

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B22D 11/055

B22D 11/059



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01814553.1

[43] 公开日 2003 年 10 月 8 日

[11] 公开号 CN 1447725A

[22] 申请日 2001.8.21 [21] 申请号 01814553.1

[30] 优先权

[32] 2000. 8. 23 [33] DE [31] 10041399.4

[32] 2001. 8. 15 [33] DE [31] 10138988.4

[86] 国际申请 PCT/EP01/09599 2001. 8. 21

[87] 国际公布 WO02/16061 德 2002.2.28

[85] 进入国家阶段日期 2003.2.24

[71] 申请人 SMS 迪马格股份公司

地址 德国杜塞尔多夫

[72] 发明人 F·P·普莱休特施尼

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

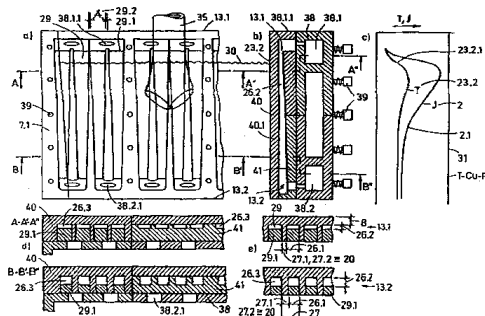
代理人 胡强 赵辛

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 6 页

[54] 发明名称 冷硬金属连铸结晶器

[57] 摘要

为了改进用于按照板坯规格并在此尤其是按照厚为 40 毫米 - 400 毫米且宽为 200 毫米 - 3500 毫米的板坯规格连铸金属且尤其是钢的冷硬连铸结晶器(1)，所述结晶器具有其中开设有冷却用冷却介质通道的板(7, 7.1)式结晶器壁，使在结晶器高度上的热负荷即在结晶器高度上的热截面形状变得均匀一致，因而，可以降低在浇注液面处的结晶器表面温度，冷却介质通道(29)的宽度(26.1)应在浇注方向上根据在结晶器高度(13)上的热流截面形状(2.1)从结晶器入口(13.1)到结晶器出口(13.2)地缩小。



ISSN 1008-4274

1、用于按照板坯规格并在此尤其是按照厚为 40 毫米-400 毫米且宽为 200 毫米-3500 毫米的板坯规格连铸金属且尤其是钢的冷硬连铸结晶器 (1)，它具有由板 (7, 7.1) 构成的结晶器壁以及冷却用冷却介质通道，其特征在于，在浇注方向上，冷却介质通道 (29) 的宽度 (26.1) 取决于在结晶器高度 (13) 上的热流截面形状 (2.1) 地从结晶器入口 (13.1) 向着结晶器出口 (13.2) 缩小。

2、如权利要求 1 所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，在浇注方向上，该冷却介质通道的宽度 (26.1) 按照在的结晶器高度 (13) 上的热流截面形状的一阶近似函数在结晶器入口 (13.1) 与结晶器出口 (13.2) 之间缩小。

3、如权利要求 1 所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，在浇注方向上，冷却介质通道的宽度 (16.1) 按照一阶近似函数地线性缩小，其中一条冷却介质通道或相邻冷却介质通道的分界线或分界面不是相互平行地延伸，而是相交成一锐角 (29.2) 地延伸。

4、如权利要求 1、2 或 3 所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，在浇注方向上，冷却介质通道的深度 (26.2) 在结晶器高度 (13) 上从结晶器入口 (13.1) 到结晶器出口 (13.2) 地增大。

5、如权利要求 4 所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，根据宽度减小程度，在结晶器高度 (13) 上的深度 (26.2) 增大程度相应变化，一条冷却通道的各横截面 (26.3) 的大小从结晶器入口 (13.1) 到结晶器出口 (13.2) 地保持不变，因而，在结晶器入口 (13.1) 与结晶器出口 (13.2) 之间的冷却介质通道中的冷却介质流速是不变的。

6、如权利要求 1-5 之一所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，用于给冷却通道供应冷却水的水箱 (38) 与结晶器壁的板 (7, 7.1) 且尤其是铜板连接，其中水箱出口 (38.1) 设置在结晶器入口 (13.1) 的高度上，水箱入口 (38.2) 设置在结晶器出口 (13.2) 的高度上。

7、如权利要求 1-6 之一所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，在结晶器入口 (13.1) 且尤其是在浇注液面 (30) 的高度上，冷却介质覆盖百分比且尤其是水覆盖百分比 (27.2) 最高为 100% 并尤其是等于 100%，而在结晶器出口 (13.2) 处，所述的冷却介质覆盖百分比且尤其是水覆盖百分比最少为 30% 且尤其是最少为 10%，其中所述冷却介质

