(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2014 年 11 月 6 日 (06.11.2014)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2014/177052 A1

(51) 国际专利分类号:
B22D 7/12 (2006.01) *B22D 7/10* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2014/076521

(22) 国际申请日: 2014 年 4 月 29 日 (29.04.2014)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201310158841.0 2013 年 5 月 3 日 (03.05.2013) CN

(71) 申请人: **燕山大学** (YANSHAN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号, Hebei 066004 (CN)。

(72) 发明人: **王明家** (WANG, Mingjia); 中国河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号, Hebei 066004 (CN)。 **顾涛** (GU, Tao); 中国河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号, Hebei 066004 (CN)。 **赵红昌** (ZHAO, Hongchang); 中国河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号, Hebei 066004 (CN)。 **周宣** (ZHOU, Xuan); 中国河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号, Hebei 066004 (CN)。 **马千** (MA, Qian); 中国河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号, Hebei 066004 (CN)。 **黄晶** (HUANG, Jing); 中国河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号, Hebei 066004 (CN)。 **刘玉明** (LIU, Yuming); 中国河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号, Hebei 066004 (CN)。

(74) 代理人: **北京三友知识产权代理有限公司** (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市金融街 35 号国际企业大厦 A 座 16 层, Beijing 100033 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ,

[见续页]

(54) Title: INDUCTION HEATING AND ELECTROMAGNETIC STIRRING DEVICE FOR RISER HEAD OF STEEL INGOT

(54) 发明名称 : 一种钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置

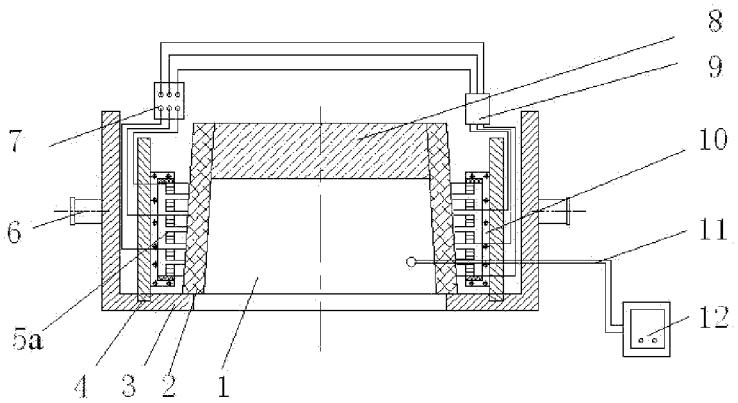


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: Disclosed is an induction heating and electromagnetic stirring device for a riser head of a steel ingot, which can be used for the heating, heat insulation and electromagnetic stirring of a riser head part of a ingot made of ferrous and nonferrous metal material. In the device, induction coils (5a, 5b, 5c) are vertically placed outside a riser head insulating sleeve (2) of a steel ingot, and are connected to a power cabinet (7) via water cooling cables, and magnetic yokes (10) are uniformly distributed outside the induction coils (5a, 5b, 5c) in a circumferential direction. After power on, a magnetic field is formed around the riser head of the steel ingot, and induction heating is conducted on a molten steel at the riser head, so as to compensate for the heat loss of the riser head in a steel ingot freezing process; and at the same time, a metal melt generates the effect of electromagnetic stirring under the action of the magnetic field, so as to form the circulation in which the molten metal at the central part of the riser head of the steel ingot moves upwards, and the molten metal at the side part of the riser head of the steel ingot moves downwards, thereby being beneficial in eliminating gas and impurities in the melt.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2014/177052 A1

BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，可用于黑色及有色金属材料铸锭冒口部位的加热保温及电磁搅拌。该装置在钢锭的冒口保温套（2）外部垂直放置感应线圈（5a，5b，5c），通过水冷电缆连接电源柜（7），感应线圈（5a，5b，5c）外部沿圆周方向上均布磁轭（10）。接通电源后，在钢锭冒口周围形成磁场，对冒口钢液进行感应加热，补偿钢锭凝固过程中冒口的热量损失。同时，金属熔体在磁场作用下产生电磁搅拌的效果，形成钢锭冒口中心部位金属液向上运动，钢锭冒口边部金属液向下运动的环流，有利于排除熔体中的气体和夹杂物。

一种钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置

技术领域

本发明涉及冶金和机械制造业，具体说是一种适用于大型钢锭生产中用于钢锭冒口感应加热及电磁搅拌的装置，通过调节输入到电磁感应线圈的电功率，可对不同尺寸钢锭的冒口金属液进行感应加热及电磁搅拌，减小冒口尺寸，提高钢锭锭身的纯净度。

背景技术

随着重型装备、冶金、火电、核电事业的发展，对大型锻件质量要求越来越严格，大型钢锭作为锻件的原料，其质量直接影响和决定着锻件的质量，特别是大型锻件向超大型化和高合金化发展，这就需要所用锻造钢锭或铸坯也满足超大型化和高致密化的要求。

大型铸锭（包括各类金属材料的各种铸坯）的铸锭工序，液态金属在凝固过程中，需要冒口部位补充大量的高温钢水，以填充铸锭锭身凝固收缩的空间。由于大型钢锭凝固过程很长，在锭身凝固的过程中冒口钢液（包括各种液态的黑色和有色金属，为了叙述方便，统称钢液，下同。）也在散热降温趋向凝固，在钢锭凝固后期，冒口便难以保证有足够的高温钢液完成锭身的补缩任务，为此，工业生产中常用增大冒口比例的方法来延长冒口凝固时间，保证冒口有充足的钢液用于锭身补缩，通常钢锭冒口所占比率增加到 18-25%，虽然此方法能满足锭身的补缩要求，但却显著地降低了钢锭的利用率，不但增加了生产成本，也浪费大量宝贵的资源。

