

中频炉熔炼铝合金节能探讨

周美霞, 李 鹏, 刘福平

(广州有色金属研究院, 广东 广州 510650)

摘 要:通过对中频感应加热的原理及能耗分析, 结合使用试验, 提出了合理选用导电电缆线长度、截面积以及将电缆线并联使用、设计最佳炉衬厚度、制定合适的添加炉料操作工艺等方法, 可明显降低中频感应加热熔炼铝合金的能耗, 是中频感应加热炉熔炼铝合金有效的节能途径。

关键词:感应加热炉; 熔炼; 铝合金; 节能

中图分类号: TF748.42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3842(2010)02-0074-03

Discussion to Energy Saving for Medium Frequency Induction Furnace in Aluminum Alloy Production

ZHOU Mei-xia, LI Peng, LIU Fu-ping

(Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals, Guangzhou, Guangdong, China 510650)

Abstract: By analyzing the theory and energy wasting of medium frequency induction heating furnace, the paper raises out some methods to reduce the energy consumption of the furnace. These methods include finding proper length and section size of the power cable, parallel connection of cable, designing proper lining material thickness, and determining right process of feeding the furnace.

Key words: medium frequency induction furnace; Smelting; aluminum alloy; Energy saving

1 引言

感应加热炉与其它类型的金属熔炼设备相比具有熔炼能耗低、金属烧损少、温度和化学成分控制方便及操作灵活等优点^[1,2]; 同时, 感应加热炉熔炼过程的作业环境好及对环境污染小。中频感应加热炉尤其是工业生产中熔炼铝合金的重要设备^[3]。

铝的导热系数大, 其热损失相对小; 但铝较小的电阻率及导磁率, 却导致其在熔炼过程中的吸收电功率的能力低。探讨提高熔炼铝合金的电效率, 以便降低中频感应加热炉的电耗, 不仅节能意义大, 而且对中频感应加热炉的科学使用及应用推广也有促进作用。

2 中频感应加热炉的能耗分析

2.1 中频电源装置及原理

1966 年瑞士制造出第一台如图 1 所示的可控

硅中频电源装置, 中国于 1971 年制造出此装置^[4]。

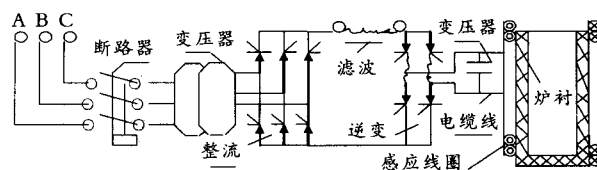


图 1 中频电源装置示意图

Fig. 1 Schematic diagram for the medium frequency induction heating equipment

由图 1 看出, 中频感应加热装置是使交流电通过感应线圈时, 在其周围激发出中等频率的交变磁场, 这个交变磁场穿过炉内被熔炼或加热的金属炉料, 在其中生成感应电动势, 从而在金属炉料中产生强大的感应电流。由于金属炉料本身具有电阻, 为克服电阻, 在金属炉料中流通的电能便在其中转化成热能, 加热金属炉料或使之熔化。

2.2 能耗分析

由于铝是非磁性金属, 且其液态电阻率仅为液态钢或铁的 1/4 左右, 故其加热电效率相对于炼钢或熔铁是较低的。从图 1 看出, 中频感应加热装置

在电能、磁能及热能的转换过程中,有以下几方面的能量损失:

(1)在感应线圈通入中等频率的电流产生交变磁场的过程中,感应线圈本身存在电阻,因此,感应线圈必然产生能耗。

(2)交变磁场在金属炉料中转变成的热能,虽大部分被金属炉料吸收,用于加热或熔化金属炉料,但炉壁及炉盖也吸收一部分能量使其加热,并通过辐射向外界散失一部分能量。

(3)配电装置如:电抗器、电容器及水冷电缆和供电母线硬铜排等,均需一部分电能。

综上所述,要节约能耗,需在减少热损失及提高能耗利用率上想办法。以下将对中频感应加热装置在使用时可改变的参数进行节能途径探讨。

3 节能途径探讨

3.1 水冷电缆

根据线路功率损耗公式^[5]:

$$\Delta P = n \rho I^2 L / (10^3 S) \quad (1)$$

式中: n 为水冷电缆的条数; ρ 为电缆线的电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; I 为电缆线的负荷电流,A; L 为水冷电缆的长度,m; S 为电缆线的截面积, mm^2 。