覆盖百分比且尤其是水覆盖百分比由最大冷却的结晶器宽度与未直接冷却的结晶器宽度之差同接受冷却的结晶器宽度之比来限定。

8、如权利要求 1-7 之一所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，所述冷却介质即冷却水以 25 米/秒-2 米/秒的流速在通道长度范围内流动。

9、如权利要求 1-8 之一所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，在熔液和冷却水通道走向曲线之间的一块铜板（7，7.1）的厚度不小于 5 毫米。

10、如权利要求 1-9 之一所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，在水箱出口（38.1）处的结晶器冷却水压力（11）为 2 巴-25 巴。

11、如权利要求 1-10 之一所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，连铸速度 V_0 （14）等于 1 米/分-15 米/分。

12、如权利要求 1-11 之一所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，它如此工作，即借助一个浸入水口（SEN）（35）注入钢水并加入结晶器润滑粉末（35.1），该连铸结晶器是一台立式振荡结晶器（1）。

13、如权利要求 1-12 之一所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，冷却通道是冷却缝（29），它们从板（7，7.1）的背对结晶器型腔的那侧开设于所述板中，冷却缝（29）通过相应成形的导水板（29.1）被封闭，从而在结晶器高度（13）上调整并形成所需的横截面，其宽度在结晶器高度（13）从结晶器入口（13.1）到结晶器出口（13.2）地匹配于冷却通道走向曲线的宽度变化。

14、如权利要求 1-12 之一所述的冷硬连铸结晶器，其特征在于，这些冷却通道是冷却孔，锥形柱杆被装入所述冷却孔中。

冷硬金属连铸结晶器

技术领域

- 5 本发明涉及用于连铸板坯规格的金属且尤其是钢的冷硬连铸结晶器，在这里，铸坯尤其具有 40 毫米-400 毫米的厚度和 200 毫米-3500 毫米的宽度，所述结晶器具有壁板和冷却用的冷却介质通道。

背景技术

- 10 借助图 1 来描述金属连铸的已知相关内容。利用振荡结晶器 1 但最好是壁式结晶器（它例如被设计成辊芯固定不动而结晶器管套环绕的双辊形式）的金属连铸且尤其是钢连铸导致了热量 $J(2)$ 沿着势位落差 $U(3)$ 从结晶器或铸坯的中心 4 经过所形成的坯壳 5、常有的渣膜 6 而流入有预定厚度 8 的结晶器铜板 7.1 中，直到结晶器冷却水 9。在这
- 15 里，8 表示在渣和结晶器冷却水循环路线之间或在热面和冷面之间的铜板厚度。结晶器冷却水 9 以单位为米/秒的可控速度（10）、以巴为单位在结晶器冷却水入口处测得的预定压力（11）以及在结晶器冷却水入口处测得的可控温度 $T-0(12)$ 与结晶器高度 13 平行地沿连铸方向 14 或与连铸方向相反地流动，以便吸收并送走所提供的热量 $J(2)$ 。由结
- 20 晶器冷却水 9 带走的热量 $J(2)$ 由总阻力 $R_{\text{total}}(15)$ 决定，而总阻力取决于单独媒介 16，它具有单独阻力 $R_i(17)$ ，确切地说是在铸坯中心 4 和结晶器冷却水 9 之间。单独阻力 17 由其长度 $l(18)$ 、其特定导热率 $\lambda(19)$ 及其管路横截面 $F(20)$ 决定并且和势位落差 $U(3)$ 及热流 $J(2)$ 一起形成了质量流公式（20.1）。在该公式中纳入了在结晶器中心 4
- 25 和结晶器冷却水走向之间的单独媒介的阻力，如钢水、铸坯壳、渣、耐火衬以及结晶器板的阻力，所述结晶器板尤其由铜构成。

- 在铜板 7 和结晶器冷却水 9 走向之间的相界 21 上出现的热流必须克服在冷却水与结晶器板的铜之间的界面阻力 22，由此一来，在表示在铜板 7 和渣膜 6 或铸坯壳 5 或热面之间的相界的相界 21、21.1 之间，
- 30 铜板 7 分别调节出一个表面温度或一个温度梯度 25。该温度梯度与在结晶器高度 13 上的热流强度以及在铜/水（21）相界处的界面阻力 22 有关。还知道了，热流按照被称为“热柱”的截面形状 2.1 从浇注液

