

优质球化剂的生产及其应用

刘年路

(天津市万路科技有限公司, 天津 300450)

摘要: 本文介绍一种关于优质稀土镁硅铁球化剂的生产方法及其应用, 球化剂的化学成分是: $Mg \leq 12\%$ 、 $Si \geq 54\%$ 和含 $RE \leq 2\%$ 、余量为铁及微量杂质, 该组分的稀土镁硅铁球化剂在熔制及浇注过程中均实现了无镁光的状态, 采用的组合式熔池克服了化学成分偏析的问题, 优质稀土镁硅铁球化剂的氧化镁含量小于 0.3%。将占被处理铁水重量 0.4%~0.6%的优质球化剂及硅铁孕育剂装入球化包的反应室中, 在球化包中冲入 $\leq 1570^{\circ}C$ 的铁水进行球化处理可以实现消除镁光的无烟反应, 球化反应过程平稳无铁水飞溅; 由于球化剂中氧化物极低并且在球化包内没有加入铁屑、聚渣剂, 因此球化反应结束后铁水液表面洁净无浮渣, 具有反应室的球化包铁水降温少, 球化包挂渣少, 可以连续球化处理铁水 50 包次以上, 有效元素的吸收率高, 改进后的球化处理在保证质量的状态下实现降低球化处理成本 40%~50%。

关键词: 球化剂; 生产方法; 球化处理; 应用

1 发展概述

在生产球墨铸铁件的企业中广泛采用稀土镁硅铁合金作为球化剂。稀土镁硅铁合金球化剂是目前国内外用量最大的球化剂, 但是在其传统的生产过程中能耗高, 熔损大, 环境污染严重, 传统球化剂由于镁的吸收率低, 其加入量较大。

目前, 生产稀土镁硅铁球化剂的方法主要为二次冶炼重熔法及合金液压力加镁法。传统的二次冶炼重熔法生产球化剂不仅成本较高且球化剂中的镁烧损较多, 氧化镁含量高。在已公开的合金液压力加镁法的工艺, 被压入的镁锭除顶面之外, 其他部分是完全暴露的, 可以直接与合金液接触。另外, 暴露的镁锭与合金液面的距离较短, 不利于被合金液吸收; 在中频感应电炉内采用分次加入镁锭可以减少烧损, 但是处理时间长, 降温快, 仅局限在电炉内使用。

另外, 稀土镁硅铁及镁硅球化剂的生产企业, 在球化剂合金液的熔炼及浇注过程中不可避免的会产生强烈刺眼的镁光, 镁的氧化烧损严重, 在球化剂合金液浇注到熔池后, 其顶面是敞开暴露式自然冷却, 合金液的上层部分尤其是中心部分冷却较慢, 在熔池凝固的合金上、下层有明显的比重偏析、化学成分偏析, 上层部位含镁量偏高, 氧化镁含量多, 这些问题直接影响到球化剂的质量及其使用效果。此外, 熔制好的球化剂合金液应尽量缩短浇注时间, 以减少氧化损耗。

传统稀土镁硅铁合金球化剂为了增加合金密度防止其漂浮, Fe 的含量较高, 在熔炼过程中加入废钢来增加其比重。由于废钢价格低, 加大废钢的比例可以降低球化剂的成本, 废钢除增加比重外对铁水的球化没有其它作用。实际生产中传统稀土镁硅铁合金球化剂中的氧化镁含量等于镁含量的 10%左右。依照上述工艺参数生产稀土镁硅铁合金球化剂, 铁含量较高时在生产和浇注过程会产生强烈刺眼的镁光, 球化剂中的氧化镁含量必然较高。

2 新技术方案内容

目的是解决稀土镁硅铁合金熔制过程中反应剧烈、有效元素吸收率低, 氧化镁含量偏高的问题, 在稳定并提高产品质量前提下, 提供一种操作方便并可连续进行的球墨铸铁球化处理办法, 将球化剂放入到球化包中砌筑的球化反应室内, 进行冲入包内法的球化处理办法, 解决了冲入包内法球化处理时反应剧烈、有效元素吸收率低的问题, 精确控制球化反应时间, 提高产品质量、降低生产成本, 操作简便, 充分发挥和利用资源, 显著改善生产环境。

