

感应熔炼在铸造生产中的应用

中国工程物理研究院 (四川绵阳 621900) 王曙明 熊 伟

【摘要】 感应熔炼技术在工业上得到广泛的应用。概述了感应熔炼的基本原理, 以及工业生产中常用感应熔炼炉的种类与发展方向, 分析了在工业铸铁生产过程采用工频和中频感应熔炼的优缺点。

1. 概述

感应熔炼为工业生产中广泛应用的熔炼方式。感应熔炼技术是利用电磁感应和电热转换所产生的热量来熔化和提取金属的冶金方法。与其他冶金方法相比, 感应熔炼加热温度范围宽, 既可以熔化高熔点的金属, 也可以用于低熔点的金属。感应线圈产生的交变磁场对坩埚中的金属液具有电磁搅拌作用, 使熔池温度和成分均匀。在真空条件下熔炼合金时, 还可以有效蒸馏掉饱和蒸气压比熔炼本体大的杂质元素, 从而达到提纯材料的目的。

我国是铸铁生产大国, 铸铁件产量约占世界的40%。2010年我国铸铁件产量达到2950万t, 其中球墨铸铁990t, 灰铸铁1900万t, 铸铁件占全部铸件产量的74.5%。熔炼是铸铁生产的关键环节之一, 原来一般采用冲天炉, 而随着感应熔炼炉的发展, 在电力充足的情况下, 感应熔炼炉已逐渐取代冲天炉。目前, 无芯工频感应炉最大容量已达110t, 有芯工频感应炉最大容量则高达270t。近年来, 中频感应炉的发展及其所带来的优越性, 给铸铁生产注入了新的活力。

2. 感应熔炼的基本原理

根据电磁感应定律和法拉第定律可知, 当通过导体回路的磁通量发生变化时, 回路中就会产生感应电流, 其在闭合回路内流动时, 会有一部分电能转换成热能。因此, 在感应熔炼过程中, 正是由于高频电流通过感应线圈使用坩埚中的金属炉料因电磁

感应而产生感应电流, 利用电流转化为热能使金属炉料加热熔化。感应熔炼过程中的加热效率和温度分布受电源频率的影响, 频率越高, 炉料上产生的感应电流就越大, 单位面积的金属接收的功率也就越高, 但高频电源的成本会增加; 频率越低, 趋肤效应越弱, 加热效率就越高。同时, 低频也利于对熔融金属的搅拌, 因此需要根据实际需要选择合适的加热频率。

3. 感应熔炼炉的种类及发展趋势

按照电源的频率感应熔炼炉可以分为工频、中频和高频三种类型。工业生产中使用最多的为工频和中频感应熔炼炉。通常把电流频率为50Hz的感应电炉称为工频感应电炉, 而把电流频率在50Hz到10kHz的感应电炉称为中频感应电炉。熔炼铸铁用感应电炉一般按如下情况分类: ①工频感应电炉。分为无芯和有芯感应电炉。②中频感应电炉。分为串联和并联变频中频感应电炉。

除此以外, 还有真空感应电炉和其他加热机构复合的特殊构造的电炉, 如等离子感应电炉、感应电弧炉等, 都能用于铸铁熔炼。

目前, 感应熔炼领域技术的发展趋势主要体现在以下几个方面:

(1) 高频电源采用半导体功率器件, 输出功率越来越大。

(2) 中频感应熔炼炉的电源功率越大, 整流的脉波数较多, 配置的炉体越来越大。

(3) 真空感应炉的吨位越来越大。

(4) 特种感应加热, 被加热金属温度控制的精度误差越来越小。

(5) 感应加热的多供电电源（一拖多）功率越来越大，拖的炉子越来越多。

(6) 计算机软件对其系统的检测控制管理,正趋于简单化、智能化、网络化,并具备故障自诊断功能等。

4. 感应熔炼技术在铸铁生产中的应用

我国历来采用以冲天炉为主的铸铁熔炼方式。随着国际铸件市场竞争的日益激烈和我国铸件出口的逐步增长, 顾客对材质稳定性的要求日趋严格。同时, 铸铁品种牌号的多样化, 以及铸铁生产要求提供高温优质铁液的需求, 感应熔炼炉正逐渐取代冲天炉而成为广泛应用的铸铁熔炼设备。

目前,在铸铁生产中应用最多、最普遍的感应熔炼炉有工频感应炉和中频感应炉,各种感应熔炼炉的特性如附表所示。

铸铁熔炼用各种感应电炉特性比较

项目	工频无芯感应电炉	工频有芯感应电炉	中频感应电炉
用途	熔炼、保温、升温	保温、升温	熔炼，一部分升温
操作条件	间歇或连续	连续	间歇或连续
熔炼形式	单独或双联	双联	单独为主
搅拌力	强	弱	中
电流密度	中	低	高
熔炼速度	中	慢	快
用电效率 (%)	76~80	95~97	74~78
综合效率 (%)	65~71	75~85	67~73
成分波动	中较大	少	少
成分调整	容易	较难	容易
其他	1.要用起熔块 2.用残留铁液熔炼 3.空炉可停止熔炼	1.启动时需有铁液 2.需要经常残留铁液 3.不能空炉 4.构造较为复杂	1.启动时间短 2.不需残留铁液 3.可以空炉

工频感应炉加热均匀, 熔炼损耗少, 便于调节

铁液的成分,污染小。但工频感应炉熔化速度慢,不利于造渣,冷炉启动需启动块,生产不够灵活,因此工频感应熔炼炉一般用于金属的重熔和升温。另外,工频感应炉功率因数低,需配置大量补偿电容器,增加生产成本。

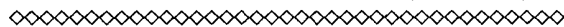
中频感应炉则电效率和热效率高,熔炼时间短,易于实现过程自动化,具有生产灵活性。中频感应炉适合熔炼铸铁,特别适合熔炼蠕墨铸铁、球墨铸铁和合金铸铁。其对炉料的适应性也较强,炉料的品种和块度可在较宽的范围变动。

虽然中频感应炉优点较多，发展较快，但工频感应炉在铁液储存、保温、调整合金成分及过热升温等方面，仍不失为一种良好的设备，尤其是作为高炉、冲天炉等熔炼炉的双联用炉仍然得到广泛应用。日本久保田公司采用工频感应炉与冲天炉双联工艺，而法国的木松桥公司则采用工频感应炉与高炉双联工艺。首钢铸造厂早在20世纪80年代初，就在国内首先采用了工频感应炉与高炉或冲天炉双联工艺，试制成功连续铸造铸态球墨铸铁管，并在以后的生产中提供高温优质铁液，一直延用至今，效果良好。

5. 结语

随着感应熔炼炉在工业生产中的不断发展和应用, 铸铁生产进入一个新阶段。尽管工频感应熔炼炉存在某些不足, 但它在金属液的升温和保温, 以及铁液成分调整方面有独特的优点, 尤其作为与其他熔炼炉的双联用炉仍在普遍应用。中频感应熔炼炉适合熔炼铸铁, 特别是蠕墨铸铁、球墨铸铁及合金铸铁, 所显示的优越性, 使其近年来在铸铁生产中呈现出被广泛应用的新趋势。MW

(20120726)



👉 铸造征稿启事 👈

《金属加工（热加工）》长期面向广大铸造工作者征集优秀稿件，凡涉及铸造工艺、设备、材料、熔炼、检测技术、缺陷分析，以及铸造节能环保技术和生产管理文章均可向我刊投稿。

稿件一经录用，稿费从优（不收取版面费）。

《金属加工（热加工）》为国家级期刊，发表论文可用于技术职称评定。

《金属加工》编辑部