

高速钢W9Mo3Cr4V气体氮化工艺研究

赵得萍 王朝朋

中国航发西安动力控制科技有限公司 陕西 西安 710032

摘要: 采用气体氮化+冰冷处理的方法对高速钢W9Mo3Cr4V进行处理, 研究氮化温度与氮化时间对其渗速的影响。结果表明氮化温度越高, 渗速越快; 氮化层深度增长速度随着氮化时间的延长逐渐变缓, 即渗速变慢。氮化后经过冰冷处理, W9Mo3Cr4V的氮化层硬度(即表面硬度)高达1034HV0.5, 显微镜下观察氮化层组织, 为脉状氮化物、马氏体以及少量碳化物。

关键词: 高速钢; W9Mo3Cr4V; 气体氮化; 渗速; 冰冷处理

高速钢在工业上的使用已有将近百年的历史, 它是机械加工制造中切削刀具的主要用材。近些年来, 对高速钢的研究不论是机理研究, 还是生产或者应用等方面都取得了重大进展。W9Mo3Cr4V是典型的钨-钼系高速钢, 兼有W18Cr4V和W6Mo5Cr4V2的优点, 在我公司对乌克兰合作的产品中, 要求对高速钢W9Mo3Cr4V进行气体氮化, 并在氮化后进行冰冷处理。

氮化就是将工件放在一定的渗氮剂中加热和保温,

使渗氮剂中的活性原子氮渗入工件表层, 以改变工件表面的化学成分、组织和性能的热处理方法。文中的气体氮化是在箱式炉中进行的, 以氨气作为渗氮气氛, 通过氨气的分解来对工件表面进行氮化处理。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

试验所用的高速钢W9Mo3Cr4V的化学成分如表1所示。

表1 高速钢W9Mo3Cr4V化学成分(质量分数, %)

C	W	Mo	Cr	V	Si	Mn	S	p
0.77-0.87	8.50-9.50	2.70-3.30	3.80-4.40	1.30-1.70	0.20-0.40	0.20-0.40	≤ 0.03	≤ 0.03

磨损试样(Φ45mm×Φ10mm×10mm)用线切割加工而成, 表面粗糙度为Ra0.8。

1.2 试验方法

将进行了淬火回火处理的高速钢W9Mo3Cr4V分成2组, 如表2所示。一组直接进行气体氮化处理, 检测其组织性能; 另一组在气体氮化处理后再进行冰冷处理, 之后进行组织性能测试。

表2 试验方法

试验分组	试样尺寸	试样数量	工艺方法
1	Φ45mm×Φ10mm×10mm	6	淬火回火+气体氮化
2	Φ45mm×Φ10mm×10mm	6	淬火回火+气体氮化+冰冷处理

1.2.1 将所有的试样进行预备热处理——淬火回火, 工艺参数如表3所示。

表3 淬火工艺参数

淬火	盐炉, 预热810±5℃, 保温8-10分钟, 转高盐1220±5℃, 保温1.5-3分钟, 油冷。(淬火冷却至室温后4个小时内进行回火)
清洗	清洗干净零件表面油污, 并晾干
冰冷处理	冰冷箱, ≤ -75℃, 保温60-80分钟, 保温结束后出箱冷却至室温。
回火(两次)	箱式炉, 温度550±10℃, 保温2小时-2小时10分钟, 空冷。
检验	1) HRA 检查硬度; 2) 按GB9943标准检查共晶碳化物不均匀度合格级别, 要求级别不大于3。