如何在不增加冒口比例的情况下，保证冒口有充足的钢液对锭身补缩，成为钢锭生产中难以突破的瓶颈。目前，钢锭的冒口保温采用低导热率材料，在铸锭浇注完成后，立即加入保温剂和发热剂，使得冒口钢液处于低导热的保温环境之中，这样减少了冒口钢液向周围的热损失，延缓冒口的凝固进程。在此基础上，工业生产中有应用电热冒口者，也有研究者试图通过电弧、等离子和化学方法等加热方法对冒口热量损失进行补偿，进一步延缓冒口钢液的凝固进程，强化冒口的补缩作用。但上述技术存在不足之处，电阻式电热冒口，热量传递慢、可控性差；电弧、等离子加热方式所输入的热量主要集中在加热体附近，加热面积小、热效率低；化学方法加热容易污染钢液。

发明内容

为了克服现有铸锭技术存在的不足和缺陷，本发明提供一种钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，该发明采用感应线圈形成磁场，不仅能对钢锭冒口进行感应加热，降低冒口的凝固速率，提高冒口的补缩能力，同时还能改善金属液的流动状态，促使夹杂物充分上浮，提高钢锭的纯净度。

本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：所述钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，包括底座、支撑臂和感应线圈，底座侧壁的外表面对称设置吊耳。所述底座上用耐火保温材料砌筑成冒口保温套，在冒口保温套外部垂直放置感应线圈，感应线圈通过水冷电缆连接电源柜，感应线圈外部沿圆周方向上均布磁轭，磁轭外侧用不锈钢板进行夹持和紧固，不锈钢板固定在支撑臂上，支撑臂固定在底座的凹槽内，冷却水系统与感应线圈相连接，通入冷却水对感应线圈进行冷却。

本发明中，所述电源柜可以使用三相工频电源（频率为 50Hz-60Hz）。采用六组感应线圈垂直放置在冒口耐火保温材料外部，六组感应线圈的接线方式为三相六组线圈接法，具体为自冒口顶端向下，第一组线圈和第四组线圈串联，第二组线圈和第五组串联线圈，第三组线圈和第六组线圈串联，再通过水冷电缆，分别并联接到三相工频电源的每一相。或者，可以采用四组感应线圈垂直放置在冒口耐火保温材料外部，四组感应线圈的接线方式采用两相四组线圈接法。具体为自冒口顶端向下第一组线圈和第三组线圈串联，第二组线圈和第四组线圈串联，并采用“T”形接法，通过水冷电缆接到三相工频电源。

本发明中，电源柜也可以使用可控硅中频电源（频率为 100Hz-5000Hz），采用感应线圈放置在冒口保温套外部，所述感应线圈作为单相负载，通过水冷电缆连接到可控硅电源柜。

本发明中，所述感应线圈的结构相同，可以由异形截面或者矩形截面纯铜管盘成螺旋状，靠近冒口侧的管壁厚度 d=2mm-50mm，所述感应线圈外表面包有云母带，并涂有绝缘漆。

本发明中，所述磁轭由硅钢片垒叠而成，磁轭的截面形状可以为“匚”形、“I”形或“L”形，其封面不锈钢板与硅钢片接触部分用云母板隔开，磁轭沿圆周方向均匀地分布在感应线圈的周围，磁轭与线圈之间用云母板紧实，以减少线圈振动，避免损坏感应线圈的绝缘层。磁轭主要起磁屏蔽作用，约束感应线圈的磁力线向外发散，既提高了感应加热效率，又可防止锭身铁模被感应加热而升温。

本发明中，所述的底座材质为不锈钢，磁轭与底座之间留有间隙，且在间隙中填充

绝热绝缘材料进行绝缘处理。

本发明中，所述冒口保温套由耐火砖和绝热板组装而成，冒口保温套的壁厚为20mm-200mm，冒口保温套固定在底座上，以确保冒口保温套有足够强度抵抗冒口钢液的静水压力，同时保证冒口保温套与感应线圈之间无铁磁性材料。

本发明中，热电偶包裹在刚玉保护管内，插入到冒口的金属液中，通过导线连接到记录仪，检测记录冒口钢液的温度，反馈冒口部位的降温过程，根据反馈的信息调节电源的输入功率控制冒口凝固过程。

本发明中，冷却水系统为感应线圈提供冷却水，冷却水对感应线圈进行冷却，在出水口设有测温装置，用于测量出水温度，要求出水温度不高于 55℃。

本发明在感应加热过程中所产生的热量基本上是由“热态涡流透入深度”内的金属液产生，而内部金属液的热量主要依靠热传导方式获得，“热态涡流透入深度”越大，感应加热的体积也就越大，而“热态涡流透入深度”与输入到线圈电流频率的 1/2 次方成反比，工频较中频相比，频率低，“热态涡流透入深度”深，加热的体积大，以 1550℃的20#碳钢为例，工频“热态涡流透入深度”为 90mm，中频 500Hz“热态涡流透入深度”为28mm。

本发明中采用工频电源，可采用多相绕组线圈，按照三相六组线圈接法或者两相四组线圈接法接到三相工频电源（电流频率 50Hz-60Hz），接通电源后线圈形成磁场，此磁场类型与中频感应加热的单相线圈绕组形成的磁场类型不同，钢水在此磁场作用下，钢锭冒口中心部位金属液向上运动，钢锭冒口边部金属液向下运动，使得金属熔体内部形成整体的环流，在钢锭冒口中心的上升流的带动下夹杂物充分上浮，这样有利于减少锭身内部的夹杂物，提高钢锭质量；

或者，本发明中也可采用单相绕组线圈连接到可控硅中频电源，在接通中频电源后线圈形成磁场，在磁场作用下，钢锭冒口中心部位的金属液受到挤压向上、下流动，形成分段的环流。由于电磁搅拌力与输入到线圈电流频率的 1/2 次方成反比，采用中频电源搅拌效果较工频电源弱，采用中频电源适用于搅拌效果较弱的的情况。

