GCr15 轴承钢工艺改进及性能研究

王智峰[1,2],任慧平[1],方 琪[1]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金学院,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司生产部,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章主要采用优化 LF 炉渣系及其 VD 炉工艺,通过改善连铸工艺及控制轧制温度等对 GCr15 轴承钢进行工艺改进,并对其性能进行研究。结果表明,工艺改进后,GCr15 轴承钢的表面氧化层厚度减少,并且改善了 GCr15 轴承钢的纯净度和线材的表面质量及其热轧金相组织。

关键词: GCr15; 二次回火; 轴承钢; 线材
中图分类号: TF762.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)03-0050-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.03.013

Process Improvement and Performance Study of GCr15 Bearing Steel

Wang Zhi-feng[1,2], *Ren Hui-ping*[1], *Fang Qi*[1]

(1. *School of Material and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Production Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the process of GCr15 bearing steel is improved by optimizing the LF slags and VD furnace process as well as improving the continuous casting process and controlling the rolling temperature. Moreover, its performances were studied. The results showed that the thickness of oxide layer on the surface of GCr15 bearing steel was reduced, the purity of GCr15 bearing steel, the surface quality and hot rolling metallographic structure of wire rod were improved after the process improvement.

Key words: GCr15; double tempering; bearing steel; wire rod

GCr15 是一种高硬度、高耐磨且合金含量较少的高碳铬轴承钢,经热处理后具有较高的硬度、均匀的组织、良好的耐磨性、高接触疲劳性,可用作承受大负荷,要求高耐磨性、高弹性极限、高接触疲劳强度的机械零件及各种精密量具冷冲模等[1]。该钢冷加工塑性中等,切削性能一般,焊接性能差,对形成白点敏感性大,有回火脆性,在应用推广中存在一些问题[2]。为了完善 GCr15 生产工艺,提升与稳定产品质量,对化学成分、钢液洁净度及碳偏析、坯料的质量及轧制温度、斯太尔摩冷却等主要质量控制因素进行优化;完善工艺流程、工艺参数、各工序质量控制点和关键指标控制措施等工艺技术指导文件,并对技术操作进行规范,最终提高了线材的表面质量并改善了热轧组织。

收稿日期: 2017-12-11
作者简介: 王智峰(1987-),男,内蒙古包头市人,在读硕士,工程师,现从事生产管理工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1　实验材料与方案

1.1　实验材料

原料包括: 铁水,铁皮球,废钢,石灰,低氮增碳剂,萤石,电石,碳化硅,硅钡线,低钛高碳铬铁,低铝低钛硅铁,保护渣。

1.2　实验方案

1.2.1　冶炼工艺改进

铸坯生产工艺流程: 鱼雷倒罐站→KR 脱硫→80 t 顶底复吹转炉→LF 炉→VD 炉→150 mm × 150 mm铸机。改进的工艺主要体现在 LF 炉渣系和 VD 炉的优化处理。

1.2.2　轧制实验方案

从钢坯检验、加热制度、轧制温度、冷却制度、成品切头尾量、取样及检验 6 个方面,对轧制工艺进行设计,保证成品成分及质量符合用户要求,降低生产成本。GCr15 线材的生产工艺流程如下:

钢坯运入→成批称重→入库存放→炉前上料→钢坯质量检查→单支称重→加热→粗轧→切头尾→中轧→预精轧(轧间水冷) →切头尾→精轧(轧间水冷) →穿水冷却→吐丝成圈→散卷冷却→集卷→切头尾→压紧打捆→称重挂牌→卸卷→入库。线材在轧制过程中要严格控制轧制温度和时间。

2　结果分析与讨论

2.1　冶炼

炼钢共组织试生产多个批次,11.8 m 定尺 261 支,10.2 m 定尺 32 支。转炉、LF 炉、VD 炉各工序的操作技能、熟练程度随着工艺的不断优化,由原来的普钢操作模式逐步向优特钢操作模式转变,主要体现在转炉顶渣,精炼炉扩散脱氧、调渣、氩气搅拌操作等。除萤石等原料质量不稳定、精炼速度减缓外,均趋于规范,钢水质量稳步提升。

