

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580003038.3

[51] Int. Cl.

A23G 9/16 (2006.01)

A23G 9/28 (2006.01)

A23G 9/22 (2006.01)

A23G 9/14 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 2 月 7 日

[11] 公开号 CN 1909794A

[22] 申请日 2005.1.20

[21] 申请号 200580003038.3

[30] 优先权

[32] 2004.1.22 [33] DE [31] 102004003448.6

[86] 国际申请 PCT/EP2005/000526 2005.1.20

[87] 国际公布 WO2005/070225 英 2005.8.4

[85] 进入国家阶段日期 2006.7.24

[71] 申请人 雀巢技术公司

地址 瑞士沃韦

[72] 发明人 E·J·温德哈贝 J·维尔德莫泽

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 吴 鹏 马江立

权利要求书 4 页 说明书 16 页 附图 12 页

[54] 发明名称

用于能量优化地且粘度适宜地形成冷冻充气
物料的显微结构的低温挤出方法和装置

[57] 摘要

本发明描述了用于能量优化地且粘度适宜地形成冷冻充气系统例如冰淇淋的显微结构的低温挤出方法和装置。通过所述方法和装置，在优化了由粘滞摩擦导致的机械能耗散(1)与向制冷剂传递耗散热和附加的相变热(冷冻)(2)之间的平衡的条件下，在非常低的温度下达到非常高的冻结水含量，从而获得了分散良好的显微结构。通过这种新的方法和装置，充气物料在最小的/优化的机械能输入的条件下被连续冷冻并获得了优化的显微结构。这样处理的物料的显微结构，一方面，甚至在很低的温度下都具有较好的流变性质，从而改善了造型、分割及挖出特性，另一方面，延长了保存期(热冲击稳定性)并改善了口感(例如，乳脂状、融化特性)。

1. 一种用于能量优化地且粘度适宜地形成冷冻充气物料例如冰淇淋的显微结构的低温挤出方法, 其中, 根据局部冷冻的充气物料的局部粘度, 沿挤出机长度对物料沿螺杆通道分段机械处理, 使得在随后的每个区段内空气泡/空气胞继续分散、同时温度降低并且冻结水含量相应增加。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 根据分别用于持续分散空气泡/空气胞、同时降低温度或者提高冻结水含量的机械能输入, 将挤出机分成区段, 每个区段的特征长度是螺杆外径的 1-10 倍, 优选是螺杆外径的 1-2 倍。

3. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 根据分别用于持续分散空气泡/空气胞、同时降低温度或者提高冻结水含量的机械能输入, 将挤出机分成区段, 每个区段的特征长度是螺杆外径的 1-10 倍, 优选是螺杆外径的 1-2 倍, 并且这些区段沿挤出机具有恒定的长度。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 根据分别用于持续分散空气泡/空气胞、同时降低温度或者提高冻结水含量的机械能输入, 将挤出机分成区段, 每个区段的特征长度是螺杆外径的 1-10 倍, 优选是螺杆外径的 1-2 倍, 并且区段的特征长度适于物料粘度的局部变化。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 改变加工参数: 螺杆转速 (1)、通过安装在挤出机入口处的正排量泵调整的物料流速 (2)、以及通过所使用的制冷剂的蒸发压力调整的挤出机壳体内壁处的冷却温度 (3); 对于给定的挤出机螺杆几何形状, 调整上述参数使得: 对于传统的标准香草冰淇淋, 在从挤出机入口测量的挤出机长度的第一个 50-75% - 优选在所述长度的 50-65% - 内, 物料温度 $\leq -11^{\circ}\text{C}$, 或者更一般地, 冻结水含量是可冷冻水总的大约 $\geq 60\%$ 。

6. 根据权利要求 1-5 所述的方法, 其特征在于, 通过改变螺杆通道高度, 来根据挤出机相关区域的物料粘度调整物料机械处理。

7. 根据权利要求 1-5 所述的方法, 其特征在于, 通过改变螺杆的数量,

来根据挤出机相关区域的物料粘度调整物料机械处理。

8. 根据权利要求 1-5 所述的方法, 其特征在于, 通过改变螺旋角, 来根据挤出机相关区域的物料粘度调整物料机械处理。

9. 根据权利要求 1-5 所述的方法, 其特征在于, 通过改变螺杆螺纹上的切口的宽度, 来根据挤出机相关区域的物料粘度调整物料机械处理。

10. 根据权利要求 1-5 所述的方法, 其特征在于, 通过调整固定在挤出机筒内壁上的销使之与螺杆螺纹上的切口相啮合, 来根据挤出机相关区域的物料粘度调整物料机械处理。

11. 根据权利要求 1-5 所述的方法, 其特征在于, 通过使螺杆螺纹外径与挤出机壳体内径之间的泄漏间隙宽度降至最小, 优化了向与挤出机壳体外壁接触的蒸发制冷剂的热传递, 从而沿挤出机长度温度降低量增加并且冻结水含量增加。

12. 根据权利要求 1-5 所述的方法, 其特征在于, 通过在螺杆螺纹的外前端产生一种使没被螺杆螺纹擦掉的冷冻材料壁层厚度减小到小于泄漏间隙宽度的流动模式, 优化了向与挤出机壳体外壁接触的蒸发制冷剂的热传递, 从而沿挤出机长度物料温度降低、冷冻物料含量相应增加并且显微结构的分散增强。

13. 根据权利要求 1-5 所述的方法, 其特征在于, 通过调整向筒内壁倾斜或用限定好的半径倒圆的螺杆螺纹前边缘的外轮廓, 在螺杆螺纹的外前端产生一种使没被螺杆螺纹擦掉的冷冻材料壁层厚度减小到小于泄漏间隙宽度的流动模式, 优化了向与挤出机壳体外壁接触的蒸发制冷剂的热传递, 从而沿挤出机长度物料温度逐渐降低、冷冻物料含量逐渐增加并且显微结构的分散增强。

14. 一种用于根据权利要求 1 或随后的任一权利要求在能量优化地且粘度适宜地形成显微结构的条件下低温挤出冷冻充气物料例如冰淇淋的装置, 该装置具有沿挤出机长度能够根据局部粘度局部调整的可变螺杆几何形状, 以能继续有效分散、同时逐步降低温度和相应地冷冻水。

15. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 在螺杆螺纹与筒内壁

之间的泄露间隙宽度小于 0.1mm, 优选小于 0.05mm。

16. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 螺杆螺纹厚度在 2 和 20mm 之间, 并且 1: 螺杆螺纹前边缘相对于筒内壁的倾角是 10-45°, 优选 30-35°, 该倾角优选位于螺杆螺纹高度的第一个外 2mm 处, 或者 2: 用优选 $\geq 2\text{mm}$ 的半径对螺杆螺纹前边缘倒圆。

17. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 根据物料粘度沿挤出机长度调整挤出机螺杆通道高度, 在挤出机的喂料区段 (I), 螺杆通道高度 H 与螺杆外径 D 之比优选调整为在 0.03 和 0.07 之间, 在中间 (长度) 区段 (II) 调整为在 0.1 和 0.15 之间, 在挤出机长度的最后三分之一区段调整为在 0.1 和 0.25 之间。

18. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 螺杆通道高度沿挤出机长度以如下方式连续增加: 在物料入口和出口之间的螺杆根部的没有螺纹的轮廓线与螺杆的中心轴线形成的角度为 0.03-0.1°, 优选 0.05-0.07°。

19. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 螺杆在挤出机长度的第一个三分之一内具有 3-7 个螺杆螺纹, 优选 4-5 个; 在挤出机长度的第二个三分之一内具有 1-4 个螺杆螺纹, 优选 2-3 个; 在挤出机出口附近的挤出机长度的最后一个三分之一内具有 2-3 个螺杆螺纹, 优选 1-2 个。

20. 根据权利要求 14 和 19 所述的装置, 其特征在于, 在挤出机的 2-10 个 - 优选 3-5 个 - 相等的或变化的长度区段内, 螺杆螺纹的数量逐渐减少, 从一个区段到另一个区段螺杆螺纹的数量连续减少 1-2 个。

21. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 在入口区段 (I), 螺旋角在 35° 和 90° 之间, 优选在 45° 和 60° 之间; 在挤出机的中间区段, 螺旋角在 30° 和 45° 之间, 优选在 30° 和 35° 之间; 在挤出机长度的最后三分之一区段, 螺旋角在 20° 和 35° 之间, 优选在 25° 和 30° 之间。

22. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 螺旋角恒定地或者变化地从在挤出机入口区段 (I) 的 45-90° - 优选 45-60° - 减小到在挤出机出口区段 (III) 的 20-35° - 优选 25-30°。

23. 根据权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 在挤出机长度的第一

个 10-30%处, 优选 15-20%处, 在螺杆螺纹上设置有切口。

24. 根据权利要求 14 和 21-23 所述的装置, 其特征在于, 螺杆具有多个螺杆螺纹和在各螺杆螺纹上沿轴向间隔开的切口, 从而在筒内壁的每个部分物料都受到刮擦/“擦掉”流动。

25. 根据权利要求 14 和 23 所述的装置, 其特征在于, 在杆螺纹上设置有切口, 所述切口的长度是螺杆通道高度的 2.5-3 倍, 优选 1-2 倍, 并且没有切口的螺杆螺纹部分也具有相同的尺寸。

26. 根据权利要求 14、23 和 24 所述的装置, 其特征在于, 设置有连接到筒内壁上的嵌入元件 - 例如销, 在螺杆旋转期间, 所述嵌入元件与螺杆螺纹上的切口相啮合。

27. 根据权利要求 14 和 25 所述的装置, 其特征在于, 在筒内壁的圆周上有规律或者无规律地在 2-10 个 - 优选 3-5 个 - 不同的位置处设置有连接在筒内壁上的元件, 例如销。

28. 根据权利要求 14 和 25-27 所述的装置, 其特征在于, 具有多个螺杆螺纹, 其中, 在这些螺杆螺纹上的切口具有相同的轴向位置, 以便与嵌入元件 - 例如销 - 相啮合。

29. 根据权利要求 14 和 28 所述的装置, 其特征在于, 用于低温挤出冷冻充气物料的单螺杆挤出机或者双螺杆挤出机具有根据权利要求 14 至 28 中的一个或者多个所述的布置和可变的几何形状特征。

用于能量优化地且粘度适宜地形成冷冻充气物料的显微结构的 低温挤出方法和装置

技术领域

本发明涉及一种用于在使机械能输入优化并同时使耗散热和相变（冷冻）热的传递优化的条件下制造深度冷冻甜品－尤其是冰淇淋－的方法，以便产生均质的、分散良好的显微结构，并且冻结水在很低的温度下达到很高的含量；本发明还涉及一种实施该方法的装置。