面 30 向着结晶器出口 13.2 缩小。

界面阻力 22 由在结晶器高度 13 上平行延伸的且在此成冷却缝形式的冷却通道 26 的尺寸决定，所述尺寸包括宽度(26.1)、深度(26.2)并进而包括流动横截面 Q (26.3) 以及对应于结晶器高度(13)的长度 5 (26.4)，但不包括冷却水的分界层(Nernst'sche 层)，它是流速 10 的函数(见图 3e)。此外，阻力 17 由在结晶器宽度上的水覆盖百分比(27.2)决定，它被定义为最大冷却的结晶器宽度减去未直接冷却的结晶器宽度后除以被冷却的结晶器宽度，或者按照一阶近似函数地由冷却通道之间间距 27 减去横隔 27.1 后除以冷却通道之间间距(见图 10 3e)。有关的水覆盖百分比(27.2)对应于在质量流公式 $U = \sum R_i \times J$ 意义上的管路横截面 $F(20)$ 。此外，阻力 17 取决于铜板厚度 $I(8)$ 和特定导热率 $\lambda(19)$ 以及水流速(10)，该流速是在结晶器入口处的水压力(26.6)以及结晶器内的流动阻力(26.5)或压力损失的函数。有关的水覆盖百分比(27.2)也可以被视为是在质量流公式 $U = \sum R_i \times J$ 15 意义上的管路横截面 $F(20)$ ，它在已知的结晶器中在结晶器高度 13 上是不变的，即冷却通道的走向相互平行。

在迄今的结晶器结构中，界面阻力 22 在结晶器高度 13 上是不变的。冷却通道的形状可以通过具有不变直径的并带有或没有柱塞体 28.1 的冷却孔 28(未示出)或是带有导水板 26.7(图 3d、3e)并具有不变的横截面 $Q(26.3)$ 的冷却缝 26 来实现。 20

总而言之，在现有技术范围内，在此提到的都是这样的结晶器规格(板坯、大方坯、小方坯、型材坯和带材生产设备等)，即无论使用的是冷却孔 28 还是冷却缝 26，在结晶器宽度上的水覆盖百分比(27.2)以及在结晶器高度 13 上的水覆盖百分比在几何形状上并进而 25 在其工艺技术的冷却效果上都是一样的。

由就在浇注液面的下方紧贴着坯壳以及随后的在结晶器高度 13 上的铸坯壳 5 收缩过程决定地，在结晶器高度上的结晶器冷却的同等结构或同样构造造成更高的热流并由此同时导致铜板 23 的高热面温度。高铜板表面温度 23 又导致轧制铜板的再结晶温度 $T-Cu-Re(31)$ 过载的 30 危险(见图 3c)。

这种结晶器板的再结晶器温度($T-Cu-Re$)过载的危险性随着浇注速度加快而越来越高。因此，在图 2 中以表格示意地示出了薄板坯和标

准板坯结晶器的结构特征和工艺技术特征。

可以从结晶器特征参数的列表中看到，在薄板坯（32）的情况下，通过 $2.2/3.2 \text{ MW/m}^2$ 表示的并且表示结晶器的热流（2）或热负荷的特征的升高的结晶器热负荷与标准板坯相比遇到了更高的 60%-40%的水覆盖百分比（27.2）、12 米/秒-8 米/秒的更高水流速、25 毫米-15 毫米的更小的铜板厚度（18.1）以及 12 巴-8 巴的更高的结晶器水压力（26.6）。在薄板坯的情况下，更高的结晶器热负荷或热流是由更小的 0.4 毫米-0.2 毫米的渣膜厚度、更高的薄板坯（32）浇注速度（14）以及小的板坯厚度（34/32）或（34.1）引起的。同时可以看到，在面向钢的那侧（23）上的结晶器表面温度根据浇注速度的不同在 300°C - 400°C 之间并且该温度与标准板坯相比离冷轧铜板的再结晶温度更近。冷轧铜板的再结晶温度根据铜材品质的不同在 350°C （Cu-Ag）- 700°C （Cu-CrZr）或 500°C （软化温度）之间。

由于在孔（28）或冷却缝（26）中的（在结晶器入口）水压高并进而由于面向钢的铜板表面（热面 21.1）可能出现机械隆凸，所以铜板厚度（18.1）的进一步减小很难完成。

图 3 示出了已知的用于板坯结晶器或薄板坯结晶器的水冷却装置，它具有冷却缝 26 和导水板 26.7。图 3a 示出了带有窄侧壁 7.1 和浸入水口 35 的板坯结晶器的半个宽侧壁 7 以及钢水流 36 和在结晶器出口处有坯壳 5 的铸坯 37。从该图中可以看到形状一样地平行延伸的在结晶器高度 13 上的冷却缝以及浇注液面 30 的位置。

图 3b 示出了带有水箱的结晶器宽侧壁 7 的截面，所述水箱不仅用于供水口 38.1，也用于回水口或水箱入口 38.2。38.1 或 38.2 表示从水箱（38.1）到冷却缝（26）或冷却孔（28，未示出）的结晶器冷却水的过渡段。

此外，图 3b 示出了一个由多个部分构成的并带有紧固螺栓 39 的结晶器，所述紧固螺栓或是用于将带冷却缝 40 的铜板与水箱 38 连接在一起，或是用于将没有冷却缝 40.1 的铜板与水箱 38 连接在一起，但在此设有一中间板 41，该中间板配备有冷却缝 26.3（为此见图 3d）。中间板 41 也可以直接形成水箱 41.1 的壁（图 4）。

