

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95197585.4

[45] 授权公告日 2002 年 4 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1083308C

[22] 申请日 1995.12.14 [24] 颁证日 2002.4.24

[21] 申请号 95197585.4

[30] 优先权

[32] 1994.12.15 [33] SE [31] 9404370-0

[86] 国际申请 PCT/SE95/01506 1995.12.14

[87] 国际公布 WO96/18469 英 1996.6.20

[85] 进入国家阶段日期 1997.8.8

[73] 专利权人 瑞典通用电器勃朗勃威力公司

地址 瑞典韦斯特罗斯

[72] 发明人 L·安德尔松 J·E·艾里克松

B·何尔登 P·拉尔松 A·勒曼

[56] 参考文献

EP586072 1994.3.9 B22D11/10

EP80326 1983.6.1 B22D11/10

US4957156 1990.9.18 B22D11/10

US5279351 1994.1.18 B22D11/10

审查员 魏屹

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

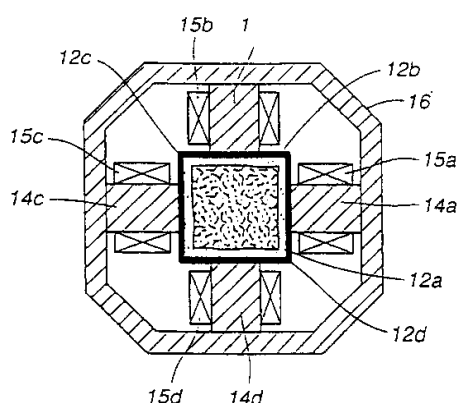
代理人 周备麟 黄力行

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图页数 3 页

[54] 发明名称 用于铸型浇注的方法和装置

[57] 摘要

一种在向铸型中浇注金属的过程中利用两相或多相铸型搅拌器控制铸坯非凝固部分(13)的金属流动的方法和装置,所述铸型的两端沿浇注方向是开放的,所述铸型搅拌器包括两个或多个副搅拌器,每个副搅拌器至少包括一个磁芯(14a、14b、14c、14d)和一个环绕磁芯设置的交流相位线圈(15a、15b、15c、15d),例如箱绕制的线圈。副搅拌器中磁芯与箱绕制线圈以这样的方式设计和布置,即:在铸型内部产生磁场,该磁场在与磁芯等高的位置上主要包括一个垂直浇注方向的磁场强度分量 B_y ,而在与相位线圈等高的位置上主要包括一个平行浇注方向的磁场强度分量 B_z 。通过调整磁芯与弯月面的相对位置,使得通过由熔融金属中产生的感应电流 I 分别和磁场强度分量 B_y 以及 B_z 共同作用来改变作用在弯月面处及其附近熔融金属上的力,从而控制弯月面处及其附近熔融金属的流动。



权 利 要 求 书

1. 一种用于金属浇注过程中控制铸坯未凝固部分的熔融金属流动的方法，所述铸坯在一个沿浇注方向两端开放的冷却铸型中成形，其中通过施加至少一个旋转磁场于铸坯未凝固部分而使其在力的作用下发生搅拌的方法来得到并维持所述未凝固部分中熔融金属的有效且可控制的流动，该力是由磁场场强分量和熔融金属中因磁场而形成的感应电流共同作用得到的，所述磁场利用一个两相或多相铸型搅拌器作用于熔融金属上，所述铸型搅拌器设置在铸型外部并且包括两个或多个副搅拌器，每个副搅拌器包括一个磁芯（14a、14b、14c、14d）和一个环绕磁芯设置的交流相位线圈（15a、15b、15c、15d），在与所述磁芯等高位置处的磁场主要包括垂直浇注方向的磁场强度分量 B_y ，其特征在于，铸型搅拌器的相位线圈（15a、15b、15c、15d）布置得离所述铸型的内壁足够近，因而由铸型搅拌器在铸型内部与相位线圈等高位置处所产生的磁场主要包括了平行于浇注方向取向的磁场强度分量 B_z ，并且通过调整铸型搅拌器磁芯（14a、14b、14c、14d）的位置，使得通过在熔融金属中产生的感应电流 I 分别与磁场强度分量 B_y 及 B_z 共同作用来改变作用在弯月面处及其附近的熔融金属上的力，从而控制弯月面处及其附近熔融金属的流动。

2. 一种按照权利要求1的方法，其中在浇注过程中利用一根插入到熔融金属上表面、即弯月面下方的铸管将熔融金属提供到所述铸型中，其特征在于，相对于所述弯月面调整铸型搅拌器中磁芯（14a、14b、14c、14d）的位置以使其上部边缘位于弯月面（17）下方足够远的位置，从而使得在弯月面处及其附近熔融金属的流动被力的作用所制止，所述力由与相位线圈等高位置处的磁场分量 B_z 和熔融金属中因弯月面附近的磁场而产生的感应电流 I 共同作用而产生，该力的方向和作用力 F 方向相反，所述作用力 F 由垂直浇注方向的磁场分量 B_y 与感应电流共同作用产生并作用在铸型中较下部分的熔融金属上。

3. 一种按照权利要求2的方法，其特征在于，铸型搅拌器中磁芯（14a、14b、14c、14d）的上部边缘设置在弯月面（17）下方大于25毫米的位置，同时铸型搅拌器相位线圈（15a、15b、15c、15d）的前部边缘设置在距铸型壁内表面小于150毫米的位置。

4. 一种按照权利要求2或3的方法，其特征在于，铸型搅拌器磁芯（14a、14b、14c、14d）的上部边缘设置在距弯月面（17）下方25至200毫米之间的位置，同时铸型搅拌器相位线圈（15a、15b、15c、15d）的前部边缘设置在距铸型壁内表面10至150毫米的范围内。

5 5. 一种按照权利要求2或3的方法，其特征在于，铸型搅拌器磁芯（14a、14b、14c、14d）的上部边缘设置在距弯月面（17）下方50至100毫米之间的位置，同时铸型搅拌器相位线圈的前部边缘设置在距铸型壁内表面50至100毫米的范围内。