背景技术

单螺杆挤出机和双螺杆挤出机是公知的连续加工装置，主要用于聚合物和陶瓷工业，但也用于食品工业，例如生产干面食（pasta）和快餐食品的工业。自1992年（DE 4202231 C1）以来，挤出机也被推荐用于冷冻甜品－例如冰淇淋－的连续冷冻。

加工方面

如几个文献（见参考文献2-19）所述，低温挤出机在同时作用的机械应力下通过剪切流动可以将冰淇淋和其它食品物料－例如酸奶和果浆－深度冷冻至含有很高程度的冻结水（是可冷冻水含量的80-90%）。

除了结晶热（冷冻）外，还必须有效地传递在高粘度的部分冷冻系统（动力粘度高达 10^4 帕（斯卡）秒（PaS））中由粘滞摩擦引起的耗散热，然而生成的热量和传递的热量之间的平衡是根据热传递系数 k （描述了热量通过粘附在挤出机壳体内壁上的产品层到该钢壁并通过该钢壁到与挤出筒外壁接触的蒸发制冷剂内的传递）进行调整的。

迄今为止，通过选择合适的挤出螺杆几何形状，使挤出螺杆螺纹顶端和挤出筒内壁之间具有狭窄的泄漏间隙，以便有效地更换靠在挤出筒壁上

的冷冻材料层,并通过使用蒸发制冷剂(例如,氨)冷却挤出机壳体,来获得最大的热传递系数。由于在双螺杆挤出机系统中使用具有小的恒定的螺杆通道高度和小的螺杆轴距的螺杆几何形状,在螺杆通道内产生的剪切速率(shear rate)分布狭窄(EP 0561 11881)。这意味着不会存在具有很高的或者很低的剪切速率的膨胀区。对于典型的冰淇淋物料,在最大剪切速率为大约 $20-30\text{ s}^{-1}$ 时,在挤出机出口处可以获得 -12 至 -18°C 的出口温度。

在挤出机出口处,物料的最小牵引温度取决于物料的冰点下降性能、该物料在各温度下的粘度和由粘滞摩擦引起的机械能耗散。

在冰淇淋挤出生产中(例如,根据专利 EP 0561118, US 5,345,781),沿挤出机长度仅产生很小的压力梯度。在挤出机入口和出口之间的总压力差一般 $\leq 1-5$ 巴。这在很大程度上保证了避免在挤出机入口处粘度仍然很低的气液(泡沫)混合物分层。另外,在分别根据 EP 0561118、US 5,345,781 或 DE 4202231 C1 的低温挤出机中,特殊的挤出机螺杆构造和螺杆布置(双螺杆)能对物料进行温和、有效的混合。在双螺杆布置中,这尤其可以通过在螺杆之间的螺杆螺纹重叠/啮合区内的合适的料流分布获得。

产品方面

除了上述的装置和方法外,还主要关心通过低温挤出的冰淇淋的特别有利的产品特性。一般来讲,通过低温挤出产生的有利特性涉及冰淇淋显微结构成分:冰晶体、空气泡/空气胞以及脂肪球凝块的更良好分散。分散效果的程度也取决于冰淇淋的配方。下面的描述涉及香草冰淇淋的典型的标准配方,然而脂肪/乳脂(0-16%)和干物质(35-43%)的含量不同。低温挤出的冰淇淋的特别有利特性与冰淇淋内的主要分散结构成分有关,这些成分是水冰晶体(1)、空气泡/空气胞(2)以及脂肪球凝块(3),它们都能在低温条件下、在挤出机料流内的层流剪切和长形流场内的高机械应力作用下、在挤出机料流内分散得更好。

对于冰晶体,除了在筒内壁处的进一步的一次冰晶体成核外,通过晶体摩擦和晶体破碎形成二次成核反应,与在凝冻机内并随后在硬化隧道内

的传统冰淇淋加工相比，因素 2-3 减小了晶核尺寸。与传统方法相比，由于导致空气泡/空气胞破裂的作用剪切应力增加，因素 3-5 减小了空气泡/空气胞的平均尺寸。

在挤出机料流中，机械处理的强度很大程度上取决于物料的粘度，在某具体温度下，该粘度与冻结水含量有关。在形成狭窄环形间隙的挤出机螺杆通道的截面上，剪切应力分布相当均匀且狭窄（目前，流动区具有应力峰值）。沿挤出机长度，随着冰淇淋在挤出机通道内的停留时间增加以及由于冻结水含量增加而导致的物料粘度增加，机械能输入也会增加。

在典型地应用剪切速率的方法/装置中，避免了由于太高的能量耗散和相应的摩擦热生成而造成的冰淇淋结构的局部破坏（EP 056118）。

由于在高压均质化机内在液态下进行的冰混合处理，在含有脂肪的冰淇淋中存在脂肪球，所述脂肪球具有球直径为 1 微米或者小于 1 微米的非典型主要尺寸。在低温挤出加工中，这些脂肪球还会受到进一步的机械处理。对于脂肪球，这种处理会导致脂肪球表面从蛋白质/乳化剂膜剥离，并且挤出机内的强烈剪切作用也会导致部分脂肪球严重变形。因此，希望这样处理过的脂肪球具有更强的疏水作用。因此，气体/空气泡界面也存在更强的亲水力。处理过的脂肪球之间的进一步的相互作用导致形成脂肪球凝块。然而，在高粘度低温冰淇淋中，这些脂肪球的移动性很低，因此不会形成具有能感觉到（嘴巴）的尺寸的高度膨胀的脂肪球凝块。这避免了产生导致黄油样口感的结构。

从感觉角度，较小的冰晶体和气体/空气泡以及经过机械处理但凝块不是很大的脂肪球，可导致产品具有更强的可感觉到的乳脂状。同时，其它的感觉特征也会受到冰淇淋的低温挤出的显著积极影响，例如融化特性、在口腔中的冷感以及挖出能力。

由于冰淇淋分散成分的更好的分散性导致前述的乳脂状感增加，低温挤出可以在低得多的脂肪含量下产生与传统的冰淇淋加工可比拟的乳脂状。

构造方面（挤出机螺杆）

为了产生均质的冰淇淋显微结构(1),且同时达到低于大约 -12°C 的非常低的挤出机出口物料温度(2)(标准的香草冰淇淋),在给定的转速下,对于相应的流动条件,挤出机螺杆的构造是至关重要的。

EP 561118 描述了用于连续冷冻冰淇淋的双螺杆挤出机,该挤出机的螺杆具有非常扁平的螺杆通道(通道高度 H 与通道宽度 W 之比大约为0.1,通道高度与螺杆外径之比大约为0.1)以及大约 $22-30^{\circ}$ 的螺旋角。

EP 713650 涉及一种也包括用于挤出冷冻产品的双螺杆挤出机的方法。仅通过挤出机长度与螺杆直径之比对螺杆特征进行了描述。

EP 0808577 描述了一种使用单螺杆挤出机的对比方法,该单螺杆挤出机具有与EP 713650给出的螺杆类似的构造原理。

WO97/26800 描述了用于制造冷冻可食用泡沫-例如冰淇淋-的方法和装置,其也使用了单螺杆挤出机。挤出机螺杆的几何形状的特征特性是比例:螺杆长度与挤出机壳体内径之比在5和10之间,螺杆的上升高度与螺杆外径之比在1和2之间,螺杆外径与螺杆内径之比在1.1和1.4之间。挤出机螺杆只有一个螺杆螺纹。

还存在公知的用于处理冰淇淋的低温挤出机(单螺杆挤出机和双螺杆挤出机),所述挤出机具有2-6个螺杆螺纹,优选2-5个,并且螺旋角为 $28-45^{\circ}$,优选 $32-45^{\circ}$ 。总高度与总宽度之比优选小于0.2,但大于0.1。螺杆通道长度与螺杆内径之比为2-10,优选2-4。这导致相当短的挤出机。

在低温挤出系统中连续冷冻冰淇淋的基本困难涉及机械处理与通过持续冷冻而导致的同时凝固的结合。后者使得产生与粘度成正比的能量耗散的粘滞摩擦增加,从而导致除了传递由冷冻加工释放出的结晶热外,还需要传递所述耗散热。由于充气冰淇淋物料的相当低的热传导率以及在冰淇淋的低温挤出层流中的可获得的热传递系数 k ,这种耦合热传递受到限制。热量必须从流动的冰淇淋物料,通过粘附在筒内壁上的未混合的冰淇淋层,然后通过筒壁,传递到与筒外壁接触的制冷剂内。根据产品的最大改进特性,优化挤出机内的流动条件,目的是获得最大的剪切加工,从而在最低的挤出机出口温度下获得分散得最好的显微结构。

在传统的用于低温挤出加工的挤出机螺杆几何形状中，只能在低温挤出机的靠近挤出机出口的端部区段获得显微结构的高机械处理效率。这种结构高效端部区段（structuring-efficient end zone）的长度通常小于总挤出机长度的 50%。

由于通常在传统的冰淇淋凝冻机中预冷冻的冰淇淋在 -5°C 的入口温度、约 35-45% 的冻结水含量下被传送到低温挤出机，该物料在挤出机入口区段到挤出机长度的约 50% 仅受到非常小的剪切应力。在该挤出机区段内的加工不会有助于显微结构成分（冰晶体、空气泡/空气胞、脂肪球凝块）更好地分散。

如近来研究工作中所示，在挤出机长度的第一个 30-50% 中测得的空气泡/空气胞的尺寸甚至增加了。其原因是，与先前的在传统的凝冻机中对冰淇淋的加工相比，由于较低的机械作用应力，在空气泡分散和空气泡聚结之间的动态平衡逐渐向聚结转换。

图 1 示例性地示出在挤出机螺杆通道的第一个 150mm（挤出机长度的 15%）中空气胞尺寸沿挤出机长度变化的这种结果。在这个区段内，平均空气胞直径增加了大约 25%（也见图 2）。只有在 400-450mm（ $\approx$ 总长度 1000mm 的 40-45%，挤出螺杆外径 65mm，螺杆通道高度 7mm）以后，才开始有效的良好分散。

使用各种螺杆几何形状的实验已证实，在挤出机螺杆通道长度的第一个 25-70% 内，在剪切处理中适当增加粘度显著改善了这种状况，使得可以忽略在入口区段的结构粗化，从而可更好地利用挤出机容积。

发明内容

问题

本发明的问题是连续冷冻食品物料，直到达到大于可冷冻水的 60-65% 的最大可能的冻结水含量，同时机械诱导分散成分 - 例如冰晶体、空气泡/空气胞以及脂肪球/脂肪球凝块 - 形成显微结构（微观结构），使之降低到约 10 微米的特征平均直径并获得狭窄的直径分布（ $x_{90,3}/x_{10,3} \leq 10$ ）。

