

定点浇注熔炼炉炉底积渣原因分析及设计改进

刘威

奥托容克冶金设备（上海）有限公司 上海 200090

摘要：结合生产实际，从定点浇注熔炼炉的结构形式、倾翻不同角度时炉体防尘板和炉架挡尘板间隙变化，对炉底积渣后ETR接地频繁报警原因进行了综合分析。改变炉前防尘组件设计；在炉体框架外侧增设了减振降噪的铝板防护装置；在炉底易积渣的三角区域处开设排渣槽并优化线圈设计等方式，有效地阻止了铁渣散落到炉底。

关键词：定点浇注；炉底积渣；ETR接地报警；铝板防护装置

Analysis of the reasons for slag accumulation at the bottom of the fixed-point pouring smelting furnace and design improvement

LIU Wei

OTTO JUNKER Metallurgical Equipment (Shanghai) Ltd., Shanghai 200090, China

Abstract: Based on the actual production, a comprehensive analysis was conducted on the reasons for frequent ETR grounding alarms after the accumulation of iron slag at the bottom of the furnace, including the structural form of the fixed-point casting smelting furnace, the changes in the gap between the dust-proof plate of the furnace body and the dust-proof plate of the furnace frame when tilting at different angles. Change the design of the dust prevention components in front of the furnace; An aluminum plate protection device for vibration and noise reduction has been added on the outer side of the furnace frame; Setting up slag discharge slots and optimizing coil design in the triangular area of the furnace bottom that is prone to slag accumulation effectively prevent iron slag from scattering to the furnace bottom.

Keywords: fixed point pouring; bottom slag accumulation; ETR grounding alarm; aluminum plate protective device

1 序言

定点浇注熔炼炉的旋转点和炉嘴的最高点具有同轴或接近同轴的特性。这种炉型可以保证倒出的铁液完全流入固定的溜槽中，确保后续浇注工作的连续可靠进行，因此越来越受到客户的青睐。

但是，定点浇注熔炼炉与传统的熔炼炉相比，

其旋转点在炉子的操作平台以上，导致炉料在熔化和倾翻浇注过程中，炉底积渣较多，ETR报警频繁，影响了正常的生产运行。本文先对炉底积渣问题进行了具体分析，然后通过改进炉前防尘组件，设计铝板防护装置，以及在炉底开设导流槽和优化线圈设计等措施，取得了很好的效果，满足了客户

连续生产的需求。

2 定点浇注熔炼炉工作原理

定点浇注熔炼炉结构如图1所示。由无氧铜管按照一定规则绕制成的感应线圈布置在坩埚耐火材料的外面，首先在炉膛中装入金属炉料，然后在感应线圈中通入交流电。当感应线圈中通入交流电时，会在周围产生交变磁场，该磁场磁力线的一部分会穿透炉膛内的金属炉料，在金属炉料表面一定深度内产生感应电流，金属炉料存在一定的电阻，由欧姆定律可知，在金属炉料内会产生热量，使金属炉料发热直到熔化^[1, 2]。

金属炉料完全熔化后，通过倾翻液压缸产生的推力，驱动整个炉体绕着炉子旋转点转动。由于定点浇注熔炼炉的旋转点和炉嘴的最高点具有同轴或接近同轴的特性，因此金属液就会通过炉嘴流入固定的溜槽中，并完成后续的浇注工作。