本发明感应加热过程中的加热、搅拌的强度和钢水的升温速率完全可以由输入感应圈的电源的功率来进行控制。

本发明具有如下有益效果：本发明属于感应加热，在感应加热过程中，热量是由“热态涡流透入深度”内金属液直接生成的体积热，加热体积大，热效率高。通过感应线圈对冒口钢液感应加热，补偿钢锭凝固过程中冒口的热量损失，延长冒口钢液的凝固

时间，保证冒口有足够的钢液对钢锭的锭身补缩，有利于减少冒口所占比例，提高钢锭利用率。钢液中的电磁搅拌力和电源电流频率的平方根成反比，频率越低搅拌力越大，本发明中电源柜采用三相工频电源情况下，采用多组线圈，按照三相六组线圈接法或者两相四组线圈接法接到三相工频电源，接通电源后，熔体内部形成大的电磁搅拌力加速和改变熔体的运动状态，这种运动一方面有利于钢锭冒口中心区域的高温熔体冲刷结晶前沿，促使结晶前沿枝晶的重新熔化，另一方面所产生的电磁搅拌力对生长的枝晶产生机械剪切力，使枝晶折断，这样防止了枝晶臂相互交错、跨接，保证了补缩通道的通畅，有效地免了二次缩孔的形成。采用感应加热，降低冒口钢液的温度下降的速率，为夹杂物上浮的提供了有利的温度条件。同时，本发明采用感应线圈可采用三相六组线圈接法或者两相四组线圈接法连接到三相工频电源，电流频率 50Hz-60Hz，在接通电源后，线圈形成磁场，钢液在此磁场作用下产生电磁搅拌效果，使得钢锭冒口中心部位金属液向上运动，钢锭冒口边部金属液向下运动，形成整体环流，在中心钢液上升流的带动下，促使熔体中的气体和夹杂物颗粒的充分上浮，减少钢液中的夹杂物，提高钢锭质量。本发明中电源柜也可采用中频可控硅电源，电流频率为 100Hz-5000Hz，单相绕组线圈通过水冷电缆连接中频可控硅电源，通过中频可控硅电源方便调节输入到电磁感应线圈的功率及频率，适应不同吨位钢锭的冒口加热保温。

附图说明

图 1 为本发明实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，采用三相工频电源柜（三相六组线圈）的主视图；

图 2 为本发明实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，采用三相工频电源柜（三相六组线圈）的俯视图；

图 3 为本发明另一实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，采用三相工频电源柜（两相四组线圈）的结构示意图；

图 4 为本发明实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置“匚”形磁轭结构示意图；

图 5 为本发明实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，采用中频可控硅电源（单相线圈）的结构示意图；

图 6 为本发明实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置的线圈的异形截面图；

图 7 为本发明实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置三相六组线圈的电路接法示意图；

图 8 为本发明实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置两相四组线圈的电路接法示意图。

附图标号：

1.钢锭冒口，2.冒口保温套，3.底座，4.支撑臂 5a.六组感应线圈，5b.四组感应线圈，5c.单相线圈 6.吊耳，7.电源柜，8.保温剂，9.冷却水系统，10.磁轭，11.热电偶，12.记录仪。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

实施例 1

图 1 及图 2 分别为本发明实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，采用三相工频电源（三相六组线圈）的主视图和俯视图。如图 1 和图 2 所示，本实施例中，钢锭的质量 137 吨，材质为 0Cr13Ni4Mo 不锈钢，浇注温度 1550℃。钢锭冒口 1 重量为 28 吨，冒口下端面直径 2550mm，冒口上端面 2300mm，冒口高度 1200mm。冒口保温套 2 壁厚为 20mm-200mm，在本实施例中为 120mm，在其他实施例中，也可以为 80mm。冒口保温套 2 由耐火砖和绝热板组装而成，冒口保温套 2 紧固在底座 3 上，底座 3 侧壁外表面对称设置吊耳 6。在本实施例中，底座 3 的材质为不锈钢，在底座 3 上放置冒口保温套 2，在冒口保温套 2 的外部放置六组感应线圈 5a，冒口保温套 2 与六组感应线圈 5a 之间无铁磁性材料，如图 6 所示，六组感应线圈 5a 由异形截面纯铜管盘成螺旋状，靠近冒口侧的管壁厚度 d 为 2mm-50mm，在本实施例中可为 20mm。其外表面包有云母带，并涂有绝缘漆，六组感应线圈 5a 中，自上而下，第一组线圈和第四组线圈串联，第二组线圈和第五组串联线圈，第三组线圈和第六组线圈串联，再通过水冷电缆，分别并联接到电源柜 7。六组感应线圈 5a 与电源柜 7 的接线方式为图 7 所示的三相六组线圈的电路接法，线圈内径均为 2850mm，线圈总高度为 950mm，每组线圈之间的间距为 20mm，并且用石棉板夹紧。三相工频电源柜，电流频率为 50Hz，感应线圈额定输入功率 1300kW，感应器额定电压 750V，变压器一次电压 10000V，变压器二次电压 750V。采用 12 组“匚”形磁轭 10 均布感应线圈周围。沿六组感应线圈 5a 圆周方向均布磁轭 10，其中磁轭 10 与底座 3 之间留有间隙，在间隙之间填充绝热绝缘材料。磁轭 10 由硅

钢片垒叠而成，如图 4 所示，磁轭 10 的截面形状为“匚”形，其封面不锈钢板与硅钢片接触部分用云母板隔开，外侧用不锈钢板夹持紧固，通过焊接形式固定在支撑臂 4 上，支撑臂 4 通过凹槽与底座 3 连接。当然，本发明不限于此，磁轭 10 的截面形状也可以为“I”形或“L”形。磁轭 10 沿圆周方向均匀地分布在六组感应线圈 5a 的周围，磁轭 10 与六组感应线圈 5a 之间用云母板紧实，以减少线圈振动，避免损坏感应线圈的绝缘层。冷却水系统 9 与六组感应线圈 5a 连接，热电偶 11 外面包裹刚玉保护管，插入到冒口的金属液中，通过导线连接到记录仪 12，可对钢锭凝固过程中冒口的温度进行测定，并根据反馈的信息调节电源的输入功率控制冒口凝固过程。