10 6. 一种按照权利要求1的方法，其中在浇注过程中利用一个自由式顶注口使熔融金属冲击熔融金属的上表面即弯月面进行浇注，其特征在于，铸型搅拌器磁芯（14a、14b、14c、14d）的上部边缘设置得离弯月面（17）足够近，这样利用垂直浇注方向的磁场强度分量 B_y 和熔融金属中因磁场而产生的感应电流 I 的共同作用，产生了作用于熔融金属上的的作用力，使得在弯月面处及其附近的熔融金属得到并维持足够充分的搅拌，与此同时，在与相位线圈等高位置处的磁场强度分量 B_z 穿过弯月面
15 表面而不产生任何与流动方向相反的作用力。

20 7. 一种按照权利要求6的方法，其特征在于，铸型搅拌器磁芯（14a、14b、14c、14d）的上部边缘设置在距离弯月面（17）小于100毫米的位置，同时铸型搅拌器相位线圈（15a、15b、15c、15d）的前部边缘设置在距铸型壁内表面小于150毫米的位置。

8. 一种按照权利要求6的方法，其特征在于，铸型搅拌器磁芯（14a、14b、14c、14d）的上部边缘设置在弯月面（17）下方小于100毫米的位置，同时铸型搅拌器相位线圈（15a、15b、15c、15d）的前部边缘设置在距铸型壁内表面小于150毫米的位置。

25 9. 一种包括两个或多个副搅拌器的两相或多相铸型搅拌器，其中每个副搅拌器具有磁芯（14a、14b、14c、14d）和环绕磁芯设置的交流箔绕制线圈（15a、15b、15c、15d），其中该铸型搅拌器适用于在铸型内部产生一个旋转磁场，而所述磁场与所述磁芯的位置等高，该磁场主要包括一个用于实施按照上述任何一项权利要求所述的方法且垂直浇注方向
30 的磁场强度分量 B_y ，其特征在于，箔绕制线圈的前部边缘距离铸型壁足够近并在铸型内部产生一个磁场，所述磁场与所述箔绕制线圈的位置等高并且主要包括一个沿浇注方向作用的磁场强度分量 B_z ；弯月面与铸

型搅拌器的相对位置在一定范围内的移动量可以改变弯月面处及其附近的熔融金属流动，所述相对位置移动量小于浇注过程中铸型内弯月面位置的可能改变量，因此，无论熔融金属是通过铸管还是通过自由式顶注口注入铸型，都可以获得良好的浇注状态。

5 10. 一种按照权利要求9的铸型搅拌器，其特征在于，所述箔绕制线圈适于利用使所述铸型冷却的装置进行间接冷却。

11. 一种按照权利要求9或10的铸型搅拌器，其特征在于，铸型搅拌器相位线圈（15a、15b、15c、15d）的前部边缘设置在距铸型壁内表面小于150毫米的位置。

10

说明书

用于铸型浇注的方法和装置

技术领域

5 本发明涉及一种在沿浇注方向两端开放的铸型中浇注铸坯时用于控制和分配一个旋转磁场的方法，所述旋转磁场作用于并搅拌所述铸型中的铸坯熔融部分。磁场由与所述铸型相邻设置的一个两相或多相搅拌器提供。本发明还涉及一种用于实施本发明方法的两相或多相铸型搅拌器。

背景技术

10 当一种金属或金属合金、例如钢在一个沿浇注方向两端开放的铸型中用连续或半连续方法进行浇注时，熔融金属是通过开放式浇注法中使用的自由式顶注口或封闭式浇注法中使用的铸管注入所述铸型中。熔融金属通过铸型时被冷却而形成铸坯。在铸坯离开铸型之前，铸坯至少要形成一个凝固的自支撑表面层。铸坯未凝固部分熔融金属的自由流动会在铸坯质量
15 和生产工艺方面带来问题。

可以利用一个两相或多相铸型搅拌器来控制铸坯未凝固部分熔融金属的流动，所述搅拌器提供一个作用在铸坯未凝固部分上的旋转磁场并对其中的熔融金属进行搅拌，从而在该熔融金属中产生感应电流。在感应电流和磁场的共同作用下，形成作用在熔融金属上的力并且使熔融金属旋转和
20 对熔融金属搅拌。

为了获得所需的搅拌力和一个令人满意的金相效果，必须控制和分配熔融金属的运动。因而对作用到熔融金属上的磁场性质和场强分布以及感应电流的强度、密度和方向有具体要求。这些要求因不同的浇注方法而异，例如开放式浇注和封闭式浇注。

25 在封闭式浇注过程中，即当通过一根插到弯月面下方熔融金属中的铸管将熔融金属提供到铸型中时，要求对铸坯的未凝固部分进行足够强度的搅拌以确保所需求的铸件结构的金相效果等，但是应避免在弯月面处的金属产生搅拌和流动。在某种意义上，封闭式浇注指的是带有浇注粉剂的浇注方法，因为熔融金属的上表面通常覆盖一层所谓的浇注粉剂。浇注粉剂具有
30 多种作用，例如使熔融金属的上表面隔热、防止熔融金属发生氧化和其它反应、防止凝固表面层与铸型壁的粘接以及吸收与熔融金属分开的颗粒。因此应避免对覆盖有浇注粉剂的金属表面进行搅拌，以防止将浇注粉剂带入

铸坯中。利用对铸坯熔融部分进行搅拌的现有技术，对于粉末浇注即封闭式浇注方法是很难在对熔融金属进行充分搅拌的同时又做到避免将浇注粉剂带入铸坯中的。

5 在开放式浇注过程中，即当利用一根自由式顶注口使熔融金属从容器、浇包或中间包注入铸型中时，要求熔融金属在弯月面处具有足够高的流速以获得需要的金相效果。当所提供的磁场在弯月面处具有足够高的场强时，可以使熔融金属在弯月面处的流动足够充分。

