

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B22D 11/01 (2006.01)

B22D 11/124 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480005192.X

[45] 授权公告日 2007 年 10 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 100342996C

[22] 申请日 2004.2.24

[21] 申请号 200480005192.X

[30] 优先权

[32] 2003.2.28 [33] EP [31] 03450060.3

[86] 国际申请 PCT/EP2004/001794 2004.2.24

[87] 国际公布 WO2004/076096 英 2004.9.10

[85] 进入国家阶段日期 2005.8.26

[73] 专利权人 邵和邵莎莫浩夫公司

地址 奥地利里欧本

[72] 发明人 胡波特·莎莫浩夫 彼得·莎莫浩夫

[56] 参考文献

US4510989A 1985.4.16

CN1124681A 1996.6.19

US4751959A 1988.1.21

CN1135388A 1996.11.13

US4955430A 1990.9.11

US5344597A 1994.9.6

审查员 李春华

[74] 专利代理机构 广州三环专利代理有限公司

代理人 刘延喜

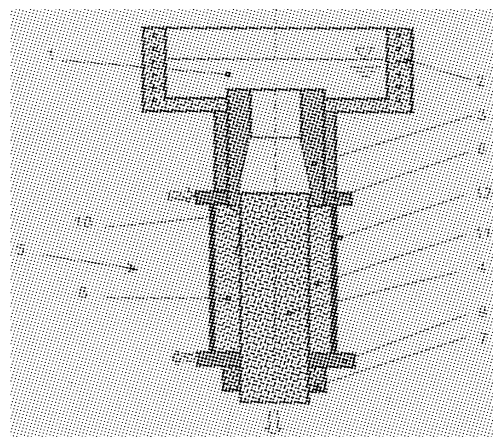
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 6 页

[54] 发明名称

连续铸造方法

[57] 摘要

本发明涉及一种各类金属的连续铸造技术，其利用液态金属或离子液体作为冷却液直接冷却铸坯(4)。根据本发明，冷却液通过至少一个喷射机构(10)直接喷射到铸坯(4)上，且冷却液在该喷射机构内以湍流方式流动。



1、一种连续铸造方法，其中液体金属或离子液体作为冷却液用以直接冷却铸坯（4），其特征在于，冷却液（8）以湍流方式通过至少一个喷射机构（10）用力喷射到铸坯（4）上。

2、如权利要求1所述的连续铸造方法，其特征在于，冷却液（8）可以是铅、锡、铋、镓、铟或其合金。

3、如权利要求1所述的连续铸造方法，其特征在于，在摄氏温度下，冷却液（8）的熔点低于或者等于铸造材料熔点60%的温度。

4、如权利要求1所述的连续铸造方法，其特征在于，冷却液（8）自至少一个喷射机构（10）喷出，并填满位于铸坯（4）表面与环绕铸坯（4）的导管（12）内表面之间的间隙室（11）。

5、如权利要求1所述的连续铸造方法，其特征在于，冷却液（8）沿着铸坯（4）的移动方向流动。

6、如权利要求1所述的连续铸造方法，其特征在于，喷射机构（10）具有圆锥形的喷射形状，其雷诺数效应总计达到至少15000。

7、如权利要求1所述的连续铸造方法，其特征在于，喷射机构（10）具有圆锥形的喷射形状，其雷诺数效应总计超过25000。

8、如权利要求1所述的连续铸造方法，其特征在于，喷射机构（10）包括若干个独立的具有圆形横截面的喷口，其雷诺数效应总计达到至少5000。

9、如权利要求1所述的连续铸造方法，其特征在于，提供氧气或包含氧气的气体到喷射机构（10）冲击铸坯（4）处的上方。

10、如权利要求1所述的连续铸造方法，其特征在于，提供空气到喷射机构（10）冲击铸坯（4）处的上方。

11、一种用于前述权利要求1至10任意一项所述的金属连续铸造方法的设备，包括用以冷却媒介的存储油箱（16），加热元件（17）及油泵（18），导管将存储油箱（16）与用于铸坯（4）的冷却设备（5）连接起来，冷却液（8）经设于导管内部的热交换器（19）从冷却设备（5）回流至存储油箱（16），其特征在于，冷却设备（5）包括至少一个喷嘴，以及一个冷却液收集机构（9、13、15），该喷嘴促使冷却液体（8）直接喷射到铸坯（4）上。

12、如权利要求11所述的设备，其特征在于，喷嘴喷出的冷却液（8）直接喷射到铸坯（4）接近模具（3）出口的位置上。

13、如权利要求11所述的设备，其特征在于，冷却设备（5）包括分别设在铸坯（4）周边或其轨道上的导管，铸坯（4）和导管之间形成围绕铸坯（4）的

间隙室(11)，冷却液(8)填满间隙室(11)。

14、如权利要求 12 所述的设备，其特征在于，在接近模具出口处的位置设有至少一个冷却液分配机构(6)，其与导管(12)结合，导管(12)设置在沿着铸坯(4)的移动方向上距至少一个冷却液分配机构(6)一定距离处，且在导管(12)的末端向上处设有一个第二冷却液分配机构(6')。