在钢锭浇注前，通过吊耳 6，将钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置放置在钢锭模上部，然后浇注钢锭。浇注完毕后，加入保温剂 8，接着开通冷却水系统 9 为本发明的装置提供冷却水，通入冷却水对六组感应线圈 5a 进行冷却，在出水口设有测温装置，用于测量出水温度，要求出水温度不高于 55℃。再接通电源柜 7，使得六组感应线圈 5a 对冒口钢液进行感应加热补偿钢锭凝固过程中冒口的热量损失，并为冒口钢液电磁搅拌，改善了冒口钢液流动状态，促进夹杂物上浮。测温热电偶 11 包裹在壁厚为 5mm 的刚玉保护管内，插入到钢锭冒口钢液之中，在感应加热过程中通过热电偶 11 和记录仪 12 反馈钢锭冒口的温度，通过电源柜 7 调节输入到六组感应线圈 5a 的功率控制冒口凝固过程。钢锭凝固结束后，关闭电源，10 分钟后再关闭冷却水系统 9，通过吊耳 6 起吊钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，再按照正常步骤完成钢锭的起吊和脱模工作。

实施例 2

图 3 是本发明公开的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，采用三相工频电源（两相四组线圈）的结构示意图。钢锭的质量 3 吨，材质为 0Cr13Ni4Mo 不锈钢，浇注温度 1550℃。钢锭冒口重量为 0.5 吨，冒口下端面直径 550mm，冒口上端面 500mm，冒口高度 320mm。冒口保温套 2 壁厚为 80mm，冒口保温套 2 由耐火砖制成，紧固在支撑结构上，底座 3 侧壁外表面对称设置吊耳 6。在底座 3 上放置冒口保温套 2，在冒口保温套 2 的外部放置四组感应线圈 5b，冒口保温套 2 与四组感应线圈 5b 之间无铁磁性材料，四组感应线圈 5b 由异形截面纯铜管盘成螺旋状，靠近冒口侧的管壁厚度 d 为 15mm，其外表面包有云母带，铜管之间涂有绝缘漆，四组感应线圈 5b 中第一组线圈和第三组线圈串联，第二组线圈和第四组线圈串联，并采用“T”形接法，通过水冷电缆接到三相工频电源柜 7。四组感应线圈 5b 与电源的接线方式为图 8 所示的两相四组线圈的电路接法，线圈内径均为 750mm，线圈总高度为 285mm，每组线圈之间的间距为 25mm，三相工频

电源柜，电流频率为 50Hz，感应线圈额定输入功率 100kW，感应器额定电压 380V。采用 12 组“匚”形磁轭 10 均布感应线圈 5b 周围。实施例 2 的其它部分与实施例 1 相同。

实施例 3

图 5 是本发明公开的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，采用中频可控硅电源（单相线圈）结构示意图；本发明应用于质量为 20 吨 AISI304 不锈钢钢锭，该钢锭冒口重量 3.8t，钢锭的浇注温度为 1600℃，冒口下端面直径 1200mm，上端面直径 1100mm，高度 600mm。冒口保温套 2 用高铝砖砌成，壁厚为 120mm，紧固在支撑结构上。底座 3 材质为不锈钢，侧壁外表面对称设置吊耳 6。冒口保温套 2 与感应线圈 5c 之间无铁磁性材料，感应线圈 5c 由矩形截面纯铜管盘成螺旋状，线圈匝间距为 8mm，其外表面包有云母带，且每匝线圈都喷有绝缘漆，线圈内径为 1460mm，线圈总高度为 630mm，采用 8 组“匚”形磁轭 10 均布感应线圈四周，电源柜 7 为可控硅电源，电参数为电流频率 500Hz，线圈额定功率 150kW，输入线圈电压 1500V。采用 8 组“匚”形磁轭 10 均布感应线圈周围。实施例 3 的其它部分与实施例 1 相同。

通过以上三个实施例，可以得到，本发明实施例的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置在感应加热过程中，热量是由“热态涡流透入深度”内金属液直接生成的体积热，加热体积大，热效率高。通过感应线圈对冒口钢液感应加热，补偿钢锭凝固过程中冒口的热量损失，延长冒口钢液的凝固时间，保证冒口有足够的钢液对钢锭的锭身补缩，有利于减少冒口所占比例，提高钢锭利用率。

另外，由于钢液中的电磁搅拌力和电源频率的平方根成反比，频率越低搅拌力越大，因此采用工频形成大的电磁搅拌力加速和改变熔体的运动状态，这种运动一方面有利于中心区域的高温熔体冲刷结晶前沿，促使结晶前沿枝晶的重新熔化，另一方面所产生的电磁搅拌力对生长的枝晶产生机械剪切力，使枝晶折断，这样防止了枝晶臂相互交错、跨接，保证了补缩通道的通畅，有效地免了二次缩孔的形成。采用感应加热，降低冒口钢液的温度下降的速度，为夹杂物上浮的提供了有利的温度条件，同时，本发明采用感应线圈连接到三相工频电源，在接通电源后，线圈形成磁场，钢液在此磁场作用下产生电磁搅拌效果，使得冒口中心部位金属液向上运动，边部金属液向下运动，形成整体环流，在中心钢液上升流的带动下，促使熔体中的气体和夹杂物颗粒的充分上浮，减少钢液中的夹杂物，提高钢锭质量。本发明中电源柜也可采用中频可控硅电源，单相绕组线圈通过水冷电缆连接中频可控硅电源，电流频率 100Hz-5000Hz。通过中频可控硅电源方便调节输入到电磁感应线圈的功率及频率，适应不同吨位钢锭的冒口加热保温。

权利要求书

1. 一种钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，包括底座（3）、支撑臂（4）、感应线圈（5a、5b、5c）、热电偶（11）和记录仪（12），所述底座（3）侧壁的外表面对称设置吊耳（6）；其特征是：