10 当按照现有技术使用开放式浇注和封闭式浇注方法时，为满足在弯月面处熔融金属流动的上述要求，如德国专利DE-C-38 19 493所披露的，需要使磁场位置沿铸型轴向相对于弯月面具有显著的位移。这种充分的位移通常不能通过弯月面在浇注方向上的位置变化或者通过搅拌器在浇注方向上的位移来得到，所述位置变化指的是在此所述的铸型类型中可能发生的变化，所述搅拌器指的是按照现有技术设计和放置的搅拌器。如果不改变磁场相对于弯月面的位移，则另一个方法是改变通过相位线圈的电流强度。但是，
15 由于在这种情况下相位线圈的尺寸是根据可能通过的最大电流强度而定的，因此会使成本增加。另外，随着电流强度的增大，在粉末浇注过程中浇注粉剂被带入铸坯中的危险也会增大。

20 由于现有铸型搅拌器的实际尺寸和铸型结构所限，在浇注较薄的矩形件、即所谓的薄板坯以及浇注在一定程度上较粗大的铸件、即大方坯的过程中，沿铸型轴向移动铸型搅拌器基本上是不可能的。这样就将磁场相对于弯月面位置移动的可能性限制在弯月面沿浇注方向可能的位置变化上，而这种变化通常小于100毫米。对于按照现有技术设计和放置的同一个搅拌器来说，利用磁场和弯月面之间的相对移动而既能在开放式浇注又能在封闭式浇注过程中获得最佳状态的可能性很小。

25 本发明的一个目的是提供一种控制和分配旋转磁场的方法，该磁场通过两相或多相搅拌器作用于铸型中的铸坯以搅拌铸坯的非凝固部分，从而确保在铸坯弯月面下方一定距离处对熔融金属进行充分的搅拌以得到所需要的金相效果，而靠近弯月面处熔融金属的搅拌可以得到控制和检测，这样在开放式浇注和封闭式浇注过程中使用同一个铸型搅拌器都可获得最佳
30 浇注状态，即在开放式浇注过程中可使靠近弯月面处的熔融金属得到充分的搅拌，而在封闭式浇注过程中这种搅拌又特别受到限制以使浇注粉剂被带入铸坯中的危险最小。

本发明的另一个目的是提供一种用于实施本发明方法的两相或多相铸型搅拌器。

发明概述

在用连续或半连续方法浇注金属时，熔融金属或金属合金，例如钢被注入一个在浇注方向两端开放的铸型中。熔融金属在铸型中冷却，并在通过铸型时形成铸坯。当铸坯脱出铸型时，铸坯至少形成一个凝固的自支撑表面层并且剩余的熔融金属包含于其中。在金属凝固过程中，利用提供的至少一个旋转磁场作用在铸坯未凝固部分上，从而实现和维持所形成铸坯未凝固部分中熔融金属的流动或搅拌。这个旋转磁场利用一个邻近于铸型设置的两相或多相铸型搅拌器提供。铸型搅拌器包括两个或多个副搅拌器。每个副搅拌器包括至少一个磁芯和一个环绕磁芯设置的交流相位线圈，磁芯和线圈以这样一种方式设置，即能够在铸型内部与所述磁芯等高的位置产生一个磁场，该磁场主要包括垂直于浇注方向取向的磁场强度分量 B_y 。按照本发明，铸型搅拌器的相位线圈充分靠近铸型内壁设置并以这样一种方式进行设计，即能够在铸型内部与所述相位线圈等高的位置产生一个磁场，该磁场主要包括平行于浇注方向取向的磁场强度分量 B_z 。同时，沿浇注方向调整铸型搅拌器的磁芯与熔融金属上表面、即弯月面之间的相对位置。按照本发明，无论是利用一根铸管插入到弯月面下方进行浇注还是利用自由式顶注口从弯月面上方直接浇注熔融金属，通过沿浇注方向调整铸型搅拌器与弯月面之间的相对位置，都可以得到和维持对所述铸坯未凝固部分的有效且可控制的搅拌。对本发明的方法而言这是可能的，因为铸型搅拌器与弯月面之间相对位置的微小变化就可导致在弯月面处及其附近的熔融金属流动发生很大变化。当按照本发明的方法控制铸坯未凝固部分中熔融金属的流动时，分别利用了当按照本发明设置和设计磁芯而在与相位线圈以及磁芯等高位置处所得到的不同磁场强度取向。垂直浇注方向的磁场强度分量 B_y 作用于与磁芯等高的位置处，同时平行浇注方向的磁场强度分量 B_z 作用于与相位线圈等高的位置处。当沿浇注方向在铸型搅拌器与弯月面之间相对位置的变化量很小时，由磁场在熔融金属中产生的感应电流分别与磁场强度分量 B_y 和 B_z 共同作用所产生的力的变化很大，并且可从一个磁场强度分量作用的位置转换到另一个磁场强度分量作用的位置。