另一个问题是提供一种实施这种方法的装置。

问题的解决方案

权利要求 1 和 14 给出的特征可以解决所述问题。

进一步的解决方案

权利要求 2-13 和 15-29 描述了本发明的进一步的改进。

优点

通过本发明的方法，冰淇淋物料可以在以前不可能的最小能量/动力输入下连续深度冷冻，并且类似地优化了显微结构。这可以通过优化从冰淇淋物料到蒸发制冷剂的热传递条件实现，达到可冷冻水的 80-90% 的高冷冻物料含量，并在本发明的低温挤出方法的出口处获得 -12°C 至 -18°C 的非常低的温度。

这样处理的冷冻物料的显微结构可以产生有利的流变特性，可以在比以前已知的低得多的温度下提供非常好的成形、造型、分割及挖出特性。

此外，所有的低温挤出的冰淇淋物料都不需要额外强烈硬化（深度冷却）就可以包装和储存，这使得不再需要传统的高能量消耗的硬化隧道。

另一个优点涉及可以减少传统用于优化与消费者有关的特性 - 如在传统加工的冰淇淋中所必须的乳脂状 - 的昂贵配料含量（例如，乳脂、乳化剂）。

根据本专利申请优化的冰淇淋在低得多的乳脂含量（降低 3-6%）并且不需要乳化剂的情况下具有改善的乳脂状。减少脂肪在营养方面是特别有益的。

附图说明

可以从下列部分示出本发明的附图中获得进一步的特征和优点：

图 1：沿挤出机长度测得的空气胞直径的尺寸分布；

图 2：沿挤出机长度最大空气胞直径随温度的变化；

图 3：沿挤出机长度在冰淇淋物料中测得的典型温度曲线图；

图 4：在螺杆螺纹边缘和筒内壁之间的泄漏间隙的几何构造；

图 5: 沿挤出机长度具有渐增的螺杆通道高度的两个螺杆的布置 (具有双螺杆螺纹的螺杆示例);

图 6: 具有恒定的螺杆通道高度的两个螺杆的布置 (具有单螺杆螺纹的螺杆示例);

图 7: 具有恒定的螺杆通道高度的两个螺杆的布置 (双螺杆螺纹的示例);

图 8: 沿挤出机长度具有渐增的螺杆通道高度并类似地沿挤出机长度具有渐减的螺旋角的两个螺杆的布置 (具有双螺纹的挤出螺杆示例);

图 9: 在螺杆螺纹上具有切口的螺杆的示例构造 (双螺杆螺纹的示例);

图 10: 在螺杆螺纹上具有切口并在筒内壁上固定有啮合销的螺杆的布置 (双螺杆螺纹的示例);

图 11: 在螺杆螺纹上具有切口并在筒内壁上固定有啮合销的两个螺杆的布置的横截面图;

图 12: 两种不同的螺杆构造沿挤出长度的最大空气胞尺寸的比较图 (构造 1: 传统的; 构造 2: 根据本发明的, 此处具有变化的螺杆通道高度)。

具体实施方式

根据本发明, 局部机械动力或能量输入以如下方式适于局部热传递 (从冰淇淋到制冷剂的热量流速): 如图 3 所示, 冰淇淋内的温度沿挤出机长度连续降低, 在挤出机长度的一半到三分之二后, 可以达到低于 -11°C 的冰淇淋温度 (标准的香草冰淇淋, 具有 10% 的乳脂、36-38% 的总干物质、100% 的膨胀率以及糖分, 在 -11°C 下冻结水含量大约为 55-65%) 或达到冻结水含量是可冷冻水的 $>55-60\%$ 的冷冻程度。

在冰淇淋温度低于 $\leq 11^{\circ}\text{C}$ 或者冻结水含量远 $\geq 60\%$ (相对于可冷冻水) 的情况下, 在挤出机长度的后半到最后三分之一处内, 通过在料流中产生的剪切应力, 空气泡/空气胞 (大多数低于 $10\mu\text{m}$, 最大气泡尺寸低于 $20\mu\text{m}$)、脂肪球/脂肪球凝块 (大多数低于 $2\mu\text{m}$, 最大脂肪凝块尺寸低于 $10\mu\text{m}$) 产生良好的分散, 并且尤其降低了冰晶体的结合性 (大多数小于

25 μm ，最大冰晶体直径小于 50 μm ）。

为了在挤出机内获得这种分散良好的最终显微结构状态，从入口区段到挤出机长度的第二个三分之一处的分散过程是十分重要的。在挤出机此部分需要最有效的预分散，尤其对于空气泡/空气胞来讲。类似地，也应降低或避免形成冰晶体聚集。为此，需要足够高的机械能/动力输入以及相应的分散应力。

根据本发明，随着冷却/冷冻逐渐增强以及冰淇淋粘度相应增加，通过用于局部优化热传递的螺杆几何形状调整变量来改变能量/动力输入。影响变量是螺杆转速（1）、冰淇淋层厚度（2）、冰淇淋密度（3）以及冰淇淋粘度（4）。为了优化热传递，需要尽可能地增加 1 和 3，而降低 2 和 4。3 主要受挤出机螺杆通道的局部作用压力影响。由于冻结水含量提高，因此 4 沿挤出通道增加。根据能量优化地且粘度适宜地形成显微结构的发明思想（VAM-思想），在给定的转速下，根据本发明，也可以通过改变螺杆的几何形状来局部优化 1 和 2。

该思想在于优化挤出机内的局部流场，以使动力输入降到最小，并同时使冰淇淋的分散结构成分的分散效率增到最大，此外还使混合效率增到最大，以便优化对流热传递。

该思想在低温挤出机的建设性应用可以如实验所示地通过以下方面非常简单地进行：将螺杆螺纹外边缘与筒壳体之间的泄漏间隙降至最小（1），优化螺杆螺纹前边缘的轮廓/外形（2），局部改变螺杆通道高度 H （3），局部改变螺杆螺纹的数量（4），和/或局部改变螺旋角（5），和/或局部改变在螺杆螺纹上的切口（6），或者局部改变固定在筒内壳体上、与螺杆螺纹上的切口相啮合的销（7）。

根据采用特殊测量和采样技术在低温挤出机的每个长度区段测量局部温度和冰淇淋显微结构（见文献列表：17-20）的实验研究，已经获得了挤出机螺杆几何形状的随后的发明构造。与用于低温挤出的传统现有构造相比，这些构造好得多。

（1）螺杆螺纹边缘与筒内壁之间的泄漏间隙最小

根据本发明, 螺杆螺纹边缘与筒内壁之间的泄漏间隙 $<0.1\text{mm}$, 优选 $<0.05\text{mm}$ 。

(2) 螺杆螺纹前边缘轮廓/外形得到优化

冰淇淋物料在螺杆螺纹前边缘处的流动受到该边缘的轮廓/外形的强烈影响。

图4示出本发明的示例性构造。平的倾角或者使用圆角可以在螺纹边缘的前部产生压缩流, 从而, 与尖的螺杆螺纹前边缘情况下的流动相比, 减小了残留在筒内壁上的冷冻冰淇淋层的厚度。粘附在筒壁上的冰淇淋的减少量用 Δs 表示, 如图4所示。

即使这些粘附层的厚度降低很少, 也会对从冰淇淋物料到筒内壁的热传递产生巨大的积极影响。根据本发明, 对于大于 5mm 的螺杆螺纹厚度, 泄露间隙的宽度应该小于 0.1mm (优选小于 0.05mm), 螺纹边缘的倾角应该在 $30-45^\circ$ 的范围内并在 $\geq 2\text{mm}$ 的螺杆螺纹厚度处。在螺杆螺纹的前边缘是圆角的情况下, 相应的半径应 $\geq 2\text{mm}$ 。

(3) 螺杆通道高度H局部改变

在恒定的螺杆转速下, 螺杆通道高度减小 (见图5) 会使剪切速率增大, 该剪切速率与 $1/H$ 成正比。这导致分散剪切应力相应增大。因此, 耗散到粘滞摩擦热内的机械能输入的百分比也增加。随着螺杆通道高度减小, 在螺杆通道内的冰淇淋物料层的厚度减小, 这改善了热传递条件。此外, 对于冰淇淋在螺杆通道内的流动特性, 必须考虑到在剪切速率增大时冰淇淋粘度降低 (非牛顿原理, 剪切变薄流动特性)。

将传统的预冷冻冰淇淋喂入传统的冰淇淋凝冻机 (标准的香草冰淇淋; -5°C , 大约35-40%的冻结水, 剪切速率为 1s^{-1} 时粘度大约为 10Pas) 时, 根据本发明, 将螺杆通道高度和螺杆外径之比调整为: 在挤出机的入口区段(I) 在0.03和0.07之间, 在挤出机长度的中间区段(II) 在0.1和0.15之间, 在挤出机长度的最后三分之一区段(III) 在0.1和0.25之间。

对于用于可行性研究的螺杆外径为 65mm 的双螺杆挤出机, 这使得螺杆通道的绝对高度在入口区段(I) 为 $2-5\text{mm}$, 在中间区段(II) 为 $6.5-9\text{mm}$,

在出口区段(Ⅲ)达到6.5-16.25mm。

从一个区段到另一个区段,螺杆通道高度可以阶梯变化,但是优选连续变化。在连续变化的情况下,如图6所示的筒内壁与螺纹根部的轮廓之间的夹角(α)的优选范围为 $0.4^{\circ} \leq \alpha < 0.7^{\circ}$ (图5)。

(4) 螺杆螺纹的数量局部改变

螺杆螺纹的数量增加使得螺杆通道宽度成反比例减小,从而增加了螺杆通道的数量(见图6和7)。筒壁的“擦掉频率”随着螺杆螺纹的数量成比例地增加。这改善了热传递(i),但是类似地增加了机械动力/能量输入并从而增加了耗散热(ii)。耗散热在低温和高粘度的情况下限制了螺杆螺纹的数量。根据本发明,挤出机沿其长度分成至少三段。优选地,在挤出机长度的第一个三分之一区段具有3-6个螺杆螺纹;在第二个三分之一区段具有2-3个螺杆螺纹;在最后一个三分之一区段具有1-3个螺杆螺纹。

(5) 螺旋角局部改变

螺旋角 θ 增大至 45° 使得挤出机螺杆的轴向自传送物料流动性能提高,并且提高了混合。更大的螺旋角可以进一步提高混合,这对对流换热具有积极的影响。然而,这也对由粘滞摩擦机械地引起的耗散热具有很大影响。因此,由于冻结水含量增加而使物料粘度增加也限制了螺旋角的增加。

根据本发明,在挤出机的入口区段,考虑螺旋角在 45° 和 90° 之间(优选 $45-60^{\circ}$)。极端情况 90° 是指不再形成螺纹的轴向“转向”叶片(见图8)。在挤出机长度的中间区段,优选考虑螺旋角在 30° 和 35° 之间;在挤出机长度的最后三分之一区段,优选考虑螺旋角在 25° 和 30° 之间。