所述底座（3）上用耐火保温材料砌筑成冒口保温套（2），所述冒口保温套（2）外部垂直放置所述感应线圈（5a、5b、5c），所述感应线圈（5a、5b、5c）通过水冷电缆连接到电源柜（7），在所述感应线圈（5a、5b、5c）外部沿圆周方向上均布磁轭（10），所述磁轭（10）外侧使用不锈钢板来夹持和紧固，将所述不锈钢板固定在支撑臂（4）上，所述支撑臂（4）固定在所述底座（3）的凹槽内，冷却水系统（9）与所述感应线圈（5a、5b、5c）连接，通入冷却水对所述感应线圈（5a、5b、5c）进行冷却。

2. 根据权利要求 1 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：所述电源柜（7）采用三相工频电源，电流频率为 50Hz-60Hz；或者

所述电源柜（7）采用可控硅中频电源，电流频率为 100Hz-5000Hz。

3. 根据权利要求 2 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：当所述电源柜（7）采用三相工频电源时：

所述感应线圈（5a、5b）与所述三相工频电源的接线方式采用三相六组或两相四组接法。

4. 根据权利要求 3 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：

当采用三相六组接法时，所述感应线圈（5a）采用六组感应线圈垂直放置在所述冒口保温套（2）外部，所述六组感应线圈中的每两组线圈串联，具体为自冒口顶端向下，第一组线圈和第四组线圈串联，第二组线圈和第五组串联线圈，第三组线圈和第六组线圈串联，再分别并联接到三相工频电源柜的每一相，所述六组感应线圈的接线方式采用三相六组线圈接法；或者

当采用两相四组接法时，所述感应线圈（5b）采用四组感应线圈垂直放置在所述冒口保温套（2）外部，每两组线圈串联，具体为自冒口顶端向下，第一组线圈和第三组串联，第二组线圈和第四组串联，并采用“T”形接法，通过所述水冷电缆接到所述电源柜（7），所述四组感应线圈的接线方式采用两相四组线圈接法。

5. 根据权利要求 2 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：当所述电源柜（7）采用可控硅中频电源时：

在所述冒口保温套（2）外部垂直方向放置所述感应线圈（5c），通过水冷电缆连接到所述电源柜（7）。

6. 根据权利要求 1 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：所述感应线圈（5a、5b、5c）的结构相同，由异形截面或者矩形截面纯铜管盘成螺旋状，靠近冒口侧的管壁厚度为 2mm-50mm，所述感应线圈（5a、5b、5c）外表面包有云母带，且涂有绝缘漆。

7. 根据权利要求 1 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：所述磁轭（10）由硅钢片垒叠而成，其封面不锈钢板与硅钢片接触部分用云母板隔开，所述磁轭（10）沿圆周方向均匀地分布在所述感应线圈（5a、5b、5c）的周围，所述磁轭（10）与所述感应线圈（5a、5b、5c）之间用云母板紧实，以减少线圈振动，避免损坏感应线圈的绝缘层。

8. 根据权利要求 1 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：所述底座（3）的材质为不锈钢，所述磁轭（10）与所述底座（3）之间留有间隙，且在所述间隙之间填充绝热绝缘材料。

9. 根据权利要求 1 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：所述冒口保温套（2）由耐火砖和绝热板组装而成固定在所述底座（3）上，所述冒口保温套（2）的壁厚为 20mm-200mm，与所述感应线圈（5a、5b、5c）之间无铁磁性材料。

10. 根据权利要求 1 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：所述热电偶（11）包裹在刚玉保护管内，插入到冒口的金属液中，通过导线连接所述记录仪（12）记录冒口钢液的温度，用于反馈冒口钢液的降温过程，并根据所述记录仪（12）反馈的信息调节电源的输入功率以控制冒口凝固过程。

11. 根据权利要求 1 所述的钢锭冒口感应加热及电磁搅拌装置，其特征是：所述冷却水系统（9）为所述感应线圈（5a、5b、5c）提供冷却水，在出水口设有测温装置，用于测量出水温度。