当本发明用于封闭式浇注过程时，即利用一根插入到弯月面下方的铸管使熔融金属提供到铸型中时，

- 铸型搅拌器中磁芯的上部边缘设置在弯月面下方足够大的距离，最好位于弯月面下方大于25毫米的位置上，同时

- 相位线圈的前部边缘离铸型壁的内表面足够近，最好与铸型壁内表面之间的距离远远小于150毫米，这样，由于沿浇注方向的磁场分量 B_z 与因磁场而在熔融金属中产生的感应电流的共同作用，在与相位线圈等高的位置上产生了作用于熔融金属上的制动力矩，从而使弯月面处及其附近熔融金属的流动被制止。在弯月面处产生的这些力矩与垂直浇注方向的磁场分量 B_y 在熔融金属中产生的搅拌方向相反。铸型搅拌器中磁芯的上部边缘设置在弯月面下方25至200毫米之间，同时铸型搅拌器相位线圈的前部边缘与铸型壁内表面之间保持10至150毫米的距离。这样可使得封闭式浇注、即粉末浇注的浇注状态达到最佳。熔融金属在弯月面处的流动和混流受到恰好在弯月面下方形成的强大制动力矩的限制和控制，同时在铸坯稍微向下的地方保持充分的搅拌。这样在保证搅拌的金相效果的同时，减小了诸如浇注粉剂等非金属物质从上表面进入铸坯的危险。通过设置相位线圈的前部边缘靠近铸型壁，因此在熔融金属中得到与浇注方向平行的足够强的磁场强度分量 B_z ，从而在弯月面下方形成一个足够大的制动力矩。在弯月面下方产生的制动力矩是在与浇注方向平行的磁场强度分量 B_z 和因磁场而在熔融金属中形成的感应电流 I 的共同作用下形成的，所述感应电流在弯月面处是偏离的并主要包括一个Y向分量 I_y 。在弯月面处所形成的体积力（ $F_x = I_y \times B_z$ ）与在铸坯未凝固部分中较下方所形成的体积力方向相反，并在铸坯的这些未凝固部分中产生和维持有效的搅拌作用。由于与设置在磁芯下游的相位线圈等高位置处产生的感应电流不象在弯月面处的电流那样被迫偏离，因此在搅拌过程中不产生大的反向制动力矩。如果弯月面与磁芯上部边缘之间的距离太大，则将相位线圈设置在磁芯上游同样可行。

当本发明用于开放式浇注方法时，即利用一个自由式顶注口冲击熔融金属的上表面即弯月面而将熔融金属浇注入铸型中时，铸型搅拌器中磁芯的上部边缘布置得离弯月面足够近，距离弯月面最好小于100毫米。这样，利用垂直浇注方向的磁场强度分量 B_y 与因磁场而在熔融金属中产生的感应电流 I 的共同作用而产生了力，借助于这些力使得在弯月面处及其附近得到并维持足够充分的流动，同时，与上述相位线圈等高位置处的磁场强度分量 B_z 作用在弯月面附近而不产生与流动方向相反的任何作用力。以同样的方式设置铸型搅拌器中的磁芯和相位线圈，可使开放式浇注的浇注状态达

到最佳。在这种情况下，与弯月面等高位置处的磁场基本上包括了垂直浇注方向的磁场强度分量 B_y ，而在与相位线圈等高位置处并平行于浇注方向的磁场强度分量 B_z 只是位于弯月面的上方或上游而并未作用在熔融金属上时，熔融金属在弯月面处可得到充分的搅拌并且基本上不产生制动力矩。

5 从上述内容可以看出，利用一个按照本发明设置其磁芯和相位线圈的铸型搅拌器，只需要一个相对于磁场的很小的弯月面位置移动量即可改变作用在弯月面上的磁场，这样在开放式浇注和封闭式浇注过程中对于相同的铸型搅拌器，利用沿浇注方向的弯月面位置移动量都可以获得并维持最佳的流动状态，而所述弯月面的位置移动量是在已知浇注设备的正常范围
10 内。

在一个用于连续浇注诸如板坯等较薄铸坯及大方坯的铸型中，当浇注处于稳定状态时，通过改变例如进入铸型的熔融金属的浇注速度和流量等浇注参数，熔融金属的上表面、即弯月面沿浇注方向通常可有小于100毫米的位置移动量。虽然弯月面相对于磁场的这个位置移动量的可能性非常有限，但是当按照本发明设置铸型搅拌器的磁芯和相位线圈时，仍然可以在
15 开放式浇注和封闭式浇注过程中得到最佳浇注状态。在封闭式浇注过程中，磁芯的上部边缘设置在弯月面下方50至100毫米之间的位置，同时铸型搅拌器中相位线圈的前部边缘与铸型搅拌器内表面之间的距离保持在50至100毫米的范围内，而在开放式浇注过程中，铸型搅拌器中磁芯的上部边
20 缘设置在弯月面下方小于100毫米的位置。

一种用于实施本发明方法的两相或多相铸型搅拌器，它包括两个或多个副搅拌器，每个副搅拌器至少包括一个磁芯和一个环绕磁芯的交流相位线圈，在一个优选的实施例中铸型搅拌器中的相位线圈是由箔绕制的线圈，所述箔绕制线圈的前部边缘距离铸型壁足够近，从而在铸型内部与所
25 述箔绕制线圈等高位置处产生一个磁场，该磁场主要包括了一个平行浇注方向的磁场强度分量 B_z ，并且所述箔绕制线圈能利用所述铸型的冷却装置进行充分的间接冷却。

附图简述

下面将参照附图结合一个优选实施例对本发明进行详细的描述。图1
30 和图2分别表示了开放式浇注和封闭式浇注过程中按照现有技术使铸型搅拌器相对弯月面最佳设置时所得到的力矩和磁场强度分布。图3和图4表示带有按照本发明布置的铸型搅拌器的一个铸型。图5表示在开放式浇注过

程中，当按照本发明方法设计和配置铸型搅拌器的磁芯和相位线圈时，在一个沿浇注方向的平面内磁场强度和磁力矩的分布、磁场、搅拌过程中铸型内的感应电流以及由磁场和感应电流共同作用所产生的力，而图6表示了
5 在封闭式浇注过程中的类似情况，搅拌器基本上位于铸型中的相同位置，利用铸型内弯月面位置的可能移动来得到搅拌器与弯月面的相对位置关系。

优选实施例详述

为了利用所提供的旋转磁场对铸坯11的未凝固部分13进行搅拌控制以便获得令人满意的金相效果，应对作用于熔融金属未凝固部分13上的所述
10 旋转磁场的性质和场强分布作具体要求。这些要求因不同的浇注方法而异，例如开放式浇注和封闭式浇注。