15、如权利要求 11 所述的设备，其特征于，该设备进一步设有用以清洁铸坯(4)的清洁机构(7)，清洁机构(7)设在冷却设备(5)的外部。

16、如权利要求 12 所述的设备，其特征在于，模具(3)为绝缘模具。

17、如权利要求 11 所述的设备，其特征在于，喷嘴围绕铸坯(4)排布，并和铸坯(4)之间形成环状缝隙。

18、如权利要求 11 所述的设备，其特征在于，沿着围绕铸坯(4)的环状线设有若干喷嘴。

19、如权利要求 12 所述的设备，其特征在于，在模具出口与冷却液喷嘴之间，设有气体入口，该气体是氧气或者包含氧气在内的气体。

20、如权利要求 12 所述的设备，其特征在于，在模具出口与冷却液喷嘴之间设有空气入口。

连续铸造方法

技术领域

本发明涉及一种各种金属的连续铸造方法，及用于此种连续铸造方法的设备。其中，液态金属作为冷却液用来直接冷却铸坯。

背景技术

有几份现有技术文件反映了此种方法：

第 US 3430680A 号美国专利公报揭示了一种冷却方法，该冷却方法设有一垂直导向的导管，冷却液因重力而经由导管流动。一喷嘴居中插入所述的导管之中，为避免液体与液体接触面产生的任何剪切力或者其他干扰，待铸造的金属系呈液体状态并以与冷却液相同的速度通过该喷嘴。待铸造的金属自接触面朝向铸坯的中央区域开始凝固，且最终硬化至足于自冷却液中分离。除了要使成为液体流中的两个组成部分的两种单独的液体以完全薄片状态流动并且达到完全相同的速度而存在巨大的困难外，冷却效果更确实因为此种原因而相当不佳。

第 US 3874438A 号美国专利公报揭示了一种液态金属的冷却槽，其中液态金属的表面系位于（给定外形的）坩埚的出口之下。温度的状态是非常巧妙的，在进入冷却槽之前不久，熔料在坩埚的出口区域达到其凝固点。该冷却槽设成为圆柱体形状并通过圆柱体周壁的热传递而冷却。专门的设备，亦即所附加的冷却液收容器，被设置为用来将冷却液表面保持在选择的高度。在坩埚的出口区域保持凝固点的温度是非常困难的，必须要考虑到铸坯在其横截面的绝大部分之上仍然呈液体状态，热量因为凝固而自由地释放，且顺着铸坯的冷却进程因为冷却液温度的越来越高在铸造过程期间始终在发生变化。

第 US 5344597A 号美国专利公报揭示了一种从液体状态制造薄片钢板的相当复杂的方法。熔化铸件薄片放置于由熔化的金属（如铅）组成的冷却液的表面中，自冷却液上漂移至辊轧床，并在辊轧床里被保持、导引以及被移开。冷却液仅仅进入接触到铸件较低的一侧。冷却液从熔室的表面区域传递至冷却器并通过水泵

返回到熔室的底部区域。因为只有单面冷却，冷却液位于铸件的下面，以及薄片钢板相对于冷却液的表面作平行移动，所以热量传输及因此产生的冷却是相当不佳与不均匀的，而导致产品的应力及扭曲。

第 US 495430A 号美国专利公报揭示了一种类似的方法，其主要的不同在于，液态的金属（钢水）是怎样被引到铅之上以及怎样被输出，该铸造过程是与此相同的并且具有同样的缺点。

第 US 4510989A 与第 US 4751959A 号美国专利公报分别揭示出两种十分近似的设备与方法。其分别揭示：表面具有薄固体层的熔化铸件，被引入包含熔化金属的冷却室中并顺着弓形轨道移动。该冷却室的容量远远大于浸入其中的铸坯的体积，因而该方法需要大量的冷却液。该冷却液，在其最佳状况下，被设置于容器底部上的循环水泵任意地搅动。重要的问题因冷却液的巨大表面区域与产生于熔室内不同程序的危险蒸汽及气体而产生。另一个问题伴随着下面这个事实而产生，即铸坯不得不成型为弯曲的形状，然后再重新成为细长的形状。如此将产生结构性的问题并在最终产品上导致品质上的缺陷。

第 US2363695A 号美国专利公报提供了一种不错的思路，熔化材料，大多数情形下即是钢，通过绝热的 U 型导管注入喷嘴之中，该喷嘴是朝上设在充满作为冷却液的液态铅的容器之内，然后垂直朝上流出。冷却液没有被搅动地保持于容器内，因而仅仅随着铸坯运动以及因为温度的差异而产生的对流运动，这即意味着并没有激烈地运动。此种情况，与铸坯的伴同移动，以及铅因变热而产生的上升，产生均衡冷却与长时间循环运行的问题。

第 US 863161A 号美国专利公报揭示出通过两个步骤的导管铸造技术：第一步，水冷式模具用来在铸坯的表面产生固体金属薄层；第二步，铸坯顺着弯曲的轨道经由直接与液态金属接触而进一步冷却。该液态金属保持在围着铸件的环状裂口里且通过水间接地冷却。除了模具环形而产生的问题，还同时存在着因复杂的热传递而产生的均匀性问题，即热量从熔化的中心通过固态的表面区域到达作为冷却液的液态金属，进而进入模具的周壁及在周壁的管道中循环的水中。而通过这种设置达到明确规定及均匀冷却的计划几乎是不可能的。

第 US 3128513A 号美国专利公报揭示了一种以熔盐作为冷却液的铸造方法。为此，铸坯相较于冷却液具有更高的密度以沉入容器的底部。铸坯内部的液体压力系用来形成铸坯的横截面。但如此也将产生许多的问题甚至是极大的危险，

如熔化金属的突然爆发等等。冷却液通常没有任何搅动地保持在容器的底部，在某些具体的实施方式中，关于铸坯的可移动模具会被使用，此时铸坯的表面与冷却液的接触是受到妨碍的。

第 JP 62101353 A 号日本专利公报揭示出一种管道铸造的传统方法。为正确及平滑地形成内表面，中空型芯插入到喷嘴。为了防止水与熔化金属的直接接触万一发生意外时发生任何危险（涌流爆发），中空型芯于其内部通过熔化金属代替水来进行冷却，因而铸坯与液态金属之间并没有直接的接触。

通常来讲，连续铸造技术的引进是一种非常有效的半成品的生产方法。产品是热轧锭铁、挤压钢坯、条板与电线，有时也可以是管道，更进而是锻造原料，极少情况下也可能是预触变材料。铸造材料则是铝、铜、镁、镍以及他们的合金如同钢一样。大量影响铸造程序的参数已导致许多的不同模具设计的发展。