在图 3c 中，作为现有技术地示出了在结晶器高度（13）上的结晶器表面温度（热面）23、热流 $J(2)$ 和再结晶温度 $T\text{-Cu-Re}$ （31）的截

面形状。

如图 3c 所示, 两个截面形状 23.1 (表面温度截面形状) 和 2.1 (热流截面形状) 就函数而言是近似的并且热负荷接近铜的再结晶温度 31, 尤其是在高浇注速度 14 的情况下, 因而, 铜板在浇注液面区 30 内具有比较短的使用寿命。

图 3d 示出了结晶器的一个水平截面, 如该图所示, 带有导水板 26.7 冷却缝 26 平行布置并且冷却水 9 从水箱供水口 38.1 过渡到冷却缝 26 并从冷却缝通过结晶器水过渡段 38.2.1 转入水回流口 38.2 (38.1.1/38.2.1)。

10 在图 3e 中, 以水平截面图示出了平行冷却缝 26。该图示出了缝宽度 26.1、由冷却通道宽度与冷却通道之间间距 27 之比得到的水覆盖百分比 27.2、冷却通道横截面 26.3、导水板 26.7、冷却通道之间间距 27 以及铜板厚度 8。在结晶器高度上, 在截面 A-A'-A'' 和 B-B'-B'' 中示出了结构特征, 其中在结晶器高度上调节出不变的管路横截面 F(20) 和不变的界面阻力 (22), 这却决于具有不变的 Nernst'sche 相区 (流速=0) 的结晶器冷却水 9 的相同的流动截面, 而这个相区在流速增大时更小。

图 4 示出了可能有的结晶器宽侧壁 7 的已知结构, 它由铜板和水箱构成。结晶器可以由一块带冷却缝 40.1 的铜板和一块带冷却缝的中间板 (夹层) 以及水箱 38 (分图 4b) 构成, 或由一块不带冷却缝 40.1 的铜板、带有冷却缝的并同时构成水箱壁的中间板 (分图 4c) 组成。分图 4d 再次示出了在结晶器高度上的热流 J(2.1) 以及热负荷的截面形状以及冷轧铜板的再结晶温度 (31)。

25 发明内容

本发明的任务是, 提供这样一种连铸结晶器, 其中在结晶器高度上的热负荷即在结晶器高度上的热截面形状可以变得均匀一致并因而降低了在浇注液面处的结晶器表面温度。

30 通过具有权利要求 1 特征的连铸结晶器来完成该任务。在从属权利要求中公开了有利的实施形式。

提议如此改进上述类型的连铸结晶器, 即在浇注方向上, 冷却介质通道的宽度按照结晶器高度上的热流截面形状在结晶器入口与结晶

器出口之间缩小。

用宽度表示通道壁延伸量，这种延伸走向（基本上）沿着热的板内壁。在这种情况下，冷却通道的横截面最好成矩形。也可以设想到椭圆形形状。

- 5 根据本发明，在结晶器板壁和结晶器水之间的相界面从结晶器入口向着结晶器出口缩小。

根据第一实施形式，在浇注方向上，冷却介质通道的宽度按照在结晶器高度上的热流截面形状的一阶近似函数从结晶器入口向着结晶器出口缩小，其中一条冷却介质通道或相邻冷却介质通道的界线或界面不平行延伸。

10 根据第二实施形式，冷却介质通道的宽度在浇注方向上按照一阶近似函数成线性缩小，其中一条冷却介质通道或相邻冷却介质通道的界线或界面不是平行延伸，而是相互成一个锐角地延伸。

这意味着，一条冷却介质通道的各自宽度在结晶器高度上线性缩小，其中横截面成矩形的相邻通道的界面以规定角度分开，或者在一个平行于冷却板表面地与通道的公共中心相交的截面上看地，横截面成椭圆形的相邻通道的线相互间形成一个规定角度。

15 根据一个特别优选的实施形式，如此形成冷却通道，即在浇注方向上，冷却通道的深度在结晶器高度上从结晶器入口到结晶器出口地增大。

深度指这样的冷却通道尺寸，即在计算面积时于宽度有关地需要这个尺寸。

因此，按照一个特别优选的实施形式提议，根据宽度减小程度，在结晶器高度上的深度增大程度相应变化，一条冷却通道的各横截面的大小从结晶器入口到结晶器出口地保持不变，因而，在结晶器入口与结晶器出口之间的冷却水通道中的冷却介质流速是不变的。

20 根据在结晶器入口和结晶器出口之间的冷却通道的不变阻力，冷却水流速保持不变。

水箱最好用于给开设于结晶器壁板内的冷却通道提供冷却水。在这种情况下，水箱出口设置在结晶器入口高度上，水箱入口设置在结晶器出口的高度上。有利的是，水供入口在结晶器入口处设置在浇注液面的上方，而回水口设置在结晶器出口处，以便在其下方生成最