在开放式浇注过程中，要求在弯月面17处熔融金属的流动足够强烈。如图1所示，当铸型搅拌器提供了一个旋转磁场，并且该磁场在与弯月面等高的位置或其正下方具有最大磁场强度时，这种搅拌能够实现。对于一个
15 按照现有技术设计和配置的铸型搅拌器来说，这意味着副搅拌器的铁芯140a和140b的中心要布置在弯月面17的下方，而铁芯中心的场强通常与磁场21的最大场强 B_{max} 相同。

在封闭式浇注过程中，对弯月面17处熔融金属的搅拌是相反的，并且所提供的旋转磁场通过将其最大场强 B_{max} 基本上作用在弯月面17下方的
20 位置，从而使得与弯月面17等高位置处的场强受到限制，因此在与弯月面17等高位置处的磁场强度 B 基本上小于如图2所示的最大值 B_{max} 。

按照现有技术提供一个旋转磁场，使之作用在铸坯11的未凝固部分13上，则图1和图2表示了磁场强度分量 B_{Ay} 和力矩分量 M_{Ay} 沿浇注方向的分布，所述磁场强度分量 B_{Ay} 和力矩分量 M_{Ay} 垂直浇注方向作用在Y轴方向
25 上。在图1所示的开放式浇注和图2所示的封闭式浇注过程中，对于使用同一个铸型搅拌器来说，要满足上述弯月面处熔融金属流动状态的要求，需要使磁场位置沿浇注方向相对于弯月面17具有显著的移动量。这种大的移动量不能通过弯月面沿浇注方向的正常位置变化和/或铸型搅拌器在浇注方向上沿铸型的移动来实现。由于受金属连铸设备中的空间限制，利用沿浇注方向移动铸型搅拌器来改变磁场位置的可能性是很有限的。一方面，铸型的支撑和冷却装置仅仅为搅拌器的安放留下了有限的空间，另一方面，
30 铸型搅拌器中通常使用的相位线圈要求冷却装置靠近它们设置，这就进一

步限制了铸型搅拌器中的线圈和其它部分相对于铸型在浇注方向上的移动空间。这意味着在按照现有技术进行的浇注过程中，所提供的磁场具有如图1和图2中的曲线 B_{Ay} 所示的场强分布，磁场作用于铸型中铸坯11的未凝固部分13上，由于空间的关系，磁场不能使弯月面17附近的熔融金属得到充分的搅拌，磁场场强的最大值必须大大高于所需求的值。因为磁场相对于弯月面17的位置调整被局限于沿浇注方向改变弯月面位置的可能性，所以这里的铸型搅拌情形与在现有技术下对铸型进行搅拌的正常情形相同。铸型搅拌器提供一个具有如图1和图2中曲线 B_{Ay} 所示之场强分布的磁场，为了利用该搅拌器得到一个满意的搅拌效果，铸型搅拌器通常是超大尺寸的，以使其能承受较高的电流强度并能向熔融金属提供所述磁场，该磁场在弯月面处具有足够大的场强以在弯月面17处产生需要的金属流动。这样，对于同一个铸型搅拌器，虽然可以使磁场和弯月面17进行正常的相对移动，但是在开放式浇注和封闭式浇注过程中要想提供最佳的浇注状态仍存在许多问题。

在连续浇铸较薄的矩形件即所谓的薄板坯以及在浇注大方坯的过程中，按照现有技术沿铸型轴向移动铸型搅拌器基本上是不可能的，由于铸型搅拌器的实际尺寸和铸型的结构以及弯月面沿浇注方向位置变化的可能性所限，因此通过改变铸型中诸如浇注速度和浇注流量等浇注参数可提供一个弯月面17相对于磁场的位置移动量，该移动量通常小于100毫米。

所述铸型两端在浇注方向上是开放的并具有冷却壁板12a、12b、12c、12d，在向其中浇注金属时熔融金属冷却并形成铸坯11。设置一个或多个铸型搅拌器以在铸坯13的未凝固部分提供一个旋转磁场。图3和图4中所示的是本发明一个实施例的铸型搅拌器，它包括四个与铸型壁板12a、12b、12c、12d相邻设置的副搅拌器。副搅拌器至少包括设置在其周围的铁芯14a、14b、14c、14d和相位线圈15a、15b、15c、15d，并且所述副搅拌器被一个由导磁材料制成的磁轭16所环绕，由此形成一个闭合磁路。

图5表示在开放式浇注过程中，当按照本发明的方法设计和配置铸型搅拌器的磁芯和相位线圈时，在沿浇注方向的平面内磁场强度和磁力矩的分布、磁场、搅拌过程中铸型内的感应电流以及由磁场和感应电流共同作用所产生的力；而图6表示了封闭式浇注过程中的类似情况，搅拌器基本上位于铸型中的相同位置，而利用铸型内弯月面的位置移动来得到搅拌器与弯月面的相对位置关系。由于按照本发明的方法设计和配置铸型搅拌器中