通常，铸造熔料间接地通过模具冷却，直至其凝固成足以承受模具出口产生的压力及足以抵抗液态铸造熔料的爆发的壳体。铸坯于模具出口后的很短距离直接通过水进行冷却，被理解为正如薄膜冷却或喷淋冷却或者具有水与气体的两阶段冷却。直接冷却阶段是确保铸坯液态型芯的凝固。有时候第二冷却阶段后还有第三冷却阶段，即浸入水容器中或者通过流动气体温和地冷却。

该方法不同于在模具中的间接冷却阶段及其接下来的通过水或水与气的直接冷却阶段，是现有技术。但是此种冷却思路的缺点在于，模具与铸坯之间的摩擦力会造成新成型表面的损害。而且，因为凝固收缩的结果而在模具与铸坯之间产生的气隙，进而导致铸坯壳体的重复加热，也是不利的。这两种情况将导致产生对连续铸造铸坯的表面下层有重要影响的缺陷，例如表面缝隙，比如摩擦力过高的情况下，隔离与凹室的大小不同，壳体弯曲度等。无论如何，铸坯的表面下层与其中心非常不同，因而不得不特别地从热轧锭铁分离开来加工。这意味着有必要附加一个工艺步骤，从而导致成本的增加。一种降低表面下层厚度的方法是采用润滑剂。许多不但采用润滑剂而且采用润滑剂/气体混合物以降低模具中的摩擦力与热散发的不同的润滑系统已经设计出来，但是完全消除表面下层是不可能的。另一种方法是减小模具的长度以便减小铸坯表面下层的厚度，但这将需要一个更好的并且因而成本更高的工艺控制系统。

为单晶体产品制造的目的，一种热模具被用于所谓的 Ohno 连续铸造制程（OCC）中。为防止晶核在模具周壁上形成并确保轴向的凝固，模具的温度远

远高于铸造材料的熔点。关于该制程必要的热传递是通过在距模具出口明确界定距离之唯一位置的直接冷却而实现的。经由该制程制造出来的铸坯通常是具有光滑表面的单晶体。但是，单晶体的制造并非通常连续铸造制程的目标，因为制造出来的铸坯应当经由轧制、挤压或锻造或其他具有各向同性特性的冷加工或热加工制程而得到。

在这两种方法之间（即通过冷模具铸造与通过热模具铸造），存在与绝热模具共同作用及仅仅通过直接冷却方式进行冷却的可能性。当在正确的制程参数情形下运行时，这也有希望得到一个光滑的、没有表面下层的铸坯。但是因为活动的模具的长度非常短，该方法要求一个相当迅速、精确的制程控制系统。

大多数描述的方法具有一个共同的特性，即利用水作为冷却液，基于表面温度与冷却水的供应量，将导致于冷却的表面产生或多或少的蒸汽膜。这将导致在直接冷却阶段产生非常强的可变化的热传递系数。依赖于致冷的理念，铸造材料的特性、铸坯表面的粗糙度、水供应量与水的周转率，以及水的温度，均是决定性的。但是这些参数将影响热撕裂、表面缝隙的发展以及可能的铸件等级。因为参数在铸造过程中是可能变化的，产品的质量也可能改变。

第 EP 063832 号欧洲专利公报揭示了一种关于探针“铸造”的概念，系于模具中凝固因而实际上没有真正的铸造程序，甚至不能算是连续铸造方法。

第 DE 4127792 号德国专利公报揭示了一种将有疑问的探针置入具有特定几何特性的预加热模具中，此时将形成一特别的凝固形状。这确为一种铸造方法，然而却与连续铸造方法无任何关系。

正如人们可能看见，一种能避免所提到的诸多缺点却没有失去已知方法的各种优点的，简单、可信赖的连续铸造方法及其设备存在着巨大的利益。

发明内容

为达成本发明之目的，本发明打算利用一个或多个液态的金属或离子的喷射流或液体流作为一种剧烈流动的冷却媒介以及一种具有优越性的绝热模具。这样将确保没有水蒸汽膜存在于铸坯的表面。并且冷却液在被以既定的方式处理后，将以既定的模式击打铸坯，如此保证了冷却的性能与特性可以被很好的事先限定并且可以控制。

离子液体或者被标识的液体是一种盐集合物，这种盐集合物由有机阳离子与

构成其大部分的无机阴离子构成，具有低于 100 摄氏度的熔点。他们很可能被用在本发明中，只要它们在本发明制程的最高工作温度时不分解或者在给定的环境中不与铸坯产生反应。以下的描述在大多数情况下并不明确提及它们，但是当使用“熔化金属”或“冷却液”或类似用语时，则总是包括它们在内。

模具中更适宜包含一种绝热模具，这样能够使铸坯的壳体在模具出口的几乎邻近区域凝固。如此将有能力防止许多的表面缺点及不希望产生的表面下层。凝固是在直接冷却的影响下形成。直接冷却是利用在铸造金属或合金的凝固温度以下呈液态状的液态金属，例如铅、锡、铋、镓、铟或他们的合金以及其他液态金属或液态合金。

在连续铸造中利用液态金属直接冷却的特点保证了不断的持续冷却行为，在需要的情况下，可同时阻止新形成的铸坯表面的氧化，以及正如完全利用水作为冷却液的结果一样而消除爆发的危险。而且，热撕裂或者冷撕裂可以通过选择冷却金属以及在冷却器入口与出口的冷却金属的温度来予以消除。制造的铸坯实质上不会产生在传统连续铸造方法中经常发现的众所周知的表面下层。而铸坯的颗粒结构能通过调整冷却液的温度来得到控制。