(6) 螺杆螺纹上的切口局部改变

根据图9,螺杆螺纹上的局部切口允许冰淇淋物料通过这些切口传送,这改善了混合、分散以及对流换热。同时,也增加了粘滞摩擦和相应的耗散热。因此,这种处理仅在物料粘度不是很高的情况下是有意义的。根据本发明,在挤出机的入口区段(直到挤出机长度的第一个大约20-30%),

在螺杆螺纹上加工有切口。切口的宽度应接近或者类似于螺杆通道高度。对于螺杆螺纹上没有切口的部分，也具有这样的宽度。

(7) 连接到筒内壁上并局部适于螺杆螺纹上的切口的啮合销

使用连接到筒内壁上并与螺杆螺纹上的切口相啮合的销，可以在螺杆螺纹和销之间的间隙内产生更强烈的分散流动（见图 10 和 11）。如果在低粘度条件下，在挤出机入口区段内可以避免空气泡/空气胞再聚结，则这是非常有利的。在高粘度范围内，在这些间隙内的高能量耗散是不利的。

根据本发明，与挤出机螺杆螺纹上的切口相啮合的销优选安装在挤出机长度的第一个 10-20% 内。

图 12 示例性地示出部分优化的螺杆通道高度沿挤出机长度对冰淇淋的平均气泡尺寸的影响。最终产品的平均气泡尺寸降低大约 20-30%，这显著改善了冰淇淋的乳脂状、融化特性以及热冲击稳定性。

在权利要求书、说明书和相应附图中描述的特征，可以在本发明的实施中分别出现或任意结合出现。

图 1-12 中的缩略词表

图 1: -

图 2: -

图 3: -

图 4:

$S1, S2$ = 粘附在筒内壁上的冰淇淋层的厚度 ($S1$ 是根据本发明的, $S2$ 是传统的)

ΔS = 粘附层的减少量 ($= S2 - S1$)

V_{ax} = 螺杆螺纹的轴向速度分量

n = r.p.m

Sp = 螺杆通道宽度

x, y, z = 坐标轴

图 5:

- $H(z)$ = 螺杆通道高度 (这里: 是长度坐标 z 的函数)
 $De(z)$ = 螺杆内径 (这里: 是长度坐标 z 的函数)
 α = 螺杆内轮廓线与筒内壁之间的角度
 θ = 螺旋角(垂直于螺杆轴线的线与螺杆螺纹在绘图平面上的投影之间的)
 δ = 泄漏间隙高度(筒的内半径和螺杆螺纹的外半径之间的径向差)

图 6:

A = 螺杆轴距

图 7: 同上

图 8:

θ_a = 在某长度坐标位置处的螺旋角

θ_b = 螺杆端部在入口区段的螺旋角

图 9:

b_1 = 螺杆螺纹部分垂直于螺杆轴线的投影长度

Da = 螺杆外径

D = 筒内径

图 10:

c = 连接到筒内壁上的啮合销的径向长度

d = 连接到筒内壁上的啮合销的轴向长度

a = 螺杆螺纹部分在垂直于螺杆轴线的平面内的投影长度

图 11:

f = 筒内壁处的啮合销在圆周方向上的长度

图 12:

构造 1 = 传统的挤出机螺杆构造

构造 2 = 根据本发明的挤出机螺杆构造

参考文献

科学文献:**1. Bolliger S., Windhab E.**

Prozesstechnologische Beeinflussung der Eiskristallgrößenverteilung in Eiskrem

ZDS-Band SIE-15, Int. Symposium“INTERICE”, ZDS Solingen, 27.-29. 11.95

2. Windhab E.

Influence of mechanical forces on the disperse structuring icecream during continuous aeration/freezing processes

AIChE, Proc. 5th World Congress of Chemical Engineering 1996, 2, 169-175 (1996)

3. Bolliger S.; Windhab E.

Structure and Rheology of Multiphase Foods Frozen under Mechanical Energy Input at Low Temperatures

Proc. 1st Int Symp. on Food Rheology and Structure, Zürich; March 16-21, 1997; Editor: E. Windhab; B. Wolf; Vincentz Verlag Hannover, 269-274

4. Bolliger S.; Windhab E.

The Influence of Mechanical Energy Input During The Freezing of Sorbet on its Structure

Engineering & Food; Proc. Int. Conference on Engineering in Foods (ICEF7); Brighton, England; 14.-17.4.97; Editor: R. Jowitt, Sheffield Academic Press, E 17-21

5. Windhab E.

A New Low Temperature Extrusion Process for Ice Cream

Int. Dairy Federation Symposium on Ice Cream; Athens, September 18.-20. 1997

6. Windhab E.; Bolliger S.

Freezern von Eiskrem ohne Härten

Proc. Int. Symp. "Interice", ZDS Solingen (1997); 21-33

7. Windhab, E.

New Developments in Ice Cream Freezing Technology and Related On-Line Measuring Techniques

In "Ice Cream", Int. Dairy Federation, edited by W. Buchheim, ISMN 92 9098 029 3, 112-131, (1998)

8. Windhab, E.

Neue Produktionskonzepte für Eiskrem auf Basis der Tieftemperaturextrusionstechnik

Proc. Int. Eiskrem-Symposium, Interice, ZDS-Solingen, 23.-25. November 1998, Nr. 12, 88-100 (1998)

9. Windhab, E.

Low Temperature Ice Cream Extrusion Technology and related Ice Cream Properties

European Dairy Magazine 1, 24-29, (1998)

10. Windhab, E.J.

New Developments in Crystallization Processing

Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol 57 (1999), 171-180

11. Bolliger, S., Kornbrust, B., Goff, H.D., Tharp, B.W. Windhab, E.J.(!!!)

Influence of emulsifiers on ice cream produced by conventional freezing and low temperature extrusion processing

Internat. Dairy Journal 10, 497-504 (2000)

12. Windhab E.J., H. Wildmoser

Tieftemperaturextrusion

Proceedings Int. Seminar "Extrusion", ZDS-Solingen (D); 23.-24.10.2000

13. Wildmoser, H., Windhab E.J.

Neue Eiskremstrukturcharakteristika durch Tieftemperaturextrusion

Proceedings Inter-Eis 2000; SIE-10, 52-62, Solingen (Deutschland), 13.-15. November 2000

14. Windhab E.J., Wildmoser H.

Beiträge von Prozess und Rezeptur zur Kremigkeit von Eiskrem

Proceedings Inter-Eis 2000, SIE-10, 77-86, ZDS-Solingen (Deutschland), 13.-15. November 2000

15. Wildmoser H, Windhab E

Impact of flow geometry and processing parameters in ultra low temperature ice-cream extrusion (ULTICE) on ice-cream

European Dairy Magazine 2001; 5:26-31

16. Wildmoser H and Windhab E.J.

Impact of flow geometry and processing parameters in Ultra Low Temperature Ice Cream Extrusion (ULTICE) on ice cream

INTERICE Tagungsband 2001; SIE-10, ZDS-Solingen

17. Windhab EJ, Wildmoser H.

Extrusion: A Novel Technology for the Manufacture of Ice Cream

Proceedings Conference on Emerging technologies, IDF World Dairy Summit

Auckland, New Zealand, 30 Oct.-1 Nov. 2001

18. Windhab EJ, Wildmoser H

Ultra Low Temperature Ice Cream Extrusion (ULTICE)

Proceedings: AITA Congress "II Gelato", Milano (Italy); Mai 7(2002)

专利文献:

- WO 9746114, EP 0808577
- EP 0714650
- US 8516659
- WO 0072697 A1

-
- **US 3647478**
 - **US 3954366**
 - **US 4234259**
 - **EP 0438996 A2**
 - **EP 0351476 A1**
 - **DE 4202231 C1**
 - **EP 0561118 A2**
 - **US 5345781**
 - **FR 2717988 A1**
 - **DK 0082/96; WO 9726800**
 - **WO 9739637**
 - **WO 9817125; US 5713209**
 - **WO 9925537**
 - **WO 9924236**

