

试验研究

等温退火对 GCr15 钢碳化物球化效果的影响 *

杨晓彩¹,徐海强²,王 杨²,刘燕霞¹,陈 敏¹

(1 河北工业职业技术学院 材料工程系,河北 石家庄 050000;2 河北科技大学 材料科学与工程学院,河北 石家庄 050091)

摘 要:研究了不同等温退火工艺下 GCr15 钢碳化物的球化效果,采用扫描电镜对显微组织进行分析。结果表明:随温度升高碳化物颗粒变得细小弥散,当加热温度上升至 800 ℃时奥氏体化均匀程度过高,容易形核长大成片状碳化物;随等温加热时间延长碳化物颗粒能独立形核成球状长大,甚至部分颗粒开始回熔长大。GCr15 钢的最佳退火工艺参数为:加热温度 780 ℃,加热时间 5 h,等温温度 700 ℃,等温时间 3 h。

关键词:GCr15 钢;等温退火;显微组织;碳化物;球化

中图分类号:TG156.2

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2017)04-0041-03

1 前 言

GCr15 钢具有合金含量较少、硬度高、耐磨性好、力学性能优良等特点,被广泛应用于轴承制造、冷作模具生产以及国防工业等领域^[1],但在使用过程中,常因钢的韧性不足而降低零件的使用寿命,为获得较高的综合性能需要进行热处理^[2]。这是由于要想使得轴承钢具有高强度和韧性^[3-4],就必须经热处理获得回火马氏体及其上分布着细小碳化物颗粒的合金组织。因此,控制碳化物的数量、尺寸、形态和分布状况^[5-9]是轴承钢向高质量、高性能多品种方向发展的关键。为此,本研究通过分析不同等温球化退火工艺中奥氏体化温度、保温时间、等温温度和时间对碳化物颗粒球化数量及分布规律的影响,找出最优的工艺参数,以期为工业生产中球化退火工艺的制定提供理论依据。

2 试验材料和方法

试验所用材料取自某厂的 GCr15 钢,其主要化学成分如表 1 所示。

表 1 试验用 GCr15 钢化学成分 %

C	Si	Mn	Cr	S	P
0.9	0.17	0.36	1.45	0.01	0.011

试验主要在箱式电阻炉中进行,将试样加工成 Φ25 mm × 10 mm 的小圆柱,进行不同加热温度的等温球化处理试验,处理工艺参数见表 2。试样以 100 ℃/h 加热速度升至奥氏体化温度,以 50 ℃/h 冷却速度至等温温度,再以 50 ℃/h 炉冷至 650 ℃出炉空

冷。采用 TESAN 扫描电子显微镜和自带的能谱对试样显微组织进行分析。

表 2 等温球化处理工艺参数

试样编号	加热温度 /℃	加热时间 /h	等温温度 /℃	等温时间 /h
1	760	4	700	3
2	780	4	700	3
3	800	4	700	3
4	780	5	700	3
5	780	6	700	3
6	780	5	680	3
7	780	5	720	3
8	780	5	700	2
9	780	5	700	4

3 试验结果与分析

不同工艺参数等温球化处理后 GCr15 试验钢试样的显微组织如图 1 所示。

3.1 工艺参数对组织的影响

3.1.1 加热温度的影响

对比图 1a(1# 试样、加热温度 760 ℃)、图 1b(2# 试样、加热温度 780 ℃)、图 1c(3# 试样、加热温度 800 ℃)可以看出,不同的加热温度碳化物有不同的球化效果,各种形貌的碳化物所占的比例不同。图 1a 和图 1c 碳化物颗粒较大,有一小部分直径小的颗粒,但主要是以大直径颗粒为主。相反图 1b 主要以小颗粒状碳化物为主,只有一小部分大直径的碳化物。3 种加热温度下碳化物都发生了不同程度的球化,一些大颗粒直径可达到 1 μm,最小的颗粒直径 0.2 μm。图 1c 相比图 1b,碳化物颗粒长大,球化效果不好。从图 1b 中可以看到大量的碳化物颗粒呈细小、弥散分布状态存在,球化效果明显好于图 1a 和图 1c。