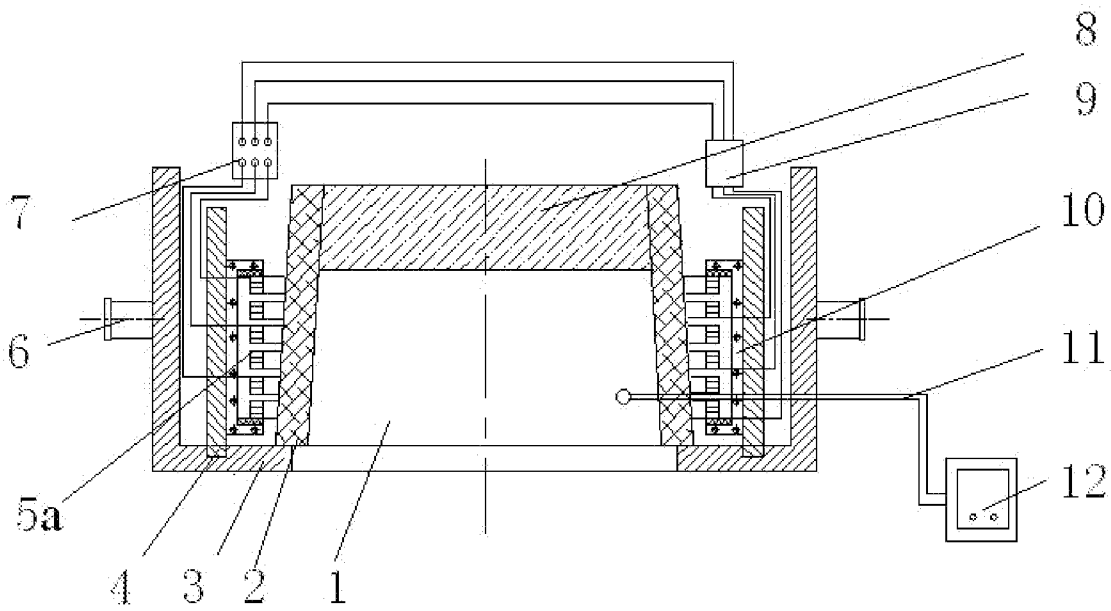


图1

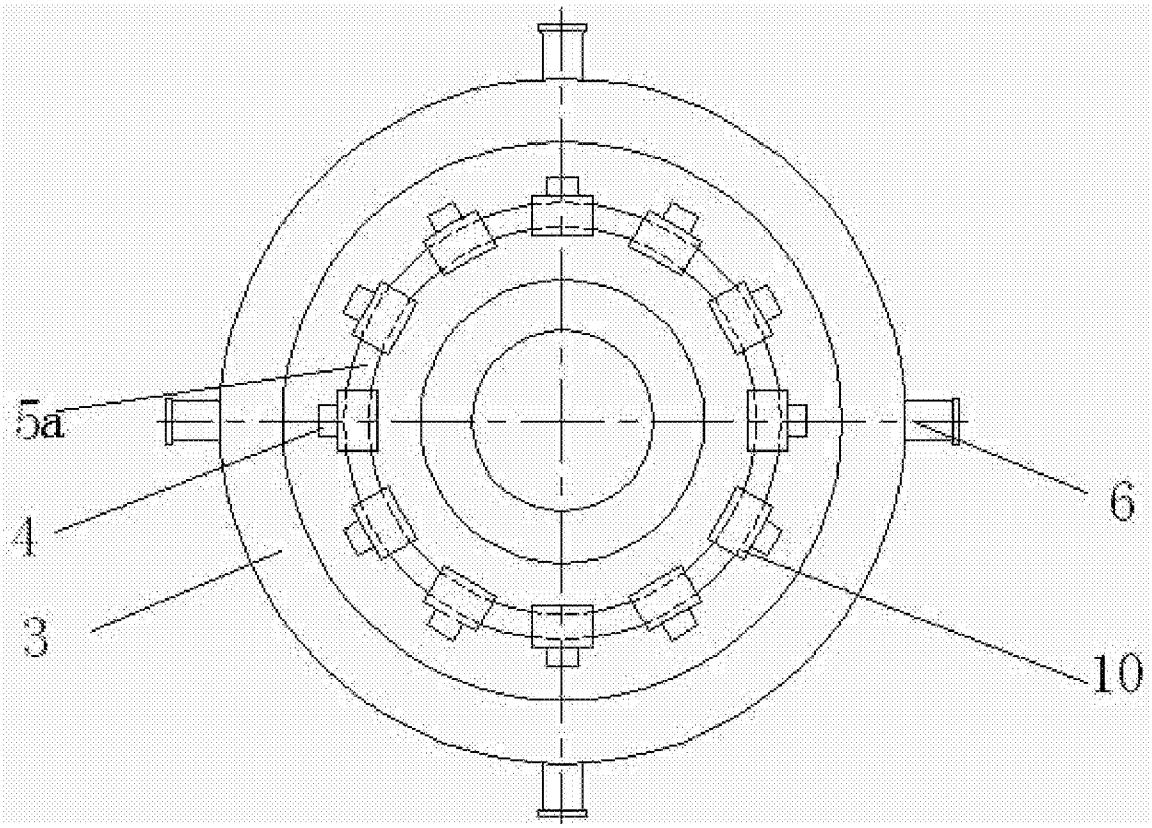


图2

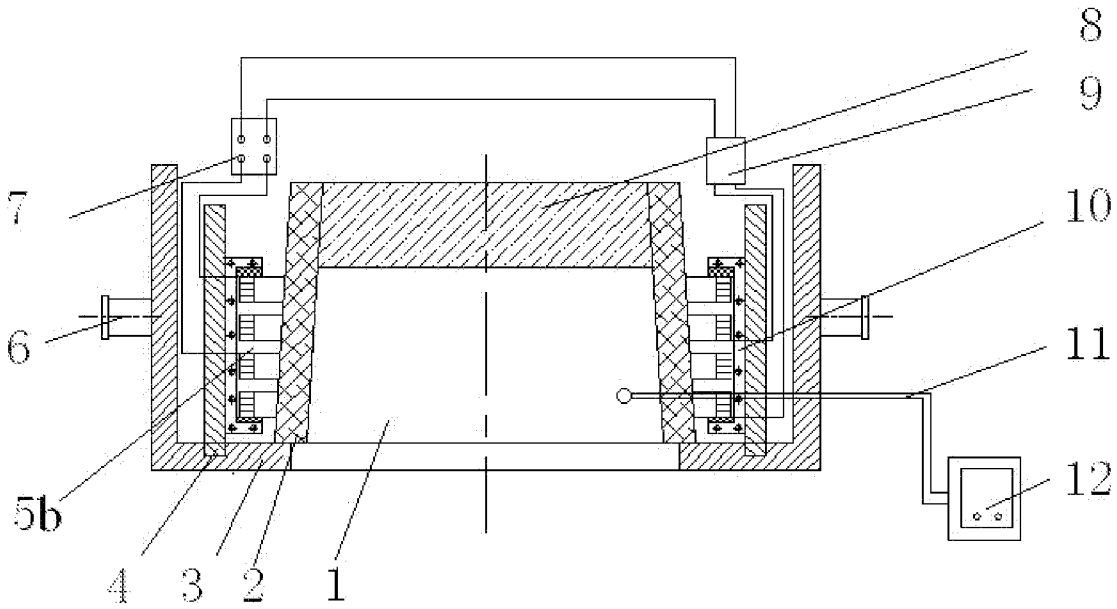


图3

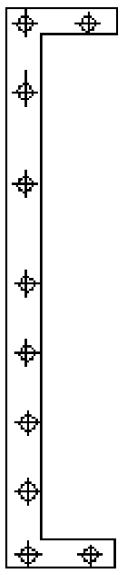


图4

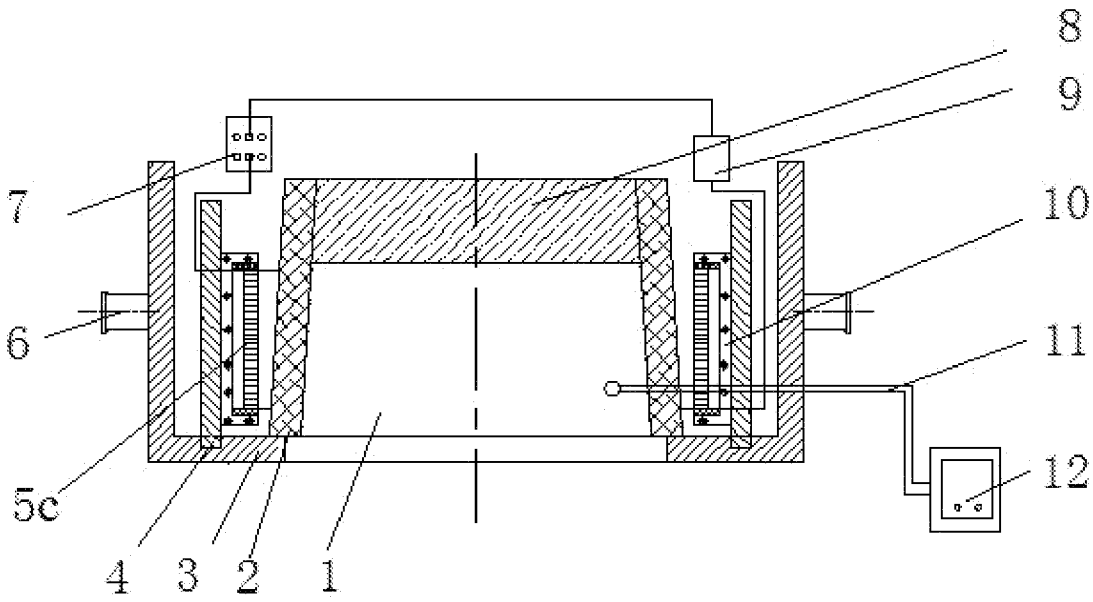


图5

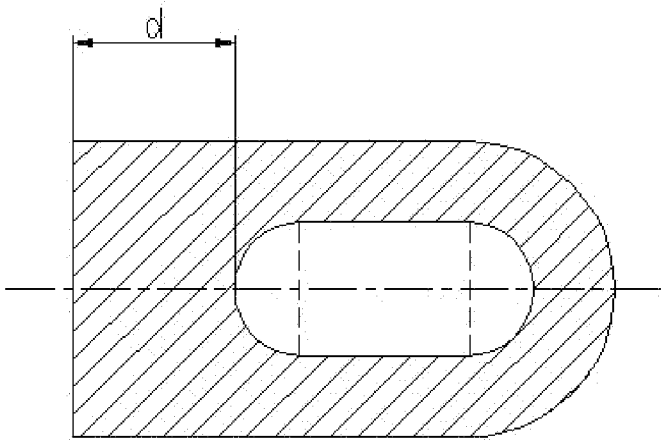


图6

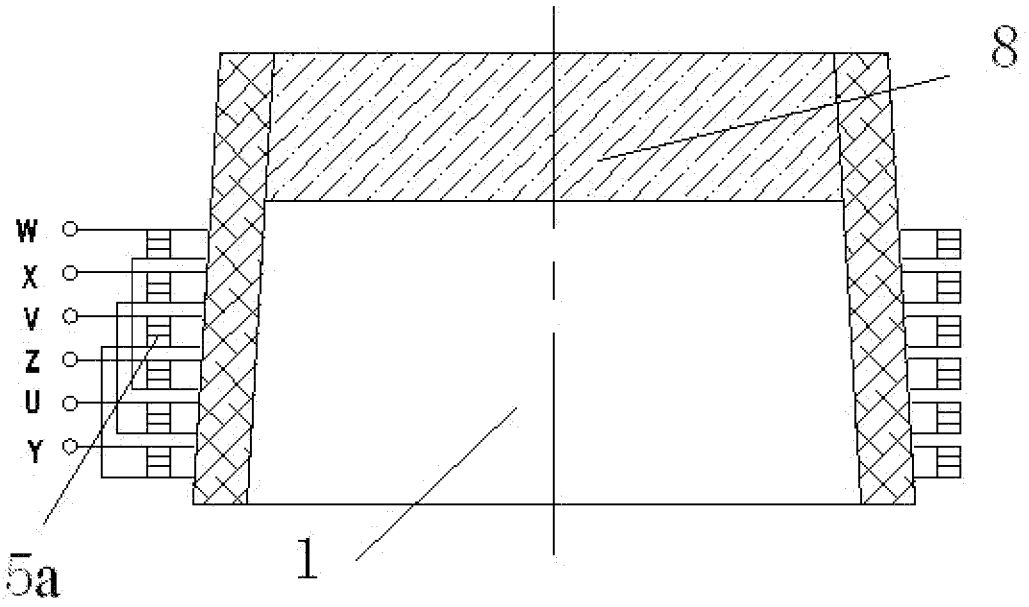


图7

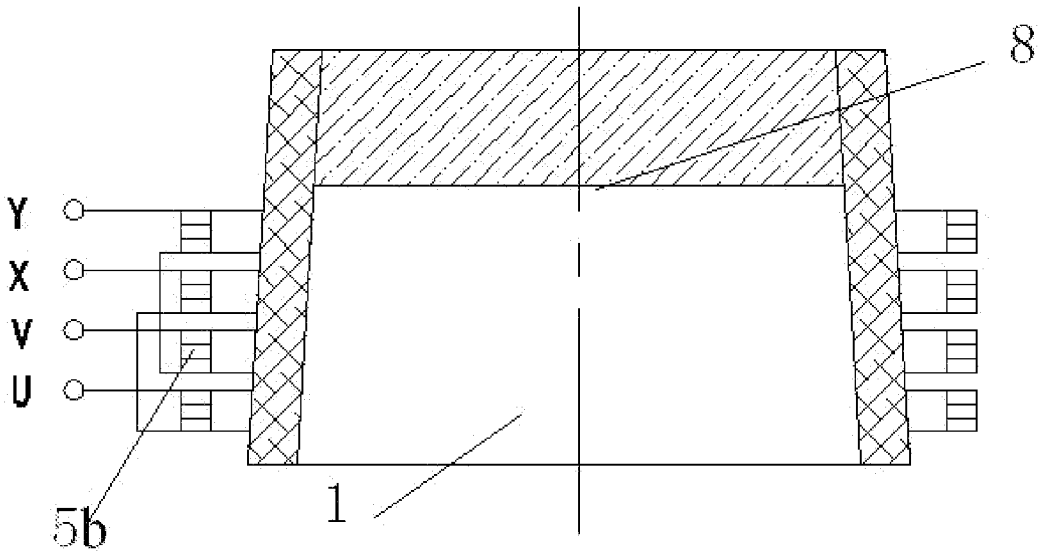


图8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/076521

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B22D 7/12 (2006.01) i; B22D 7/10 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNKI, WPI, EPODOC, CNTXT: riser, feeder head, runner, hot top, sinkhead, induction, inductor, heat+, temperature, coil?, magnet, yoke, cool+, water, electromagnetic, sleeve, ingot

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-329450 A (DAIICHI HIGH FREQUENCY CO LTD et al.) 02 December 2005 (02.12.2005) description, paragraphs [0026] to [0048], figures 1 to 5	1-11
Y	CN 201102063 Y (TIANRUI GROUP CASTING CO LTD) 20 August 2008 (20.08.2008) See description, page 4, line 7 to page 5, line 8, figure 1	1-11
Y	CN 201600023 U (BMEI CO LTD) 06 October 2010 (06.10.2010) description, paragraphs [0008] to [0051], figure 1	2-5
A	CN 102350485 A (CHONGQING PACIFIC TOOL IND CO LTD) 15 February 2012 (15.02.2012) the whole document	1-11
A	CN 102015159 A (GOODWIN PLC) 13 April 2011 (13.04.2011) the whole document	1-11
A	JP 11-33703 A (DAIHATSU KINZOKU KOGTO KK) 09 February 1999 (09.02.1999) the whole document	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
