



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03809520.3

[45] 授权公告日 2007 年 5 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1318164C

[22] 申请日 2003.3.8 [21] 申请号 03809520.3

[30] 优先权

[32] 2002. 4. 27 [33] DE [31] 10218956.0

[32] 2002. 11. 19 [33] DE [31] 10253735.6

[86] 国际申请 PCT/EP2003/002384 2003. 3. 8

[87] 国际公布 WO2003/092931 德 2003. 11. 13

[85] 进入国家阶段日期 2004. 10. 27

[73] 专利权人 SMS 迪马格股份公司

地址 德国杜塞尔多夫

[72] 发明人 D·曼格勒 M·赖菲尔谢德

U·普罗茨恩尼克

[56] 参考文献

CH685865A5 1995. 10. 31

US20010017199A1 2001. 8. 30

WO0216061A1 2002. 2. 28

JP11 - 179492A 1999. 7. 6

US5207266A 1993. 5. 4

EP0730923A1 1996. 9. 11

JP9174200A 1997. 7. 8

JP8010905A 1996. 1. 16

JP11 - 207442A 1999. 8. 3

审查员 李春华

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 苏娟 赵辛

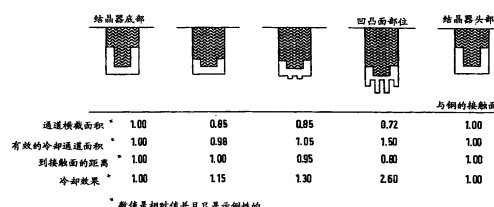
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 9 页

## [54] 发明名称

在连续浇铸结晶器中、尤其在铸造液面处的  
热传导的匹配

## [57] 摘要

本发明涉及一种用于连续浇注熔化的金属，尤其是钢的结晶器，它在背离与熔化物相接触的面的结晶器侧面(2)里具有象冷却槽、冷却切缝或冷却孔那样的冷却通道(1)。结晶器的热传导通过如下方法来改善：一个冷却通道(1)或者一组冷却通道的导热面部位的几何特性设计，在形状、横截面积、周边、界面特性至接触面的定向、布置和/或布置密度方面相对于接触面来说匹配于铸造时以及尤其在铸造液面部位(11)里接触面(18)的热流密度和/或温度的局部形成。



1. 用于以板坯形式连续浇铸熔融金属的结晶器，该结晶器在背离与熔化物相接触的接触面的结晶器侧面(2)里具有呈冷却管线形式的冷却通道(1)，其中所述冷却通道的起到热交换面作用的表面的尺寸在所述接触面(18)的最大热流密度部位或最高温度部位里比较大，以使在所述部位的局部传热效果最大化，其特征在于，在熔池液面之上的所述冷却通道的表面未被扩大，并且在所述熔池液面之上，在呈冷却管线形式的所述冷却通道(1)中加入涂层，插入套，或者装入由低导热性材料制成的部件，以便相对于在所述最大热流密度部位上的最大化的热传导减小所述部位上的热传导。

## 在连续浇铸结晶器中、尤其在 铸造液面处的热传导的匹配

本发明涉及一种用于连续浇铸熔化金属、尤其是钢的结晶器，该结晶器在背离与熔化物相接触的面上的结晶器侧面里具有像冷却槽、冷却切缝或冷却孔那样的冷却通道。

一种用于连续浇铸大钢坯或钢板坯的结晶器、尤其是一种板式的通常结构型式的 CSP（密实带料生产 - Compact Strip Production）结晶器大多设有侧壁板，该侧壁板分别由一种支承壁板和一种固定在该壁板上的、与金属熔化物接触的内板组成。优选地在内板的对着支承壁板的那个面上设置了相互平行的冷却剂通道，它们可以是设计成向支承壁板敞开的切缝。

在现实的结构型式的 CSP-结晶器中，热传导比例在结晶器高度上、尤其是在熔池液面以上和以下的部位里都是在极限里可变化的。例如在熔池液面以上的结晶器壁板温度降低了。但是如果在熔池液面部位里和/或液面之上部位里的热传导减小的话，那么结晶器温度就上升。这有如下优点：

- 由于结晶器在熔池液面部位较热就使铸造粉末更迅速地熔化；
- 铸造粉末更迅速地熔化就提高了连铸钢坯和结晶器之间的润滑作用，其结果是改善了钢坯表面；
- 润滑的改善导致了在熔池液面之下一个更低的结晶器表面，从而减小了热应力，减少了裂纹生成的趋向，因而使结晶器的寿命更长；
- 在熔池液面之上结晶器的较热部位减小了在液面以下部位里的压应力。这同样也减少了裂纹生成并使结晶器寿命更长。

通过在连铸结晶器上的测量已知：在熔池液面之下在 20 和 80mm 之间的热流密度的分布为最大，这样从此处起无论在浇铸方向上还是与此相反都按一种钟形曲线而降低。热流密度升高的部位达到大约 120mm。

在结晶器里熔化物温度分布变化的可配置的图形对应于一个躺着的抛物线的曲率， $t_{max}$  在热流密度升高的部位。

文献 DE 38 40 448 C2 描述了一种连铸结晶器、尤其是板状结晶器，其侧壁板分别由一个支承壁板和一个固定在此壁板上的、与金属熔化物接触的内板构成，而且其中在内板的对着支承壁板的那一个面上设有相互布置着的冷却剂通道，该通道设计成只是向着支承壁板敞开着的切缝，其宽度小于位于切缝之间的肋片宽度，而其深度大于该肋板宽度。

EP 0 551 311 B1 描述了一种液体冷却的、宽度可以调整的用于对板坯规格的钢坯进行连铸的板状结晶器，尤其对于厚度小于 100mm 的钢坯。在这种结晶器中宽边板和窄边板在其横向伸展的方向上按照铸坯的放大横截面来构成，窄边板在结晶器高度上基本上相互平行地布置，而宽边板则至少在板坯最小宽度部位里设计成凹形的，因而在横截面里形成一个弓形曲线的结晶器壁板的顶点高度相对于一个在结晶器的铸入边上内切的矩形最大达到每 1000mm 的板坯宽度为 12mm，而且宽边板在结晶器的铸坯出口端上的形状对应于所要制造的铸坯规格形式。宽边板在窄边板的调整范围内设计成平的面，并在背离开成型面的那个侧面里布置了切缝状的通道。

EP 0 968 779 A1 涉及一种板坯结晶器的一个宽边的构成方法，该结晶器具有一个浇注板，该浇注板具有一个内侧面和一个与该内侧面对置的外侧面，其中宽边有一个上面部段和一个下面部段，而且其中至少所述上面部段有一个中间部位和两个位于其侧面布置的侧面部位。在该专利文献中建议：浇注板的内侧面为了形成冷却通道具有带有侧凹部分的槽；而且这些槽被插入物形状配合连接地盖住，这些插入物进入到侧凹部分里。