对淬火回火后的所有试样进行硬度测试(206-MX型洛氏硬度计), 用60公斤载荷进行测试, 每个试样检测5个点, 取平均值为65-66HRC。

用浓度为4%硝酸酒精溶液对淬火回火后的试样进行腐蚀制样, 在金相显微镜下进行组织观察, 图1为高速钢

W9Mo3Cr4V淬火回火后的金相照片, 可知, 组织为回火马氏体+颗粒状碳化物, 共晶碳化物级别为2级, 晶粒大小比较均匀。

因为高速钢W9Mo3Cr4V的回火马氏体比较难腐蚀, 所以马氏体组织不明显, 如图1所示。从图中可以看出,

淬火回火后的组织没有出现明显的残余奥氏体,这是因为经过两次回火使得残余奥氏体的量减至最低值。

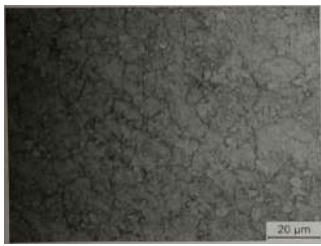


图1 高速钢W9Mo3Cr4V的淬火回火后的组织

1.2.2 将淬火回火后的试样进行气体氮化试验,工艺参数如表4所示。

表4 气体氮化工艺参数

试验编号	氮化温度	氮化时间	渗层	氮化面硬度	脆性
1	纯氨氮化 495 ± 5℃	28h	0.18mm	984HV0.5	II组
2	纯氨氮化 505 ± 5℃	30h	0.22mm	954HV0.5	II组
3	纯氨氮化 505 ± 5℃	48h	0.21mm	908HV0.5	II组
4	纯氨氮化 510 ± 5℃	28h	0.24mm	940HV0.5	II组
5	纯氨氮化510 ±5℃	10h	0.14mm	952HV0.5	II组
6	纯氨氮化 510 ± 5℃	7h	0.10mm	998HV0.5	II组

图2为高速钢W9Mo3Cr4V经过气体氮化处理后不同试验编号的渗层组织。从图中可以看出,经过不同温度试验后的氮化层基本都没有出现白亮层。用浓度为4%的硝酸酒精溶液进行腐蚀后,氮化层的颜色变暗,并逐渐过渡到中心较为明亮的区域,过渡程度在光学显微镜下只能由颜色看出,没有组织变化。

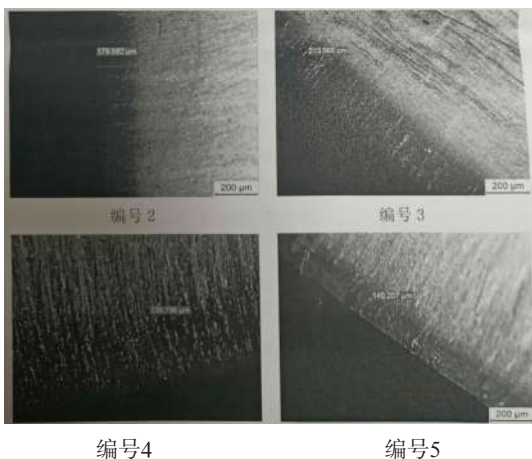


图2 高速钢W9Mo3Cr4V气体氮化渗层组织

分析表4工艺参数中氮化时间对高速钢W9Mo3Cr4V渗氮层深度的影响,如图3所示。

拟合线图

$$\text{渗层 mm} = 0.1101 + 0.002641 \text{ 氮化时间 h}$$

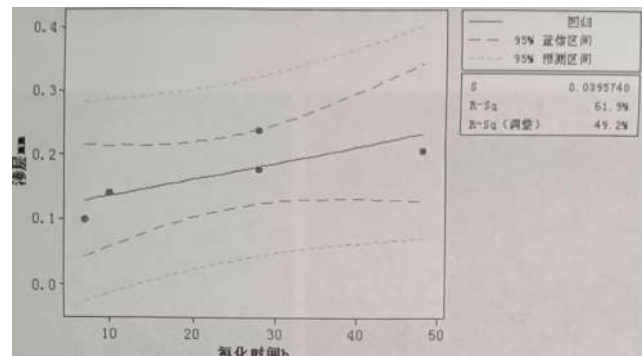


图3 高速钢W9Mo3Cr4V氮化时间与渗氮层深度的关系

由表4中渗层深度的数据和图3中曲线可以看出,影响高速钢W9Mo3Cr4V渗层深度的因素有氮化温度和氮化时间。对比编号2和编号4的试验数据,得出氮化温度越高,渗氮速度越快。并且随着延长氮化保温时间,氮化层深度增长的速度变缓,即渗速变慢。氮化开始的前10个小时,渗速约为0.014mm/h,后18个小时的平均渗速为0.005mm/h。

经过气体氮化处理,高速钢W9Mo3Cr4V的表面硬度明显比普通淬火回火后的硬度高,淬火后硬度为65-66HRC(换算为维氏硬度为822-850HV),而气体氮化后表面硬度高达998HV0.5,这是因为经过气体氮化处理,高速钢W9Mo3Cr4V表层生成了氮化物,而这种氮化物硬度较高,大大提高了表面硬度。

1.2.3 冰冷处理对组织的影响

将经过淬火回火和气体氮化后的试样分成两组,一组进行冰冷处理,另一组不进行冰冷处理,分析冰冷处理对气体氮化处理后的高速钢W9Mo3Cr4V组织性能的影响,冰冷处理方法见表3。

