

20 t 电炉炉衬使用寿命的影响因素分析

潘密¹, 代德利¹, 杨华¹, 周恬武²

(1. 武汉重型机床集团有限公司, 武汉武重铸锻有限公司, 湖北武汉 430205;

2. 湖南大学机械与运载工程学院, 湖南长沙 410082)

摘要: 分析了20 t酸性炉衬的材料粒度配比、硼酸、水分、作业班次、打结方式、烧结、冷启熔等工艺, 了解其作用机理。指出酸性炉衬使用寿命需要关注的因素, 并给出了提高20 t中频炉酸性炉衬使用寿命的具体要求和措施。

关键词: 酸性炉衬; 烧结; 冷启熔; 使用寿命

炉衬寿命又称炉龄, 是指电炉炉衬从开始打结完成后投入熔化铁液使用到更换新的炉衬为止, 这期间所熔化铁液的总炉次, 或使用的的时间, 或者是炉衬总的通铁量, 无论哪种方法都是衡量电炉生产水平的一项综合性指标。由此, 炉衬寿命的高低不仅代表着熔化炉装备的好坏、炉衬打结技术工艺操作的可行性, 以及生产管理水平的低与高, 也决定着电炉的生产能效、生产铸件成本的高与低。

近年来随着铸造企业的高速发展, 同时感应电炉由于占地少、快速升温 and 连续熔化作业能力强, 并且由于超大吨位电炉的快速发展, 以及更加高效、环保节能等优势被广泛的应用于铸铁熔炼, 如何优化大吨位感应熔炼电炉炉衬打结、烧结工艺, 最终保证提高或延长炉衬使用寿命, 已成为铸造工作者们密切关注的焦点。

1 酸性炉衬材料的特点及要求

以石英砂为主的炉衬材料属于酸性炉衬材料。优质的石英砂质炉衬材料必须具备以下特点: 足够高的耐火度和荷重软化点、良好的化学稳定性和热稳定性, 强度性能好、电导率低、打结性能要好、无氧化铁及低熔点矿物等有害杂质^[1-4]。石英砂经过首炉高温烧结完成其相变、体积的膨胀变化后, 后期使用炉衬体积的变化非常微小, 热稳定性及抗铁液渗漏性能好, 而且能适应间断作业的熔化工况。此外, 石英砂的负荷软化温度与耐火度接近, 抗高温热冲击强度较高, 因此被广泛地应用于熔炼铸铁电炉中。

但是这只能满足电炉熔炼铸铁时的安全及基本炉衬寿命要求, 如何提升大吨位电炉炉衬寿命需要进一步的分析及探究。

2 炉衬材料及工艺对炉衬寿命的影响

2.1 20 t 炉衬材料粒度、配比对炉衬寿命的影响

炉衬材料的粗、细、小、微小的粒度配比的作用一方面是在打结过程中粗颗粒起到骨架、细粉起到填充粗颗粒的间隙的作用, 让炉衬更加致密; 另一方面是在烧结炉衬时为了获得良好的三层炉衬结构而设定的^[5], 因此炉衬材料的粒度、配比会对炉衬坯体(使用寿命)产生直接的影响, 进而影响炉衬的最终使用寿命。

20 t电炉使用过联矿MS1001a、461、MGS三种石英砂炉衬材料, 其粒度情况如下表1所示, 同种筑炉工艺、使用情况下, 小粒度的MS1001a炉衬材料平均炉衬寿命90次, 中间颗粒的461的炉衬材料平均使用寿命100炉次, 大颗粒的MGS炉衬材料平

作者简介:

潘密(1985-), 男, 高级工程师, 硕士生, 主要从事铸铁合金及熔炼研究工作。电话: 18071074186, E-mail: ph8223422@163.com

通讯作者:

周恬武, 男, 博士, 教授。电话: 0731-8803770, E-mail: ZDWe_mail@126.com

中图分类号: TG232

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2024)05-0699-07

收稿日期:

2023-12-11 收到初稿,
2024-01-20 收到修订稿。

表1 MS1001a、461、MGS粒度及使用寿命情况
Table 1 MS1001a, 461, MGS particle size and service life

序号	名称	粒度/mm	平均使用寿命/次
1	MS1001a	≤4	90
2	461	≤4.75	100
3	MGS	≤9	160

均炉衬寿命160次，从表中可以看出对于20 t炉衬材料粒度由小到大炉衬寿命提升，同时由小粒度更换大粒度后20 t电炉的炉衬寿命提升了78%，合理的粒度、配比是非常有必要^[6]，这是提高炉衬使用寿命的必要途径，尤其对于大吨位的电炉来说炉衬材料中的粗、大颗粒硅砂抗砸、渣性好，故大吨位的电炉炉衬砂应该选择大颗粒石英砂占比多一些。

选择炉衬材料时需要结合炉衬吨位、熔炼材质和使用温度、打结烧结工艺是否方便等方面进行选择，同时严格关注炉衬材料粒度、配比的数值亦是提升炉衬寿命的关键所在。

2.2 炉衬材料纯度对炉衬寿命的影响

石英砂质炉衬材料的耐火度主要取决于其SiO₂的含量，周育认为作为坩埚材料，石英砂中的SiO₂的含量应大于99%；邱复兴则认为应该打破石英砂越纯越好的观点，要求SiO₂含量99.0%以上，亦不经济又不实惠，同时他也说明高纯度石英砂价格昂贵并且在高温时又不容易烧结，当SiO₂含量小于97%时会使石英砂熔点下降，将影响石英砂炉衬的服役期即炉衬寿命，因此纯度适中的石英砂有利于烧结、价格也经济^[7-8]。因此，可以认为石英砂质的炉衬材料中SiO₂的含量是保证炉衬寿命长短的主要因素。

同时他们都强调石英砂中的杂质必须要少，其中Fe₂O₃，CaO应低于0.2%，碱性金属氧化物含量也应低于0.2%。如果杂质多并且集中，就有可能导致炉衬在熔炼过程中产生熔洞进而导致渗漏铁液，最终缩短炉衬的使用寿命。有关氧化铁杂质对炉衬寿命的影响见表2^[8]。从表2可以看出，杂质含量比率越多，炉衬使用的寿命比率也就越短，因此要对石英砂质炉衬中杂质的含量进行控制，这样才能保证炉衬的使用寿命，由

表2 氧化铁杂质对炉衬的影响
Table 2 Effects of iron oxide impurities on furnace lining

Fe ₂ O ₃ 在炉衬材料的比率/%	炉衬使用寿命比率/%
0	100
5	90
10	80
15	60

此可见，石英砂质炉衬材料杂质含量的高低是决定炉衬寿命长短的次要因素。

2.3 炉衬材料含水量对炉衬寿命的影响

石英砂质炉衬材料中含水量过高的话，烘炉时大量水蒸气外排就会直接凝结至炉壳外部并流出，如图1所示；如果水蒸气向内进入炉衬材料，轻者会导致烧结层产生“皱皮”现象进而影响炉衬表层质量，重者会造成炉衬材料的整体烧结，如图2所示，此时炉衬呈现深灰色并且没有松散层结构，这都会导致炉衬提前报废，降低炉衬使用寿命。一般使用袋装的炉衬材料，其含水率要求在0.5%以下，以保证炉衬正常寿命。



图1 炉衬材料中水分过高烘炉时水蒸气凝结

Fig. 1 Excessive moisture in the lining material causes water vapor condensation during oven drying



图2 炉衬整体烧结状态

Fig. 2 Overall sintering state of furnace lining

2.4 炉衬材料烧结剂对炉衬寿命的影响

石英砂质炉衬材料中一般使用硼酸（H₃BO₃）或硼酐（B₂O₃）作为烧结剂，主要作用是降低炉衬的烧结温度^[9-10]。因为石英砂材料的烧结温度较高，并且硼酸的分解反应式如下：