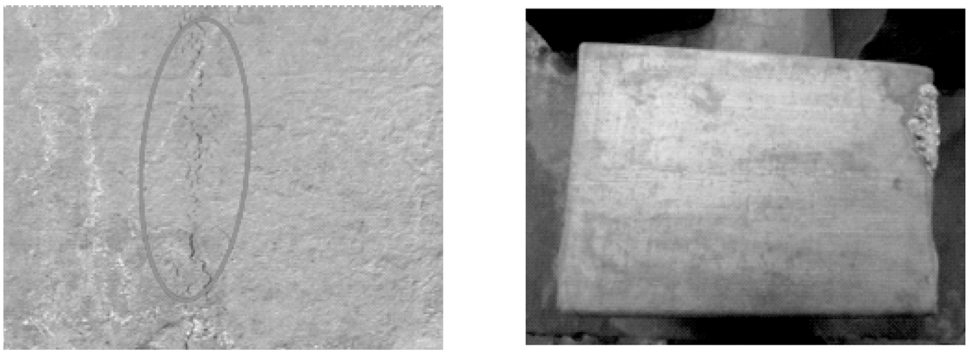
各工序实际运行情况: 转炉终点 C 和温度均符合要求,P 含量未达到工艺要求,但控制下渣量较好,回磷率不大于 0.003% 。LF 炉: 在控制储罐温度及其真空度、规范化脱氧、调渣及其吹氩搅拌等操作后,白渣保持时间、软氩搅拌操作等均符合工艺要求,效果较为理想。VD 炉: 将原料在深真空环境中保持 25 min,期间控制供氩流量在 250 ~ 450 L/min 范围内,冶炼效果较为理想。可以看出,温度、深真空环境及保持时间为冶炼阶段 3 个主要控制因素。

2.2　连铸

首批试生产 4 炉,由于轴承钢专用结晶器保护渣使用性能不佳、开浇操作不熟练等原因,开浇 2 次只浇 2 炉且拉速异常波动,质量无法保证。第二批次开浇因第一炉钢包内渣结壳严重,第二炉调序上台,连铸时导致大包未自开,引流 12 min 后钢液二次氧化严重,选出其中 58 支铸坯,铸坯表面裂纹较多,如图 1(a) 所示。严格控制开浇操作,过热度和相应拉速,以 4 个流和 5 个流拉钢控制钢水温度,产出铸坯表面质量相对较好(如图 1(b) 所示) 。

2.3　轧制及其分析

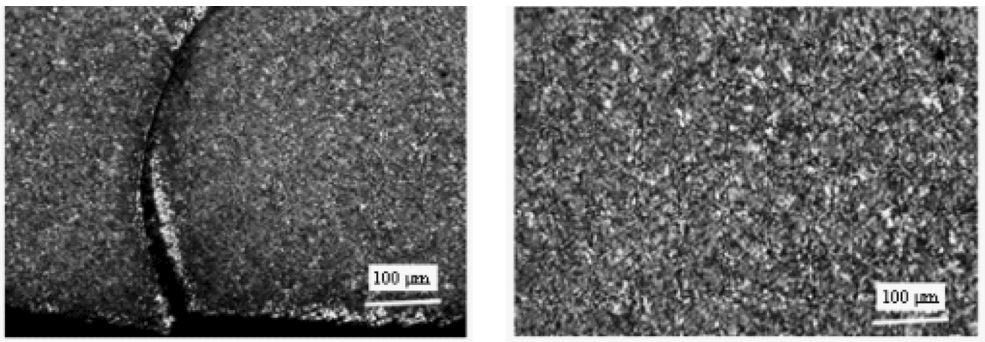
将首次生产的铸坯轧制成 Φ8 mm 线材,发现表面纵裂纹缺陷较多,主要是坯料质量缺陷所致。在严格控制轧制温度及其操作手段后,第二次轧制的 Φ8 mm 线材表面质量均良好。图 2(a) 为未控制温度的线材形貌图,线材表面存在裂纹。图 2(b) 为严格控制轧制温度后的线材形貌图,线材表面裂纹消失,由此可见,控制轧制温度可以有效地减少线材的表面缺陷。



(a) 低倍试样纵裂　　(b) 5个流铸铸坯表面

图 1　低倍铸坯表面图

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



（a）未控制温度形貌　　（b）控制温度后形貌

图2　线材的金相组织

2.4　化学成分控制

化学成分代表着成品的纯净度，实际成品成分控制情况见表1。

表1　线材成品成分（质量分数）　%

钢种	特征值	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Ti
GCr15	炉数	10	10	10	10	10	10	10	6
	平均值	1.01	0.25	0.35	0.012	0.002	1.46	0.015	0.004 8
	最小值	0.98	0.22	0.33	0.006	0.001	1.44	0.008	0.003 8
	最大值	1.04	0.28	0.39	0.017	0.004	1.49	0.025	0.006 0

由表1数据可知：w[C]在0.98%～1.04%，平均为1.01%；w[Si]在0.22%～0.28%，平均为0.25%，均符合实际要求。因此，组织批量生产时，转炉和LF精炼工序严格按工艺操作，控制C、Si含量，成品成分均可达到目标值。

2.5　气体含量

最终成品材的气体样分析结果见表2。

表2　成品材气体样分析（质量分数）　10^{-6}

熔炼号	O	N	备注
100366	10.6	57.0	
100367	10.3	60.0	
200594	10.0	32.0	实际增碳剂，其w[N]（抽检结果）达0.24%，严重超出要求。
200595	11.0		
200630	11.5	33.5	
200631	13.0	31.5	
平均	11.0	43.0	