美国专利 5,207,266 涉及一种水冷的铜结晶器，该结晶器包括有一个铜板，该铜板具有一个固定在该铜板上的后面的框架，同时构成了冷却通道，在该通道中主通道的宽度在紧固螺栓区域里要比在其它区域里时的宽度更宽。结晶器在紧固螺栓区域里除了螺栓连接之外在右侧和左侧通道之间形成较大通道。在主通道和加大的通道之间设有分支通道，在该分支通道中至少主通道的分支通道和分支部位具有比主通道和加大的通道更多的水面部位。

对于快速和可靠地、尤其是均匀地生成一种无裂缝的铸坯外壳来说，具有决定性的意义的是，加强冷却或者将热量从凹凸面以下部

输出至结晶器的排出口。为此在已知的结晶器中有以下几种途径：

- 设定一个相对较高的冷却水速度；
- 降低冷却水温度；
- 通过冷却肋片加大冷却通道里的热交换面积。

上述变型已在设计用于连铸设备的结晶器时在实践中多次应用。

一般由一种铜合金制成的结晶器的接触板与流动的和固化的金属处于“直接接触”。也称作为铜板的接触板是一个磨损件，并固定在一个大多由钢制成的支承元件上。重新可以再使用的支承元件称作水柜。

结晶器本身作为结晶的装置，也就是从装入的液态钢里取出如此多能量，从而形成一个有承载能力的铸坯外壳，那么就可以连续地从结晶器里将该铸坯外壳拉出来。同时在结晶器里在所谓的凹凸面上、在熔池液面高度上就形成一个第一铸坯外壳。凹凸面的概念代表了铸坯外壳的较早形成部位，在该部位里，结晶器的接触面、固体的和融化了的浇铸辅助材料以及液态钢和铸坯外壳都同时存在。作为浇铸辅助材料使用了铸造粉末和油。所述浇铸辅助材料就使金属和铜通过润滑而相互分开，并控制了局部的热传导（图8）。

在凹凸面上形成的第一铸坯外壳体积元件以拉出脱模速度而通过结晶器。根据液态钢和冷却介质之间的给定的温度梯度就在冷却通道的方向上产生了一个局部能量流。其内能经过这些用冷却剂、多数为水流过的冷却通道而排出。铸坯外壳的厚度相应地增大。

设计在结晶器结构里的冷却通道可以设计成完全在铜板的内部中，或者也可以在水柜元件内部中。混合结构形式也是众所周知的。此外还流行一些变型，在这些方案中，水柜和铜板之间的插入物的布置应保证能产生适合的冷却通道。

由于加工技术方面的原因具有矩形或圆形横截面的冷却通道推广应用很多。角部位可以作成倒圆的。但通过适合的插入物也可以制造相对于接触面任意取向的U-、L-和T-样式。典型的冷却通道的布置单个地或成组地遵循铸造方向，也就是从上向下，而且多数到接触面与到金属是等距的。努力要实现的目标是通过结晶器的接触面达到一种尽可能均匀的冷却效果，这在紧固位置的部位处常常只

是有条件地达到。往往使横截面面积和/或几何形状都设计得不同的冷却通道相互并排地组合起来,以便使冷却效果在浇注宽度上的均匀性进一步得到优化(图10)。

对于所有这些结构形式来说,以下性能都是相同的:单个冷却切缝在其长度上的几何特性形状和横截面面积都保持不变。这种结构形式使可用于冷却的冷却通道面积在冷却通道长度上保持不变。另外通过沿着一个想象的流线的物料量平衡可以推算出:所述流动速度在冷却通道长度上保持恒定。

与此有关的只有一种特殊结构形式的冷却通道孔,可以从上方或从下方将中心顶柱销装入到该通道孔中。由于顶柱销的长度通常比孔长本身要短,因此在冷却通道里就造成横截面变窄,这造成冷却介质在这过渡部位里的加速。在变窄的横截面部位里介质流动则更快,这相应地加强了冷却效果。所述对于冷却通道起作用的冷却面当然不受该措施的影响。

以前通常的对于冷却通道的结构设计都为了达到一种尽可能均匀的冷却效果,其中事实上存在的、在结晶器板上的不均匀的热载荷分布却没有考虑。根据必要的多维的考察,在热载荷分布方面有两种不均匀性。

-平行于浇铸方向的不均匀性,

-垂直于浇铸方向的不均匀性,

在浇铸方向上,从液态钢至冷却通道里的冷却介质的热传导可以比通过多个层的单维的热传导来考察要简化。在能量平衡方程里必须考虑:

1. 从液态钢至所形成的铸坯外壳的热传导,
2. 通过铸坯外壳的热传导,
3. 通过润滑介质层的热传导,
4. 通过铜板的热传导,
5. 到冷却介质中的热传导。

在稳定的情况下不必考虑源始项(Quellterm)。

在结晶器长度上不均的热载荷分布的原因就在于通过铸坯外壳的热传导这一项,因为在金属液面里总而言之先产生一个铸坯外壳,而且该外壳在浇铸方向上继续生长。因此随着铸坯外壳厚度本身的

增加就阻碍了热传导。假若所有其余参数为不变的，那就可以发现，在金属液面上的热流是其最大值，然后在浇铸方向上连续地降低。在整个冷却通道长度上进行积分可以推导出一个平均热流。由于热传导的多维性（在金属液面上方没有热量导入）使热流密度的理论上剧烈的变化展平了，并使最大值的位置在浇铸方向上移动了（图9）。

对局部热流密度的现场测试证明了：相对于平均热流来说在金属液面部位中的局部值要高出 1.5 至 3 倍，相反在结晶器底部的值则可能要低 0.3 至 0.6 倍。最大值的位置根据设备和工艺参数的不同位于真正的金属液面位置之下 20 至 70mm。平均热流密度的绝对值一方面取决于浇铸粉末、但尤其也取决于浇铸速度。那么在文献里列举的的平均的热流密度当浇铸速度为 0.9m/min 时为大约  $1.0\text{MW/m}^2$ ，浇铸速度为 3.0m/min 时为  $2.0\text{MW/m}^2$ ，浇铸速度为 5.5m/min 时为  $3.0\text{MW/m}^2$ 。所期待的局部热流密度至少可以通过所列举的倍数来估计。

热流密度在浇铸方向上的不均分布造成了结晶器板上的主要热磨损差不多都发生在铸造液面部位里。这表现出来的是凹槽、裂缝、变形，甚至是可能在之前涂上薄层的脱落。

同样在宽度方向上结晶器板的负荷也完全不同。不均匀性大多由结晶器里所形成的液态钢的流动场得出。该过程与输入钢的浸入式出钢口的几何结构、接触面几何特性和其它工艺参数紧密相关。形成金属液面处的稳定的和不稳定的过程使凹凸面有一种多数与设备有关的不均匀的构成。与这种不均匀的凹凸面构成相连系的是热量分布也不均匀，因此主要损坏并不是在结晶器宽度上均匀地形成，而是集中地在某些位置上产生。