H₃BO₃在烧结加热时分解，水分蒸发后留下B₂O₃的形式存在炉衬材料之中，在1 000~1 300 °C时石英砂料中的B₂O₃和SiO₂等会形成低熔点的SiO₂·B₂O₃（熔点

为500 ℃)化合物, 由此而降低炉衬材料在烧结时的熔点, 缩短烧结的时间, 有利于改善烧结条件, 提高烧结质量。有资料表明^[10-12], 硼酸受热分解过程中产生的大量水蒸气, 如不能及时排出, 易在炉衬部位产生蜂窝状气孔缺陷, 使炉衬寿命缩短。

硼酐熔点较低, 在炉衬烧结时, 573 ℃以下就会出现液相。烧结前期硼酐形成的液相在炉衬材料表面附着, 随着温度的升高, 它能与粗、中、大颗粒炉衬材料逐步反应形成粘度高、表面张力大的低共溶液相, 使细粉状炉衬材料颗粒在高温下粘结在一起而保持原有的形状^[13], 从而保证炉衬材料烧结良好, 保证炉衬使用寿命。

过多的烧结剂则容易导致炉衬整体烧结、体积变化加大、脆性增加及产生裂纹倾向加剧, 同时会对拆炉工作带来难度; 过低的烧结剂则容易导致炉衬烧结层厚度不够、粉料过多、强度低, 容易引起过早的侵蚀导致炉衬报废, 最终都会影响并降低炉衬的使用寿命。

命。所以合适的烧结剂对炉衬烧结有着至关重要的作用, 一般国内石英砂质炉衬材料适宜的硼酐加入量为0.8%~1.2%。

2.5 作业班次对炉衬寿命的影响

根据资料显示, 不同的电炉作业班次, 对炉衬的寿命有着不同的影响, 一般有如下经验: 三班作业炉龄>二班作业炉龄>单班作业炉龄^[12]。

三班作业, 炉衬一直处于热稳定的良好状态, 不会产生冷热交替的温度波动, 因而炉衬寿命会大大提升; 二班、单班作业会让炉衬受到冷热变换的热震影响, 导致炉衬渗铁, 降低炉衬使用寿命。

2.6 打结方式对炉衬寿命的影响

20 t电炉不同炉衬材料及打结方式, 以及炉衬寿命和评估效果见表3。可以看出, 同种材料不同打结方式下, 炉衬寿命不同。锤击紧实相对于气振动紧实, 炉

表3 20 t电炉不同炉衬材料及打结方式的炉衬寿命和效果分析表

Table 3 Analysis of lining life and effect of different lining materials and tying methods for a 20 t electric furnace

项目	炉衬材料	筑炉时间/h	影响因素	炉衬使用寿命	筑炉质量	综合性价比
人工+气振动打结	MS1001a	12	受人为因素影响较大(加料、安装振动器)	平均80炉次	较差	较低
人工+气动锤击打结	MS1001a	8	影响较小	平均90炉次	一般	低
人工+气动锤击打结	MGS	8	影响较小	平均160炉次	较好	较高

衬寿命提升12.5%, 因此打结方式也在一定程度上影响炉衬使用寿命。不同材料不同打结方式下, 炉衬使用寿命也不同, 选取合适的炉衬材料加上合理的打结方式, 对炉衬寿命有着决定性的影响。采用气动锤击紧实的炉衬质量比气振动紧实更有保证且可靠, 因此20 t大吨位的电炉应该采用连续锤击的打结方式以保证炉衬的正常寿命。

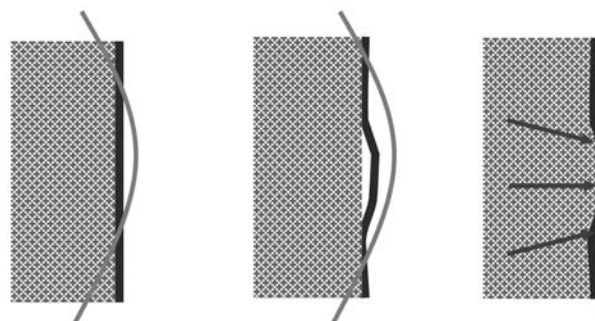
2.7 坩埚模具对炉衬寿命的影响

坩埚模具在施工、烧结的过程中必须要有足够的

强度, 在施工过程中不能产生形变, 保证在烧结过程中炉衬材料热面形成前不被熔化, 以及不会受磁场影响局部变形。一旦发生上述情况, 就会导致炉衬材料填充到模具变形形成的空隙中使炉衬密度降低, 从而影响炉衬局部强度、缩短炉衬寿命, 如图3所示。