3.1.2 加热时间的影响

对比图 1b(2# 试样、加热时间 4 h)、图 1d(4# 试

* 河北省科技厅重点研发计划项目(16211032),河北省高等学校科学基金项目(QN2017138),河北工业职业技术学院项目(ZY2016006)。

收稿日期:2017-04-18

作者简介:杨晓彩,女,1982 年生,2009 年毕业于河北理工大学金属材料工程专业,硕士。现为河北工业职业技术学院材料工程系讲师,研究方向为新钢种的开发应用。

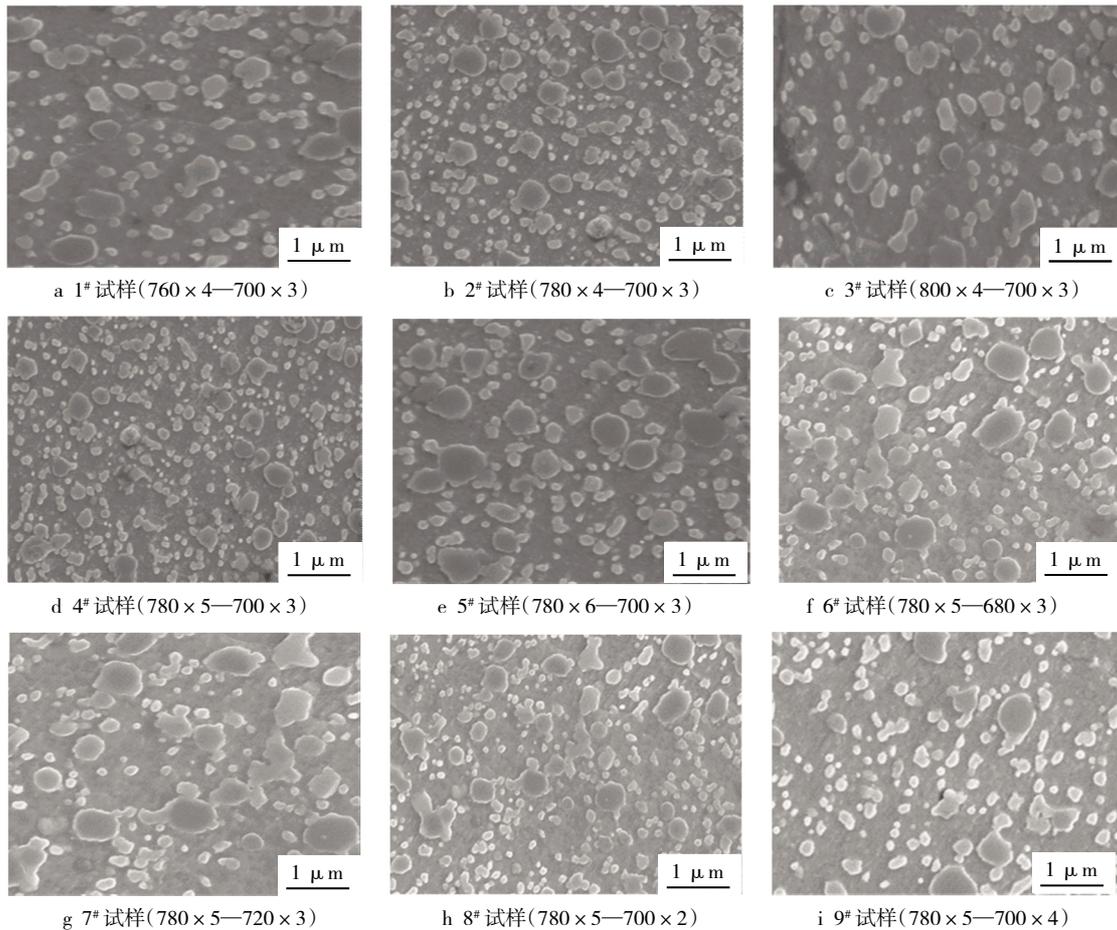


图1 不同工艺参数等温球化处理后 GCr15 钢的显微组织

样、加热时间 5 h)、图 1e(5# 试样、加热时间 6 h)可以看出,随着加热时间的延长,碳化物的形貌、大小和数量都发生了显著的变化。图 1b 中奥氏体化时间短,在基体中有一些未溶的碳化物颗粒形成富碳区,在随后的等温过程中作为形核中心而形成均匀的球化组织。图 1d 中奥氏体化时间长,碳化物小颗粒基本溶解在随后的等温过程中没有过多的形核中心,只能通过贫碳区的铁素体和渗碳体各自独立呈球状长大,这样的形核速度慢自然会比 2# 试样形成更细小的颗粒。随着加热时间的延长,碳化物不断溶解,有的小粒子甚至消失,当时间过长奥氏体内的碳浓度达到均匀时,就会转变成片状珠光体。