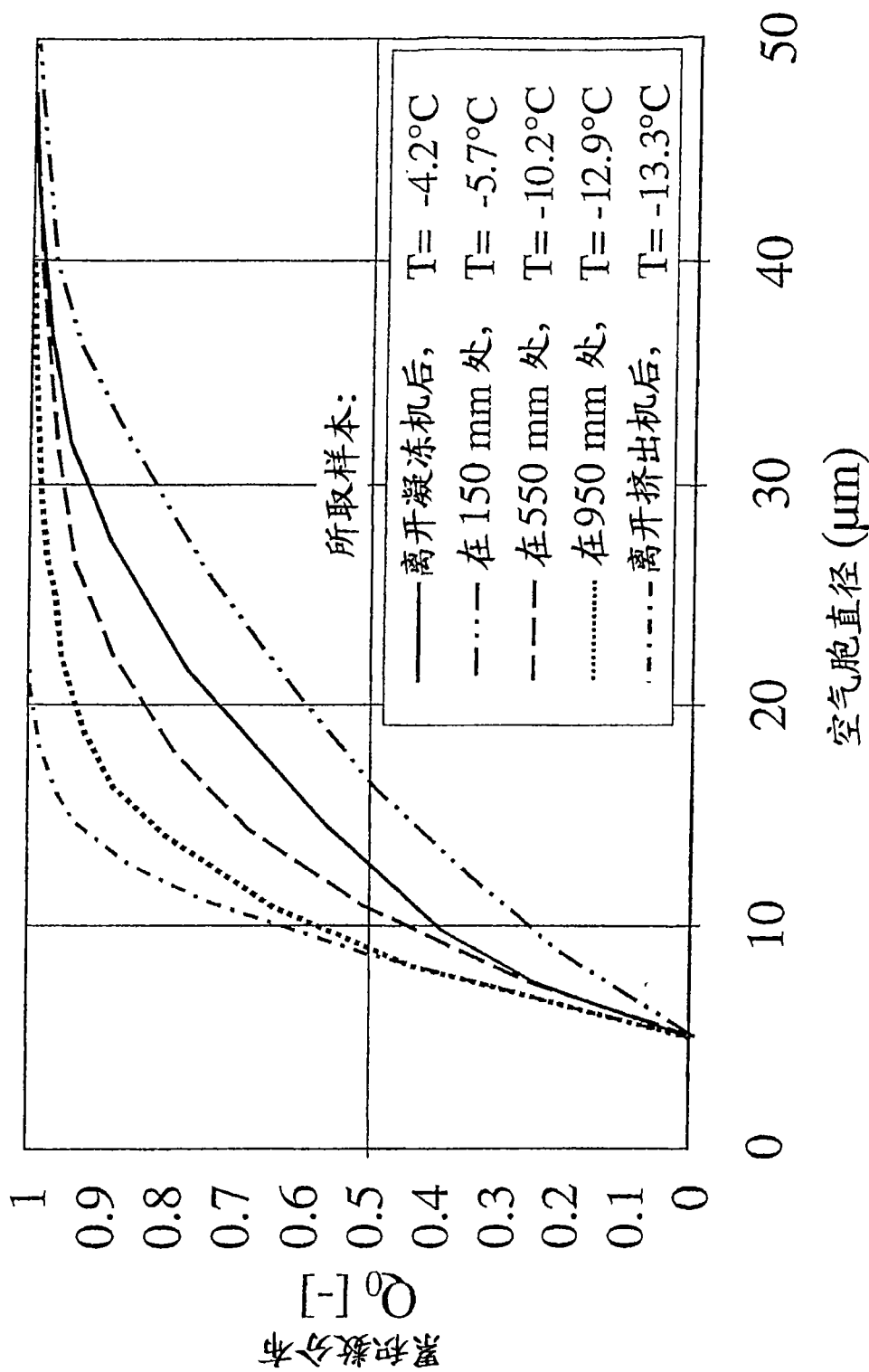
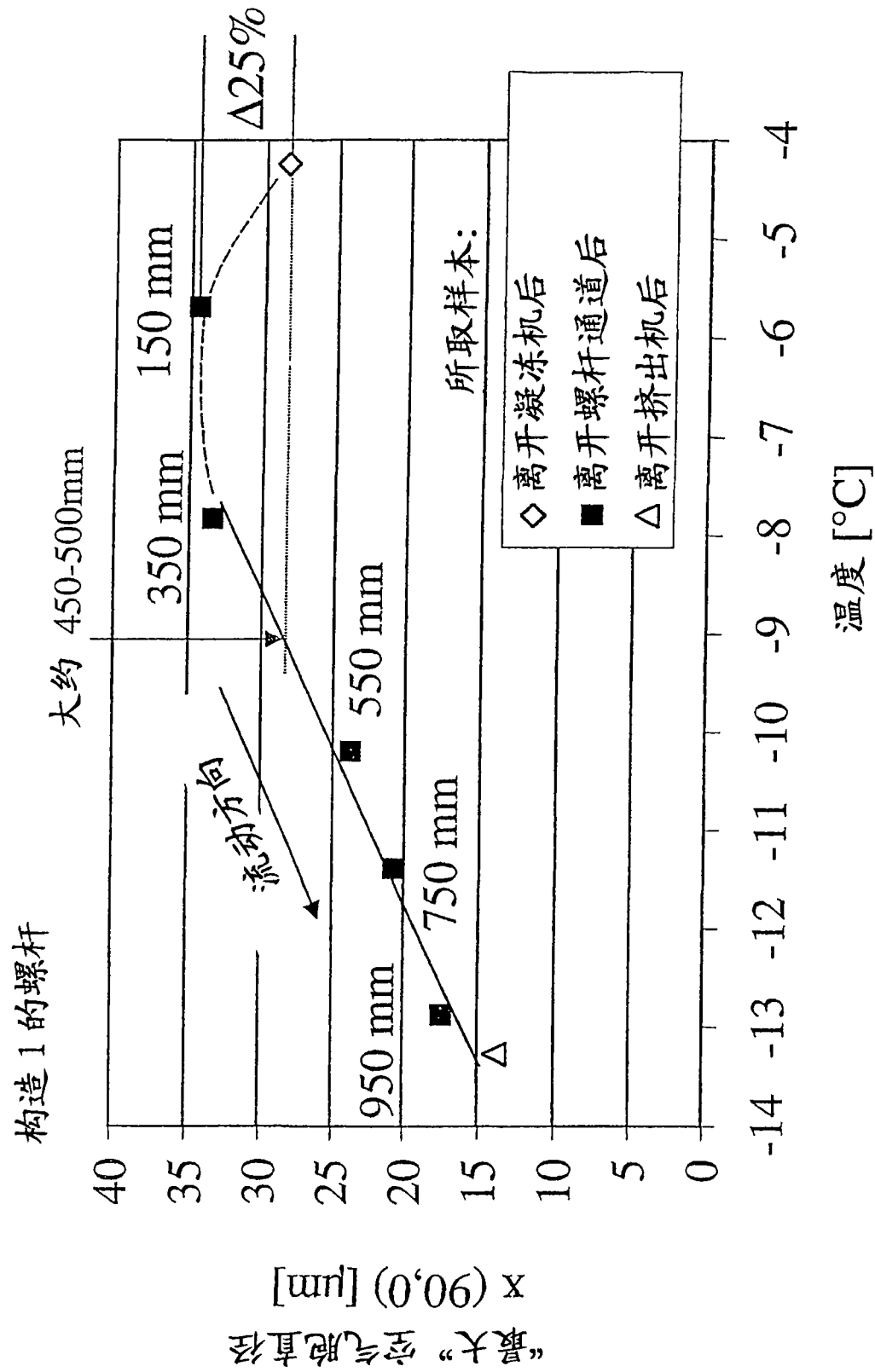
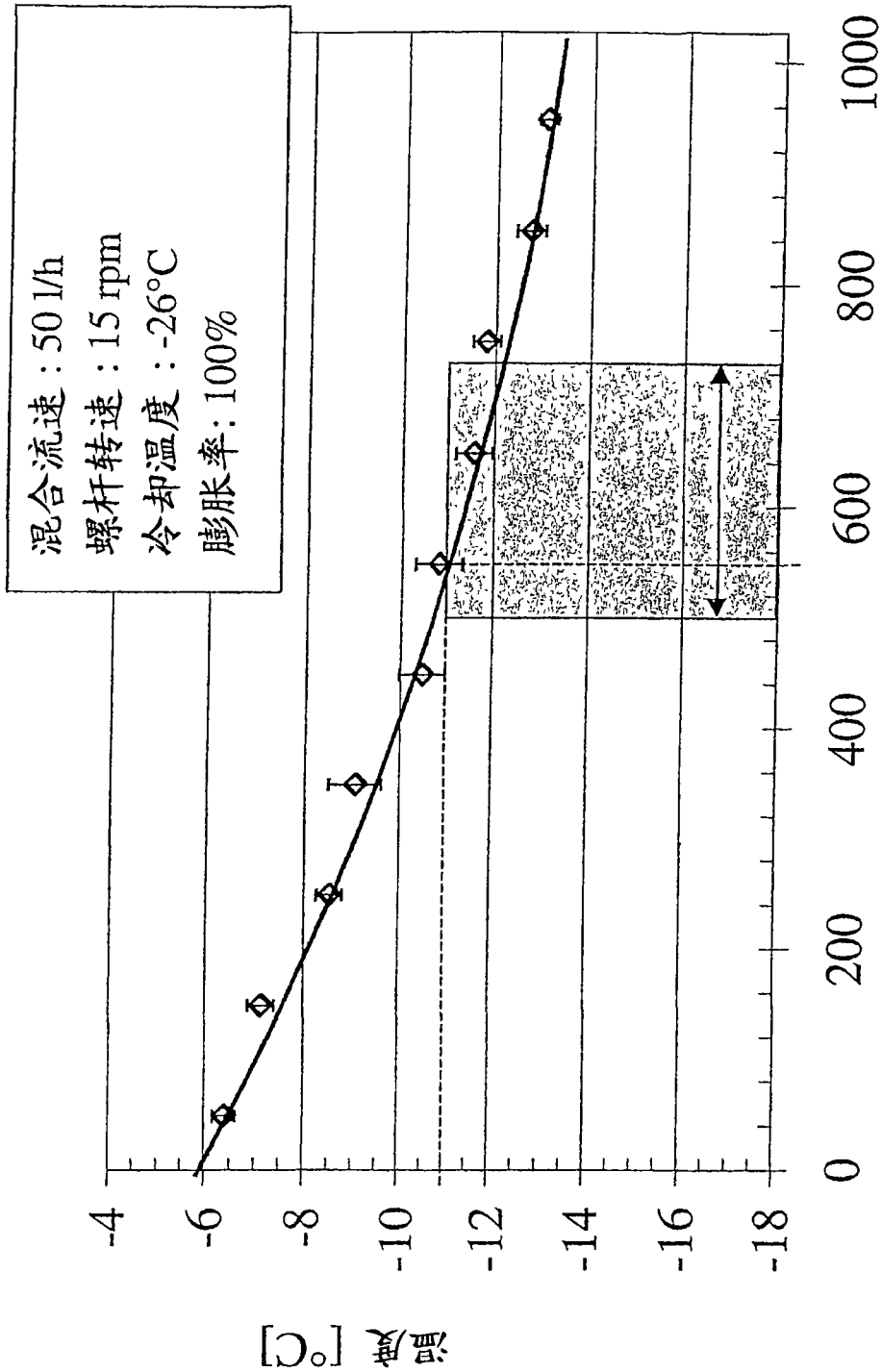