作者简介: 刘年路, 高级工程师, E-mail: liunianlu@aliyun.com。

将上述无外衬钢管的整体稀土镁硅铁球化剂的含 Mg 量控制在 $\leq 10\%$ ，含 Si 量控制在 $\geq 65\%$ 和含 RE $\leq 2\%$ 时，该稀土镁硅铁球化剂在熔制及浇注过程中均实现了无镁光的状态，大幅度的降低了氧化镁的产生。以含有 Mg10%、Si67%、RE1%的整体稀土镁硅铁球化剂为例，与含有 Mg7.5%、Si42%、RE2.4%的传统稀土镁硅铁球化剂相比，在经球化处理后化学成分接近的条件下，由于合金本身化学成分的不同及球化处理方法的的不同，在相同的处理温度条件下新方案球化处理的球化剂加入量为 0.60%，而传统稀土镁硅铁球化剂的加入量为 1.30%；经球化处理后，采用传统稀土镁硅铁球化剂的铁水表面有一层明显的浮渣，采用新方案处理的铁水表面十分洁净、无浮渣，这对提高产品质量起到了关键作用。在采用不同的方法球化处理时，为了保证金相组织及力学性能的要求，加入适量的硅铁孕育。因此，在考核不同的方法进行球化处理计算其球化处理费用时，应考虑球化剂本身在球化处理后所带来的增硅因素；在采用高温铁水球化处理时，传统工艺铁水球化时剧烈沸腾的反应，不仅造成 Mg 的吸收率低，Si 的吸收率也随之降低。选择合适的镁硅比即可以增加球化剂的熔点又大幅度的提高了球化剂中的含镁量，提高了球化剂在高温铁水时的稳定的反应状态，球化剂中除硅铁本身带入的含 Fe 量之外，并不需要额外加入废钢，所以上述球化剂中球化反应的有效元素 Mg、Si 及 RE 的总含量较高。利用上述球化处理包的反应室结构将所需加入重量的含 Mg $\leq 12\%$ 、Si $\geq 65\%$ 和含 RE $\leq 2\%$ 的稀土镁硅铁球化剂先投入反应室，再将 72 硅铁孕育剂放置在反应室；由于球化剂被放置在反应室内、反应室加料口及减压槽，反应室加料口处堆积的 72 硅铁孕育剂进一步阻碍了铁水进入反应室；所以在进入球化包的铁水超过反应室盖板顶面一定高度后球化反应才正式开始。除反应室加料口及减压槽之外，高温铁水的进入和反应时产生的高压镁蒸气的喷射没有其它对流交换的途径，反应室中的硅铁孕育剂在反应时被逐步熔化增加了反应室内金属液的含硅量；反应室的结构设计起到了减压仓的作用，实现了球化反应时产生的高压镁蒸气在减压仓中降压后再释放的作用；上述因素的组合对平抑球化剂反应时的剧烈反应、提高镁的吸收率起到了关键作用。反应室加料口及减压槽的设置有效的控制了球化反应的状态，迫使球化反应时产生的镁蒸气沿球化包底部水平方向扩散，反应室垂直面的挡板有效的防止了球化反应时球化剂容易漂浮的现象，提高了镁的吸收率。

根据上述生产优质整体稀土镁硅铁球化剂的方法，采用矿热炉冶炼的硅铁合金液一步法生产稀土镁硅铁球化剂合金液或电炉二次重熔法生产稀土镁硅铁球化剂合金液，将熔制好的稀土镁硅铁球化剂合金液浇注到上述组合式熔池内，用冷却铁封闭上端的浇注口，待合金液凝固冷却后，可获得所需重量及形状的优质整体稀土镁硅铁合金球化剂。

本球化处理工艺方案的优点：选择了适宜的化学成分以及整体稀土镁硅铁球化剂合金液被限制在封闭的组合熔池内凝固冷却，获得了 MgO 含量小于 0.3%、化学成分偏析少、质量稳定的优质球化剂。整体稀土镁硅铁球化剂被限制在球化处理包的反应室中，球化反应时产生的镁蒸气由预留的反应室加料口及减压槽向外扩散，解决了整体稀土镁硅铁球化剂熔损后移动上浮的问题，解决了冲入包内法球化处理时反应剧烈铁水飞溅、有效元素吸收率低的问题。当被处理铁水的化学成分及被处理铁水重量变化时，可随时调整球化剂的加入量。在冲入的铁水温度波动 $< 100^{\circ}\text{C}$ 的情况下，球化反应时间上下偏差小于 5s。其球化处理的的生产成本可以降低 50%，在球化处理时整体稀土镁硅铁球化剂加入重量可以比传统球化剂降低 60%。

经试验证明，新工艺球化处理温度为 $1450\sim 1588^{\circ}\text{C}$ ，整体稀土镁硅铁球化剂加入量不变，球化反应时间基本不变，对球化结果无影响。该球化处理方法克服了传统工艺球化处理时，随着球化温度的升高需增加球化剂的加入量的问题，改善了球化剂制作过程及使用过程的生产环境。球化处理及浇注过程中铁水降温少并对防止镁的损失，有效元素 Mg、RE 和 Si 的吸收率高，对于稀土元素 RE 含量在 2%~8%的传统稀土镁硅铁球化剂，采用本工艺，其稀土元素 RE 的用量可以降低 50%~75%。在球化包中冲入 $\leq 1570^{\circ}\text{C}$ 的铁水进行球化处理可以实现消除镁光的无烟反应，球化反应过程平稳无铁水飞溅。由于球化剂中氧化物极低并且在球化包内没有加入铁屑、聚渣剂，因此球化反应结束后铁水液表面洁净无浮渣，反应室的球化包铁水降温少，球化包挂渣少，可以连续球化处理铁水 50 包次以上，有效元素的吸收率高，改进后的球化处理在保证质量的状态下实现降低球化处理