由上述背景技术出发，本发明的任务是，使对于冷却通道的冷却效果来说起决定作用的热传导通过对一种冷却通道或一组冷却通道的导热面部位的特殊的几何特性设计而匹配于结晶器的与熔化物接触的接触面的局部热流密度。

该任务通过本发明的权利要求 1 的特征来解决。

对于冷却通道的热传导的、并因此对于冷却效果的其它按照本发明的影响则对应于从属权利要求。同时例如为了影响一个通道的局

部冷却效果，其形状、横截面面积、周边、界面特性、相对于接触面的定向和布置都是可以局部改变的。

另外例如可以加大或缩小在通道底上或侧壁板上的有效热交换面积。

例如通过在冷却通道的底面或侧面上形成凹槽而使其表面大大加大直至几乎翻番，这就导致在冷却介质的流动速度相同时有较高的热流密度，因而有明显强烈的冷却效果，其显著的优点在于：结晶器的温度显著降低，因而除了结晶器材料受的负荷较小之外，在一定条件下也使冷却水的水压可以降低。

对比的温度计算此处例如得到以下数值:

-在冷却槽底部热交换面为光滑表面 (等级 C):

对于铸坯温度  $507^{\circ}$

对于水温度  $173^{\circ}$

-按照本发明加大的表面

对于铸坯温度  $462^{\circ}$

对于水温度  $131^{\circ}$

差 $-45^{\circ}$

差 $-42^{\circ}$

所述数字很肯定地证实了按照本发明的措施的有利效果。人为地加大冷却通道表面也可以在钻有孔的 CSP 结晶器中最好在凹凸面部位里借助于一种拉削工具来实现。

本发明的其它设计方案对应于其它的从属权利要求。人为地加大冷却通道表面不在熔池液面之上进行，因为在结晶器的这个部位里热传导最好应该减少，以便支持铸造粉末的熔化。

熔池液面上方的热传导的减少如下来达到:

-在熔池液面上方的冷却孔里插入套,

-熔池液面上方的孔进行涂层,

-在熔池液面上方装进由小导热材料制成的部件。

同时通过在熔池液面上方结晶器的一个较热部位来降低结晶器里的应力，并因此减少铸坯的裂纹生成，同时提高了结晶器的可使用性。

因此以下措施业已证实为特别适宜的:冷却通道的热传导表面部位的热量排出通过一种在结晶器的高度上变化的、与其热流密度分布的匹配来进行。

因此沿着结晶器高度的温度变化在所述高度上就更加均匀了,并

且避免了在正处于生成的铸坯外壳里较大的材料应力，并阻止了该外壳的裂纹生成。

接着根据实施例对本发明进行详细描述。

附图示出：

图 1 一段结晶器壁板垂直于其走向的放大截面图；

图 2 按图 1 所示结晶器壁的另一个部段，同样是是截面图；

图 3 在其内表面上具有凹槽的冷却通道孔；

图 4 和 5 热交换面没有和具有加大的底面的进行比较的部分；

图 6 在熔池液面下方在结晶器高度  $H$  上热流密度  $q$  的变化曲线；

图 7 在结晶器高度上凹槽深度  $R$  的变化曲线，配有一个温度曲线  $T$  的变化图，同样也在熔池液面之下， $T_{\max}$  在凹凸面部位的上方和下方；

图 8 具有冷却通道和配属的热流的一个结晶器零件的截面图；

图 9 两个用于比较而并排表示出的曲线图，表示出平均的或总的热流密度或者温度；

图 10 可对比的热交换器底部构造时的冷却介质通道部分；

图 11 热交换器底部的另外的结构形式；

图 12 表示了在结晶器高度上匹配的热流密度的分布， $q_{\max}$  在熔池液面的下方。

图 1 放大表示了一个结晶器壁的背后离开熔化物的一个侧面 2 的一个部段 10，该结晶器壁有一个设置在其中的切缝式的冷却槽 1。该冷却槽宽度为  $B$ ，深度为  $T$ 。冷却槽 1 的底部按照本发明设计成具有一种凹槽 3 的轮廓，因而其面积比一种平坦的形式、例如按图 4 所示的，近似翻了一番。

同时冷却槽、冷却切缝或冷却孔的导热面积部位的热量排出可以通过一种在结晶器高度上变化的、对其热流密度分布的匹配来进行，如同这例如在图 6 中表示的那样。

为此目的规定：为了改变热传导的强度，凹槽 3 具有一个可改变的深度 4、例如在 1 至 4mm 之间，并且每个凹槽的开口角设计在  $30^\circ$  至  $60^\circ$  之间，如同在图 7 中举例所示那样。凹槽 3 可以在距离 “A”

之内设计成具有开口角直至约  $60^\circ$ ，高度直至约 4mm 并且类似于螺纹的轮廓。当然也可以设有其它的形状，如波纹形、梯形、齿牙形或类似形状设计的凹槽，它们都加大了冷却表面。

图 2 表示了一个结晶器的部段 10，分别具有一件支承壁板 5 和一件内板 6，它们相互紧密贴靠地连接，尤其是相互用螺栓固定。内板 6 被冷却通道 7 穿过，该通道设计为向着支承壁板 5 敞开的并由支承壁板 5 盖住的切缝。按照本发明这些切缝在其底部设有被凹槽贯通的热交换面 3，该热交换面用来人工地提高热流密度。

图 3 表示了一个结晶器壁板的任意一个部段 10，其中布置了冷却通道孔 8，该通道孔具有设计成沟槽或凹槽 3 的形式的内壁 9。

图 4 和 5 根据冷却沟槽 7、7' 的所指明部分在构成相互要对比的热交换底部 11 或 12 时表示出了一种平滑的轮廓 11 和一种由凹槽 12 组成的轮廓以及所对应的温度值。在有关所要比较的工艺参数的获得条件严格一致的情况下，对于具有凹槽底 12 的形式来说其温度显著降低。

图 6 表示了一个在结晶器高度上按本发明匹配的热流密度分布，其  $q_{\max}$  在熔池液面（熔池）下方的一个限定范围内。相应地图 7 中的温度曲线 T 则表示温度最大值  $T_{\max}$  在热交换沟槽的可变深度 R 的一个范围 13 至 17 之内， $R_{\max}$  在点 14 和 15 之间。热交换沟槽（3）在熔池液面的高度 13 处开始。在 14 处沟槽深度（4）达到最大值。该最大沟槽深度一直至 15 并又经过 16 降到原始水平级。

图 8 表示了一个结晶器的一个宽边壁板的截面图，该宽边壁板包括一个支承板 20 以及一个可以配属的热流，该支承板具有一个在该支承板上固定住的接触板 18、一层浇铸辅助材料和标出的冷却介质通道 7、一个在浇铸方向上生成的铸坯外壳 19。

图 9 表示了对于图 6 和 7 的一种补充，根据凹凸面的位置，与热传导的冷却通道面相比较时，表示出了局部热流密度/温度的变化曲线。

图 10 和 11 表示了冷却切缝以及尤其是它们的底部的结构形式的不同设计方案。

对应于冷却通道的这些设计方案，图 12 以一种图表形式表示了：

- 通道横截面面积,
  - 有效的冷却通道壁面积,
  - 它们至接触面的距离,
  - 由此所得出的有效冷却效果,
- 其中所有数值都是相对值, 并且只是可以示范性地估算。