在某些情况下，常见的例子是在铸造铝或者其他金属时，表面的氧化是非常危险的，因为对于冷却液而言，关于其与铸坯之间的反应及相互作用给出了一个非常明确的界线。这些情况下，空气或者氧气可能被吸入到模具下游的尾部、模具的出口（贝壳状容器）处，而不是喷射流打击铸坯表面的上游位置。一种实现这种状况的简单方法是（当进行垂直铸造时），在贝壳状容器与冷却液分配机构之间设置一较小的环形狭槽，该狭槽与周围的空气接触。如果需要，可以采用更多成熟的设备。

更进一步，将铸造机械连接到辊轧机构是可能的，因为可以调整铸坯出口的温度从而将保证重复加热能量消耗的安全性。在这种类型的方法中使用润滑剂并不是必要的，此将使得该方法更为简单、便宜，但却提高了制造的铸坯的质量，因为已经众所周知的是，润滑剂亦同样与热的铸坯表面相互作用及反应从而导致过多的氢元素与其他的表面缺陷。

作为冷却液的液态金属能够以连续膜、喷射或者液滴的形式直接作用到热的铸坯表面上。冷却液分配装置可以通过围绕于铸坯周边的连续狭槽而得到，而且可以包含角度与铸坯退出方向不同的开槽段。为提高热消退，增加直接冷却阶段

以保证更高的热传递区域从而得到更高可能的铸造效率是可能的。模具本身可以具有任何形状的横截面例如可能是圆柱形或是在铸造方向变得更宽的圆锥形状。对较低的铸造效率而言，通过将冷却液分配机构直接与热的铸坯浸入液态冷却金属的容室中，以得到直接冷却的步骤也是可能的。

一般而言，以利用液态金属作为冷却液的第一步骤间接冷却与第二步骤直接冷却的方式运行传统的模具也是可能的，但是，为防止众所周知的表面缺陷与不均匀同一的表面下层，冷模具的长度不得不非常之短。

利用本发明的连续铸造方法进行垂直及水平（或其他设定角度）的连续铸造是可能的。本发明已成功适用于造、镁及铝的铸造情况显示，如同钢一样，其也能够适用于全部的有色金属与合金。

本发明新的冷却理念的优点包括：更容易的冷却控制，因为相比较于利用水直接冷却和利用不能明确限定的、浸入由液态金属或盐集合物组成的不流动的冷却液里两种方式，本发明的热传递系数基本上是恒定的；如果希望的话，可以做到新形成的铸坯表面没有氧化物；没有表面缺陷的光滑面；没有或者仅有基本上可以忽略的铸造铸坯的表面下层（无机械去除的必要）；通过调整冷却液的温度可以控制颗粒结构；能够通过调整与控制不同冷却阶段的冷却液温度和选择不同的液态金属（或合金）作为冷却液来消除热撕裂或者冷撕裂；可以达到直进式旋转的铸造铸坯以及重复加热能量消耗的安全性；没有必要使用润滑剂；更为容易设计模具。

附图说明

本发明将结合以下的图示作进一步的详细说明。其中：

图 1 是本发明模具的垂直横剖面图。

图 2 是本发明另一实施例的模具的类似剖面图。

图 3 是本发明第三实施例的模具的类似剖面图。

图 4 是本发明第四实施例的模具的类似剖面图。

图 5 是本发明第五实施例的模具的类似剖面图。

图 6 是本发明第六实施例的模的类似剖面图。

图 7 是本发明冷却系统的主要示意图。

图 8 是本发明的铸坯冷却器的主剖视图。

图中：1. 熔料，2. 漏斗，3. 模具，4. 铸坯，5. 冷却器，6. 冷却液分配装置，6'. 第二冷却液分配装置，7. 清洁机构，8. 冷却液，9. 冷却液收集装置，10. 喷射装置，11. 间隙室，12. 导管，13. 冷却箱，14. 冷却液膜，15. 冷却或收集箱，16. 存储油箱，17. 加热装置，18. 油泵，19. 热交换器，20. 惰性气体，21. 温度感应器，22. 温度感应器，23. 流速感应器 24. 压力感应器，25. 退出装置，26. 悬空锯。

具体实施方式

图 1 显示的是一种垂直退出方向的铸坯 4。利用一个完全充满的铸坯冷却器 5，冷却是以一种完全全新的方式进行。在某些方面，该冷却器 5 的运转与化学产业的热交换器相似。熔料 1 从漏斗 2（该漏斗可被加热）注入到模具 3 中，由于铸坯 4 被设置在冷却装置全部长度上的液态金属冷却液 8 冷却，溶料 1 在模具出口处凝固。冷却液 8 填满位于铸坯 4 表面与导管 12 内表面之间的整个间隙室 11，而导管 12 则是环绕着铸坯 4。铸坯 4 的温度在其通过铸坯冷却装置 5 的过程中降低，直到到达移动末端。铸坯清洗装置 7 保证冷却液 8 从铸坯 4 上滑落。

与一般的热交换器不同的是，冷的冷却液 8 注入到铸坯冷却器 5 中，同时由冷却液分配装置 6 分送到铸件形状所需要的地方。冷却液 8 或者通过指向铸坯 4 表面的环状缝隙（其形状依赖于铸坯的形状），或者通过亦指向铸坯 4 表面的顺着封闭路线设置的若干开口或者喷嘴，而离开冷却液分配机构 6。缝隙的变化形成了流动冷却液 8 封闭的、呈圆锥状的壁体，而开口的变化则形成了冷却液 8 的若干喷射机构 10。在此两种情形下，当冷却液 8 离开冷却液分配装置 6 时，其速度应足够高以形成激烈的流动（湍流）是十分重要的。原因在于，相较于层流而言，湍流在法向（远离铸坯）到流动方向上具有大得多的热传递能力。

如图 1 所示情形显示在距冷却液分配装置 6 的某段距离外，在壁体或者喷射装置 10 在他们的媒介中移动的情形下，被下面将述及的油泵推动而做循环运动所造成的铸坯 4 的移动与冷却液 8 的移动相互结合，克服了喷射装置 10 或壁体以及在冷却液 8 中因它们而引起的流动模式。

