

高强度弹簧钢 60Si2CrVAT 热处理工艺优化试验

李秋志^{1,2} 高国华² 周立新² 杨 斌² 陈方玉² 陈家新²

(1 北京科技大学材料科学与工程学院,北京 100083; 2 湖北新冶钢有限公司技术中心,黄石 435001)

摘要 用DIL850L相变仪Φ4 mm×10 mm小试样模拟Φ26 mm 60Si2CrVAT钢(∕% :0.60C、0.63Mn、1.50Si、1.08Cr、0.14V)870~950℃淬火试验。结果表明,随淬火温度提高,钢残余碳化物减少,950℃淬火晶粒长大明显,择优选取910℃为淬火温度。生产检验条件下,采用910℃ 40 min 淬火,420℃ 90 min 回火,可获得较佳的综合力学性能- 即抗拉强度(R_m)1 940 MPa,屈服强度($R_{p0.2}$)1 740 MPa,伸长率(A_5)9.5%,断面收缩率(Z)36.5%。

关键词 高强度弹簧钢 60Si2CrVAT 淬火 回火 力学性能

A Test for Optimization of Heat Treatment Process of High Strength Spring Steel 60Si2CrVAT

Li Qiuzhi^{1,2}, Gao Guohua², Zhou Lixin², Yang E², Chen Fangyu² and Chen Jiaxin²

(1 School of Materials Science and Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083;

2 Technology Center, Hubei Xinyegang Co Ltd, Huangshi 435001)

Abstract The quenching examination of Φ26 mm rod of steel 60Si2CrVAT (∕% : 0.60C, 0.63Mn, 1.50Si, 1.08Cr, 0.14V) at 870~950℃ is simulated by DIL850L phase transition instrument with Φ4 mm×10 mm small specimen. Simulated test results show that with quenching temperature increasing, the residual carbide in steel decreases, and quenching at 950℃ the grains coarsen obviously, therefore the selected optimum heating temperature for quenching is 910℃. In condition of production examination, with optimum heat treatment process i. e. quenching at 910℃ for 40 min and tempering at 420℃ for 90 min, it is available for steel to get optimum comprehensive mechanical properties i. e. tensile strength R_m - 1 940 MPa, yield strength $R_{p0.2}$ - 1 740 MPa, elongation A_5 - 9.5% and reduction of area Z - 36.5%.

Material Index High Strength Spring Steel 60Si2CrVAT, Quenching, Tempering, Mechanical Properties

1 热处理试验和样品组织性能检测

60Si2CrVAT 钢(∕% :0.60C、1.50Si、0.63Mn、0.014P、0.007S、1.08Cr、0.14V)棒材生产工艺为:60 t 电弧炉熔炼+LF(VD)精炼+连铸240 mm×240 mm 方坯+连轧成Φ26 mm 银亮坯料+740~760℃退火+车削剥皮成直径为Φ25 mm 银亮材;按德国BAHR公司DIL805L型相变仪要求,车削加工成Φ4 mm×10 mm小试样。表1为模拟试验条件。在相变仪计算机上设定好工作曲线,于真空状态,自动完成模拟淬火试验全过程,冷却介质为高纯N₂气。

生产检验的试样在银亮钢材上与相变仪试验样品取样位置相连部位上截取,加工成Φ11.5 mm×120 mm 热处理样坯。热处理工艺见表2。

2 加热温度和保温时间与残余碳化物量的影响

由图1可知,60Si2CrVAT 钢870℃ 10 min 热处理,残余碳化

物甚多,910℃ 50 min,残余碳化物甚少,950℃ 30 min未发现明显残余碳化物。比较而言,相同保温

表1 相变仪模拟试验条件和60Si2CrVAT钢 HRC 硬度值
Table 1 Simulation test conditions by phase transition instrument and HRC value of steel 60Si2CrVAT

试样编号	加热温度/ ℃	保温时间/ min	降温速度	HRC 值
a	870	10		56.0;58.5
b	870	30		58.0;58.5
c	870	50		59.0;59.5
d	910	10	30 s 降至 30℃	59.9;60.0
e	910	30		63.5;62.2
f	910	50		61.2;61.2
g	950	30		60.5;61.6

表2 60Si2CrVAT 钢标准样品不同加热温度淬火+回火的力学性能
Table 2 Mechanical properties of quenched and tempered standard specimen of steel 60Si2CrVAT

淬火	回火	抗拉强度 (R_m)/MPa	屈服强度 ($R_{p0.2}$)/MPa	伸长率 (A_5)/%	断面收缩率 (Z)/%	硬度值 HRC	
						淬火	回火
870℃ 40 min	420℃ 90 min	1 890	1 660	7.5	28.0	59.5	52.5
910℃ 40 min	420℃ 90 min	1 940	1 740	9.5	36.5	63.1	54.0

时间条件下,加热温度升高,残余碳化物减少;相同加热温度条件下,保温时间延长,残余碳化物也减少(如图 1 所示)。试验表明,提高加热温度和延长保温时间,促进残余碳化物的溶解,促进合金元素的更充分地回溶。

3 加热温度和保温时间对奥氏体晶粒尺寸的影响

奥氏体晶粒长大是界面迁移过程,受扩散控制,与加热温度、保温时间、加热速度、钢成分和原始组织及沉淀颗粒的性质、数量、大小、分布等因素有关^[1]。模拟试验图 1 表明,910 ℃ 以下淬火的 60Si2CrVAT 钢残余碳化物完全溶解需要一定时间,可有效阻止晶粒迅速长大;910 ℃ 左右温度加热,保温 30 ~ 50 min,合金元素回溶比较充分,晶粒没有显著长大;相比较,950 ℃ 加热晶粒长大趋势明显。