3.1.3 等温温度的影响

图 1f(6# 试样、等温温度 680 ℃)、图 1d(4# 试样、等温温度 700 ℃)、图 1g(7# 试样、等温温度 720 ℃)3 个图中都可以看到大量的颗粒状碳化物,这是由于在此阶段中碳化物球化是一个自发过程,有较高表面能的片状珠光体转变成粒状使能量降低。图 1d 比图 1f 等温温度高,碳原子的扩散和形核驱动力大,呈现出更为弥散均匀的碳化物颗粒。而随着温度的升高,残留的碳化物颗粒溶解,非自发形核核心减少,在贫碳区和富碳区同时形核,从图中可以看

到有些颗粒开始长大,形成片状珠光体。

3.1.4 等温时间的影响

对比图 1h(8# 试样、等温时间 2 h)、图 1d(4# 试样、等温时间 3 h)、图 1i(9# 试样、等温时间 4 h),从图 1d 中可以看出大颗粒碳化物大部分已经溶解,尺寸比较小。这是因为激活能和驱动力合适,析出的碳原子能更多地进行自发形核,非自发形核形成的碳化物颗粒也较小,所以球化效果好。随着等温时间的延长,有一些小颗粒碳化物开始靠近大颗粒,并被大颗粒吞并长大。这是因为激活能和驱动力过高,碳化物开始回熔和合并长大。

3.2 工艺参数对碳化物粒径的影响

3.2.1 加热温度和加热时间的影响

退火加热温度及加热时间对 GCr15 钢碳化物粒径的影响见图 2。从图 2 中可以看到,随着退火时间的延长,GCr15 钢中大颗粒碳化物的粒径逐渐减小,或是出现小幅度的增大。当加热 5 h 后,部分碳化物溶解,原来的大块不规则的碳化物都被溶解,剩余的颗粒也变得圆滑。当加热 6 h 后时部分碳化物颗粒开始回熔长大,球化效果不是最佳。加热温度过高,核间距过大碳就不能很好地扩散,会使球化效果变差,多余的碳化物聚集在晶界处时容易长大。加热温

度过低时碳的扩散系数小,球化效果也不好。所以加热温度在 720 ℃、加热时间 5 h 时球化效果最理想。

3.2.2 等温温度和等温时间的影响

退火等温温度及等温时间对 GCr15 钢碳化物粒径的影响见图 3。从图 3 中可以看出,在等温温度为 720 ℃时,随着等温时间的延长,GCr15 中碳化物的晶粒直径逐渐减小。这是因为随着等温时间的延长,碳原子析出量逐渐增多,激活能和形核驱动力增大,碳化物晶粒直径减小。而 700 ℃、680 ℃时碳化物晶粒是逐渐减小的,随后晶粒又开始长大。这是因为部分碳化物颗粒开始回熔和合并长大。等温时间越长,储存能也越高,尺寸就会增加。所以最佳的等温温度为 700 ℃,等温时间为 3 h。