自模具出口到冷却液收集装置 9，冷却液 8 自热的铸坯 4 中吸取热量因而变热。冷却液收集机构 9 保证了所要求的冷却液顺着铸坯 4 的周边分配。此种程序类型可以得到最高的冷却效率，但在冷却液注入时需要精确的压力控制。

需要说明的是，为了铸坯 4 能够更好地传热，还可以提供氧气或包含氧气的气

体，最好是空气，到喷射机构 10 冲击铸坯 4 处的上方。

为阐释层流与湍流之间的区别，请参阅图 8 所示，在两个同心的、圆形壁体之间具有一个圆形的缝隙，内部的圆柱直径为“d”，外部中空的圆柱的直径为“D”，缝隙的液压直径为“ D_H ”可通过以下方式计算得到：

$$D_H = D - d$$

环形管道与非环形管道的液压直径“ D_H ”，等于具有相同横截面积的圆形的直径。不同横截面形状的液压直径被例示在罗伯特 H. 佩里（Robert H. Perry (Ed.)）的“佩里化学工程师手册”（1984 年第六版）里，请结合参阅该出版物的第 5-25 页与第 5-26 页。如果液体媒介以液压直径“ D_H ”（单位为米）从垂直方向通过缝隙流向图示的平面，其具有的运动粘度 γ （单位为 m^2/s ）与平均速度 v （单位为 m/s ），则所谓的雷诺数效应 Re 可通过以下程式计算得到：

$$Re = (D_H \cdot v) / \gamma$$

层流转换成湍流位置，不仅依赖管道的横截面而且也同时依赖横截面区域的形状。因为雷诺数效应（通过定义而非量度）在环形缝隙的管道的情况下大约超过 12000 时，流动通常是很激烈的。根据本发明，在“壁体喷射”情况下，雷诺数效应将达到至少 15000 且更适宜超过 25000。还需要提到的是，设在冷却液分配装置 6 上的缝隙并非圆柱形状而是呈圆锥形状，但是两者的差异小到足于可以忽略。

在较佳的实施例中，为了改变冷却液分配装置 6 中圆锥状缝隙的宽度，冷却液分配装置 6 包括若干单独的部件，这些部件能够适宜地通过螺丝予以相互调整。如此将使得操作者甚至在运行的期间也可以容易地改变缝隙的宽度从而改变雷诺数效应。

在具有自由直径 d （单位为米）的微小开口或喷嘴的情况下，雷诺数效应通过以下程式界定：

$$Re = (d \cdot v) / \gamma$$

基于明确第二顺序效果的困难，层流到湍流的转换发生在这样的几何状态下，即在 $2600 \leq Re \leq 4000$ 区间内的一点产生。在这种单独的喷射的情形下，雷诺数效应将达到至少 5000，且更适宜超过 7500。

对所有适合使用的冷却液金属液体和离子液体而言，运动粘度可以在数据表或者化学或冶金学的教科书中被发现，速度则通过众所周知的缝隙的横截面积（单

位以平方米计)与每秒钟通过的冷却液的容量(单位以立方米计)而给定。缝隙的宽度(为液压直径的一半)则可以通过这些构造获得。因而,在已经获得这些数据后,对本领域熟练的技术人士而言,获得本发明所使用的湍流量并不存在什么问题。

相较于图1所示的方法而言,图2显示的铸造铸坯4可以被更温和地冷却。铸造熔料1自漏斗2(该漏斗可被加热)注入模具3,且因通过与铸造铸坯4直接接触的冷却液散热,而在模具的出口处凝固。代替导管12的冷却箱13,被设置在铸坯4在移动过程中凝固的区域中。冷却箱13是用来收集热的冷却液。在冷却箱13的底部设置有铸坯清洁装置7,该清洁装置7保证了没有冷却液(从技术意义而言)残存在铸坯4的表面上。“冷”的冷却液通过冷却液分配装置6顺着由铸造铸坯4的形状而决定的铸坯4的周边进行分配。当与铸坯4接触之后,当前热的冷却液向下流到冷却箱13的底部然后通过冷却液出口流出。

图3分别显示一种是根据本发明实现的连续铸造方法及其模具,其具有实质上高于前述图2所示之连续铸造方法的热散发效率。由于两个连续的冷却步骤,可以得到较高的从铸坯4到冷却液8的热散发效率,因而在每一个冷却的步骤中设置各自的冷却液注入。漏斗2(该漏斗可被加热)中的铸造熔料1注入模具3并在模具的出口处凝固。在第一个冷却步骤中,铸坯4上的轴向热传递与图2所示的方法相类似,但通过增加的冷却单元的第二次冷却阶段而得到提高,这与图1所示的冷却装置相类似。

第一冷却阶段所用的设备包括冷却液分配器6,该冷却液分配器6产生冷却液膜14。第二冷却阶段所用的设备包括冷却液分配装置6'及一个附接的导管12,该导管12作为热交换管,这样就保证了较第一冷却阶段更高的热传递。铸坯4通过清洁机构7而将其表面残存的冷却液8去除干净(技术清洁)。一个冷却或者收集箱15将整个冷却装置密封其中。

图4、5、6分别揭示了与图1、2、3所示相类似的设备,除了铸坯的退出方式为水平退出。水平退出的连续铸造技术在该技术领域内已经众所周知,对该领域的技术人员而言,在这种铸造方法中使用本发明并不存在任何问题。需要提到的唯一不同是,液态金属相较在现有技术中大多采用的水具有更高的密度。因而,图5所示的设备和图6所示的第一冷却阶段中所自由采用的冷却液必须被不同地施压至铸坯4的顶侧与底侧。

