

专利号：ZL202011133479.8

发明名称：一种高致密性、高纯净度细晶粒磨球钢的冷装生产工艺

发明人：梁佰战；郑力宁；肖波；石可伟；王子健；赵岳；唐宁；雷鸣；王菊生；陈坤；黄杰；章启飞

专利权人：江苏利淮钢铁有限公司；江苏沙钢集团淮钢特钢股份有限公司

摘要：

本发明公开了一种高致密性、高纯净度细晶粒磨球钢的冷装生产工艺，包括以下流程：铁水预脱硫-转炉冶炼-LF 炉精炼-RH 真空处理-连铸-大圆坯铸坯缓冷-加热-轧制-冷却-高温入坑缓冷-出坑精整-打包、入库。本发明加热采用磨球钢圆坯冷装温控制度，采用差温轧制和单道次大压量轧制两者相结合的方式，增加了钢坯心部变形量，改善了钢材内部致密性和晶粒度。本发明专利生产所得的磨球钢具有低倍组织优良（中心疏松 ≤ 1.0 级、一般疏松 ≤ 0.5 级），纯净度高（A类夹杂物 ≤ 1.0 级、B类夹杂物 ≤ 0.5 级、C类夹杂物 ≤ 0.5 级、D类夹杂物 ≤ 1.0 级），奥氏体晶粒细（奥氏体晶粒度 ≥ 6.5 级）的优点。生产所得磨球钢经过常规的滚扎工艺得到的磨球冲击韧性好、疲劳寿命高。

主权项：

1. 一种高致密性、高纯净度细晶粒磨球钢的冷装生产工艺，其特征在于，包括以下流程：铁水预脱硫-100t 转炉冶炼-100tLF 炉精炼-100tRH 真空处理-连铸-大圆坯铸坯缓冷-加热-轧制-冷却-高温入坑缓冷-出坑精整-打包、入库，所述磨球钢的化学成分组成为：碳 0.60-1.10%、硅 0.15-0.50%、磷 $\leq 0.025\%$ 、硫 $\leq 0.015\%$ 、锰 0.60-1.00%、铬 0.40-1.05%、铝 0.015-0.050%、钼 $\leq 0.20\%$ 、镍 $\leq 0.30\%$ ，其余为铁和不可避免的杂质；具体工艺步骤如下：（1）铁水预脱硫铁水硫含量要求 $\leq 0.070\%$ ，铁水温度 $\geq 1250^{\circ}\text{C}$ ，采用 KR 机械搅拌方式预脱硫，脱硫前先将铁水渣扒干净，随后再进行脱硫，根据铁水初始硫含量，脱硫剂一次加入 450-650Kg，