根据实践经验^[14], 5 t以下电炉坩埚模具选择5 mm钢板, 5~15 t电炉坩埚模具选择8 mm钢板, 20 t电炉坩埚模具必需选择10 mm以上钢板。20 t电炉坩埚模具的结构特点要注意以下几个方面:

(1) 坩埚模主体结构: 带斜度的坩埚模, 斜度角



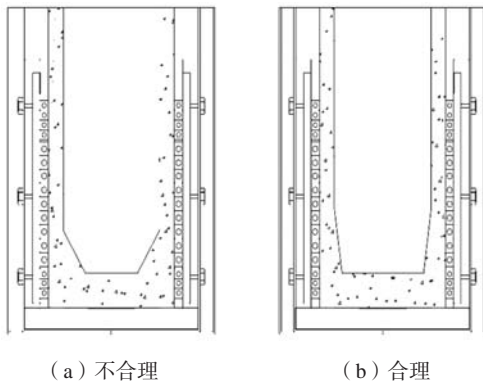
(a) 坩埚局部受磁场影响 (b) 模具变形 (c) 炉料充填至间隙里

图3 坩埚模具形变过程导致炉衬强度降低

Fig. 3 The deformation process of the crucible mold leads to a decrease in the strength of the furnace lining

应控制在 $1^{\circ}\sim 4^{\circ}$ 为宜^[15]；直筒状坩埚模具尺寸应大于等于炉衬最薄位置的安全厚度。

(2) 斜坡处的尺寸和形状：此处最易产生“大象脚”缺陷降低炉衬使用寿命，需设计合理的斜度角，斜度角遵循“小斜角大长度”，斜度角（锐角）应小于等于 11° 为宜，如图4所示。



(a) 不合理

(b) 合理

图4 20 t炉坩埚模具斜坡处设计示意图

Fig. 4 Design schematic diagram of the slope of the 20 t furnace crucible mold

(3) 排气孔：在坩埚模底部、斜坡及侧壁上应按200~300 mm的间距设计出呈菱形分布的小孔，孔的直径在3 mm较为适宜，这可以增大涡流电阻，提高发热烘烤效果，有利于烘烤阶段炉料中水分的溢出。

2.8 烧结工艺过程对炉衬寿命的影响

2.8.1 石英的同质异晶转变

自然界中石英砂分为两种：一种是岩石英（ α -石英），另一种是脉石英（ β -石英），后者存在比较普遍，岩石英自然界中较少。石英具有七种同素异晶形态和一种非结晶形体，即 α -石英、 β -石英、 α -鳞石英、 β -鳞石英、 γ -鳞石英、 α -方石英、 β -方石英；非晶体为石英玻璃。石英的同质异晶转变及体积变化率见图5^[8]。

从图5看出，在一定的温度、和其他条件下石英会发生形态和结构的变化，沿着横向来看 α -石英、 α -鳞石英、 α -方石英、石英玻璃的转变（涉及键的破裂和重建，又称重建型转变），石英的结构发生变化后形成新的稳定晶形态，一定条件下结构变化的结果