高热负荷的浇注液面区中使未被加热的且具有最大冷却能力或离水蒸发点最远的冷水处于1巴-25巴的压力下。

权利要求7-12包含了其它优选特征。

5 冷却通道可以是冷却缝或孔。冷却缝从板的背对结晶器型腔的那侧起开设于所述板中，冷却缝通过相应成形的导水板被封闭，以便在结晶器高度上调整并形成所需的横截面，其结晶器高度上的宽度从结晶器入口到结晶器出口地匹配于冷却通道走向曲线的宽度变化，即它是缩小的，在与板的背面齐平的情况下，其厚度在结晶器高度上从结晶器入口到结晶器出口地最好相应缩小。

10

附图说明

以下，结合附图来详细描述本发明的实施例，其中：

图1-图4举例表示现有技术；

图5、6表示本发明的例子。

15

具体实施形式

现在，对照现有技术并结合图5、6来举例描述本发明。与图1-图4所示结晶器相同的部件用相同标记表示。

20 分图5a示出了本发明的特点，其中相邻冷却缝29或其分界线不是平行地延伸，而是冷却缝宽度从结晶器入口13.1或浇注液面30到结晶器出口13.2地缩小，因而，通道横截面或界面F(20)与热流密度或热流截面形状成函数关系。同时，通过相应增大冷却通道深度26.2（图5b），冷却水的流动横截面Q(26.3)和进而水的流动速度26.5可以按照一阶近似函数地保持不变。成冷却缝29形式的冷却通道的界面不是相互平行地延伸，而是相互成一个腿脚29.2。在浇注薄板坯时，水覆盖百分比27.2或管道横截面20例如在浇注液面30处最高等于100%并在结晶器出口处最小等于30%。

30 在图5c中，与热流截面形状2.1和再结晶器温度31对照地示出了由此变得均匀的在结晶器高度13上的结晶器热负荷。如图所示，铜板7的热面温度23.2比较低，它有规律地变化，同时，铜板使用寿命延长了。

分图5d示出了用于带有不平行冷却缝的结晶器板(40)的以及用

于夹层方式的从结晶器入口 13.1 到结晶器出口 13.2 的宽侧壁 7 的截面 A-A'-A'' 和 B-B'-B''，所述夹层方式是指结晶器板带有一中间板 41，根据本发明，不平行的冷却缝 29 开设于该中间板中。

如该图清楚所示，尽管在浇注液面区 30 内的水覆盖百分比较高，但流速保持不变，这是因为流动横截面 Q(26.3)通过在结晶器高度上从结晶器入口到结晶器出口地相应增大冷却通道深度 26.2 而保持不变。

分图 5e 示出了在结晶器入口 13.1 和结晶器出口 13.2 处的冷却通道 29 以及导流板 29.1，所述冷却通道的宽度和深度是变化的。

图 6 相对现有技术(分图 6ab)示出了本发明的解决方案(分图 6b)。原则上，所提出的解决方案就带导板 29.1 的冷却缝 29 而言可转变为带冷却孔(未示出)的结晶器，其中孔横截面在结晶器长度范围内可以借助加入锥形柱杆(未示出)来改变。

附图标记一览表

- 15 1-振荡结晶器；2-热流 J；2.1-在结晶器高度上的热流截面形状(热柱)；3-势位落差 U；4-结晶器中心或铸坯中心；5-坯壳；6-渣膜；7-结晶器板，宽侧壁；7.1-结晶器板，窄侧壁；8-在渣和水之间或在热面和冷面之间的铜板厚度；9-结晶器冷却水；10-结晶器冷却水流速，米/秒；11-在结晶器冷却水入口处的结晶器冷却水压力，测量单位为巴；12-在结晶器冷却水出口处的结晶器冷却水温度 T-0，单位℃；13-在拉坯方向或结晶器长度方向上的且平行于浇注速度的结晶器高度；13.1-结晶器入口；13.2-结晶器出口；14-连铸方向及浇注速度，米/分(最高为 15 米/份)；15-总阻力 R-total；16-单独媒介，如结晶器中心(4)和结晶器冷却水(9)如钢水，耐火材料，坯壳，如铜制结晶器板；17-单独阻力 Ri；18-阻力长度 I，单位米；18.1-铜板厚度 I-Cu，热面/冷面之间，测量单位毫米；18.2-渣膜厚度 I，测量单位毫米；19-特定导热率 λ，测量单位 W/K × m；20-管路横截面 F；20.1-质量流公式 $U = \sum R_i \times J$ ， $\sum r_i = (1/\lambda \times F) i$ ；21-铜板(7)/结晶器冷却水(9)的相界，冷面；21.1-铜板(7)、渣膜(8)或坯壳(5)的相界，热面；22-铜/水的界面阻力，Nernst'sche 界层；23-平行冷却缝(26)的铜/坯壳的表面温度，热面；23.1-在结晶器高度上的表面温度的截面形状；23.2-热面，不平行冷却缝的温度；23.2.1-不平行冷却缝 29 的热截面；24-
- 20
- 25
- 30

