

18Cr2Ni4WA钢渗碳工艺的确定

占新华

航宇救生装备有限公司 湖北襄阳 441000

摘要: 18Cr2Ni4WA为航空常用合金渗碳钢, 渗碳质量的稳定性直接影响到产品的可靠性与使用寿命。通过工艺试验确定出18Cr2Ni4WA钢不同渗碳层深度时的渗碳温度、渗碳时间、碳势等工艺参数。结果表明: 随渗碳时间的增加, 渗碳层深度呈抛物线规律增加, 渗碳试样进行等温淬火后, 采用金相测定法可更快速地测定渗碳层深度。

关键词: 18Cr2Ni4WA钢; 渗碳; 碳势; 渗碳层深度

Research on deep carburizing process of 18Cr2Ni4WA steel

ZHAN Xinhua

Aerospace Life-Support Industries Ltd., Xiangyang 441000, Hubei, China

Abstract: 18Cr2Ni4WA is an alloy carburizing steel commonly used in aviation. The stability of carburizing quality directly affects the reliability and service life of products. This paper introduces the process parameters at different carburizing layer depths of 18Cr2Ni4WA steel, including carburizing temperature, carburizing time and carbon potential. The result shows that the carburizing layer depth increases parabolic regularly, with the increase of the carburizing time. And the depths can be measured more quickly by metallographic examination after isothermal quenching.

Keywords: 18Cr2Ni4WA steel; carburization; carbon potential; carburizing layer depth

1 序言

18Cr2Ni4WA是一种常用的合金渗碳钢, 也可作为调质结构钢使用, 其强度、韧性及淬透性良好, 经过渗碳处理后得到高硬度、高耐磨性和高疲劳强度, 零件综合力学性能得到大幅度提升。18Cr2Ni4WA钢经过渗碳、淬火及回火后, 广泛应用于制造业中大截面及承受重载的零件^[1]。

18Cr2Ni4WA钢常见的渗碳层深度为0.6~1.7mm, 在实际生产中, 通过渗碳工艺试验, 对渗碳层深度、淬火后渗碳层及心部硬度、金相组织进行检测与分析, 确定出两个渗碳层范围相对应的渗

碳工艺参数。

2 试验条件

2.1 材料及试样

(1) 选材 18Cr2Ni4WA属于合金结构钢, 材料入厂复验时的主要化学成分检测结果见表1。

表1 18Cr2Ni4WA钢的化学成分(质量分数)(%)

C	Si	Mn	Cr	Ni	W
0.14	0.21	0.36	1.47	4.27	1.09

(2) 试样 按照实际生产中两种常见的渗碳层深度要求加工两组试样，试样规格为 $\phi 20\text{mm} \times 30\text{mm}$ ，I组渗碳层深度 $0.6 \sim 0.8\text{mm}$ ，II组渗碳层深度 $1.3 \sim 1.7\text{mm}$ ，表面粗糙度 $Ra \leq 0.8\mu\text{m}$ ，每组各3件，采用激光标印机打上编号1[#]~6[#]。

2.2 试验设备

渗碳用底装料立式多用炉主要由立式淬火炉、立式回火炉、淬火油槽和油清洗机等组成（见图1），可完成碳素钢或结构钢的可控气氛保护加热、渗碳、油淬及清洗等生产任务。渗碳工艺试验采用甲醇和丙烷作渗碳剂，高纯氮气作载气和冷却气，3种气体通过流量计按一定比例在炉外进行混合，通入炉内对试样进行渗碳。渗碳设备为世创P300型底装料多用炉，检测设备为蔡司D1M型金相显微镜和德国KB型硬度计（见图2）。



图1 底装料多用炉



a) DIM型金相显微镜 b) KB型硬度计

图2 检测设备

2.3 技术指标

渗碳硬度要求（按HB 5493—91《航空钢制件渗碳、碳氮共渗层深度测定方法》执行）：表面硬度 $\geq 59\text{HRC}$ ，心部硬度 $40 \sim 51.5\text{HRC}$ 。金相组织要求（按HB 5492—2011《航空钢制件渗碳、碳氮共渗金相组织分级与评定》执行）：渗碳层碳化物1~6级，马氏体和残留奥氏体1~4级，心部组织1~4