的磁芯14a、14b、14c、14d和相位线圈15a、15b、15c、15d，所以弯月面17沿浇注方向的正常移动即可使其获得相对于14、15这些元件的足够位移量，从而在开放式浇注和封闭式浇注过程中都可以获得能与感应电流22共同产生最佳流动状态的铸型感应磁场21分布。无需改变通过铸型搅拌器线圈的磁场强度基本上就可以得到常规浇注状态所要求的熔融金属流动。为了控制和分配作用到铸坯未凝固部分13上的旋转磁场21的分布和场强，铸型搅拌器的磁芯14a、14b、14c、14d和相位线圈15a、15b、15c、15d按照图3和图4所示的本发明实施例来设计和配置，其中每个相位线圈设计成箔绕制线圈形式。箔绕制相位线圈15a、15b、15c、15d非常紧密，因而只需要通过铸型的冷却回路给予其充分的间接冷却而不用单独冷却。这就使得相位线圈15a、15b、15c、15d的外形和位置相对于铸型具有很强的适应性，从而可获得对线圈15a、15b、15c、15d的充分间接冷却和沿浇注方向磁场强度的分布，因此弯月面和磁场之间沿浇注方向相对位置的较小移动量又可大大影响弯月面处的金属在磁场作用下产生的流动。最好是使弯月面17和磁场之间的相对位置具有足够的移动量，而这个移动量又小于铸型弯月面正常情况下可能产生的位置移动量，对于例如薄板坯或大方坯连铸机，该弯月面的正常位置移动量通常在100毫米以下，从而可使熔融金属在弯月面17处的流动得到充分的改变，由此在铸型的开放式浇注和封闭式浇注过程中都能获得较好的金相效果。将紧密的箔绕制线圈15a、15b、15c、15d用于三相或多相铸型搅拌器中当然也具有同样的优点。按照本发明，这些铸型搅拌器设置在可布置有四个以上磁极的铸型上，从而控制和分配作用于铸型内熔融金属上的磁场。最好是在这种紧密型铸型搅拌器中设置一个磁性反馈装置16、即一个磁轭，以便与副搅拌器的铁芯14a、14b、14c、14d共同形成一个闭合磁路。该磁轭16环绕铸型和副搅拌器设置。

此外，还可从图5显而易见，在封闭式浇注过程中，磁芯14a、14b、14c、14d和相位线圈15a、15b、15c、15d的设置应能使施加并作用于铸坯未凝固部分13上的旋转磁场的磁场强度 B 及分布以这样一种方式受到控制和分配，即使得在弯月面处及其附近的熔融金属流动在一个力的作用下被制止，所述力与由垂直浇注方向的磁场分量 B_y 在熔融金属中产生的搅拌动作方向相反，并且是由在与相位线圈等高位置处因沿浇注方向的磁场分量 B_z 和熔融金属中的感应电流共同作用施加到熔融金属上的那些力形成并维持。在本发明的一个实施例中，副搅拌器每个相位线圈15a、15b、15c、15d

的前部边缘设置在离熔融金属距离小于150毫米的位置。由于铸型壁厚度通常大于8毫米，因此相位线圈的设置最好与铸型壁内表面保持在10至150毫米的距离。另外，副搅拌器的铁芯设置在弯月面下方大于25毫米的位置，优选地在弯月面下方25至200毫米之间。在用封闭式浇注方法浇注较薄的矩形件、即所谓的薄板坯以及浇注在一定程度上较粗大的铸件、即大方坯的过程中，副搅拌器的相位线圈前部边缘最好与铸型壁内表面、即与熔融金属隔开50至100毫米的距离，并且副搅拌器的铁芯14a、14b、14c、14d的上部边缘设置在弯月面下方50至100毫米的位置。

同样，在开放式浇注过程中，磁芯14a、14b、14c、14d和相位线圈15a、15b、15c、15d的设置应能使施加并作用于铸坯未凝固部分13上的旋转磁场的磁场强度 B 及其分布以这样一种方式受到控制和分配，即在弯月面处及其附近的熔融金属流动主要包括由垂直于浇注方向的磁场强度分量 B_y 在弯月面处产生的充分搅拌。在本发明的一个实施例中，副搅拌器中每一个铁芯14a、14b、14c、14d的上部边缘设置在距离弯月面小于100毫米的位置。在用开放式方法浇注较薄的矩形件、即所谓的薄板坯以及浇注在一定程度上较粗大的铸件、即大方坯的过程中，副搅拌器中铁芯14a、14b、14c、14d的上部边缘最好设置在弯月面下方小于100毫米的位置。