图1



2
图



螺杆长度 (z-位置) [mm]
图 3

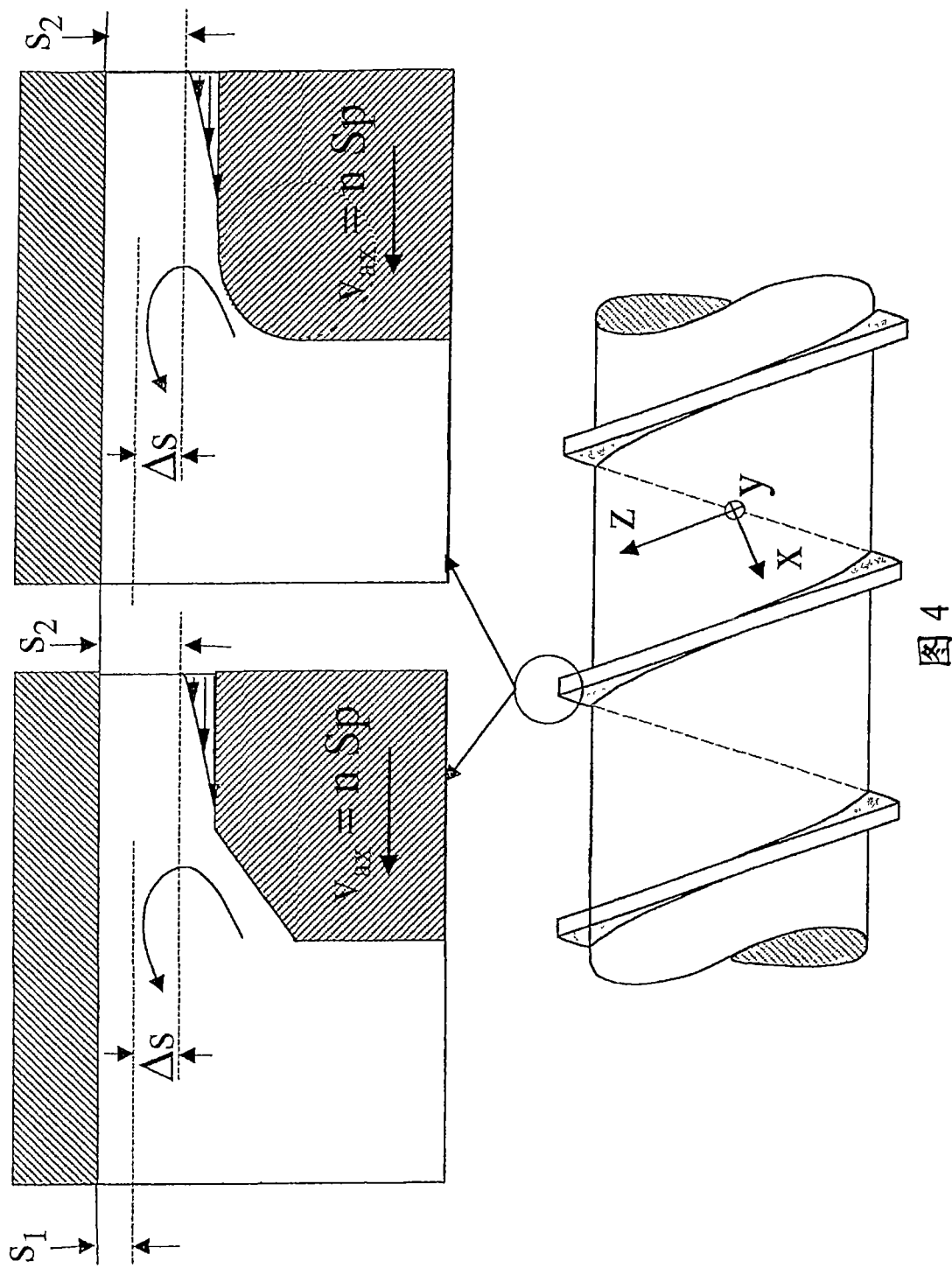


图 4

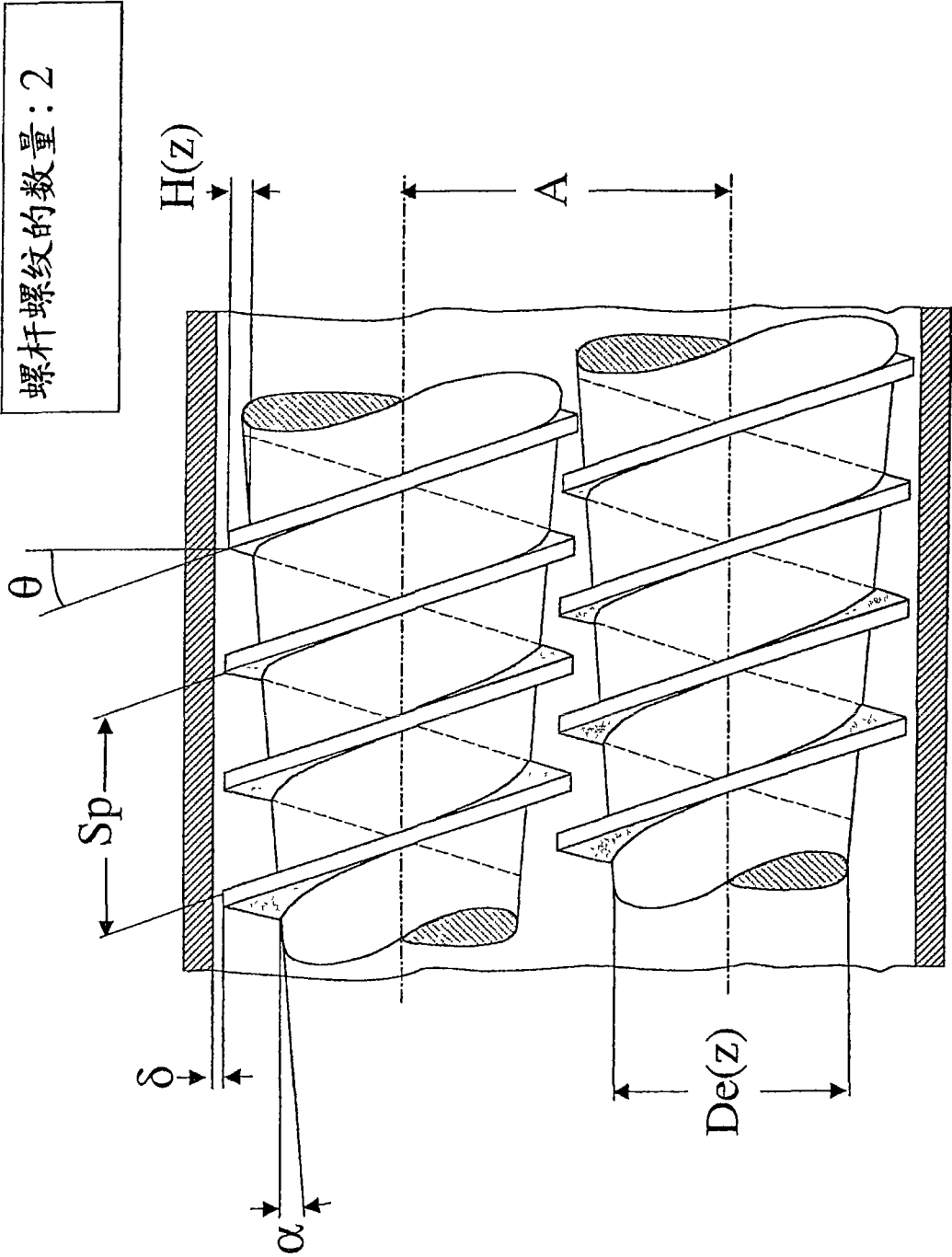
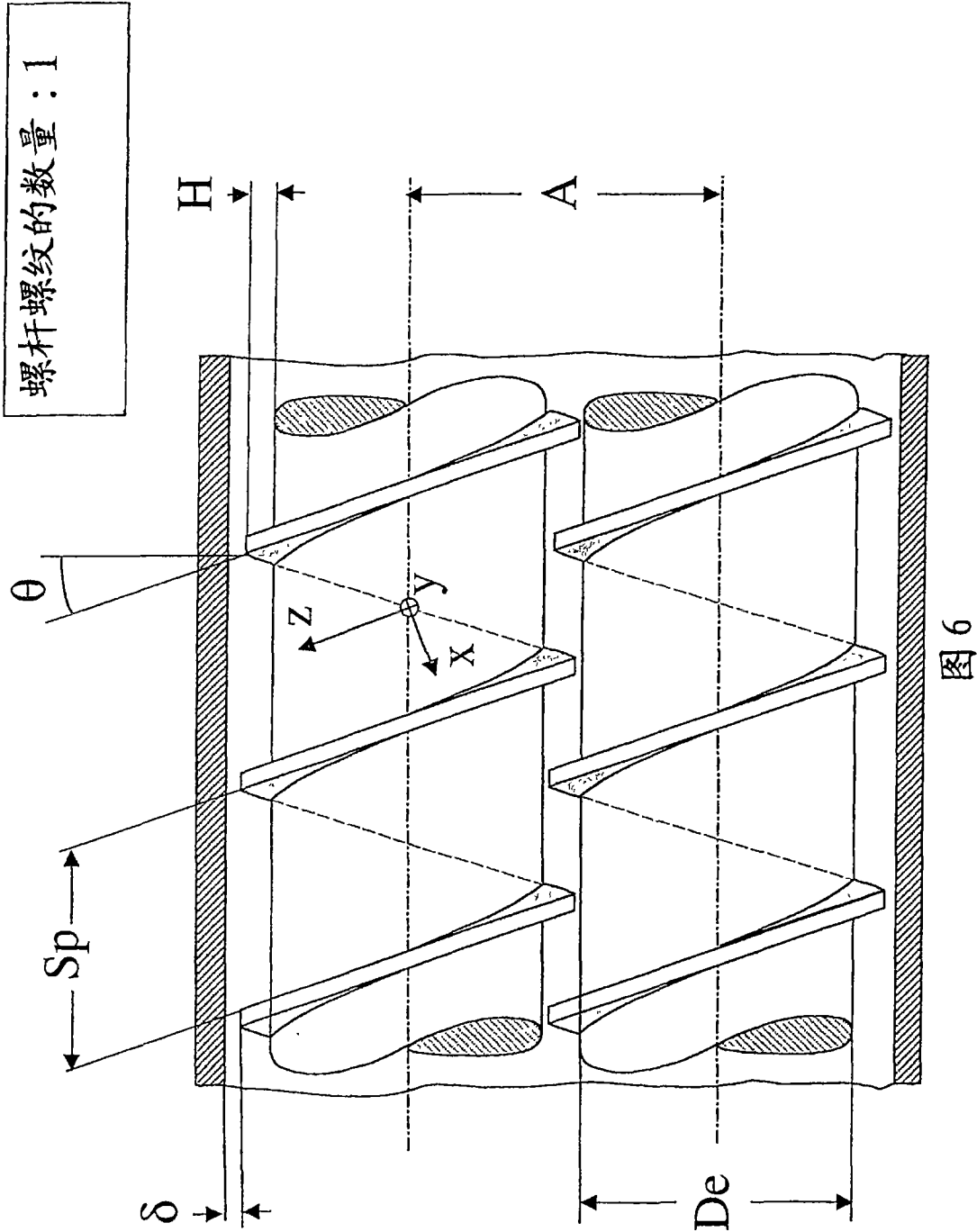