图 7 所显示的是整个铸造程序的流程图，作为冷却液的液态金属存储于油箱 16 中，该油箱需要在铸造程序开始前通过加热机构 17 加热。液态冷却液被油泵 18 抽取到冷却装置 5。冷却液于冷却装置 5 中从热的铸坯 4 中吸取热量，然后热的冷却液离开冷却装置 5 并在热交换器 19 中散发热量，再此后，冷的冷却液流回到油箱 16 中。热交换器 19 中的热撤退同时具有其他的功能，无论如何，其可以协助保证工厂中能量消耗的安全。冷却油箱 16 以及整个冷却系统需要与空气尤其是氧气相互隔离，此将通过利用惰性气体 20 冲刷油箱 16 与冷却装置 5 而得到保证。在技术领域已知的全部惰性气体 20 均是可用的，因为惰性气体 20 在给出的温度下与冷却液及铸坯材料接触时，保持不活动的状态。当然，在存储油箱 16 与冷却装置 5 中使用同样的惰性气体也是有利的。整个的铸造程序可进一步包括铸坯退出装置 25 与用来切断铸坯 4 为既定长度的悬空锯 26。

为了在冷却机构 5 中得到确定的及可重复的条件，至少在靠近冷却装置 5 中的冷却液的入口处，最好设有温度感应器（TIC）21、22，流速感应器（FIC）23 以及压力感应器（PIC）24。在该整个系统内进一步设有其他的测量点当然也是有益的。

本发明技术内容并不仅仅局限于图示及所描述的具体实施例。

冷却液可以是熔点低于或者铸造材料熔点 60% 温度的液态金属如铅、锡、铋、镓、铟或其合金以及其他金属或合金。而且，利用非金属性的液体，即任何液体媒介，也是可能的，只要该液体在有关温度下不与铸坯材料反应并且在冷却过程中所涉及的全部温度下均保持液体状态。这些液体材料可以是一些有机复合物，尤其是对于低熔点的合金铸坯而言。

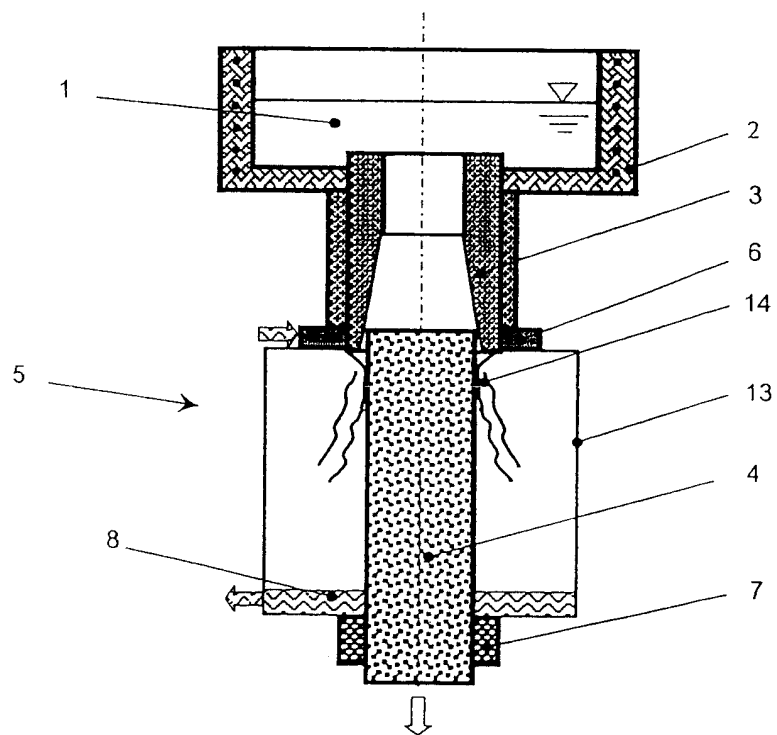
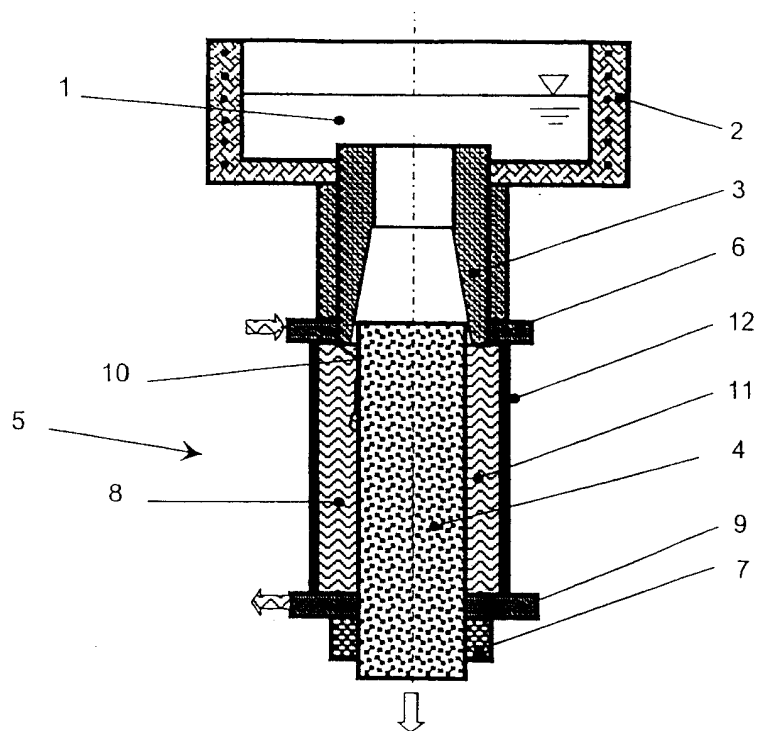
将存储油箱 16 设置在低于模具 3 的位置是不必要的，但是基于安全的理由，最好采用这种设置方式。如果采用另一种设置方式，则油泵 18 与其他的电枢装备则不得不移置到其他的位置，但是这对该技术领域内的熟练技术人员而言，并不存在任何问题。