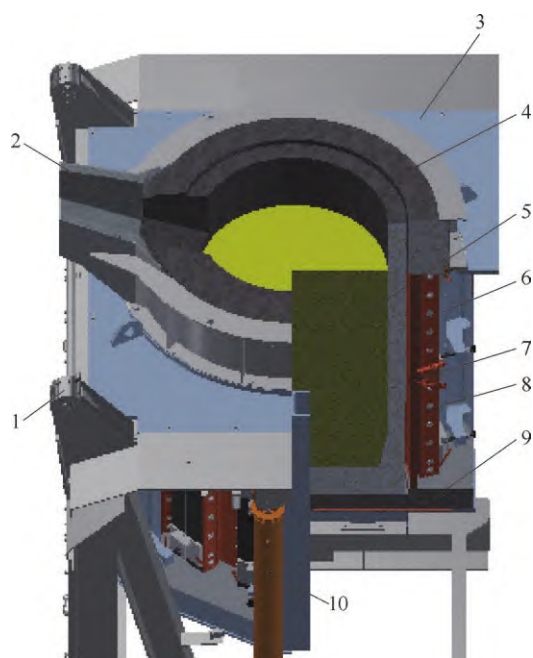


图1 定点浇注熔炼炉结构

- 1—旋转点 2—炉嘴 3—操作平台 4—上部压块组件
5—炉膛 6—坩埚耐火材料 7—感应线圈
8—磁轭 9—炉体底部组件 10—倾翻液压缸

3 炉底积渣原因分析

定点浇注炉内的金属物料加热熔化完成后，整个炉体以旋转点为中心倾翻，金属液经过炉嘴流入固定溜槽内。炉架挡尘板用螺栓固定在炉架前立板上，不发生位移，而炉体防尘板会与整个炉体一起旋转，因此炉子在从 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的倾翻过程中，炉体防尘板和炉架挡尘板的间隙A会随着倾翻角度的变化而变化。图2~图4分别显示的是炉体倾翻 0° 、 40° 、 90° 时，炉体防尘板和炉架挡尘板的间隙A变化情况。

熔炼为16t、功率为12000kW的定点浇注熔炼炉在倾翻时，炉体防尘板和炉架挡尘板的间隙变化见表1。

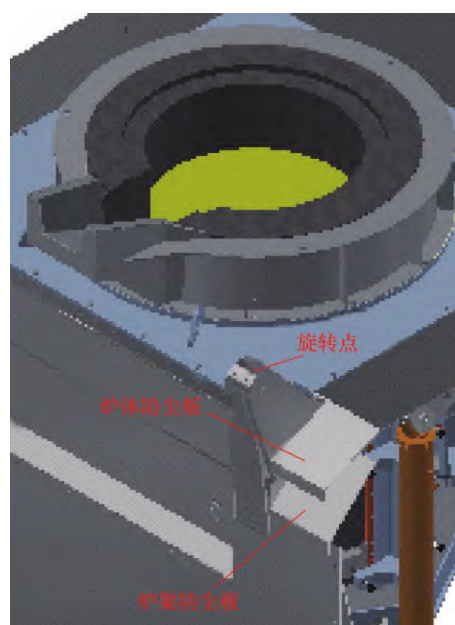


图2 倾翻 0° 时防尘板间隙

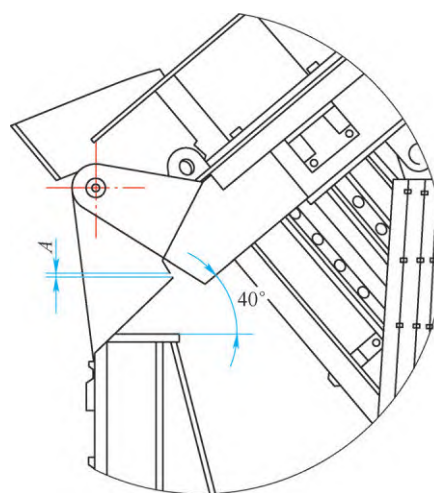


图3 倾翻 40° 时防尘板间隙

从表1可看出，当炉子的倾翻角度在 $0^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 时，间隙A逐渐减小。倾翻角度为 $40^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 时，间

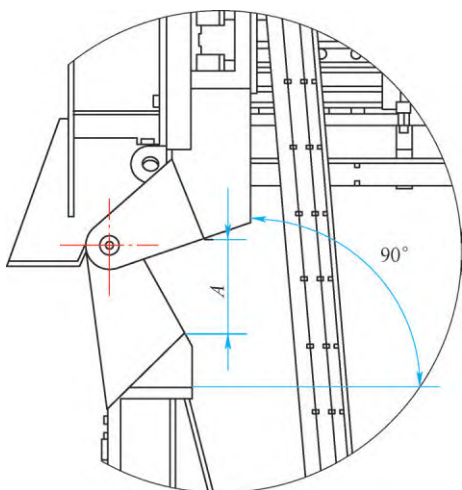


图4 倾翻90°时防尘板间隙

表1 倾翻时炉体防尘板与炉架挡尘板间隙变化

倾翻角度 / (°)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
间隙A/mm	90	101	54	22	9	109	209	309	406	460

