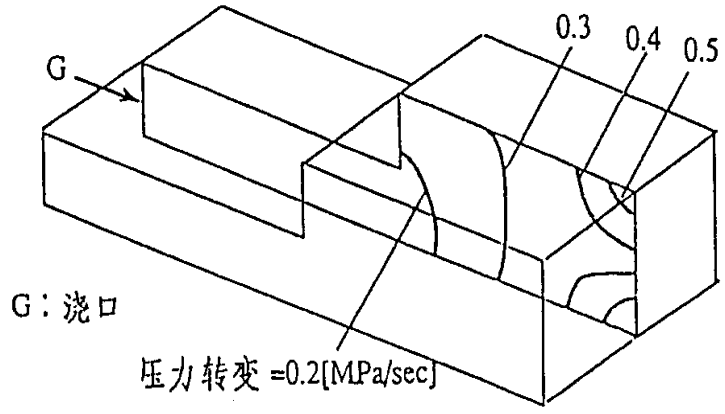


图 16

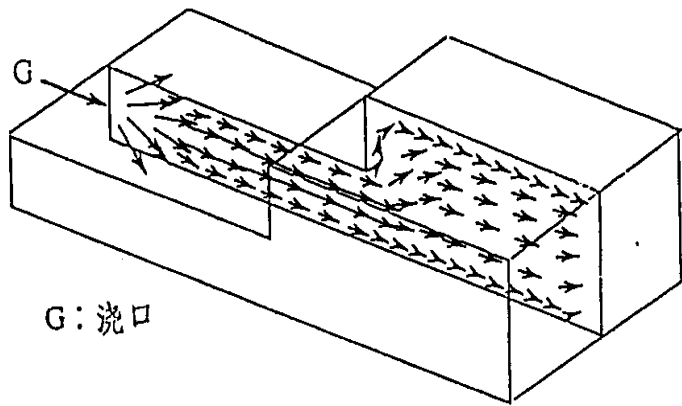


图 17