说明书附图

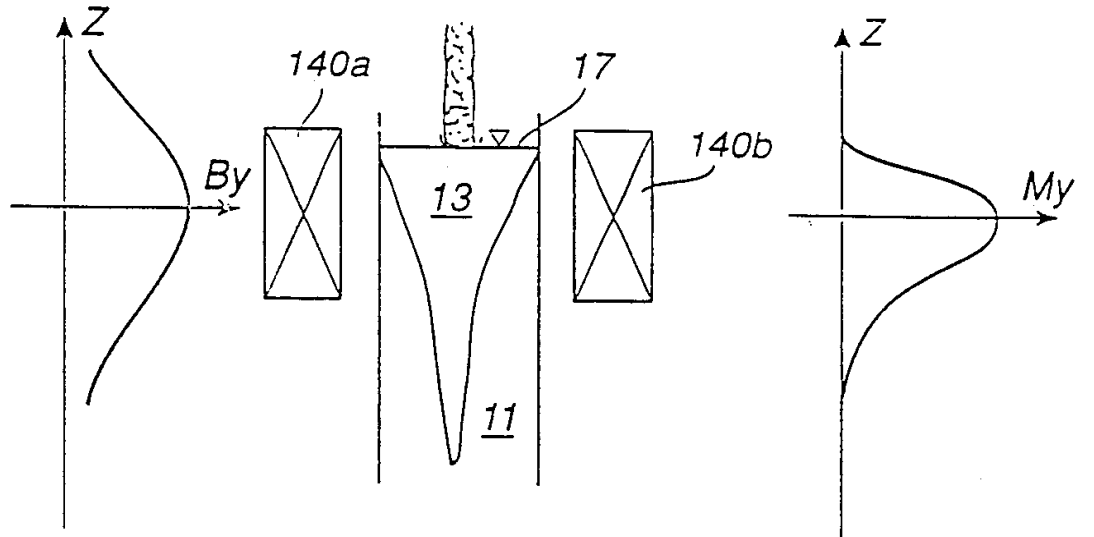


图 1

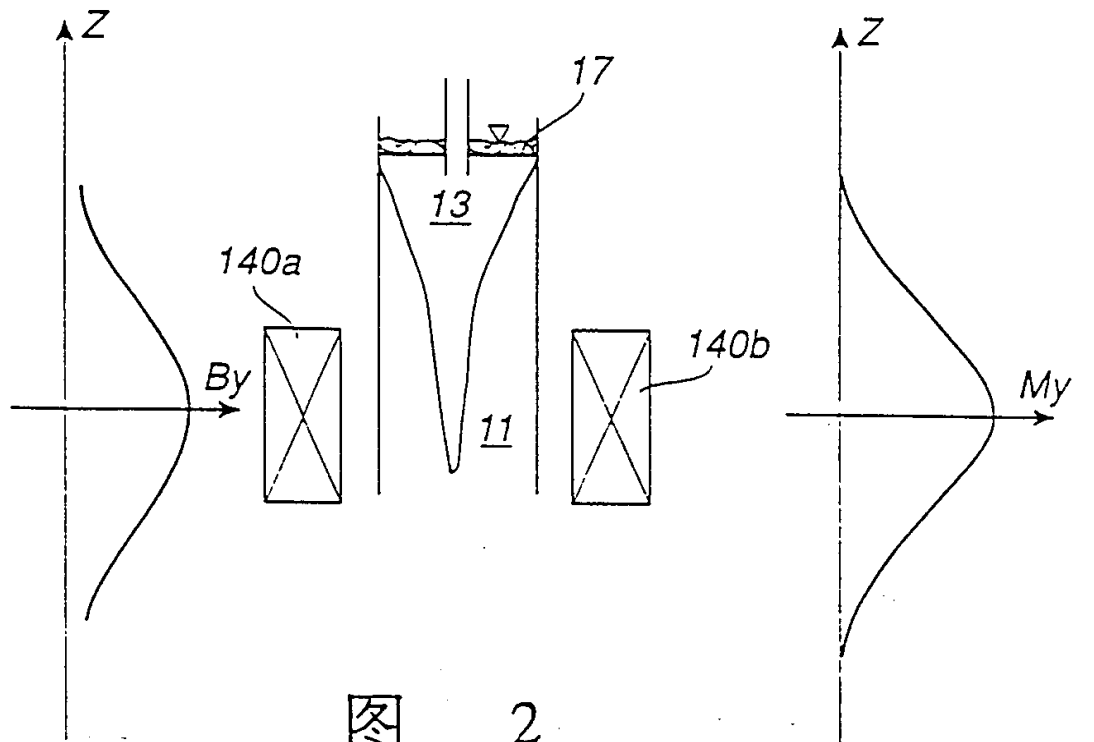


图 2

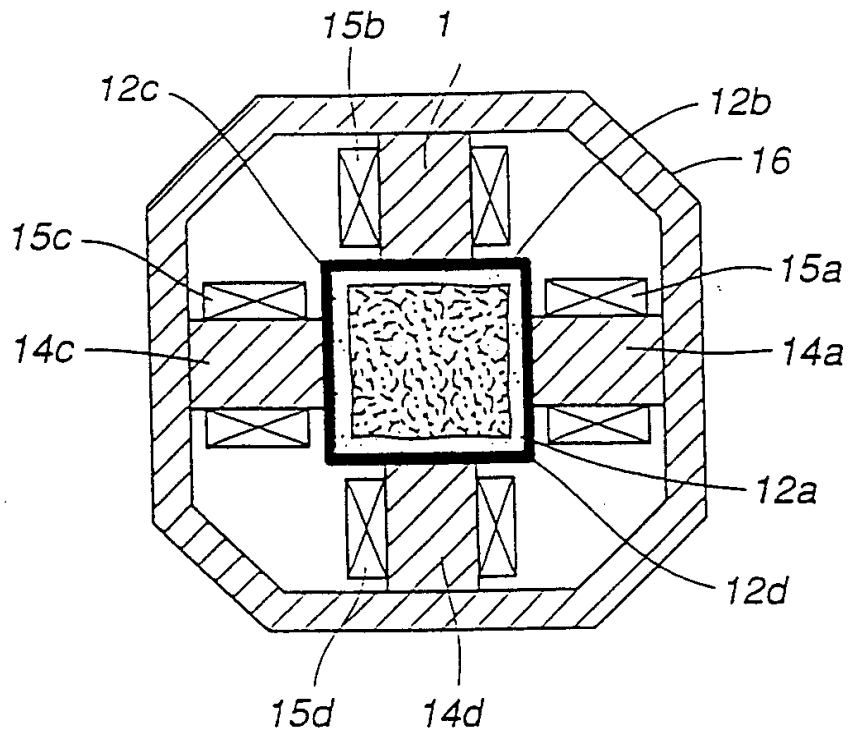