27 June 2014	16 July 2014
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer GAO, Xiaoying Telephone No. (86-10) 62085364

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/076521

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 61-286054 A (MITSUBISHI HEAVY IND LID) 16 December 1986 (16.12.1986) the whole document	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/076521

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2005-329450 A	02.12.2005	JP 4494868 B2	30.06.2010
CN 201102063 Y	20.08.2008	None	
CN 201600023 U	06.10.2010	None	
CN 102350485 A	15.02.2012	None	
CN 102015159 A	13.04.2011	GB 2459509 A	28.10.2009
		WO 2009130472 A1	29.10.2009
		US 2011036535 A1	17.02.2011
		US 8056608 B2	15.11.2011
		JP 2011-519313 A	07.07.2011
		JP 5282814 B2	
		GB 2459509 B	11.05.2011
		DE 112009001002 T	12.05.2011
		IN 201003989 P2	07.01.2011
JP 11-33703 A	09.02.1999	JP 4218993 B2	04.02.2009
JP 61-286054 A	16.12.1986	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2014/076521

A. 主题的分类

B22D 7/12(2006.01)i；B22D 7/10(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

B22D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNABS,CNKI,WPI,EPODOC,CNTXT,冒口，感应，加热，保温，线圈，磁轭，冷却，水冷，电磁，套，钢锭，riser, feeder head,runner,hot top,sinkhead,induction,inductor,heat+,temperature,coil?,magnet,yoke,cool+, water,electromagnetic,sleeve,ingot

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	JP 2005-329450A (DAIICHI HIGH FREQUENCY CO LTD 等) 2005年 12月 02日 (2005 - 12 - 02) 说明书第[0026]段至第[0048]段，附图1-5	1-11