#### 附图标记列表

1. 冷却槽
2. 背离边
3. 凹槽
4. 深度
5. 支承壁板
6. 内板
7. 冷却介质通道
8. 冷却介质孔
9. 壁板部分
10. 部段
11. 在熔池液面高度上热交换沟槽的开始
12. 最大的沟槽深度
13. 最大的沟槽深度的终止
14. 沟槽深度减小的终止
- 15-17. 达到恒定的沟槽深度
18. 接触板, 接触面
19. 铸坯外壳
20. 支承板

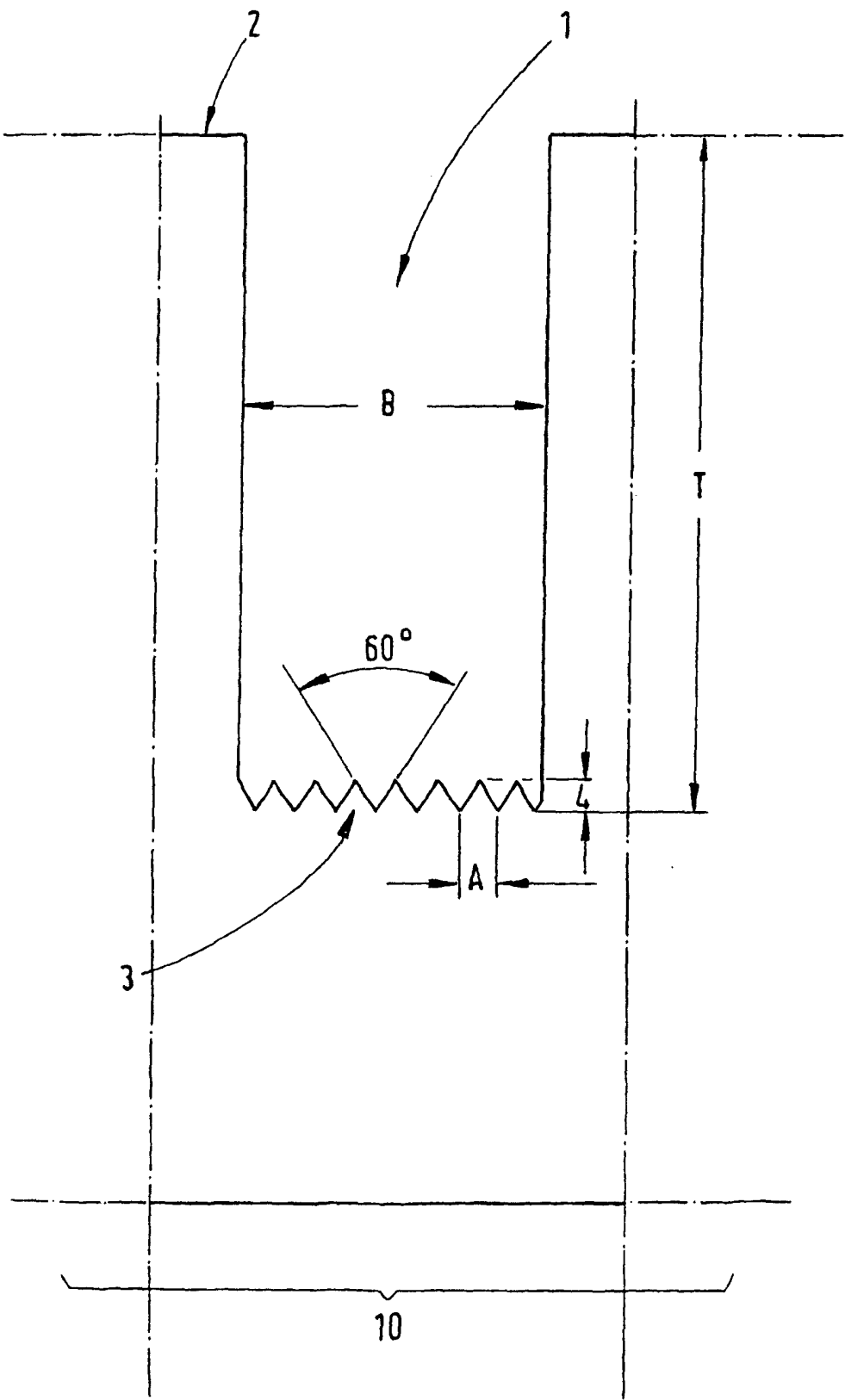


图 1

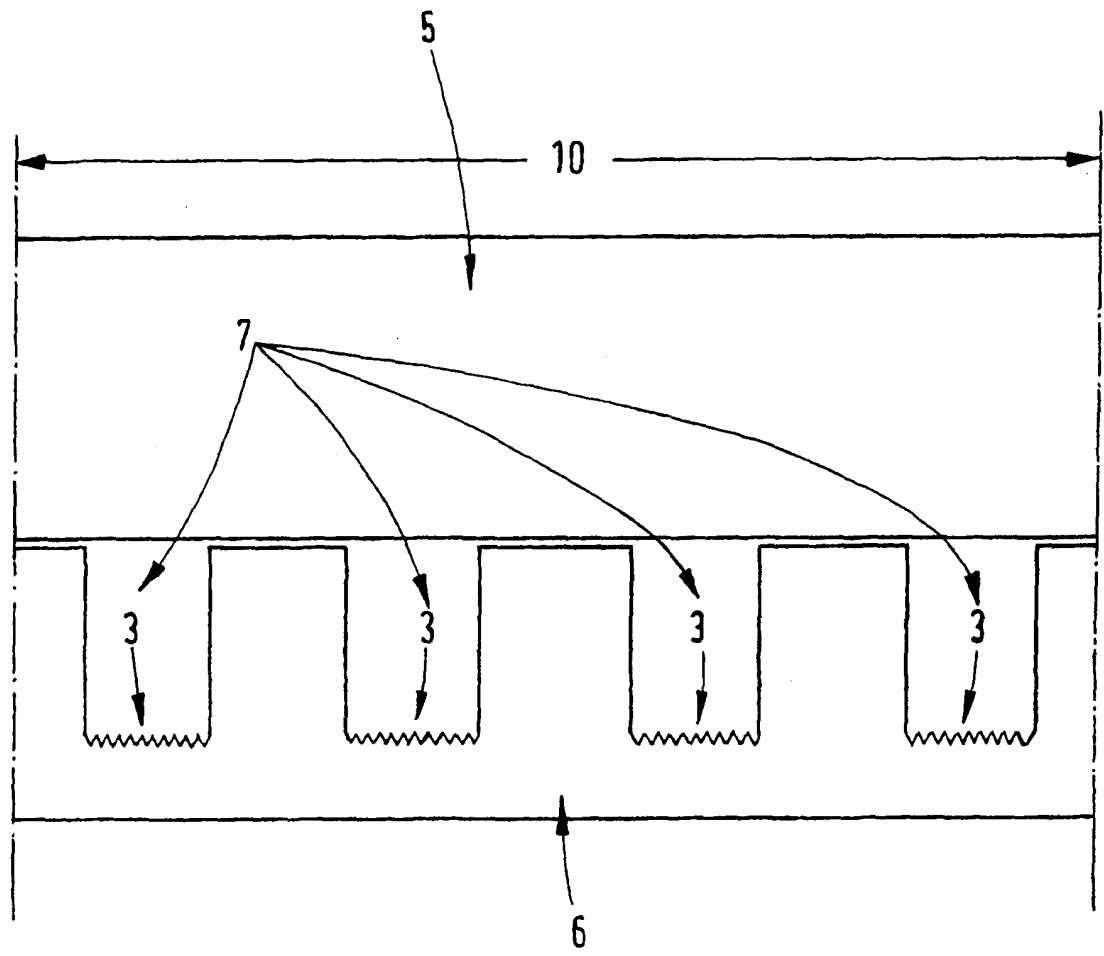


图 2

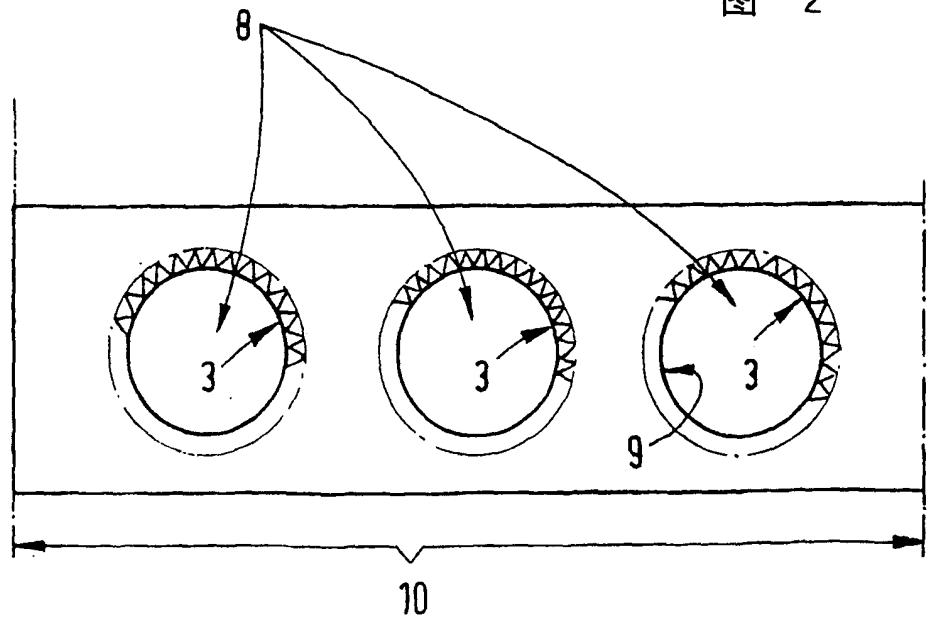