图 3

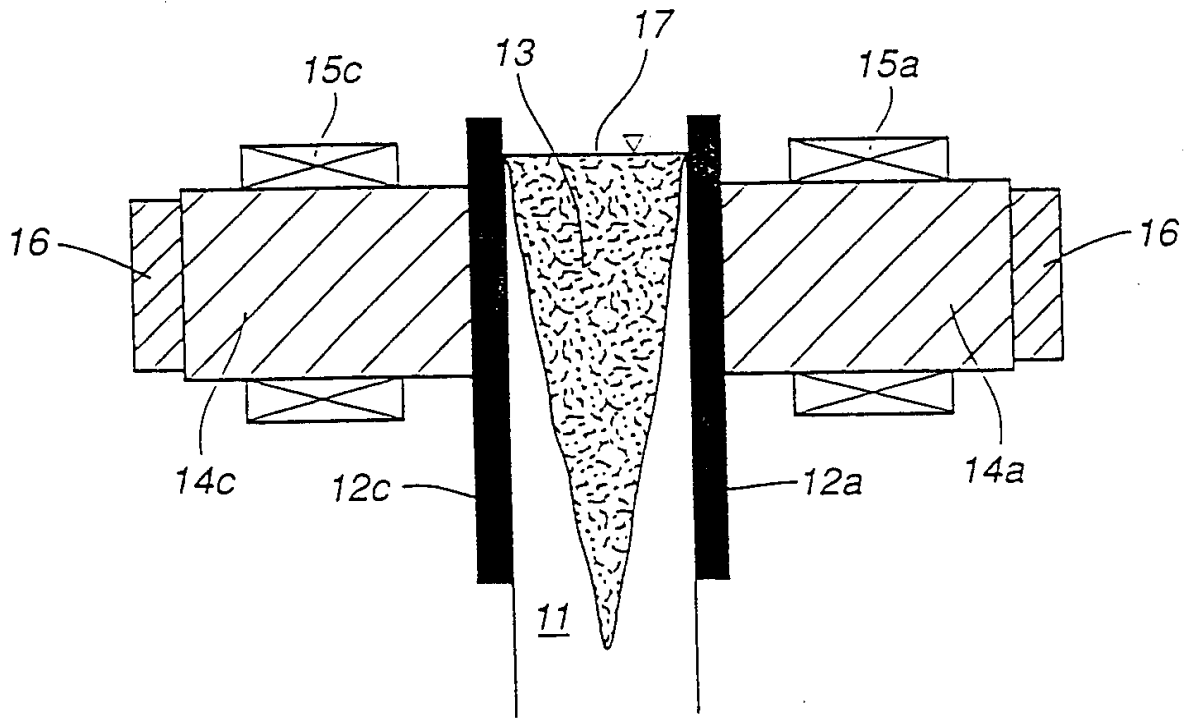


图 4

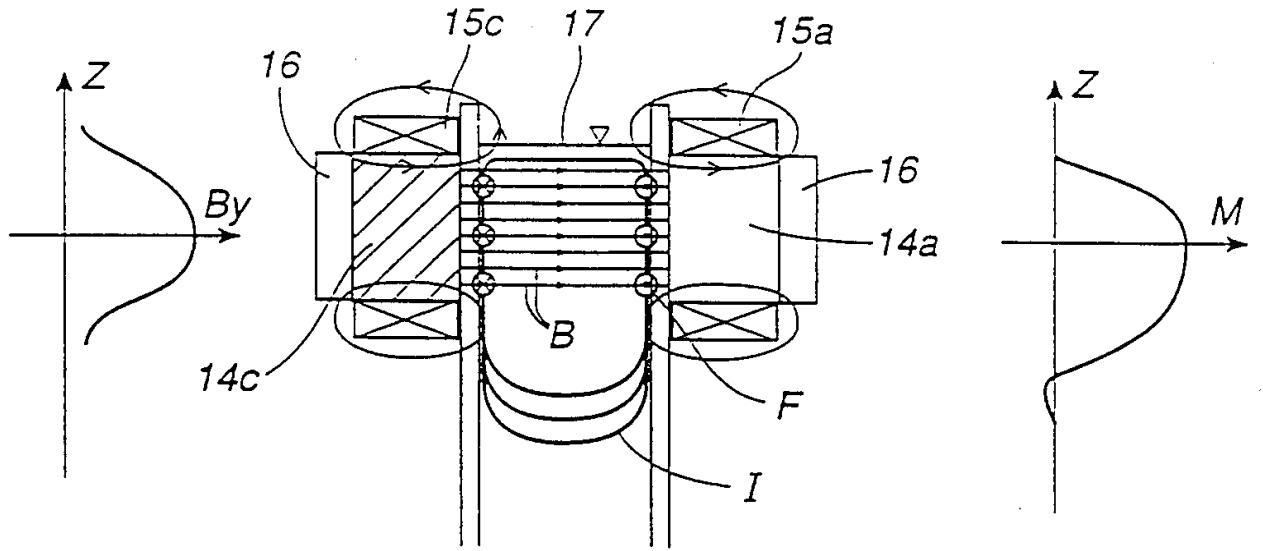


图 5

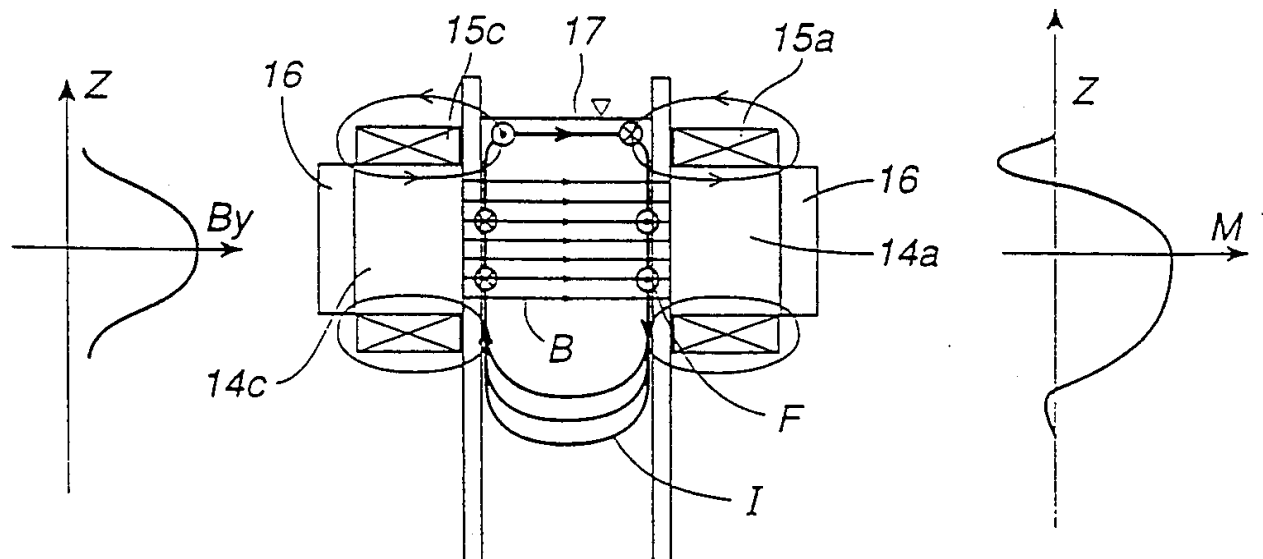


图 6