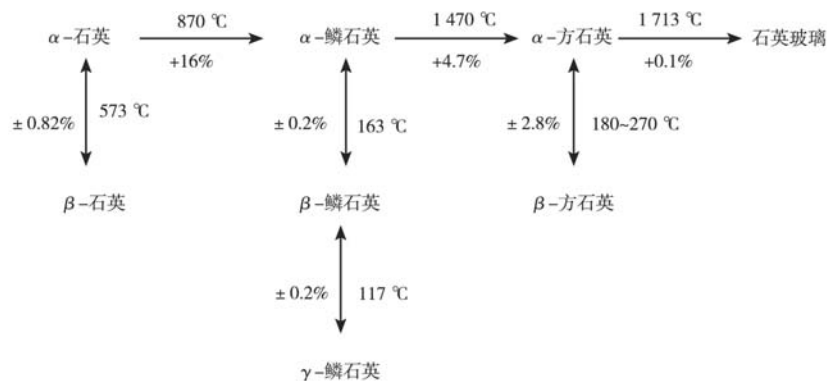


图5 石英的同质异晶转变及体积变化率

Fig. 5 Homogeneous and heterogeneous transformation and volume change rate of quartz

就是导致不可逆转且体积变大，但是结构变化发生时往往是需要更高的能量、高的温度以及长的时间，并且发生的很缓慢；沿着纵向来看， α 、 β -石英转变、 α 、 β 、 γ -鳞石英转变、 α 、 β -方石英转变（不涉及键的破裂和重建，转变时质点只需稍作位移、键角调整、又称位移型转变），石英并未发生结构型的变化，因此转化迅速，转变体积变化小且可逆。

2.8.2 烧结温度、时间的控制

炉衬烧结是在高温高压的情况下进行的、同时添加了大量的矿化剂有利于石英沿着横向进行结构变化，熟悉和了解了石英的同质异晶转变方能很好的利用并制定电炉炉衬的具体烧结工艺。烧结前放置的K型热电偶如图6所示，进入保温初期测得的炉内温度分布

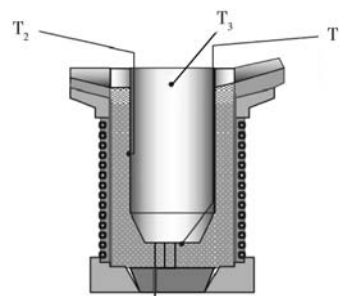


图6 K型热电偶的安放位置

Fig. 6 Placement position of K-type thermocouple

见图7。

可以看出刚进入保温状态时应该，炉内温度分布是上下低、中间高，分布不均衡，中间炉衬中的石英

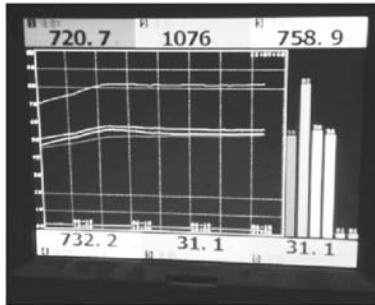


图7 炉内温度分布

Fig. 7 Temperature distribution inside the furnace

砂在保温初期的温度高于 $870\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，就已经开始 α -石英向 α -磷石英的结构转变，而上下温度均只有 $720.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $758.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，均低于 α -石英向 α -磷石英转变温度，未发生结构转变，因此烧结中需要延长保温时间来让炉衬上、中、下部的温度差异性缩小，让上、下温度达到满足 α -石英向 α -磷石英结构转变所需的温度， α -磷石英向 α -方石英转变时亦是如此。

2.8.3 烧结对炉衬寿命的影响

烧结最主要的目的是排除炉衬材料中的水分，并使炉衬材料中的石英砂沿着横向发生结构转变，让其体积膨胀、扩散以使炉衬致密化，亦及让石英晶变按照预定的方向彻底的进行，尤其是希望烧结层中 α -方石英成份^[14, 16-17]较多，避免 α -石英、 α -磷石英残留过多，极不希望出现全部的石英玻璃，最终让炉衬形成致密度高、烧结性好、强度高、热稳定性高的烧结层、过渡层、松散层结构。

结合图6、图7可以看出，烧结中在达到石英同质异晶转变的温度后必须加长这一保温的状态时间，必须使炉内的温度达到均衡，确保烧结过程中炉衬上、中、下部受热均匀，确保能量足够、温度足够、时间足够，达到结构转变所需要的条件，保证同质异晶转变的顺利进行，最终炉衬中的石英砂形成较多的 α -方石英成份，方能保证炉衬的寿命，烧结过程中的温度及时间因素对石英的同质异晶转变起着决定性的影响，因此烧结过程中的温度及时间是保证炉衬寿命长短的决定性因素。