图 3

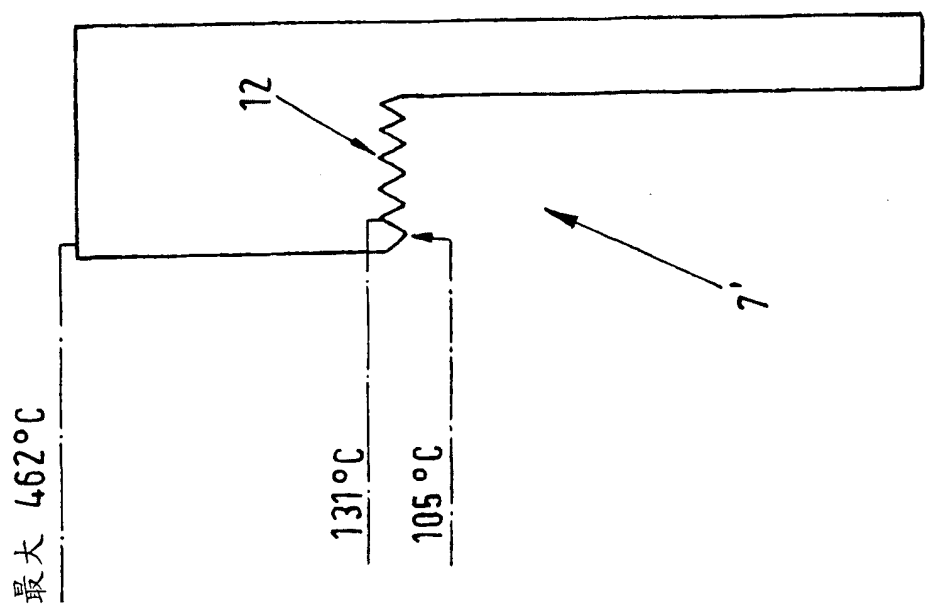


图 5

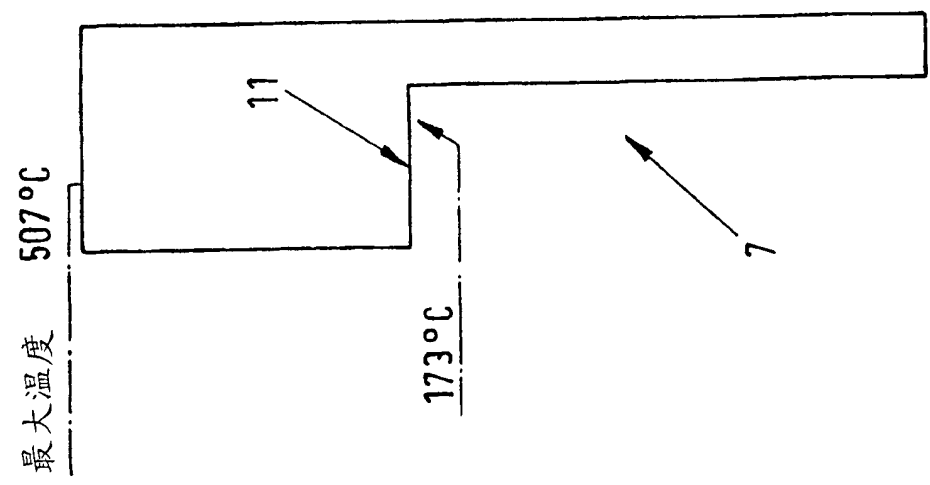


图 4

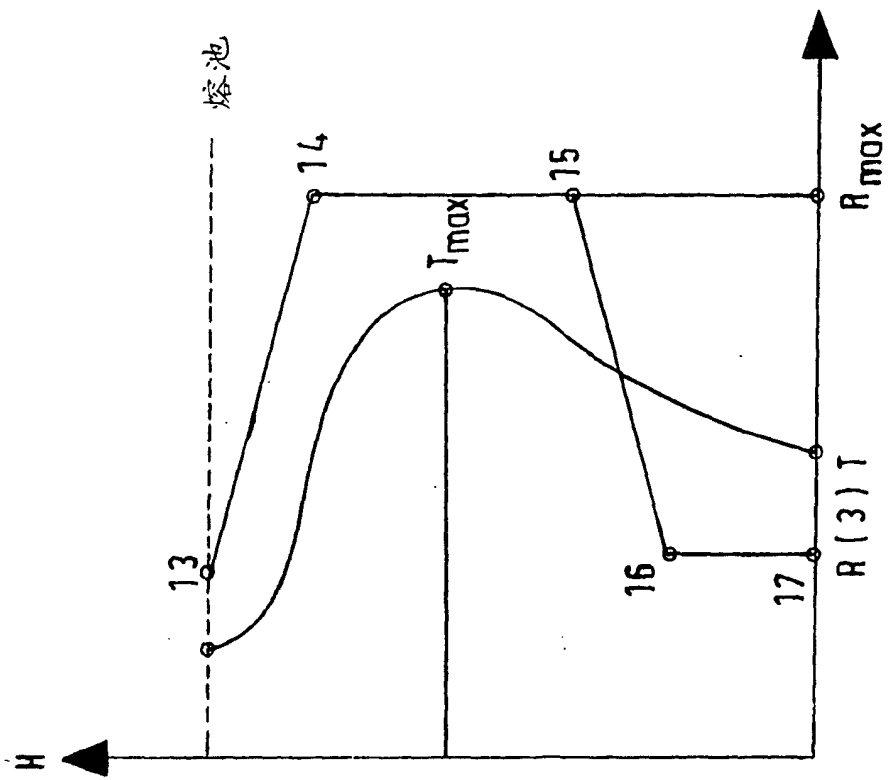