低氮增碳剂的实际w[N]（抽检结果）达0.24%，严重超出要求（w[N]标准要求不大于0.03%），平均w[O]为11×10^{-6}，达到GB/T 18254—2002[3]要求。分析原因主要有3点：①大包存在不自开现象，导致吹氧开浇；②中包下水口絮流时，存在烧氧现象；③连铸用外装式浸入式水口，密封不好。

2.6　中心碳偏析

对工艺改进后的连铸坯进行分析，中心碳偏析数据见表3。可以看出，GCr15轴承钢的中心碳偏析平均值为1.09，达到预期目标。

2.7　金相检验分析

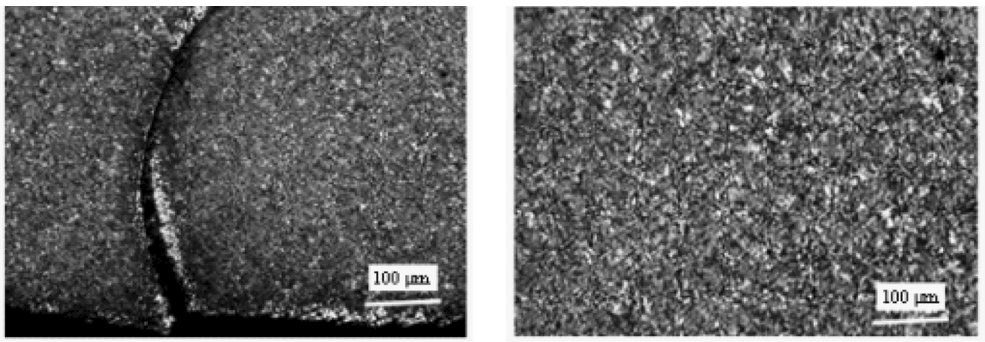
图3为GCr15轴承钢的金相显微组织图。从图中可以看出显微组织为片层状的珠光体和沿晶界析出的网状碳化物，此外还有极少量的马氏体，珠光体片层较为致密，网状碳化物较细；随冷却速度增加，将金相组织进行放大，发现二次碳化物由沿晶界处紧密的网状分布转变为不连续半网状分布，珠光体球团直径减小；冷却速度持续增加，二次碳化物析出进一步减少，仅能看到少量白色二次碳化物弥散析出，珠光体结构由明显的大块状逐渐转变为扇形，继而为轮廓不光滑的团絮状，看不到明显的片层结构[3-4]。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 3　铸坯中心碳偏析　　%

钢种	特征值	各点碳含量(质量分数)						中心碳偏析
		1	2	3	4	5	五点平均值	
GGr15	平均值	1.035	1.029	1.038	1.022	1.153	1.055	1.090
	最小值	1.014	1.019	1.008	0.992	0.986	1.006	0.980
	最大值	1.057	1.041	1.050	1.040	1.270	1.086	1.170

注: 每个点取试样数为 4 个。



(a) 未控制温度形貌　　(b) 控制温度后形貌

图 3　GCr15 轴承钢的的金相检验结果

3　存在问题及优化整改

(1) 试验原料未能达到要求,应严格控制原料品质;

(2) 目前中包下水口、滑块、浸入式水口的组合,不适合优特钢生产,需将浸入式水口设法改用内装式水口,并将整套水口系统的内径适当调大;

(3) 试验发现连铸机的弱冷参数未满足工艺要求,应与设备厂家协商,调整到位;

(4) 连铸结晶器铜管与水套间的水缝必须调整均匀,结晶器一区弧形段的对正、对中及其它各区段的对正、对中需进行严格规范;

(5) 改善缓冷区的保温条件,使用缓冷坑对钢坯进行缓冷,确保铸坯的缓冷扩散效果;

(6) 鉴于 GCr15 轴承钢连铸坯易产生表面缺陷,需配备钢坯精整工序;

(7) 轧钢需注意轧线对中及辊缝调节,同时注意检查工装件表面情况,避免产生划伤。

4　结束语

通过工艺改进,轧制成型的 GCr15 轴承钢成品表面裂纹基本解决,内部质量符合要求。也直接证明 GCr15 轴承钢的冶炼和轧制生产工艺的改进是可行的,可纳入操作规程。

参　考　文　献

[1] 柴泽. GCr15 轴承钢残余奥氏体定量测试标样制备方法及其关键技术研究 [D]. 北京: 机械科学研究总院,2014.

[2] 陈家祥. 连续铸钢手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社,1991.

[3] 史宸兴. 实用连铸冶金技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社,1998.

[4] 蔡开科. 连续铸钢 [M]. 北京: 科学出版社,1990.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net