成本 40%~50%。

3 在工厂中的具体实施方式

由于含有 Mg10%、Si67%、RE1%的整体稀土镁硅铁球化剂在球化剂的熔炼和浇注过程已经消除了镁光，达到了稳定的状态，完全适合球化处理温度在 $\leq 1600^{\circ}\text{C}$ 的状态下应用，因此再降低镁的含量意义不大；需要将镁含量降低时，应该保证硅的含量，达到球化剂合金液在熔炼和浇注过程中消除镁光的稳定状态。

根据上述的球化处理办法，对于球化前原铁水成分中反球化元素较低时，可采用以无外衬钢管、无 RE 成分的含 Mg $\leq 10\%$ 、含 Si $\geq 65\%$ 的镁硅铁球化剂置换无外衬钢管的整体稀土镁硅铁球化剂进行球化处理。

实施案例 1：在冷风冲天炉熔炼铁水后在电炉内升温的条件下进行，采用上述的球化处理包的反应室结构，先将无外衬方形钢管的整体稀土镁硅铁球化剂装入球化处理包的反应室加料口中，再将 72 硅铁孕育剂放置到反应室内，每包处理铁水重量为 500~1000kg，红热包连续运转使用，球化铁水温度为 1510~1530 $^{\circ}\text{C}$ ，原铁水含硫量 0.04%~0.062%，无外衬方形钢管的整体稀土镁硅铁球化剂含 Mg10%、含 RE1.3%和含 Si67%，其投入无外衬方形钢管的整体稀土镁硅铁球化剂的重量占被处理铁水重量的 0.85%~1.0%，反应室内 72SiFe 孕育剂加入量 0.9%~1.3%，在球化反应时包内不覆盖铁屑和珍珠岩，球化反应结束扒渣后二次复合孕育剂的加入量为 0.10%，球化反应时间 75 秒，全部反应过程为均匀喷射状反应，无镁光铁水沸腾反应。

球化反应结束后 1 分 30 秒取样，球化级别 2 级；球化处理后铁水的化学成分：C 3.45%、Si2.80%、Mn 0.112%、P 0.058%、S 0.008%、Mg0.055%。

实施案例 2：在中频电炉熔炼条件下进行，采用球化处理包的反应室结构，无外衬钢管的整体稀土镁硅铁球化剂装入球化包的反应室中，每包处理铁水重量为 1000kg，电炉出铁水温度为 1570 $^{\circ}\text{C}$ ，原铁水含硫量 0.021%，无外衬方形钢管的整体稀土镁硅铁球化剂含 Mg10%、RE1%和 Si61%，加入的无外衬方形钢管整体稀土镁硅铁球化剂的重量占被处理铁水重量的 0.58%，反应室内加入 0.9%的 72SiFe 孕育剂；铁水冲入球化包内 13 秒球化反应开始，球化包内不覆盖铁屑和珍珠岩的情况下，球化反应时间在 1 分 15 秒，全部反应过程为均匀喷射状无烟沸腾反应，球化反应平稳，球化反应结束扒渣后采用粒度 $\leq 5\text{mm}$ 的特效孕育剂进行覆盖铁水，其加入量为 0.15%，球化级别 2 级。

4 结束语

(1) 由于采用适宜的化学成分以及整体稀土镁硅铁球化剂合金液被限制在封闭的组合熔池内凝固冷却，获得了 MgO 含量小于 0.3%、化学成分偏析少、质量稳定的优质球化剂。

(2) 整体稀土镁硅铁球化剂被限制在球化处理包的反应室中，球化反应时产生的镁蒸气由预留的反应室加料口及减压槽向外扩散，解决了整体稀土镁硅铁球化剂熔损后移动上浮的问题，解决了冲入包内法球化处理时反应剧烈铁水飞溅、有效元素吸收率低的问题。

(3) 其球化处理的生产成本可以降低 50%，在球化处理时整体稀土镁硅铁球化剂加入重量可以比传统球化剂降低 50%~60%，有效元素 Mg、RE 和 Si 的吸收率高，对于稀土元素 RE 含量在 2%~8%的传统稀土镁硅铁球化剂，采用本工艺，其稀土元素 RE 的用量可以降低 50%~75%。