由式(1)可知:

(a)缩短导电水冷电缆的长度 L ,可降低其线路的功率损耗,因此,在满足使用的条件下,应尽可能缩短导电水冷电缆的长度。

(b)增加水冷电缆的条数 n ,且并联使用,可获得明显的节能效果。

当电缆的条数 $n=2$ 时,有:

$$\Delta P_1 = 2 \rho I_1^2 L / (10^3 S) \quad (2)$$

而当电缆的条数 $n=4$,且每两条分别并联使用时, $I_2 = I_1/2$ 此时:

$$\Delta P_2 = \rho I_1^2 L / (10^3 S) = \Delta P_1 / 2 \quad (3)$$

由式(3)可知,采用4条电缆,且每两条分别并联使用时,其线路的功率损耗是2条电缆的一半。

(c)合理增加导电电缆的截面积 S , S 与线路的功率损耗 ΔP 成反比,故合理增加导电电缆的截面积 S ,亦可明显降低导电电缆线路的功率损耗。虽然增大导电电缆的截面积将使铜的一次性投资增多,但节约的能耗费用可抵消增多的投资成本,并从中可设计合适的电缆截面积。

3.2 感应线圈与金属炉料间的间隙

当设定金属炉料为实心圆柱体时,由电磁场理论可得到感应线圈与炉料之间的间隙(包括耐火隔热层、炉衬及炉衬与炉料之间的间隙)所损耗的单位长度无功功率 $P_{\text{无}}$:

$$P_{\text{无}} = 6.20 \times 10^{-11} \times f(I \times N)^2 (d_1 + d_2) h \quad (4)$$

式(4)中: d_1 为感应器铜线圈的内径,m; d_2 为金属炉料的直径,m; f 为电源频率,Hz; h 为感应线圈内径与炉料之间的间隙,其值等于 $(d_1 - d_2)$,m; N 为感应器铜线圈单位长度的匝数; I 为感应器铜线圈上流过的电流,A。设备中的 N 、 d_1 为常数。

式(4)经变换后可得:

$$P_{\text{无}} = 6.20 \times 10^{-11} \times f(I \times N)^2 2d_1 [1 - h/(2d_1)] h \quad (5)$$

生产实践中 $h/(2d_1)$ 约在 $1/10 \sim 1/20$,当该项忽略时,则式(5)变为:

$$P_{\text{无}} = 6.20 \times 10^{-11} \times f(I \times N)^2 (d_1 + d_2) h \approx 6.20 \times 10^{-11} \times f(I \times N)^2 2d_1 h \quad (6)$$

由式(6)可知,感应炉的无功功率 $P_{\text{无}}$ 与感应线圈与炉料之间的间隙 h 成正比,故筑炉时应尽可能减少炉衬的厚度(感应线圈内壁与炉壁的距离)。

从图2看出,炉衬愈薄,漏失的磁通愈少,流入炉料的有效磁通相应增多,炉料获得的有功功率增大,故炉料的电效率提高,因此,减少感应线圈内壁到炉壁之间的距离是提高炉子电效率的有效途径。但从延长炉衬寿命来考虑,又希望炉衬厚一些^[6],以便熔炼时炉衬能更好地承受铝液的冲刷和损蚀。如何兼顾这两方面的考虑,选择最佳的炉衬,需根据炉衬材料及熔炼工艺进行研究确定。

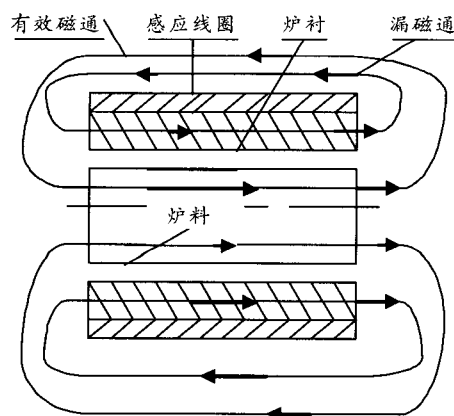


图2 感应加热炉内磁通

Fig. 2 Magnetic lines of force for the medium frequency induction furnace

本文共3页，欲获取全文，请点击链接<http://www.cqvip.com/QK/82773X/201002/34833408.html>，并在打开的页面中点击文章题目下面的“下载全文”按钮下载全文，您也可以登录维普官网（<http://www.cqvip.com>）搜索更多相关论文。