间隙A逐渐增大；当在倾翻角度40°时，间隙A最小，仅为9mm；当在倾翻角度90°时，炉内金属液即将倒空，间隙A达到了460mm。

而炉体在倾翻出铁液时，铁液温度在1300℃以上，高温铁液在流动过程中，铁液表面与空气发生剧烈的氧化反应，从而产生铁氧化物，又称铁渣。这些铁渣随着被高温加热的空气，迅速穿过炉体防尘板和炉架挡尘板的间隙A进入炉室内。

因为定点浇注炉采用的是开放式炉体结构，因此进入炉室内的铁渣会飞溅到感应线圈上，并顺着感应线圈的外圆柱面落到炉体底部。经过计算和实际操作验证，熔化1炉物料需要40min左右，每次倾翻倒铁液过程需要2min。客户采用三班连续作业，1天熔化铁液30炉以上，1个月要求达到780炉次。随着熔化炉次的增加，在炉体底部散落的铁渣也会越积越多。待铁渣积累到一定程度时，车间工人会定期用高压空气清理掉炉体底部容易发现的铁渣和粉尘。但是，在图5所示的三角区域，散落在其内的铁渣是很难被高压空气吹出来的。因为这个三角区域被炉体立柱、磁轭、感应线圈和线圈支撑柱所包围，且此处还布置有炉体的水冷软管，所以导致此处的铁渣更难清理。

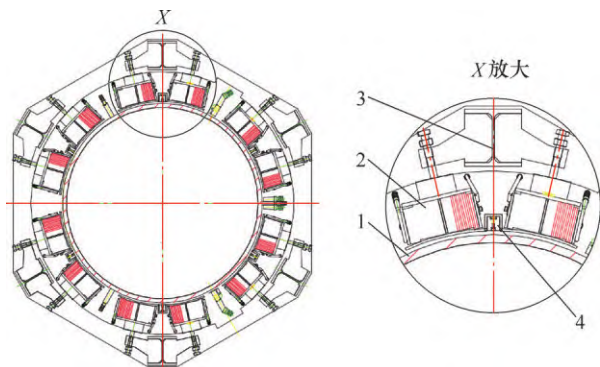


图5 炉子易集聚铁渣位置

1—感应线圈 2—磁轭 3—炉体立柱 4—线圈支撑柱

当感应线圈中通入交变的感应电流后，三角区域集聚的铁渣就会被感应加热，甚至熔化，进而烧坏感应线圈和磁轭的绝缘层，导致线圈短路或打火，此时ETR接地就会报警，设备不得不停机，影响了正常的生产运行。

4 炉底积渣问题解决措施

为了解决炉底积渣问题，改进了炉前防尘组件；设计了线圈铝板防护装置；在炉底耐火材料上开排渣槽；优化线圈设计等，有效地阻止了炉底三角区域的积渣问题。

4.1 改进炉前防尘组件

改进后的炉前防尘组件如图6所示。在炉体防

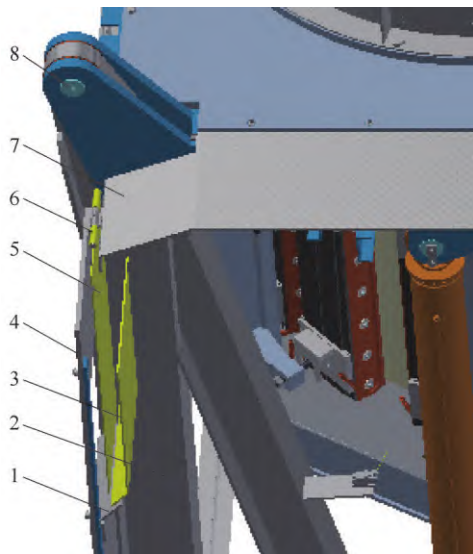


图6 改进的炉前防尘组件

1—导流板 2—炉架组件 3—炉架防尘板
4—炉前挡板组件 5—炉体防尘板二 6—旋转铰链
7—炉体防尘板一 8—炉体旋转点

尘板一上增加旋转铰链,炉体防尘板二通过旋转铰链与炉体防尘板一相联接。炉架防尘板焊接在炉架组件上,导流板用螺栓与炉前挡板组件联接。炉体在倾翻出铁液过程中,整个炉体以旋转点为中心倾翻,炉体防尘板二在炉前挡板组件与炉架防尘板之间摆动。飞溅过来的铁渣经过炉前挡板组件、炉体防尘板二和炉架防尘板的3次阻挡后,从导流板滑落到炉室外,在一定程度上阻止了高温下到处飞溅的铁渣进入炉体内部,减少了因炉底积渣而造成绝缘损坏的情况。