2.8.4 合理的烧结工艺

结合图5石英砂的晶形转变温度及体积变化状态，遵循缓慢升温、长时间保温原则，电炉的合理烧结曲线应遵循的三个阶段：烘炉、半烧结、完全烧结，20 t电炉炉衬的烧结工艺如图8所示。

(1) 烘炉阶段的目的是排出炉衬中产生的水分。低温缓慢烘烤，由常温升温到 $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，并保温3~5 h，保温时间的增加可以保证 β -石英完全转化

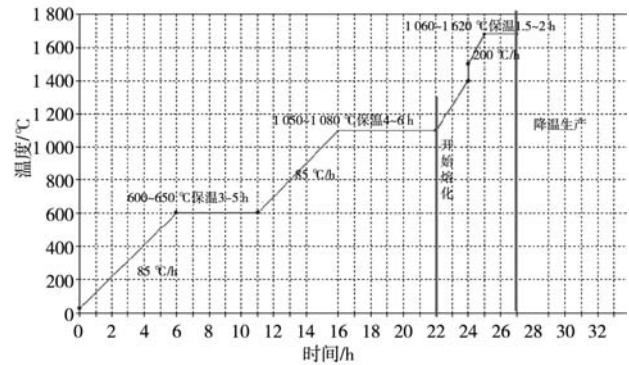


图8 联矿MS1001a 20 t电炉炉衬材料烧结温度曲线

Fig. 8 Sintering temperature curve of 20 t electric furnace lining material for Liankuang MS1001a

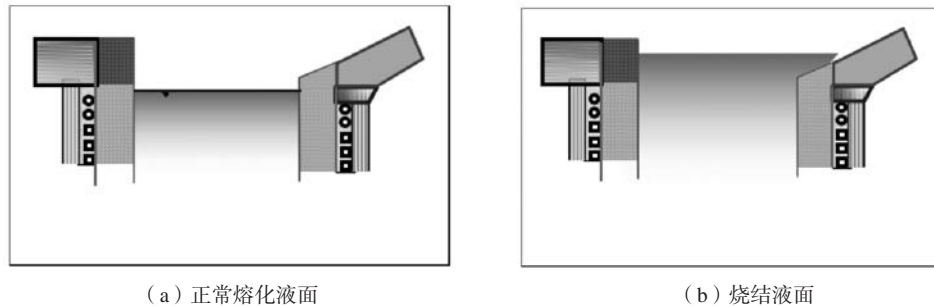
为 α -石英，同时可使炉衬中的水分充分排出，避免因水汽来不及排出而导致的蜂窝空洞留在炉衬中和因水汽快速排出使炉衬拱起形成早期的裂纹、表层炉衬脱落。

(2) 半烧结阶段是很关键的阶段。缓慢升温至 $1\ 000\sim 1\ 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右且保温4~6 h，保温时间的增加，可使炉内温度分布均匀，根据石英的同质异晶转变，充分保证炉衬中 α -石英在有烧剂的情况下转化为 α -磷石英，避免由于体积增大效应所产生的间隙，防止了烧结时炉衬的松散和开裂。

(3) 完全烧结阶段是温度升至 $1\ 470\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，在这个阶段就初步完成石英的进一步结构转变，但是 $1\ 470\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度时不能让所有的炉衬（炉温分布不均衡性）完成晶变且烧结层仍然没完全形成，再把温度升到 $1\ 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ （依据生产时使用温度加 $50\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），高温保温2 h方能彻底的让 α -磷石英缓慢的转变成 α -方石英。有的单位对高温烧结认识不足，铁液升温刚到 $1\ 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，甚至还不到 $1\ 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 就急于出铁，由于石英晶变不彻底，结果是导致烧结层疏松。只有经过高温烧结炉衬的表面才能形成良好的玻化烧结层，否则就会降低炉衬使用寿命烧结温度不够。烧结温度不够、烧结时间不足，形成的烧结层薄而脆会使中频炉的使用寿命明显降低。还需要指出石英砂的多晶转变比较缓慢，在以后的生产中才逐步使炉衬在高温状态下增加烧结层厚度，使其成为具有足够强度的硬壳。

