高铬铸铁磨球热处理工艺研究

陕西华县金堆城钼业集团有限公司机电修配厂 （714102） 李志翔 曹菊艳 刘利安

【摘要】 主要对高铬铸铁磨球的热处理工艺进行了重点研究，经不同配比盐浴热处理对比，优化最经济合理的热处理工艺，并对试验结果进行了全面分析。将试验产品投入选矿厂 ϕ3.6m×4.0m 湿型球磨机与我厂现生产复相球墨铸铁磨球进行工业性对比试验。

一、概述

高铬铸铁由于碳化物类型为六方晶系的（Fe，Cr)$_7$C$_3$，碳化物呈六角棒状、针状及条状分布，且显微硬度高达 1600HV。在弱腐蚀的干磨工况条件下，高铬磨球已获得了广泛的应用，且效果较为显著，而在腐蚀大于干磨的湿磨工况条件下，由于硬质点（Fe，Cr)$_7$C$_3$ 碳化物的提前脱落，致使高铬磨球使用效果较差，限制了其广泛应用。我们通过不同配比的盐浴热处理试验研究，旨在寻求一种强韧性好的基体组织与其硬质点（Fe，Cr)$_7$C$_3$ 碳化物合理匹配，从而有效提高了高铬磨球在湿磨工况条件下的使用效果。

二、盐浴热处理试验方法及结果分析

1. 成球方法

采用一模 4 球金属模具加水玻璃砂保温冒口生产高铬磨球。

2. 试验方法

浇注完后，待球冷却分别放入不同配比（1#：50% $NaNO_3$ + 50% KNO_3；2#：30% $NaNO_3$ + 70% KNO_3；3#：45% $NaNO_3$ + 55% KNO_3）的硝盐浴中进行热处理；盐浴温度控制在 500～800℃；根据磨球球径大小不同，保温时间一般控制在 6～12h。

3. 试验结果

试验采用的试样为同炉浇注、同炉热处理，其有关试验结果如下（铸态试样编号 0#，调质试样编号为 1#、2#、3#）。

（1）洛氏硬度 HRC 由 HRCX—0.5 型洛氏硬度计测得，0#、1#、2#、3#试样洛氏硬度如下表所示。

试样洛氏硬度检测值 （HRC）

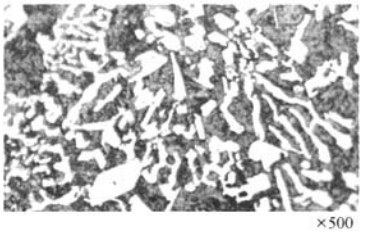
试样编号＼检测点位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0#	53.5	54	53.5	54	53.5	52.5	53.5	52.5	53	52.5
1#	54.5	53	53.5	54	53.5	52.5	53.5	55	52	52.5
2#	54.5	56.5	55	53.5	54.5	53	51.5	52	53.2	52
3#	56	56	55	54	53.5	54	53.5	53.5	54	53.5

注：检测点位是由磨球表面-中心-表面任选的位置点。

由表 1～4 可计算出，0# 试样洛氏硬度平均为 53.25HRC，1# 试样洛氏硬度平均为 53.4HRC，2# 试样洛氏硬度平均为 53.57HRC，3# 试样洛氏硬度平均为 54.3HRC。

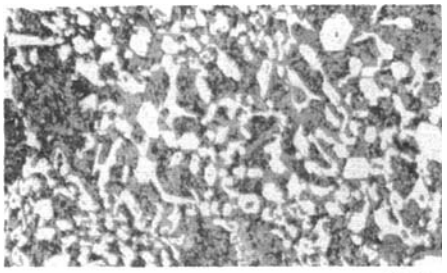
（2）冲击韧度 通过 JB30A 型冲击试验机试验，1# 试样 a_K = 7.09J/cm^2；2# 试样 a_K = 5.87J/cm^2；3# 试样 a_K = 14.78J/cm^2。