- 铜/水的表面温度，冷面；24.1-铜/水的表面温度（冷面）的截面；25-铜板温度梯度；26-成在结晶器高度上平行的冷却缝形式的冷却通道；26.1-冷却通道宽度；26.2-冷却通道深度；26.3-冷却通道横截面或流动横截面 Q ；26.4-对应于结晶器高度（13）的冷却通道长度；26.5-流动阻力；26.6-在结晶器入口处的水压；26.7-导水板；27-冷却通道之间间距；27.1-横隔宽度；27.2-在结晶器宽度上的水覆盖百分比，被定义为最大冷却的结晶器宽度减去未直接冷却的结晶器宽度后除以被冷却的结晶器宽度，或者，按照一阶近似函数地别定义为冷却通道间距减去横隔宽度厚除以冷却通道间距，这对应于在质量流公式（20）意义上的管路横截面 $F(20)$ ；28-冷却孔；28.1-柱塞阶段，柱塞；29-冷却缝，柱杆，它们在结晶器高度（13）上不平行地延伸；29.1-导水板；29.2-直线延伸的但不平行的冷却缝（29）的角度；30-浇注液面区，浇注液面；31-冷轧结晶器铜板的再结晶器温度 $T-Cu-Re$ ；32-薄板坯，40-150 毫米厚；33-标准板坯，厚 400-150 毫米；34-板坯厚度，铸坯厚度；34.1-150-40 毫米的薄板坯；34.2-400-150 毫米的标准板坯；35-浸入水口 SEN；35.1-结晶器润滑粉末；35.2-连铸渣；36-钢水流；37-铸坯；38-水箱；38.1-水供入口，水箱出口；38.1.1-冷却水从水箱（38.1）到冷却缝（26 或 29）的过渡段；38.2-回水口，水箱入口；38.2.1-结晶器水从冷却缝（26 或 29）到水箱（38.2）的过渡段；39-水箱/铜板的紧固螺栓；40-带冷却缝的铜板；40.1-没有冷却缝但有一中间板（41）的铜板；41-带冷却缝的中间板（夹层）；41.1-带冷却缝的中间板（41），它直接构成水箱壁；