2.8.5 金属液面对炉衬寿命的影响

正常熔化操作时，为获得最佳的电炉使用效果，金属液面（见图9a）应低于炉嘴下方，刚好高于最上部的有效线圈而低于封口料。而在烧结时，为获得最佳的炉衬烧结状态，金属液面（见图9b）必须低于炉嘴，高于正常熔化的感应线圈，即需要满炉烧结，这样不仅仅可以让中下部炉衬材料可以得到烧结，还可



(a) 正常熔化液面

(b) 烧结液面

图9 正常熔化和烧结时的金属液面状态

Fig. 9 Metal liquid level state during normal melting and sintering

以保证最上沿的炉衬材料同样也得到良好的烧结。

3 冷启炉熔化及冷却对炉衬寿命的影响

3.1 冷起炉熔化对炉衬寿命的影响

冷起熔是促使炉衬受热自身膨胀, 让因停炉而导致的细小、分散的炉衬裂纹自发的弥合, 让炉衬恢复良好的使用状态, 减少或降低渗铁的几率, 从而保证并延长炉衬使用寿命的一种工艺措施。

冷起熔要遵循缓慢升温, 防止裂纹渗铁, 限制熔化功率, 同时采用热电偶检测温度, 不同吨位的电炉冷起熔化工艺和保温时间见表4。

表4 石英砂炉衬冷起炉熔化工艺

Table 4 Cold melting process for quartz sand furnace lining

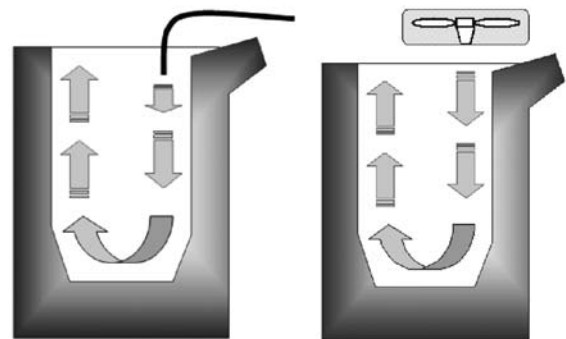
以装铁量计算 的炉子容量/t	升温到低于熔点1 100 ℃ (铁1 050 ℃/ 钢1 200 ℃) 需要的时间/h	保温时 间/h
< 5	2	1
5~15	3.5	1.5
> 15	5	2

3.2 炉衬的冷却对炉衬寿命的影响

20 t中频电炉“间歇”生产时, 炉衬就需要频繁的冷却, 采用缓冷(自然冷却), 上部炉衬由于接触高温铁水少炉衬本身热量小且接触空气面积大散热快容易导致上部炉衬冷却快, 下部炉衬接触高温铁液多, 炉衬本身热量多且接触空气面积小, 散热慢会导致下部炉衬冷却慢, 这就容易导致炉衬上下温差过大从而导致大而粗和纵向的致命裂纹, 实施快冷可加速炉衬下部冷却速度可以解决大而粗、纵向裂纹转向细小、

分散的裂纹, 因此“间歇”生产的炉衬需要使用强制冷却以减少裂纹问题而影响炉衬寿命。

20 t中频电炉炉衬实施强制的风冷措施, 即先用压缩空气对炉衬进行吹风冷却1~2 h, 然后换风扇进行吹风冷却, 如下图10所示。



(a) 压缩空气冷却

(b) 风扇冷却

图10 炉衬强制冷却

Fig. 10 Forced cooling of furnace lining

经过对20 t中频炉衬的强制冷却, 炉衬产生的裂纹会细小、分散、不集中, 减少对烧结层破坏程度, 后续再加以正确的冷起熔, 再次熔化时炉衬的烧结层状态依旧良好、结实, 不会出现渗铁、钻铁等问题, 这样强制风冷搭配冷起熔工艺就可以大大减少因冷热振对炉衬的伤害, 从而延长炉衬的使用寿命。