图 7

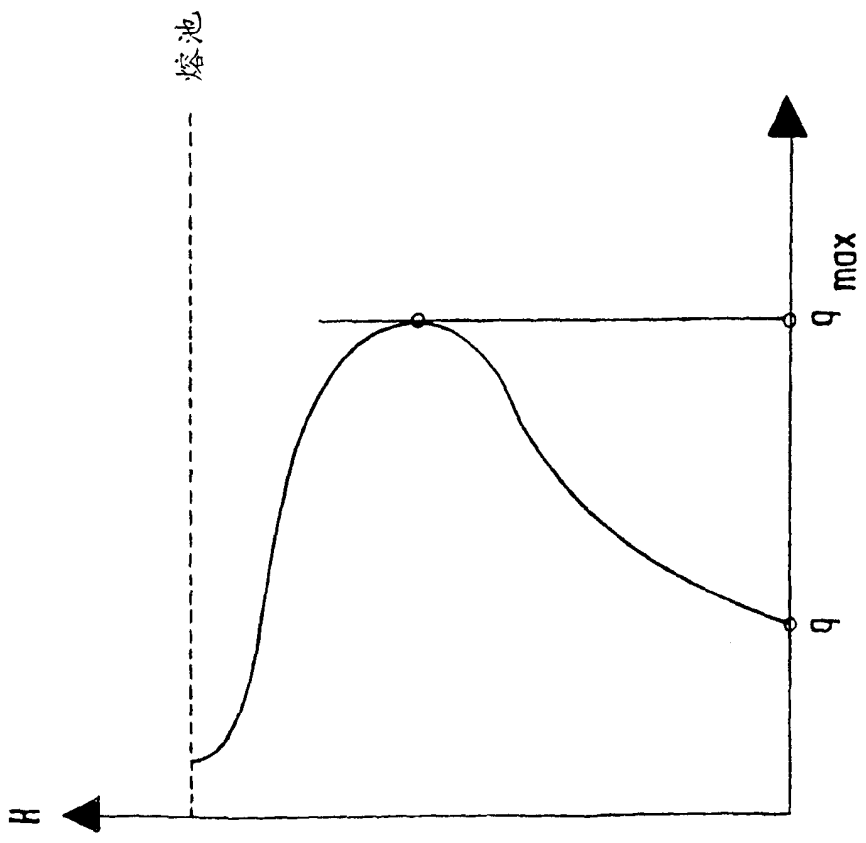


图 6

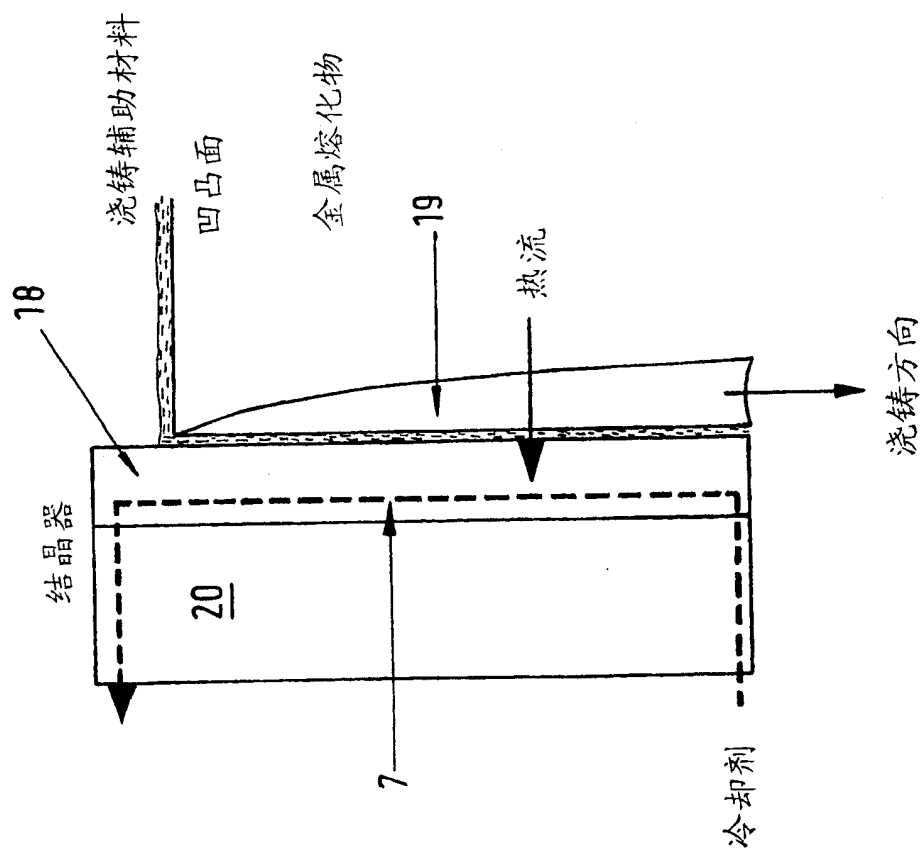


图 8

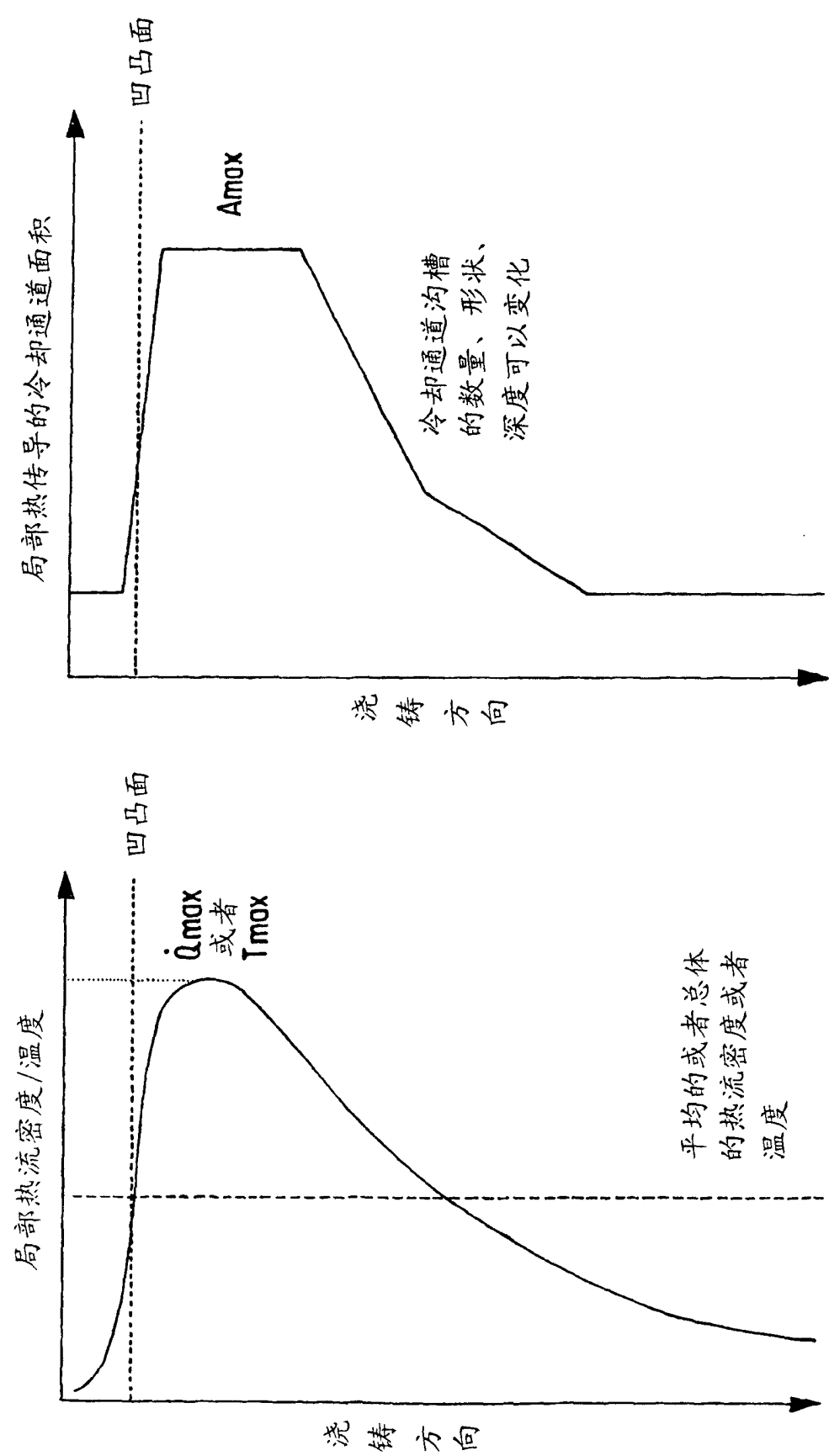


图 9