4.2 设计线圈铝板防护装置

改进后的炉前防尘组件在一定程度上改善了炉底积渣的情况,但炉体在 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的倾翻过程中,移动防尘板和固定防尘板之间的缝隙在 $10 \sim 50\text{mm}$ 之间变化,因此仍有一部分铁渣随着高热的空气进入炉室,散落在难清理的三角区域内,出现因感应加热烧坏绝缘层而造成ETR接地报警的现象。

为此,设计了线圈铝板防护装置组件,如图7、图8所示。用2mm厚的铝板通过折弯成形,并用螺栓组件扣压在炉体立柱上。防护铝板组件的周边与炉体立柱相连,上下部分分别与炉体钢结构的上下部分相连。这种结构设计可将感应线圈和所有磁轭全部包围在铝板防护组件内,有效地解决了炉底积渣的问题。由于防护组件距感应线圈的距离较近,因此容易引起感应加热现象,故采用2mm厚的铝板作为组件基体。为了便于感应线圈的水冷电缆和水冷软管穿插,可在铝板防护组件上挖出合适的孔。在铝板防护组件上安装有把手,方便铝板防护组件的装拆。另外,炉子在熔化作业时,采用的频率在

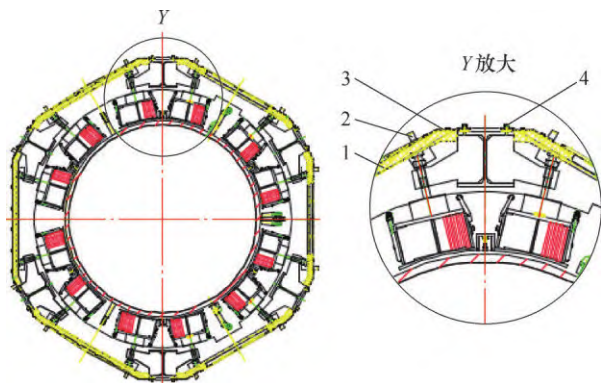


图7 线圈铝板防护装置

1—轻质隔音板 2—把手 3—防护铝板组件 4—螺栓组件

250Hz左右,整个炉体会有一定的振动和噪声。为了应对这种情况,在螺栓组件的上下压紧面均配置有10mm厚的橡胶垫圈,在铝板内面上设计有自粘贴的轻质隔音板,起到了良好的减振降噪效果。



图8 可拆卸铝板防护组件

4.3 炉底开设排渣槽

在炉体的外边框安装了防护铝板组件后,炉底积渣问题得到了很大程度的改善。但是,由于在铝板组件上开有便于水冷电缆和水冷软管进出的孔,因此导致炉底的三角区域还会有一定的积渣现象。为了应对这种情况,在炉底易积渣的三角区域处,设计了带有一定斜度的排渣槽,如图9所示。这样使掉落在三角区域的铁渣,可通过排渣槽直接排出。