Y	CN 201102063Y (天瑞集团铸造有限公司) 2008年 8月 20日 (2008 - 08 - 20) 说明书第4页第7行至第5页第8行，附图1	1-11
Y	CN 201600023U (北京机电院高技术股份有限公司) 2010年 10月 06日 (2010 - 10 - 06) 说明书第[0008]段至第[0051]段，附图1	2-5
A	CN 102350485A (襄樊市鹏荣刀具制造有限公司) 2012年 2月 15日 (2012 - 02 - 15) 全文	1-11
A	CN 102015159A (古德温公开有限公司) 2011年 4月 13日 (2011 - 04 - 13) 全文	1-11
A	JP 11-33703A (DAIHATSU KINZOKU KOGYO KK) 1999年 2月 09日 (1999 - 02 - 09) 全文	1-11

☑ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2014年 6月 27日	2014年 7月 16日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451	高晓颖 电话号码 (86-10)62085364

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2009年7月)

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2014/076521

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	JP 61-286054A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 1986年 12月 16日 (1986-12-16) 全文	1-11

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2014/076521

检索报告引用的专利文件		公布日（年/月/日）	同族专利		公布日（年/月/日）
JP	2005-329450A	2005年 12月 02日	JP	4494868B2	2010年 6月 30日
CN	201102063Y	2008年 8月 20日		无	
CN	201600023U	2010年 10月 06日		无	
CN	102350485A	2012年 2月 15日		无	
				无	
CN	102015159A	2011年 4月 13日	GB	2459509A	2009年 10月 28日
			WO	2009130472A1	2009年 10月 29日
			US	2011036535A1	2011年 2月 17日
			US	8056608B2	2011年 11月 15日
			JP	2011-519313A	2011年 7月 07日
			JP	5282814B2	2013年 9月 04日
			GB	2459509B	2011年 5月 11日
			DE	112009001002T	2011年 5月 12日
			IN	201003989P2	2011年 1月 07日
JP	11-33703A	1999年 2月 09日	JP	4218993B2	2009年 2月 04日
JP	61-286054A	1986年 12月 16日		无	