本发明所揭示的导管 12，油泵 18，电枢装备，感应器 21、22、23、24，冷却装置 5，管道式热交换器以及用于冷却液的其他设备，对于铸造技术领域内的熟练技术人员而言是很容易采用的，无论其是否是黑色金属。

本发明其他的附加特征及优点包括：铸造程序能采用一个或者更多的直接冷却步骤。如果希望的话，利用液态金属作为冷却液可以防止铸坯表面氧化层的形

成。调整冷却液注入的温度以及冷却液的流率，可以获得冷却率的更好控制及因而控制颗粒结构的形成。利用绝缘模具，或者更准确地说是模具中具有较低的热传递，防止表面缺陷以及不均匀表面层的形成。区别于传统方法中利用水作为冷却液，在连续铸造中利用液态金属进行直接冷却，消除了发生爆发的危险，从而巨大地提高了铸造车间的安全性。在这种连续铸造的方法中，使用润滑剂是不必要的。在平行的连续铸造中采用以上所述的任何一种方法均能够使铸造锭铁进行直进式旋转，以保证锭铁重复加热能量消耗的安全性。本发明的方法当其在最优的制程参数（冷却机构不同阶段下的冷却液温度）下运行时，消除了热撕裂与冷撕裂。本发明方法对铸造铸坯的形状以及并行的铸造铸坯的数量没有任何限制。

现时的工厂可以十分容易地采用本发明，目前利用水冷却的冷却系统可以除去而被这个系统所取代。模具本身几乎也不需要作任何适应性的改动。在模具的尾部设置冷却区域是唯一必要的，因而，绝热模具或者非常短的冷模可以被最好地使用。