另外,在磁轭螺栓组件的末端设计有不锈钢压板和绝缘块。不锈钢压板放在绝缘块的沉孔内,起到承压后受力均匀的作用。在磁轭螺栓上施加一定

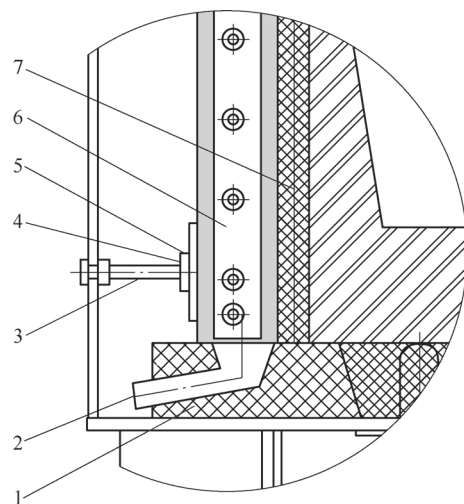


图9 炉底耐材开排渣槽

1—炉底耐材 2—排渣槽 3—磁轭螺栓组件
4—不锈钢压板 5—绝缘块 6—磁轭 7—感应线圈

的预紧力，将绝缘块压紧在感应线圈上，并在磁轭的上下端面和内面都铺设云母绝缘板。这样就使所有磁轭和感应线圈实现了绝缘，减少了炉体积渣产生感应加热的概率。

4.4 优化线圈设计

优化后的感应线圈如图10所示。在线圈支撑柱的下部装入绝缘保护盖和绝缘块，并用硅胶填缝。将线圈支撑柱和炉底耐火材料之间的缝隙密封，防

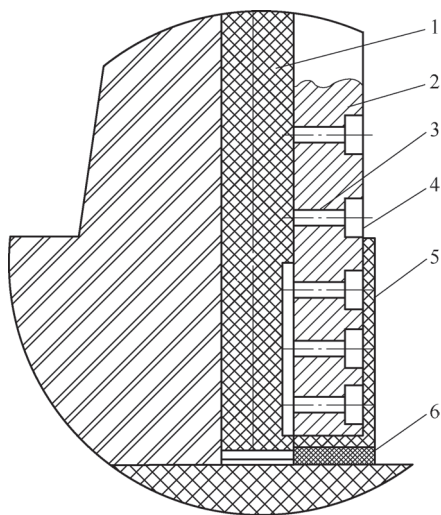


图10 优化线圈设计

1—感应线圈 2—线圈支撑柱 3—螺栓组 4—充填硅胶
5—绝缘保护盖 6—绝缘块

止铁渣进入。用螺栓组将线圈支撑柱拧紧在感应线圈上后，用硅胶填平所有支撑柱的沉孔。另外，感应线圈的底部与炉底平台之间的结合面也要用硅胶填平，并做成斜坡状，有利于掉落的铁渣通过斜坡滚落到排渣槽中，从而达到保护感应线圈外部绝缘层的目的。

5 结束语

1) 定点浇注熔炼炉的倾翻点在操作平台以上，造成炉体在倾倒铁液过程中，旋转防尘板与固定防尘板之间的缝隙变化较大，飞溅的铁渣通过此间隙进入炉室内，大量散落炉底，产生感应加热或打火现象，造成绝缘层损坏，进而导致炉体ETR接地的频繁报警并停机。

2) 通过改进炉前防尘组件设计；在炉体框架外侧安装铝板防护装置；在炉底耐火材料易积渣的三角区域处开排渣槽和优化线圈设计等措施，使炉底积渣问题得到了有效解决。

参考文献：

- [1] 李思琪，殷经星，张武城. 铸造用感应电炉[M]. 北京：机械工业出版社，1997.
- [2] 杨冬. 中频感应电炉熔炼过程中电磁场与温度场的数值模拟技术研究[D]. 武汉：华中科技大学，2012.

MW 20240528

(上接第121页)

圆形棒材转运到侧面托架总成的工作面上。

3) 侧面料架和底架总成应留有合适的距离，这样在安装侧面托架总成时，可保证侧面托架总成的托板伸入到侧面料架单根钢的距离，便于将侧面料架最外侧的单根圆钢托起。

4) 侧面托架总成在非工作状态时，应低于托轮总成的有效工作圆弧面的高度，这样圆形棒料只与托轮总成接触，便于将在圆形棒材直接输送到感应加热炉内。

5) 侧面托架总成的托板和托架挡板在焊接时应有一定的夹角，这样圆形棒材可在其自重作用下顺利地滚动到侧面托架总成的工作面上。

5 结束语

轴承毛坯锻造用圆形棒材输送机构主要由两种

功能，既可以将散放的圆形棒材实现侧面输送，又可以将圆形棒材输送到感应加热炉内。轴承毛坯锻造用圆形棒材输送机构的使用，不仅克服了人工拨料、人工进料、耗时耗力、效率低、危险性较大，以及不利于批量生产及安全生产的弊端，而且可保证圆形棒材在锻造前的及时供料，提高了生产效率，节约了劳动成本。

参考文献：

- [1] 王庆香. 向心关节轴承内圈预成形模的设计与应用[J]. 金属加工（热加工），2023（9）：124-127.
- [2] 郭永奇，余永静. 物料转运装置的研究与设计[J]. 技术与市场，2015，22（2）：69，71.
- [3] 张瑞晓，黄晓光. 机械式自适应高度差的平移转运装置[P]. CN201620365788.0.

MW 20240318