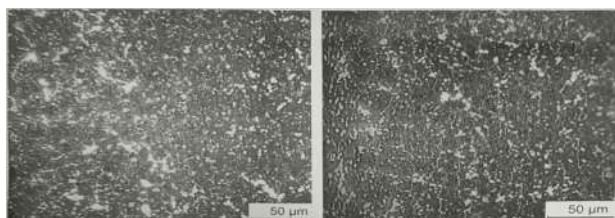
冰冷处理是温度在-80℃左右的一种处理方法,目的是将淬火回火后的残余奥氏体继续转变为马氏体,一般应用于刀具、量具等精度要求较高的工件上,用来进一步提高硬度、耐磨性、尺寸稳定性等。

将经过冰冷处理和未经过冰冷处理的两组样件用浓度为4%的三氯化铁溶液进行腐蚀后,在500倍光学显微镜下观察其组织,如图4、图5为金相照片。

图4为高速钢W9Mo3Cr4V的氮化层组织,从图4a中可以看出,高速钢W9Mo3Cr4V经过气体氮化后,氮化层组织为马氏体、脉状氮化物以及碳化物。图4 b为高速钢W9Mo3Cr4V经过气体氮化后再进行冰冷处理,其组织仍然为马氏体、脉状氮化物以及碳化物。

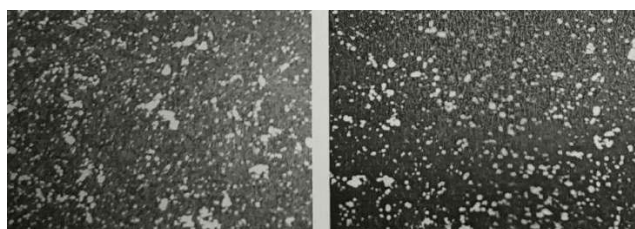
图5为高速钢W9Mo3Cr4V经过气体氮化后的心部组

织,由a和b可以看出,冰冷处理对其组织并没有产生明显的影响,冰冷前与冰冷后其心部组织均为马氏体和碳化物。



a.气体氮化后未冰冷处理 b.气体氮化后冰冷处理

图4 高速钢W9Mo3Cr4V氮化层组织



a.气体氮化后未冰冷处理 b.气体氮化后冰冷处理

图5 高速钢W9Mo3Cr4V心部组织

用维氏硬度计(牌号VH1150)500g载荷检查冰冷处理后的氮化层硬度为1034HV0.5,脆性为Ⅱ级,用洛氏硬度计(206-MX型洛氏硬度计)60公斤载荷检查心部硬度为66HRC。

研究表明,高速钢W9Mo3Cr4V在经过了淬火回火及气体氮化后进行的冰冷处理并未明显改变其组织性能。经与机加车间协作,对冰冷处理后的零件进行尺寸测量,得出其尺寸以及精度也未发生变化。说明为了保

证工件的尺寸精度,高速钢W9Mo3Cr4V在氮化后可以增加冰冷处理,达到尺寸稳定性的目的,并且冰冷处理还可以将表面硬度提高至1034HV0.5。

2 结论

2.1 高速钢W9Mo3Cr4V淬火回火后的组织为回火马氏体十粒状碳化物,晶粒大小比较均匀,未出现明显的残余奥氏体。

2.2 影响氮化渗层深度的影响因素有氮化温度和时间,氮化温度越高,渗速越快;随着氮化时间的延长,氮化层深度增长速度变缓,即渗速变慢。

2.3 高速钢W9Mo3Cr4V经过气体氮化后,表面硬度比未氮化处理的试样硬度高,表面硬度高达998HV0.5。

2.4 冰冷处理未明显改变高速钢W9Mo3Cr4V的氮化层组织及心部组织,但可达到尺寸稳定性的目的,且可将表面硬度提高至1034HV0.5。

参考文献

- [1]吴红庆,吴晓春,国内外高速钢的研究现状和进展[J],《模具制造》2017年第12期94-95页
- [2]梅婷,高速钢W9Mo3Cr4V热处理工艺研究[J],第十五届中国科协年会第13分会场;航空发动机设计、制造与应用技术研讨会文集
- [3]潘明明,王守晶,慕晓龙,氮化时间对W9Mo3Cr4V钢离子氮化层显微组织和性能的影响[J],《热加工工艺》2018年2月第47卷第4期
- [4]张贺佳,深冷处理对两种刀具材料组织和性能影响的研究[J]东北大学