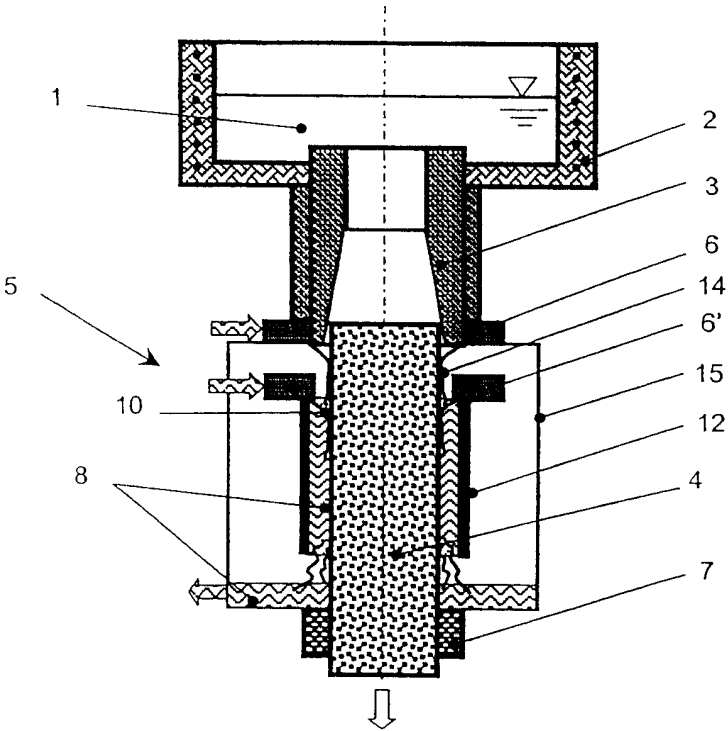


Fig. 3

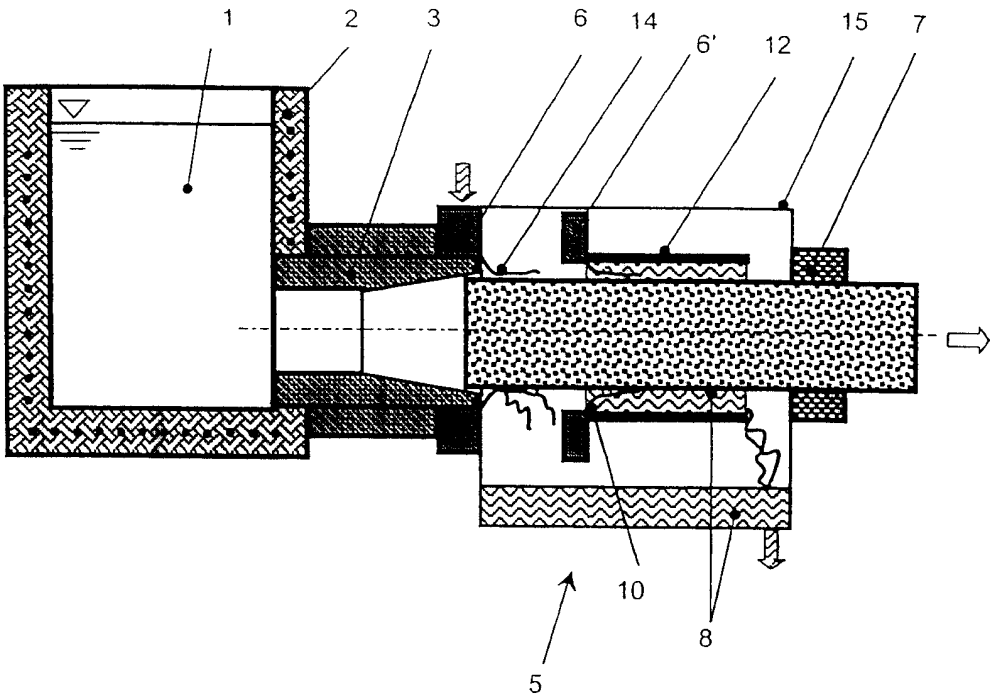


Fig. 6

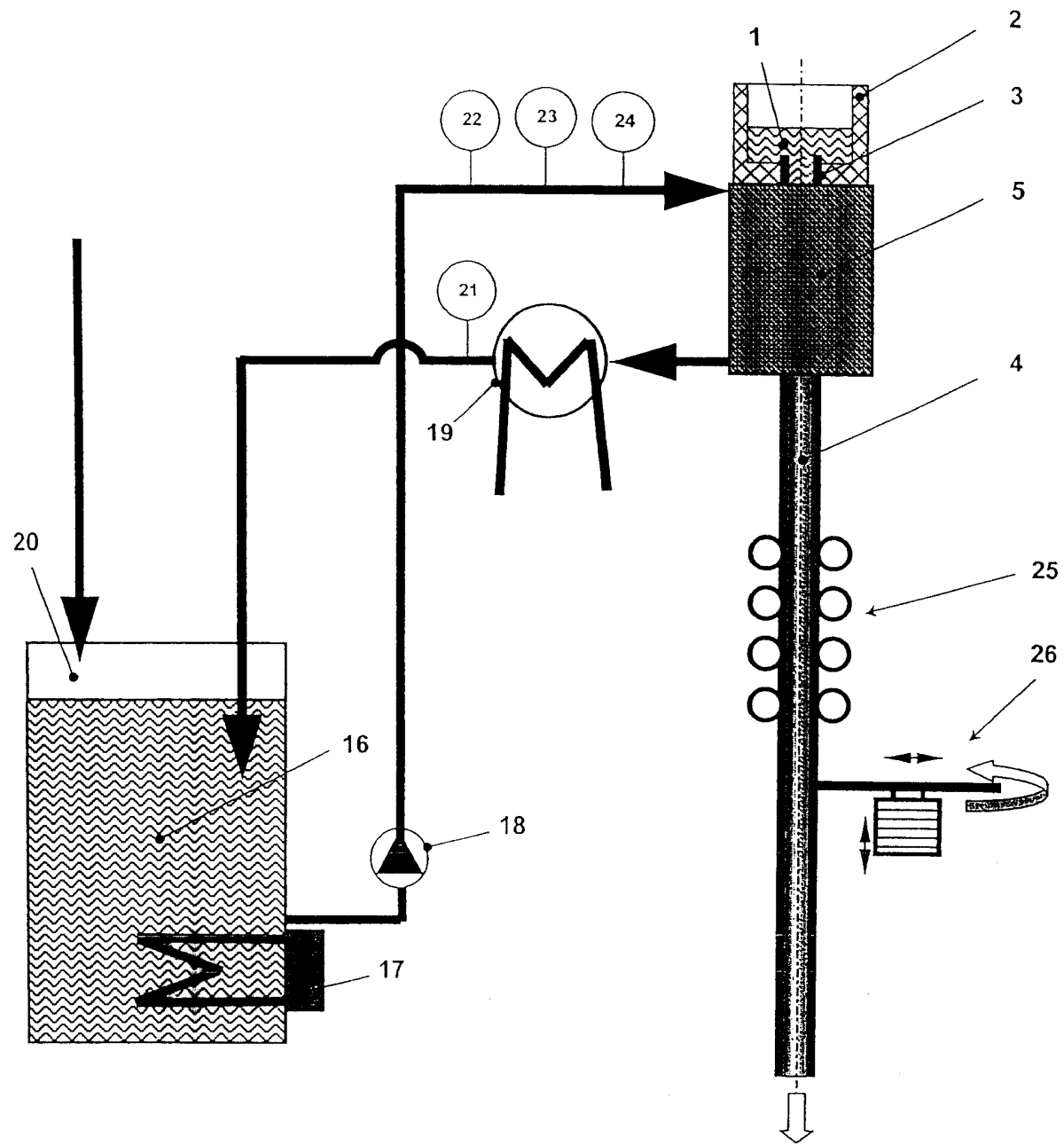


Fig. 7

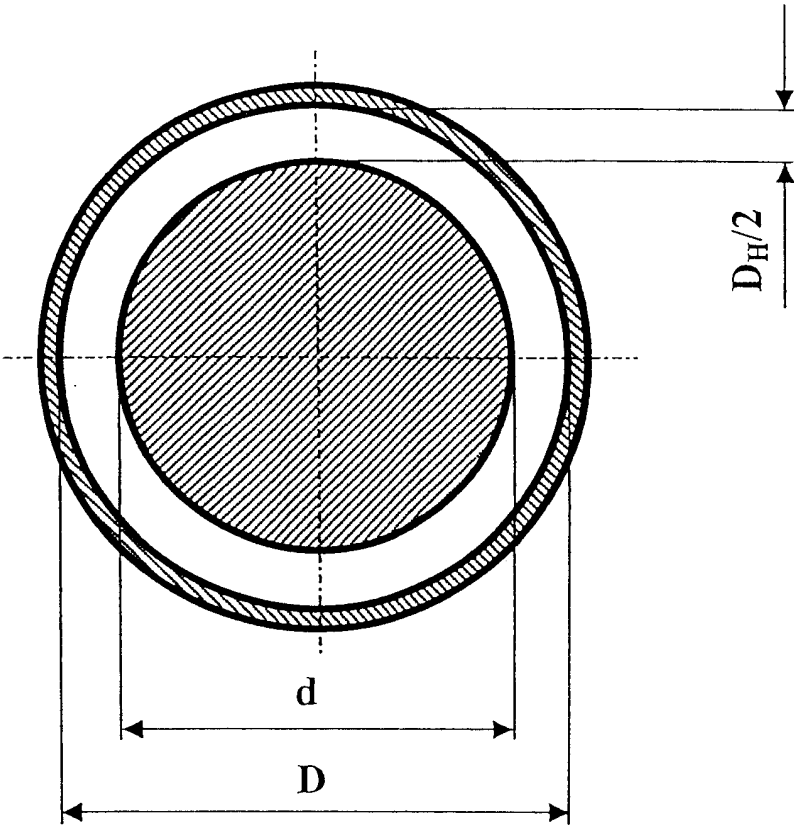


Fig. 8