图5



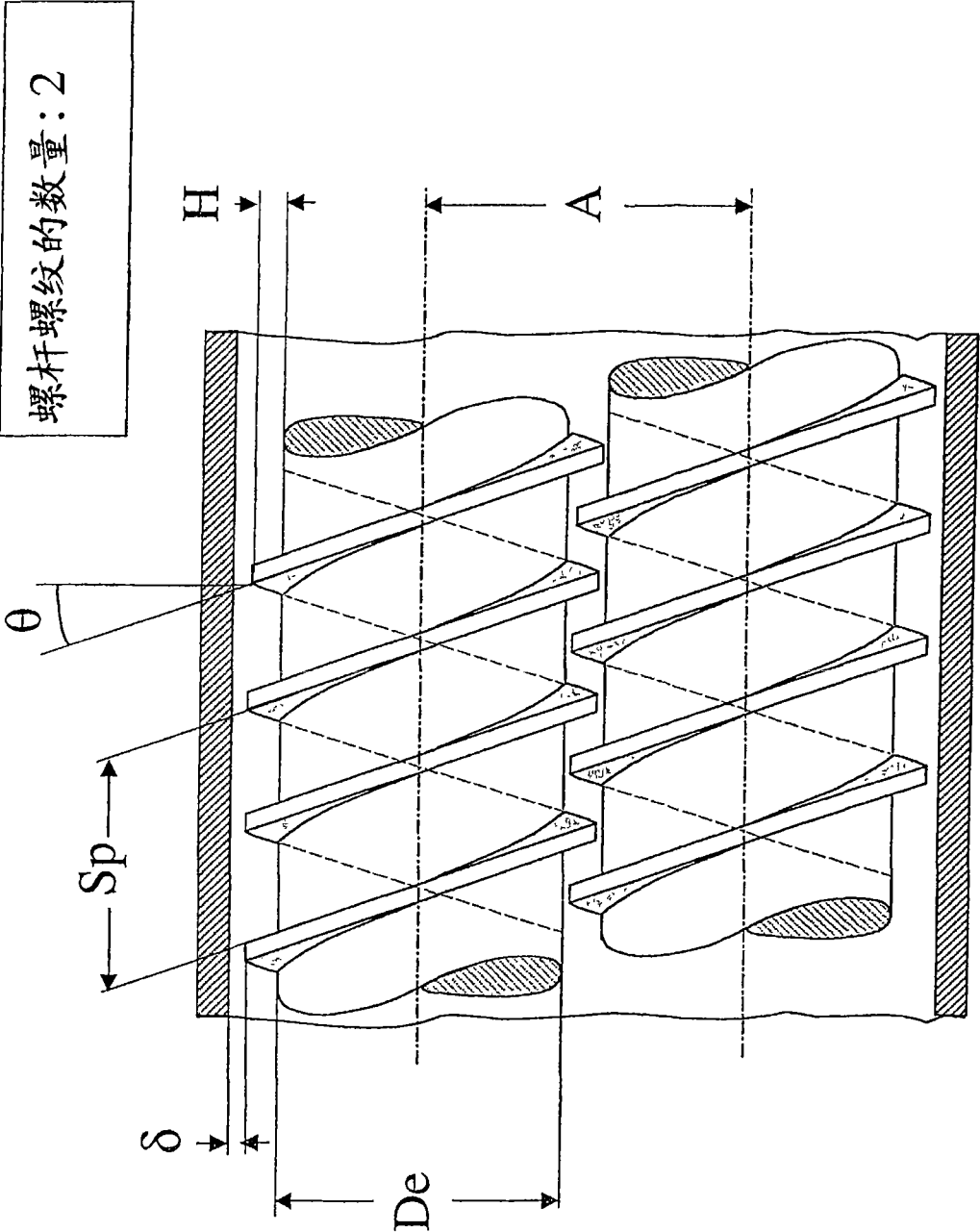


图 7

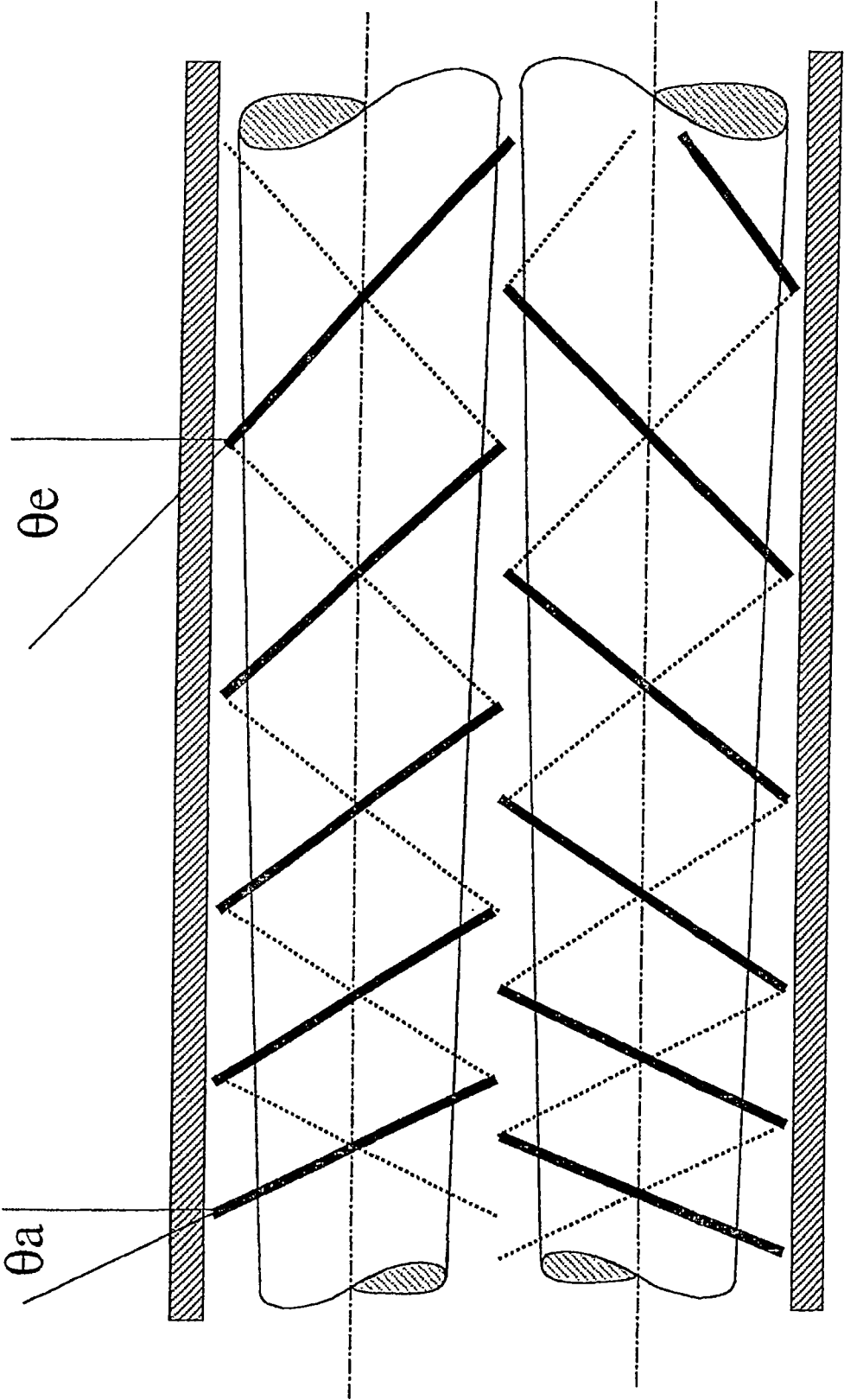


图 8

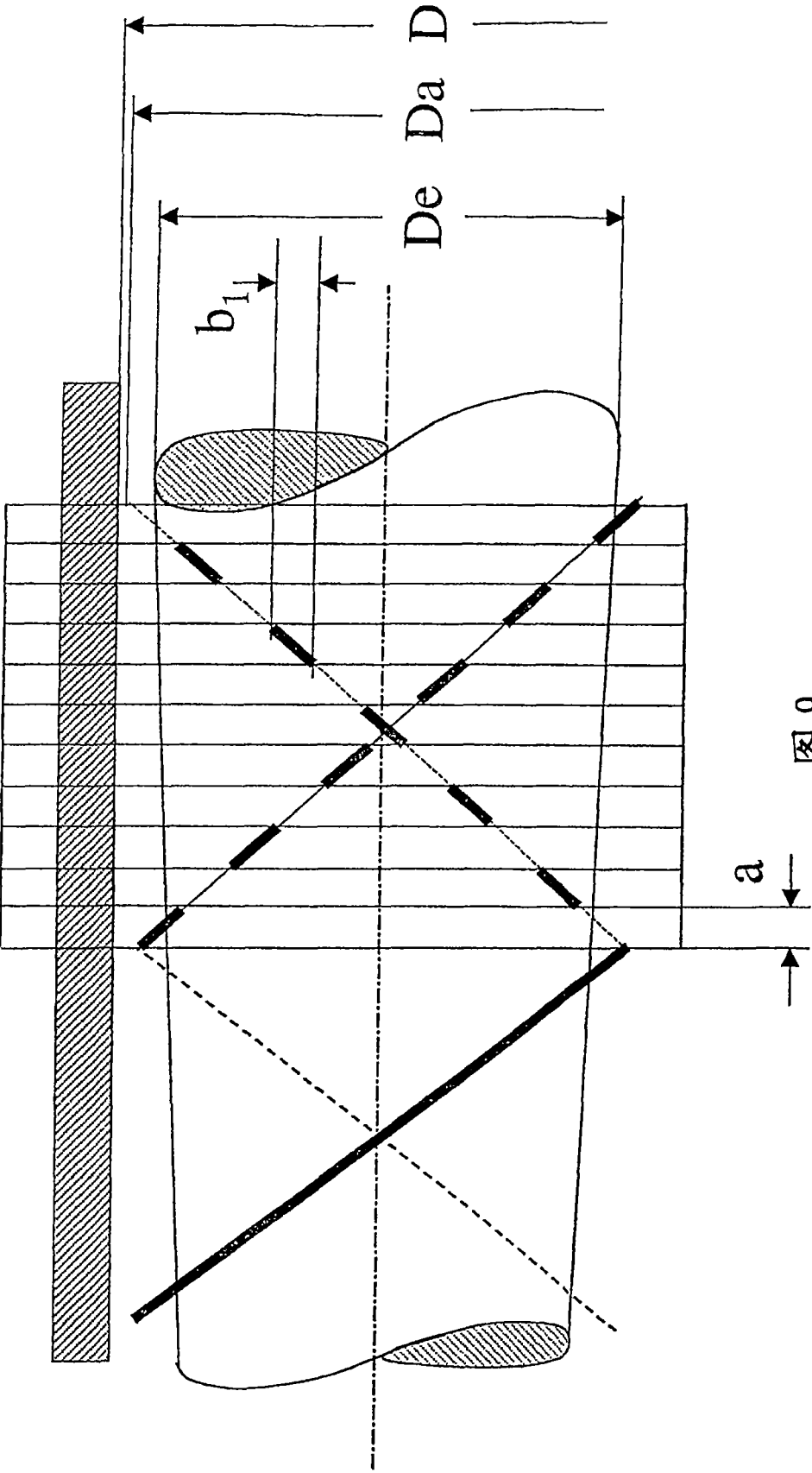