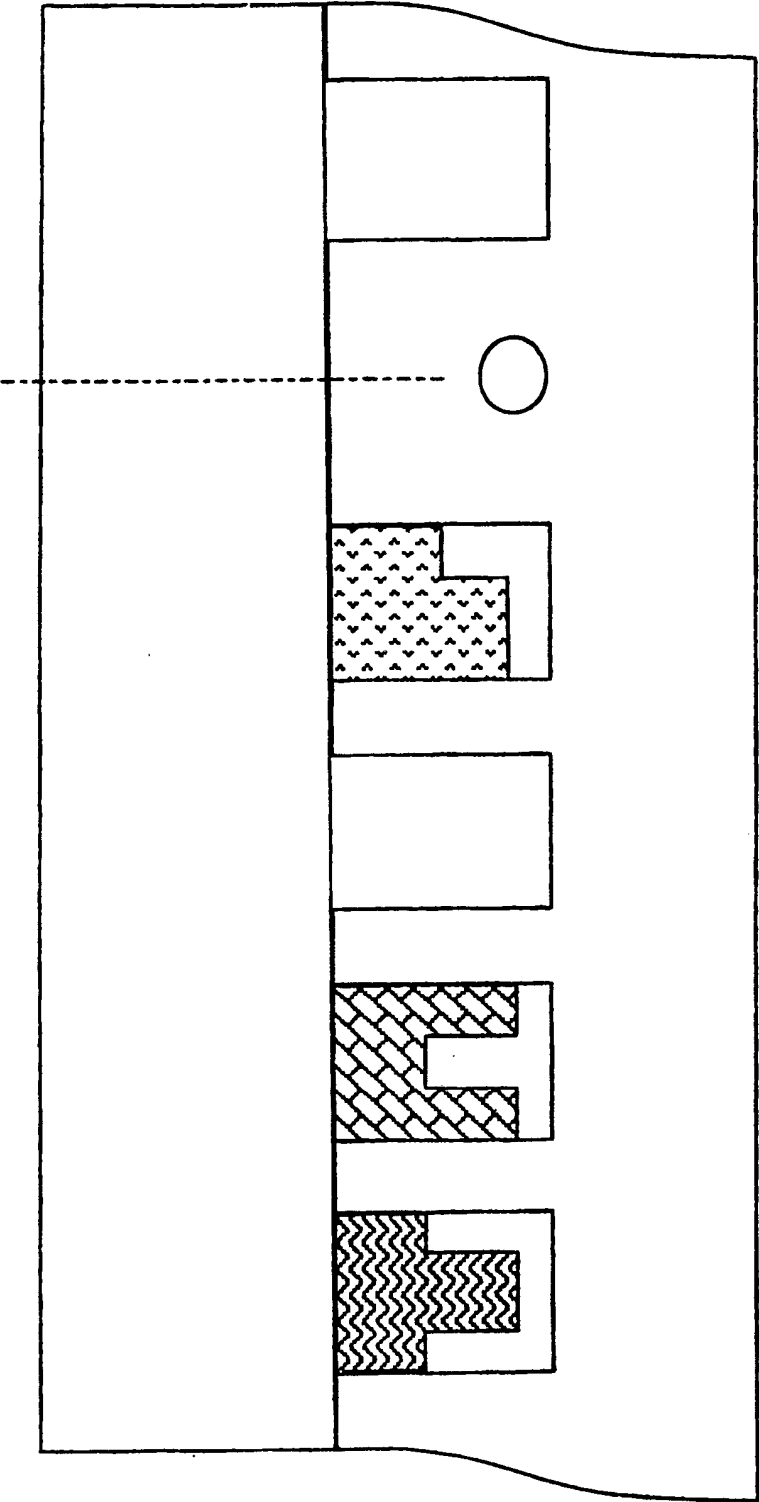


图 10

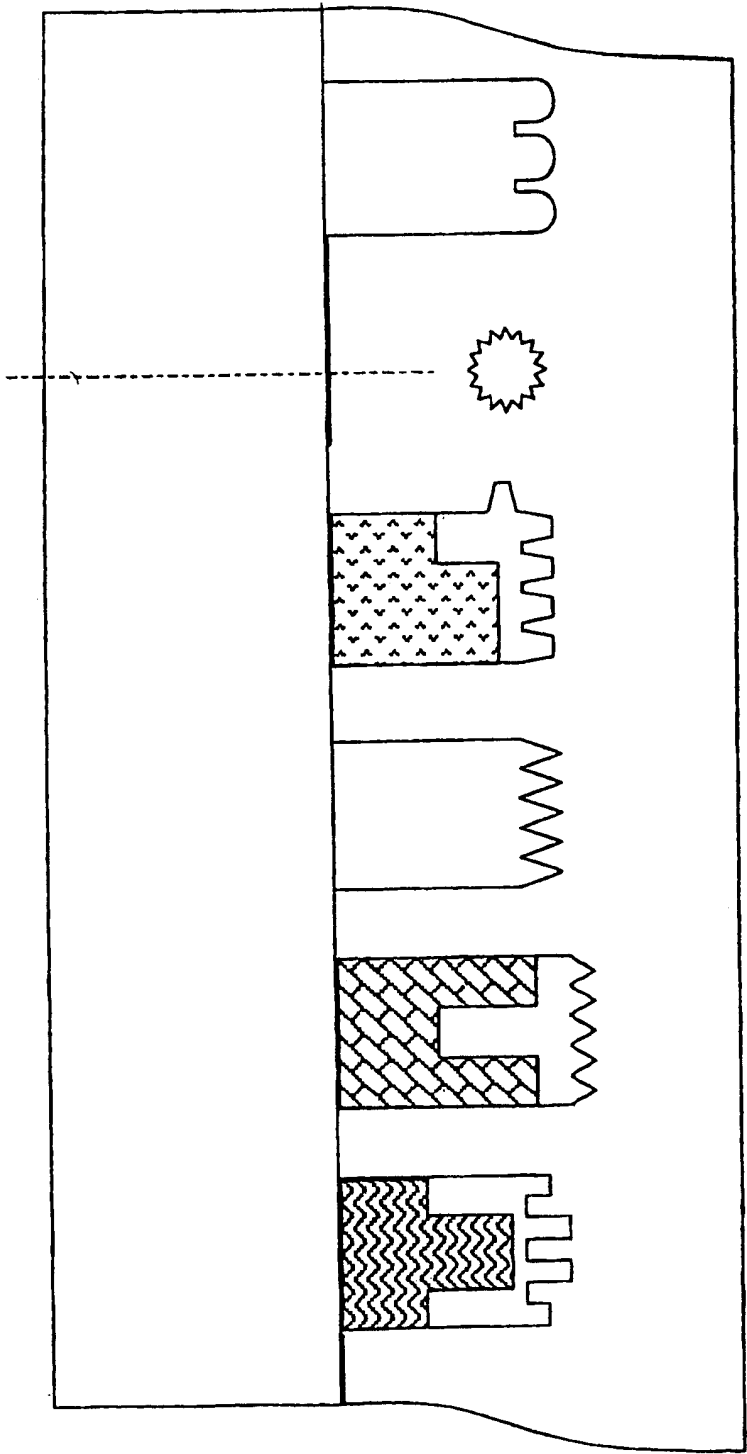
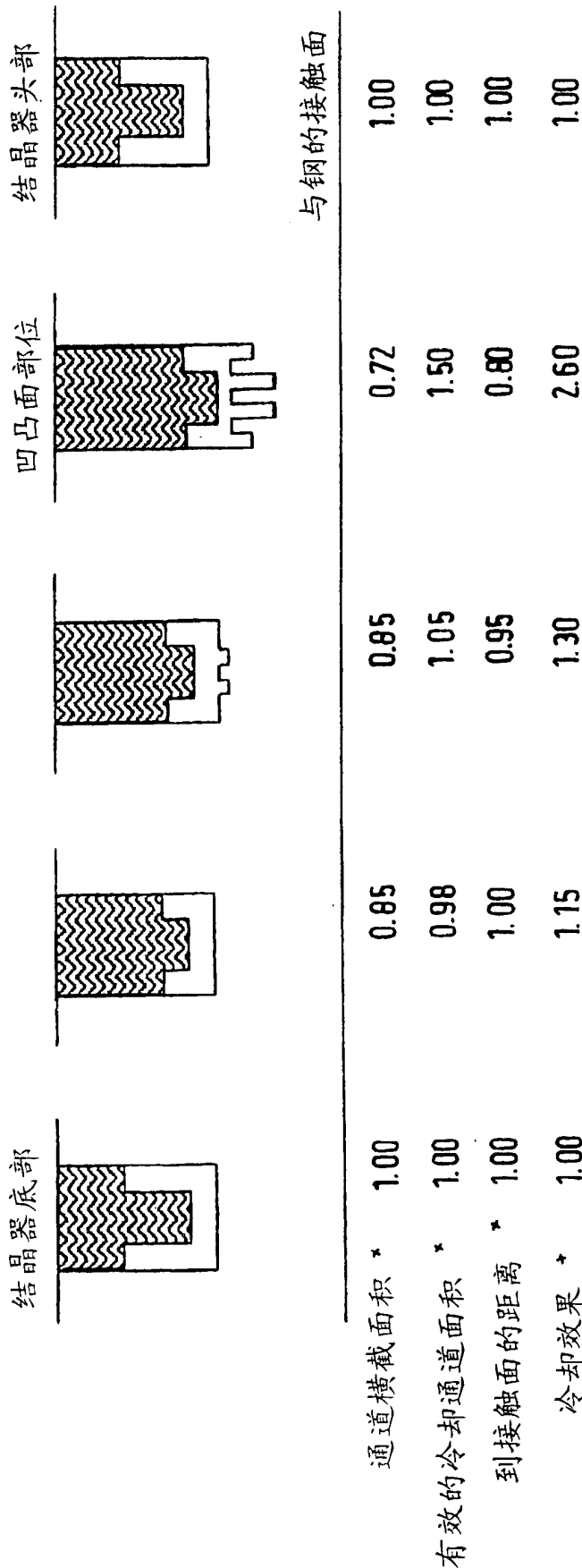


图 11



\* 数值是相对值并且只是示例性的

图 12