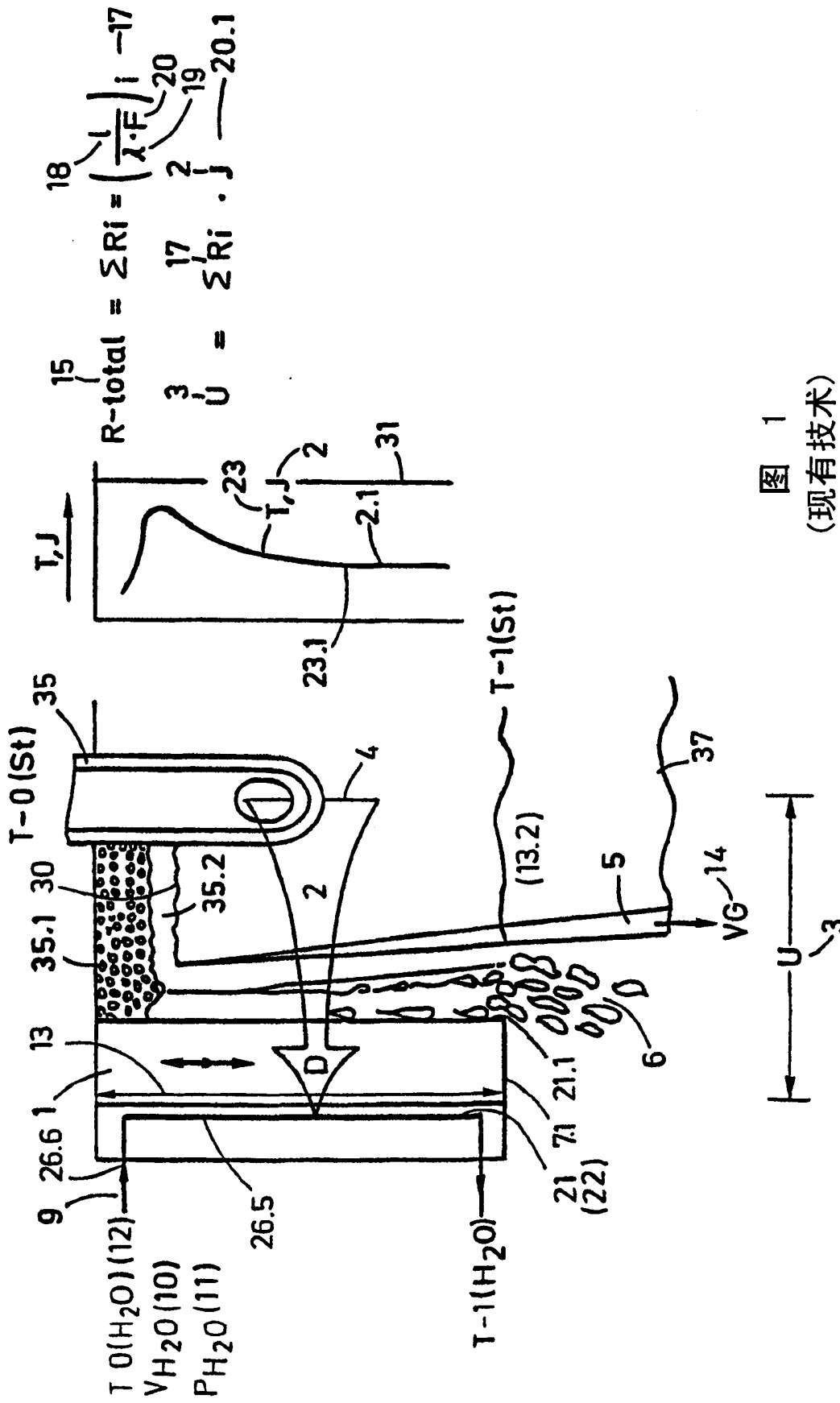


图 1
(现有技术)

20	26.6	27.2	10	2	18.1	18.2	14	34	23
P	F-Form	V _{H2O}	J	l	l-Schlacke	VG	板坯厚	T	
bar	%	m/s	MW/m ²	mm	mm	m/min	mm	°C	
32 薄板坯	12/8	60/40	12/8	2.2/3.2	25/15	0.4/0.2	4.0/8.0	150/40	300/400
33 标准板坯	10/6	25/15	10/6	0.8/1.6	50/30	2.0/1.0	0.8/2.0	400/150	250/350

$$20.1 \quad U = R \cdot J = \sum \left(\frac{l}{\lambda \cdot F} \right)_i \cdot J$$

27.2 ≅ 20 F-Form ≅ 水覆盖率 - Gesamtform in m² (%)

- λ - Stahl ≅ 50 W/mK
- λ - Schlacke ≅ 1 W/mK
- λ - Cu ≅ 360 W/mK
- λ - SEN ≅ 10 W/mK