（3）金相组织 通过 XJL—02 立式光学金相显微镜观察，0# 试样金相组织为条块状碳化物 + 托氏体基体，如图 1、图 2 所示；1# 试样金相组织为粒状碳化物 + 托氏体基体，如图 3 所示；2# 试样金相组织为粒状碳化物 + 托氏体基体，如图 4 所示；3# 试样金相组织为粒状碳化物 + 托氏体基体，如图 5 所示。



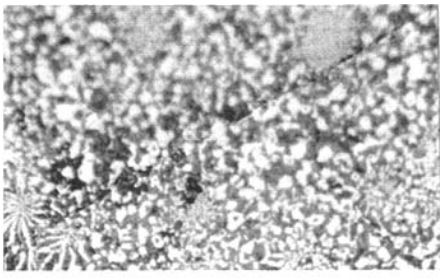
×500

图 1



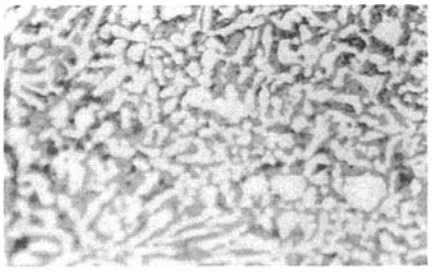
×500

图 2



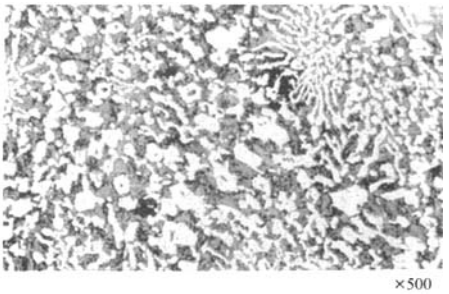
×500

图 3



×500

图 4



×500

图 5

4. 结果分析

(1) 从表 1 ~ 4 可看出，铸态或采用不同盐浴介质处理后，磨球硬度变化不大，其原因是无论铸态还是采用不同盐浴介质处理，磨球金相组织均为 M_7C_3 型碳化物 + 托氏体基体所致。

(2) 从金相图 1 ~ 5 可看出，铸态或采用不同盐浴介质处理后，磨球的碳化物形态发生了很大变化，其原因是磨球成分中存在 Cr、V 强烈反石墨化元素，经长时间高温保温处理，使相变点发生了显著偏移，致使碳化物形态发生了很大变化。

(3) 从冲击值可以看出，无论采用那种配比的盐浴处理后的磨球，冲击值均明显优于铸态，其原因是经盐浴处理后的磨球组织形态均较铸态好。

综合以上分析结果进行比较，3# 试样综合性能最佳，也是本次试验工作最终确定的最佳方案。

三、工业性试验

1. 试验方法

(1) 在 151 个高铬磨球表面钻 ϕ10mm × 20mm 孔一个。

(2) 在 49 个复相球墨铸铁磨球表面钻 ϕ10mm × 20mm 孔两个。

(3) 151 个高铬磨球总重 1000kg，平均每个球重 6.62kg；49 个复相球墨铸铁磨球总重 310kg，平均每个球重 6.33kg。

(4) 磨球在选矿厂进行一个月的工业性试验。

2. 试验结果

(1) 失重对比　停机后检测复相球墨铸铁磨球 15 个，总重 59.65kg，平均每个球重 3.98kg；高铬磨球 32 个，总重 137.6kg，平均每个球重 4.3 kg。经计算，高铬磨球平均失重 (6.62 - 4.3) kg = 2.32kg，相对磨损率为 2.32 ÷ 6.62 × 100% = 35.05%；复相球墨铸铁磨球平均失重 (6.33 - 3.98) kg = 2.35 kg，相对磨损率为 2.35 ÷ 6.33 × 100% = 37.13%，因此高铬磨球优于复相球墨铸铁磨球。

(2) 失圆程度对比　从被检测的磨球外观观察，高铬磨球圆整程度优于复相球墨铸铁磨球，说明高铬磨球组织均匀性优于复相球墨铸铁磨球。

四、结语

(1) 盐浴是处理新型高铬托氏体的理想介质。

(2) 优化盐浴配比，是获得综合性能最佳磨球的重要工艺措施。

(20070611)