4 结束语

通过优化20 t电炉炉衬粒度、配比, 改善打结方式, 合理设计坩埚模具形状及尺寸、制定烧结、冷启熔工艺等关键因素, 能够有效提升20 t电炉炉衬使用寿命。

参考文献:

- [1] 李健. 提高酸性电炉炉衬寿命的研究 [J]. 金属加工 (热加工), 2015 (19): 63-65.
- [2] 朱少甫. 电炉炉衬的研究 [J]. 铜陵职业技术学院学报, 2009 (3): 83-91.
- [3] 吕基. 感应电炉炉衬的制备 [J]. 热加工工艺, 1993 (5): 54-55.
- [4] 冯胜山, 许顺红, 刘庆丰, 等. 无芯感应电炉炉衬使用寿命的影响因素及其控制措施 [J]. 耐火材料, 2008, 42 (4): 302-306.
- [5] 杨森. 高铝矾土熟料在中频感应炉中的应用及提高寿命的措施 [J]. 工业加热, 2003 (3): 50-52.
- [6] 张申涛. 感应电炉炉衬使用寿命探讨 [J]. 中国铸造装备与技术, 2006 (2): 56-57.
- [7] 邱复兴. 感应炉石英砂炉衬 (I) [J]. 内燃机配件, 2004 (5): 11-17.
- [8] 周育. 中频炉酸性炉衬使用寿命的探讨 [J]. 铸造设备研究, 2004 (1): 7-11.
- [9] 张庆海. 提高碱性中频感应炉的坩埚寿命 [J]. 工业加热, 1991 (3): 31-34.
- [10] 李祥胜, 林晏民. 提高中频炉酸性炉衬寿命的工艺探讨 [J]. 南方金属, 2007, 158 (10): 20-21.
- [11] 殷经星. 铸铁感应电炉硅质炉衬的使用寿命分析 (上) [J]. 机械工人 (热加工), 2003 (8): 55-58.
- [12] 高立光. 酸性干式炉料在电炉上的应用 [J]. 现代铸铁, 2009 (6): 54-56.
- [13] 陈淑英, 王献丽, 付强, 等. 提高酸性感应电炉炉衬寿命的实践 [J]. 铸造技术, 2007 (6): 872-874.
- [14] 李湛德, 刘永安, 邓占明. 6 t中频感应炉筑炉工艺改进及维护 [J]. 工业炉, 2003, 25 (4): 51-53.
- [15] 王士达, 郭凤玲, 班俊胜, 等. 酸性感应电炉炉衬的打结及熔炼生产实践 [J]. 金属加工 (热加工), 2008 (15): 55-57.
- [16] 盛静辉. 中频无芯感应电炉炉衬的致密化烧结 [J]. 现代铸铁, 1993 (3): 41-42.
- [17] 李济玉. 中频电炉湿法筑炉的实践 [J]. 铸造技术, 2006, 27 (3): 208-211.

Analysis of Influence Factors on the Service Life of 20 t Electric Furnace Lining

PAN Mi¹, DAI De-li¹, YANG Hua¹, ZHOU Dian-wu²

(1. Wuhan Wuzhong Casting and Forging Co., Ltd., Wuhan Heavy Duty Machine Tool Group Corporation, Wuhan 430205, Hubei, China;
2. HNU College of Mechanical and Vehicle Engineering, Changsha 410082, Hunan, China)

Abstract:

The material size ratio, boric acid, moisture, working shift, knotting method, sintering, cold melting and other processes of 20 t acid lining were analyzed, and the mechanism was understood. The factors which need to be paid attention to in the service life of acid lining are pointed out, and the specific requirements and measures for improving the service life of acid lining of 20 t intermediate frequency furnace are given.

Key words:

acid furnace lining; sintering; cold start melting; service life