31 再结晶温度Cu
350-(500)700 °C
根据Cu质量

图 2

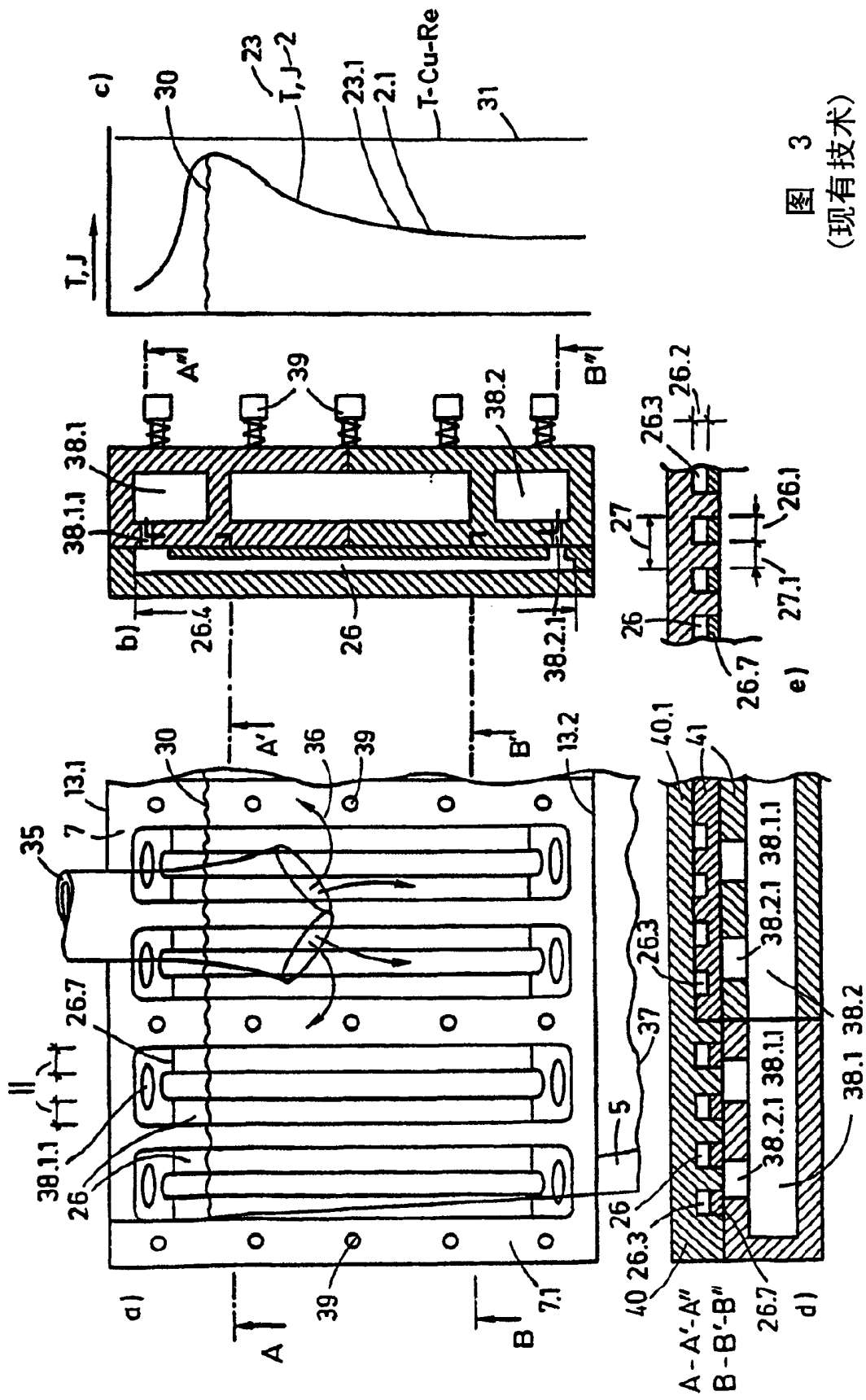


图 3
(现有技术)

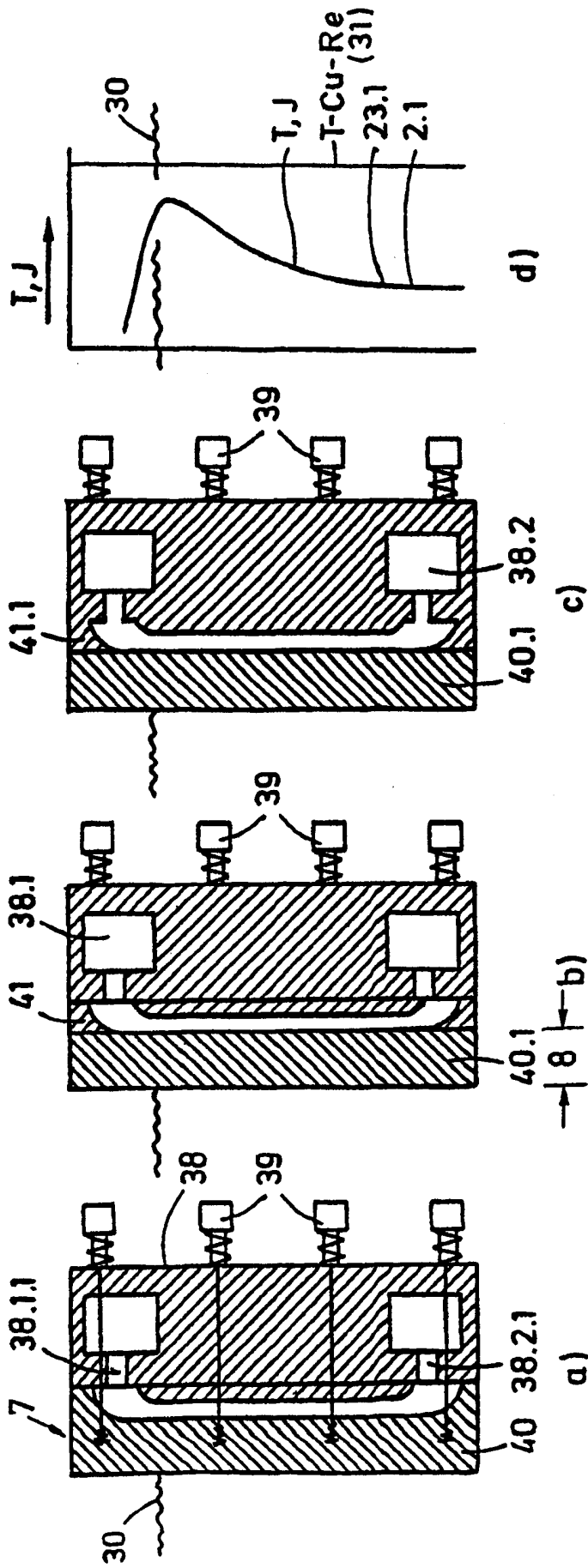


图 4
(现有技术)