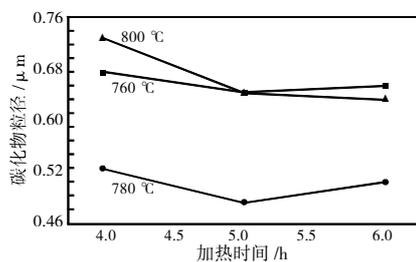


图 2 退火温度及时间对 GCr15 钢碳化物粒径的影响

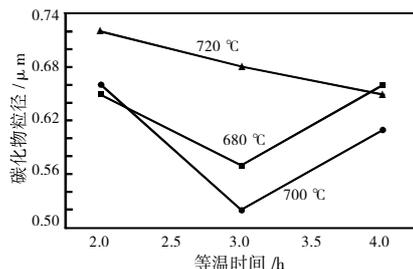


图 3 等温温度及时间对 GCr15 钢碳化物粒径的影响

4 结论

4.1 GCr15 钢等温退火时,等温温度在 760 ~ 800 ℃,

随着温度的上升,GCr15 钢碳化物颗粒变得细小弥散;当加热温度上升至 800 ℃时,奥氏体化均匀程度过高,容易形核长大成片状碳化物,球化效果不好。

4.2 等温加热时间从 4 h 延长至 5 h 时,碳化物颗粒能独立形核成球状长大,当时间增至 6 h 时,碳化物的粒径改变不大,甚至部分颗粒开始回熔长大。

4.3 GCr15 钢的最佳等温退火工艺为加热温度 780 ℃,加热时间 5 h,等温温度 700 ℃,等温时间 3 h。

参考文献:

- [1] 孙明义,杜振民,郑秀仿,等.GCr15 轴承钢球化退火工艺[J].金属制品,2013,39(4):22-24.
- [2] Yun-bo ZHONG, LI Qiang, Yi-peng FANG, et al. Effect of Transverse Static Magnetic Field on Microstructure and Properties of GCr15 Bearing Steel in Electroslag Continuous Casting process[J]. Materials Science & Engineering A, 2016, 24(2): 23-30.
- [3] Xiaohua Sha, Wen Yue, Yihui Zhao, et al. Effect of sliding mating materials on vacuum tribological behaviors of sintered polycrystalline diamond[J]. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 2016, 54(7): 5-8.
- [4] Dan Zheng, Zhen-bing Cai, Ming-xue Shen, et al. Investigation of the tribology behaviour of the graphene nanosheets as oil additives on textured alloy cast iron surface [J]. Applied Surface Science, 2016, 27(30): 49-50.
- [5] 王志蒙,王玉辉,曹文全,等.GCr15 轴承钢热变形行为及加工图[J].材料热处理学报,2017(1):191-197.
- [6] 周小蓉,黄立东,张华.新型机床轴承钢的热处理工艺优化[J].热加工工艺,2016(24):202-205.
- [7] 王桂.回火温度对 GCr15 轴承钢组织和性能的影响[J].失效分析与预防,2016(6):361-363.
- [8] 李辉,房洪杰,代永娟,等.GCr15 轴承钢相变规律及合金元素的影响[J].热加工工艺,2016(20):72-74.
- [9] 孔永华,李思贝,周江龙,等.等温淬火工艺对 GCr15 钢组织及耐磨性的影响[J].金属热处理,2016(7):95-99.

Effect of Isothermal Annealing on Spheroidization of Carbides in GCr15 Steel

YANG Xiaocai¹, XU Haiqiang², WANG Yang², LIU Yanxia¹, CHEN Ming¹

(1 Department of Materials Engineering, Hebei College of Industry and Technology, Shijiazhuang 050000 China; 2 School of Materials Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050091, China)

Abstract: The spheroidizing effect of GCr15 steel was studied and the microstructure was analyzed by SEM under different isothermal annealing. The results show that the carbide particles become smaller and smaller which is easy to form and grow into lamellar carbide with the increasing of the temperature. When the heating temperature is increased to 800 ℃, the carbide particles can grow into spherical shape independently, and even some of the particles begin to grow up with the increasing of the heating time. The optimum process of GCr15 steel is heating temperature of 780 ℃, keep heating time for 5 h, isothermal temperature of 700 ℃, isothermal time for 3 h.

Key words: GCr15 steel; isothermal annealing; microstructure; carbonization; spheroidization

数值范围用浪纹线

GB/T 15834—2011 规定:浪纹线“~”用于连接数字范围,如 a~b,这里的 a、b 为不同的实数,因此,在科技书刊中,凡实数的数值范围应当用“~”连接,不应采用一字线“—”。例如:0.25~0.75,750~780 ℃,

190~220 mm,0.9~1.2 m/min。只有标示相关项目(如时间、地域等)的起止用一字线,例如:2011 年 2 月 3 日—10 日,北京—上海特别旅客快车。

(燕明宇)