搅拌时间和搅拌速度分别控制在 8-12min 和 40-80r/min, 脱硫后扒干净脱硫渣, 出站硫含量 $\leq 0.010\%$; (2) 100t 转炉冶炼以铁水和废钢为原料, 铁水和废钢量分别为 75-95t 和 15-20t, 铁水化学成分要求: $Si \leq 1.00\%$ 、 $Mn \leq 0.60\%$ 、 $P \leq 0.12\%$ 、 $S \leq 0.020\%$, 转炉带有副枪, 用于测定终点碳、磷、氧和温度, 终点成分和温度: 碳 $\geq 0.08\%$ 、磷 $\leq 0.020\%$ 和 1650-1670 $^{\circ}C$, 出钢时间 3-6min, 出钢按照先后顺序分别加入铝饼、低氮增碳剂、合金、磨球钢专用精炼渣以及混合渣, 铝饼的加入量由副枪测定出钢碳决定, 结合下渣检测系统, 采用挡渣锥和滑板双重方式控制转炉出钢下渣量; (3) 100tLF 炉精炼钢水等待精炼时, 氩气搅拌流量控制在 50-200NL/min, 加入精炼渣精炼过程中氩气搅拌控制在 300~500NL/min, 全程氩气搅拌, 且氩气搅拌强弱按照精炼前期强后期弱控制, 少量添加石灰和萤石调整渣况, 加入量控制在石灰 $\leq 100Kg/炉$ 和萤石 $\leq 50Kg/炉$, 使用钢水促净剂进行渣面扩散脱氧, 保证白渣时间 25-35min, 精炼时间控制在 40-60min, 精炼中前期将成分调整到工艺要求的范围内, 精炼结束向钢水中喂入硅钙线 100-150m/炉, 喂线速度为 2.0~3.0m/s; (4) 100tRH 真空脱气在真空度 $\leq 100pa$ 的条件下, 对钢水循环处理 15-25min, 真空处理结束后, 钢水软吹氩气流量控制在 50-150NL/min, 软吹时间 20-30min; (5) 连铸采用弧形连铸机进行浇铸, 弧半径为 14m, 过热度: 20-35 $^{\circ}C$, 拉速为 $\varnothing 380mm: 0.52m/min$ 、 $\varnothing 500mm: 0.31m/min$, 全程保护浇铸, 采用台阶式氩封结构长水口, 三段式电磁搅拌, 铸坯入坑缓冷, 钢坯表面温度 $\leq 150^{\circ}C$ 方可出坑或转运使用; (6) 轧钢加热: 加热炉为三段式温控系统, 炉型为煤气空气双蓄热步进梁式, 炉长和炉宽分别为 33.5m 和 13.2m, 加热一段 38 步, 加热二段 42 步和加热三段 28 步; 加料之前, 关闭加热一段、加热一段烧嘴, 并对炉内降温, 降温后, 按照 1~3 分/根的节奏加料, 在加热一段加满料后, 停止加料, 在加热一段保温一定时间, 随后继续按照 1~3 分/根的节奏加料, 炉内加满料后升温, 在钢坯温度达到 1120-1170 $^{\circ}C$ 时, 按照 3 分钟 1 支节奏步进至出钢位生产, 在等待钢温 1~2 小时后出钢; 轧制: 采用一架 1100mm 闭口牌坊二辊可逆式开坯机、三架 900mm 二辊短应力线水平轧机、三架 750mm 二辊短应力线立式轧机对圆坯进行轧制, 按照正常的节奏出钢, 出钢后经过高压水除鳞, 再使用开坯机将圆坯轧制成相应矩形坯; 轧后: 为了降低钢材表面硬度, 在轧后钢材入保温罩进行缓冷, 出保温罩后, 钢材快速入坑, 保证入坑钢材表面温度控制在 350-

450℃；步骤（2）中出钢碳 $<0.08\%$ 时，铝饼加入量为130Kg/炉，出钢碳 $\geq 0.08\%$ - $<0.12\%$ 时，铝饼加入量为110Kg/炉，出钢碳 $\geq 0.12\%$ 时，铝饼加入量为90Kg/炉；所述磨球钢专用精炼渣有以下质量百分比原料组成：SiO₂：3-5%、CaO：42-50%、Al₂O₃：35-40%，所述磨球钢专用精炼渣加入量为350-450Kg/炉；所述混合渣为石灰与萤石的混合物，其中，石灰与萤石按照质量比6:1机械混合，所述混合渣的加入量为300-400Kg/炉；所述合金由在线烘烤仓通过溜槽加入钢水中，烘烤仓的烘烤温度为400-500℃；步骤（3）中所述精炼渣二元碱度为 7 ± 1 ，所述精炼渣组成为：CaO：53-60wt.%、SiO₂：8-12wt.%、MgO：4-6wt.%、Al₂O₃：27-32wt.%；所述钢水促净剂主要成分为：Ca：30-40wt.%、Si：15-25wt.%、Al：10-20wt.%；在喂线过程中，钢包底吹氩气改为含量 $\geq 99.99\%$ 的高纯氮气，通气时间控制在5-7分钟；步骤（6）中加热步骤，进行炉内降温，温度降至：加热一段 $\leq 650^\circ\text{C}$ 、加热二段 $\leq 750^\circ\text{C}$ 和加热三段 $850-900^\circ\text{C}$ 时，开始加料；炉内加满料后升温的程序为：按照加热一段 $40^\circ\text{C}/\text{h}$ 、加热二段 $40^\circ\text{C}/\text{h}$ 、加热三段 $70^\circ\text{C}/\text{h}$ 的速度升温，升温3~4小时后，接着按照加热三段 $100^\circ\text{C}/\text{h}$ 、加热一段 $50^\circ\text{C}/\text{h}$ 、加热二段 $80^\circ\text{C}/\text{h}$ 的速度升温，炉内最终温度控制在：加一段 $\leq 850^\circ\text{C}$ 、加二段 $\leq 1240^\circ\text{C}$ 、均热段 $\leq 1280^\circ\text{C}$ ；步骤（6）中的轧制步骤，出钢时，钢坯提前出炉，在加热炉外辊道等待3-6min后，再经过高压水除鳞；在开坯机的前三道次，压下量分别按照90mm、80mm和70mm控制。