4 加热温度和保温时间对淬火硬度的影响

由表 1 可知,870 ℃ 保温 10 min 淬火的硬度最低,为 56 ~ 58.5 HRC,910 ℃ 保温 30 min 淬火,硬度最高,达到 63.5 HRC。

870 ℃ 10 min 试样的硬度值偏低,说明淬火温度过低,如图 1(a) 所示,未溶碳化物过多,合金元素溶于基体不充分,影响钢的淬透性。910 ℃ 50 min、950 ℃ 30 min 淬火硬度稍低于(不显著)910 ℃ 30 min 的试样。

5 工业炉试验加热温度对性能的影响

钢铁材料热处理后的强度取决于最终回火硬度,几乎不受淬火硬度影响;而屈服强度、伸长率、断面收缩率不仅取决于回火硬度,与淬火硬度也有很大关系,相同回火硬度条件下,这些指标随淬火硬度的升高而提高^[2]。由表 2 可知,2 组工艺处理(910 ℃ 40 min 淬火,420 ℃ 90 min 回火),淬火硬度较高,相应回火硬度高,回火后抗拉强度、屈服强度、伸长率、断面收缩率均较高。

6 结论

(1)60Si2CrVAT 钢在 870 ℃ 10 min 淬火,残余碳化物多,910 ℃ 50 min 残余碳化物少,晶粒长大

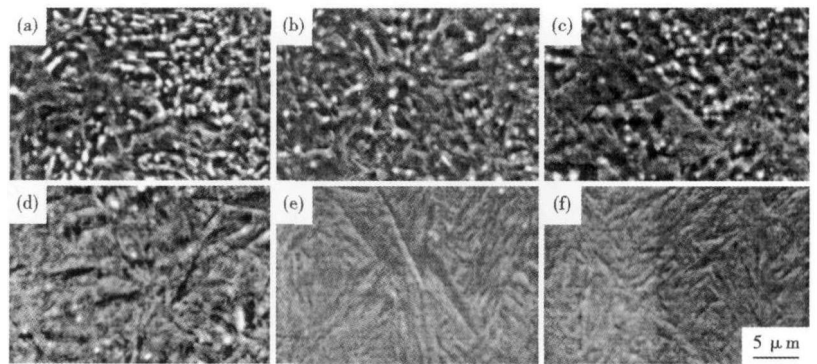


图 1 60Si2CrVAT 钢模拟试验后的组织形貌,SEM:(a)870 ℃ 10 min;(b)870 ℃ 50 min;(c)910 ℃ 10 min;(d)910 ℃ 30 min;(e)910 ℃ 50 min;(f)950 ℃ 30 min
Fig. 1 Morphology of structure of simulated tested steel 60Si2CrVAT, SEM; quenched at 870 ℃ for 10 min (a); 870 ℃ for 50 min (b); 910 ℃ for 10 min (c); 910 ℃ for 30 min (d); 910 ℃ for 50 min (e); 950 ℃ for 30 min (f)

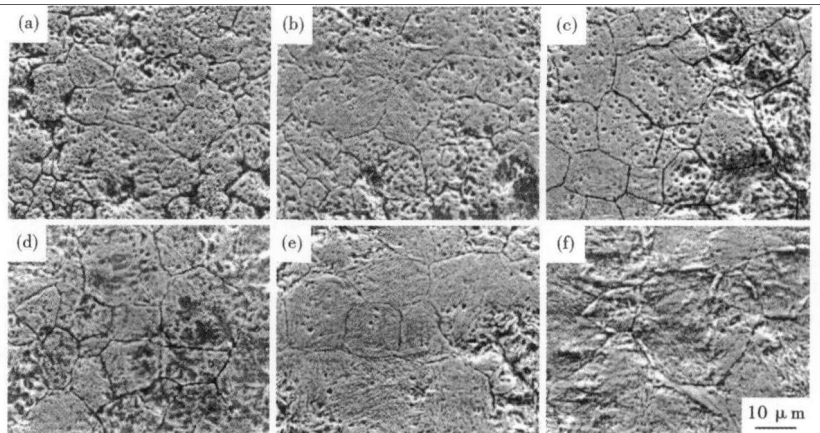


图 2 60Si2CrVAT 钢模拟试验后晶粒形貌:(a)870 ℃ 10 min;(b)870 ℃ 50 min;(c)910 ℃ 10 min;(d)910 ℃ 30 min;(e)910 ℃ 50 min;(f)950 ℃ 30 min

Fig. 2 Morphology of grains of simulated tested steel 60Si2CrVAT; quenched at 870 ℃ for 10 min (a), 870 ℃ for 50 min (b); 910 ℃ for 10 min (c); 910 ℃ for 30 min (d); 910 ℃ for 50 min (e); 950 ℃ for 30 min (f)

不显著;950 ℃ 30 min 未发现明显残余碳化物,但晶粒长大趋势明显。

(2)成品材标准试样分别在 870 ℃、910 ℃ 保温 40 min 淬火,420 ℃ 保温回火生产条件下,淬火硬度高,综合性能指标较好。910 ℃ 淬火 420 ℃ 回火的 60Si2CrVAT 钢力学性能指标较佳,达到 R_m 1 940 MPa、 $R_{p0.2}$ 1 740 MPa、 A_5 9.5%、 Z 36.5%。

参考文献

- 1 郝清月. 金属材料缺陷金相检测实例及缺陷金相图谱. 北京:中国知识出版社,2006
- 2 王广生. 金属热处理缺陷分析及案例. 北京:机械工业出版社,1997

李秋志(1977-),男,硕士研究生,工程师,1999 年武汉科技大学毕业,合金钢工艺、组织和性能研究。

收稿日期:2011-10-18