图9

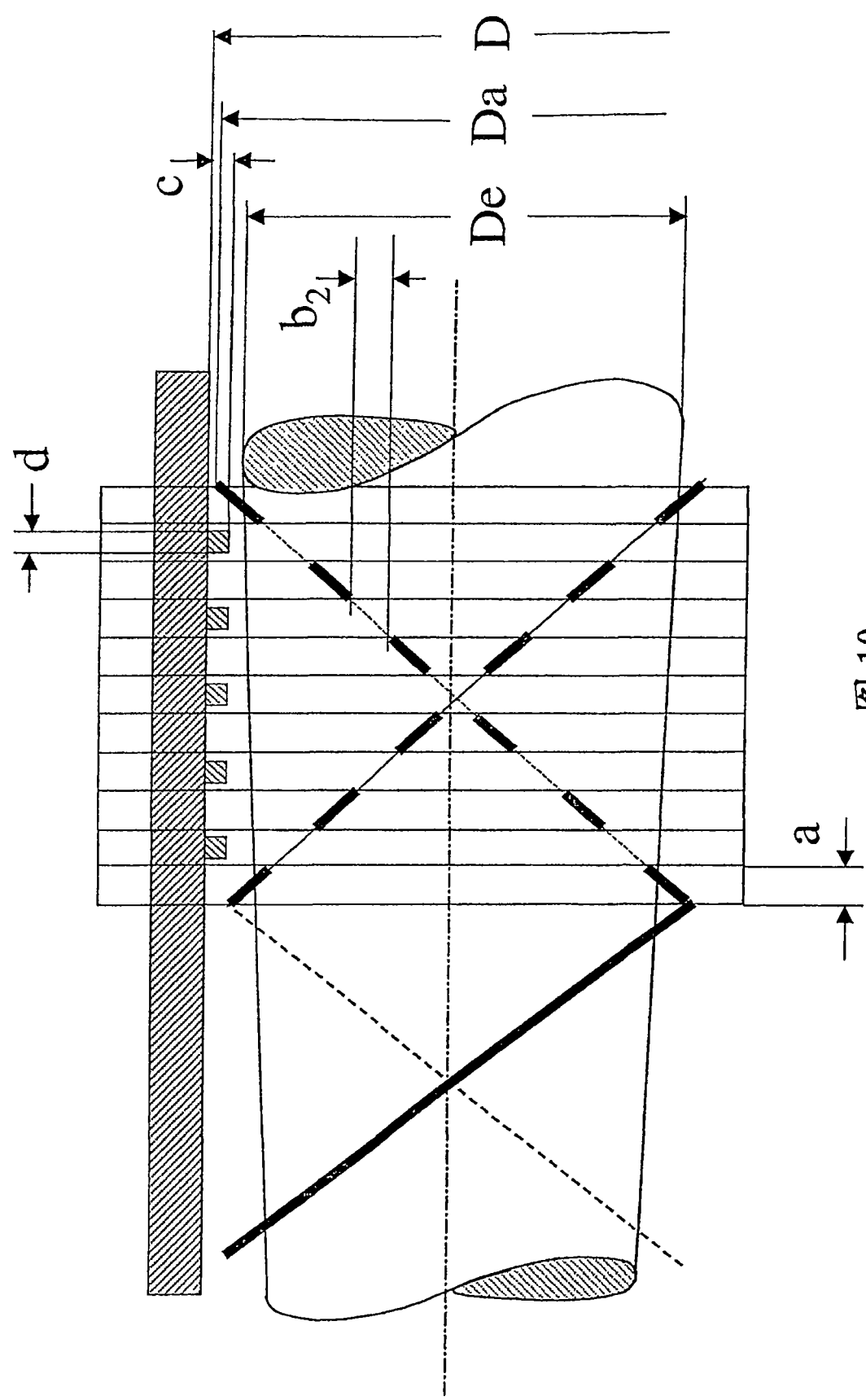


图 10

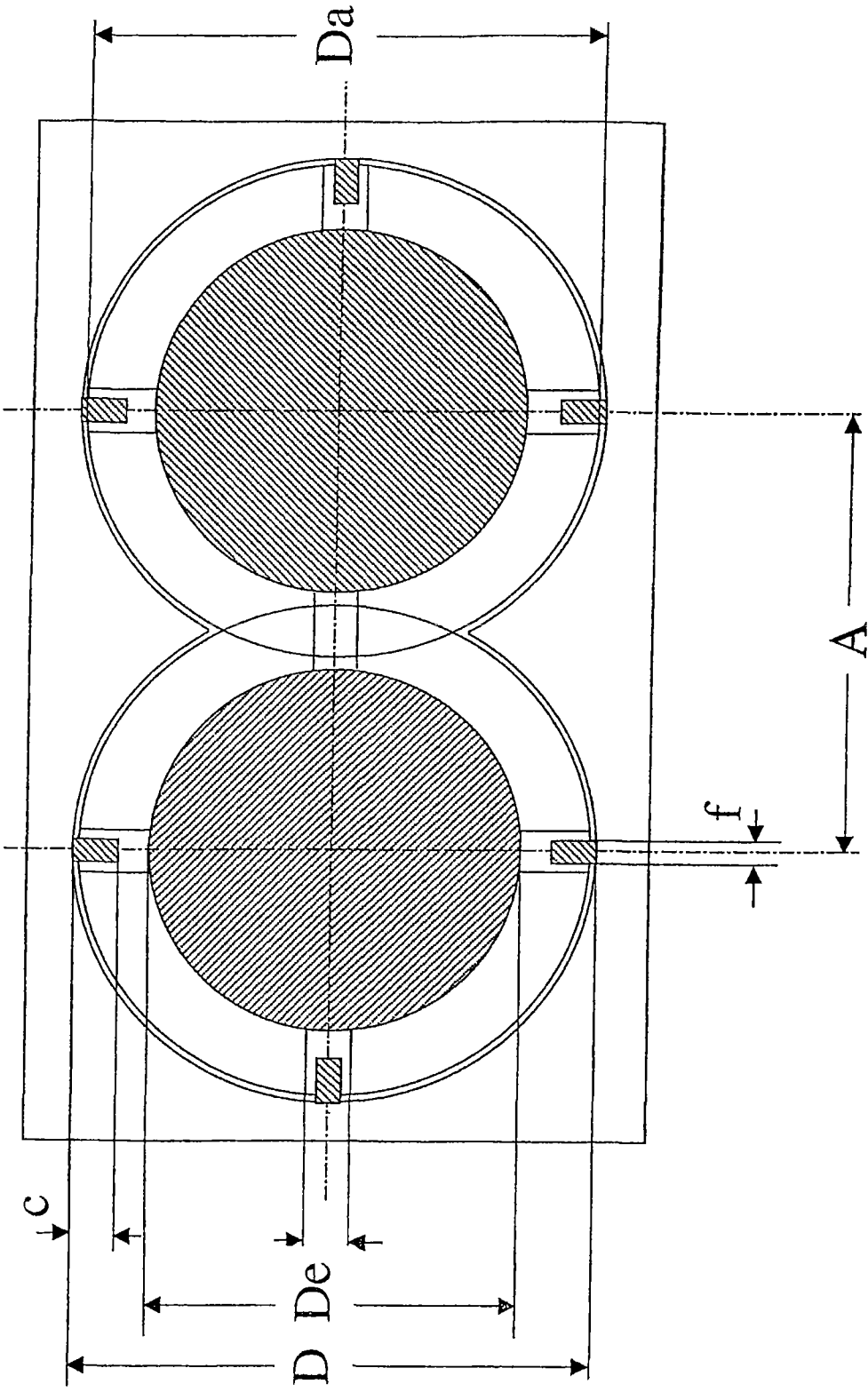


图 11

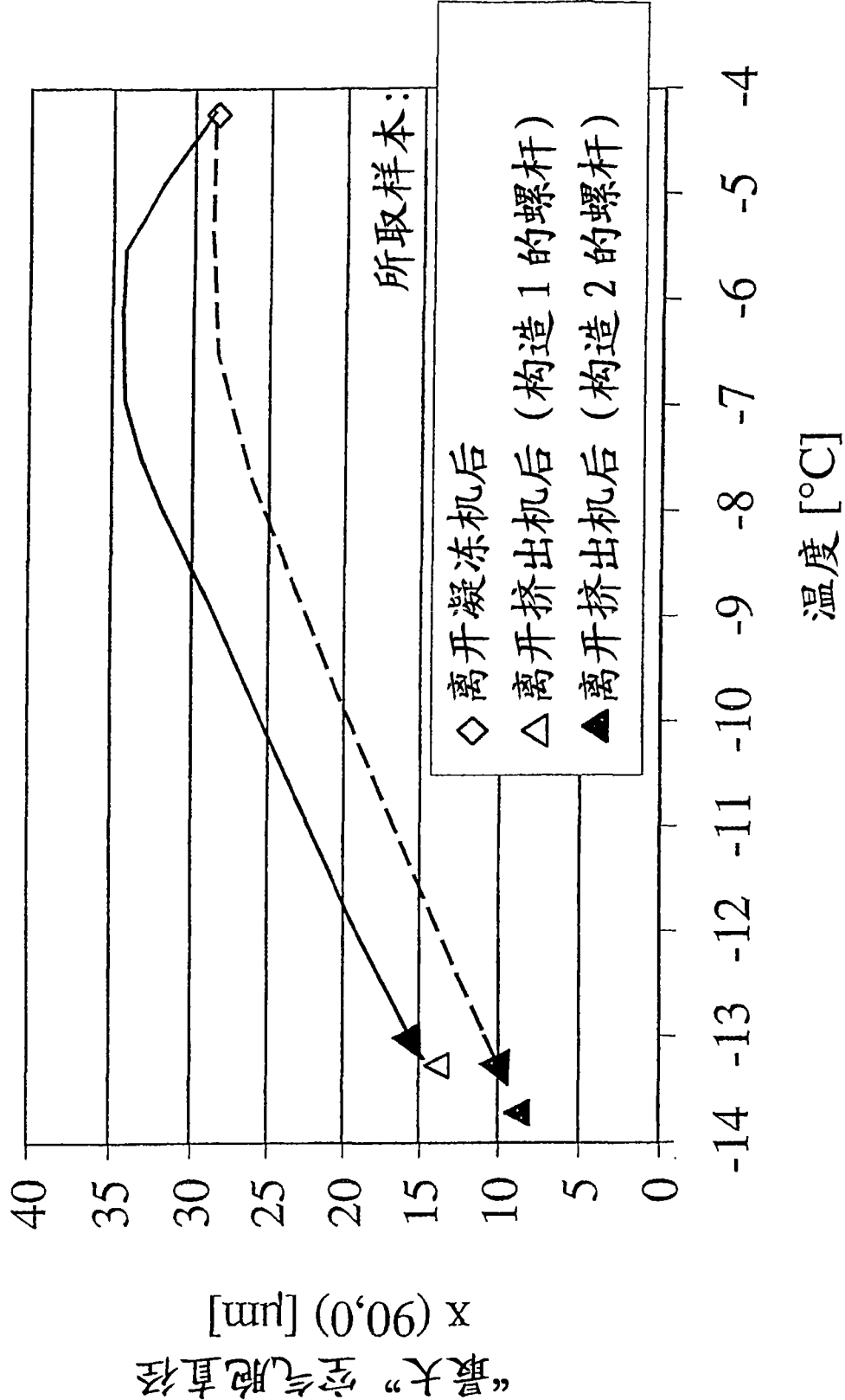


图 12