级。

渗碳层深度采用高倍组织测定法和维氏硬度测定法进行测定，高倍组织测定法的检测试样渗碳后需进行等温淬火处理，渗碳层深度为过共析层、共析层与1/2过渡区的总和；维氏硬度测定法检测试样渗碳后需进行淬火与回火处理，渗碳层深度为试样表面至维氏硬度值为550HV处的垂直距离。表层与心部硬度分别采用洛氏、维氏硬度计测量，取每组试样的平均值。

3 工艺试验

(1) 渗碳工艺试验 低碳合金钢常用渗碳温度为 $880 \sim 930^\circ\text{C}$ ，渗碳温度影响扩散速度和渗碳层表面碳浓度，渗碳温度越高，渗碳时间越短。渗碳温度为 920°C 时，晶粒大小和渗速得到合理有效控制，渗碳层性能试验结果最佳，同时也能减少能源消耗和污染^[2]。渗碳工艺参数见表2。

表2 渗碳工艺参数

组别	渗碳温度/ $^\circ\text{C}$	渗碳时间（强渗+扩散）/h	碳势（%）	冷却方式	渗碳剂
I	920 ± 5	$2 + 0.5$	强渗：1.2 扩散：0.8	随炉冷至 860°C 空冷	甲醇+ 丙烷
II	920 ± 5	$6 + 2$	强渗：1.2 扩散：0.8	随炉冷至 860°C 空冷	甲醇+ 丙烷

(2) 淬火、冷处理及回火工艺试验 渗碳后进行淬火、冷处理与低温回火，可使零件表面具有高碳钢的特性，表面硬度和耐磨性得到明显提高，心部则保持低碳钢的强度和良好韧性。试验表明，冷处理能减少残留奥氏体含量^[3]。淬火、冷处理及回火工艺参数见表3~表5。

表3 淬火工艺参数

淬火温度/ $^\circ\text{C}$	保温时间/min	冷却方式	淬火加热设备
860 ± 10	15	油冷	盐浴炉

表4 冷处理工艺参数

冷处理温度/ $^\circ\text{C}$	保温时间/min	介质	冷处理设备
-70 ± 5	120	空气	冷处理箱

表5 回火工艺参数

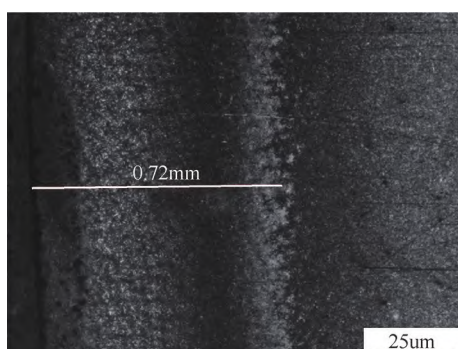
回火温度/ $^\circ\text{C}$	保温时间/min	冷却方式	回火设备
160 ± 10	180	空冷	烘箱

4 试验结果与分析

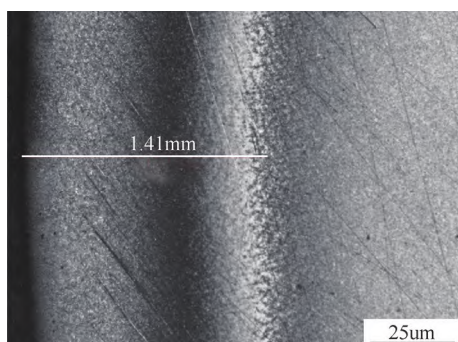
试验检测结果见表6，金相法与硬度法的测定结果如图3、图4所示。

表6 试验检测结果

组号	金相法 渗碳层深 /mm	硬度法 渗碳层深 /mm	表面 硬度 HRC	心部 硬度 HRC	碳化物 级别 /级	马氏体 +残留 奥氏体 /级	心部 组织 /级
I	0.72	0.78	60.5	42	4	3	1
II	1.41	1.55	62	42.5	5	3	1



a) I 组渗碳层深度

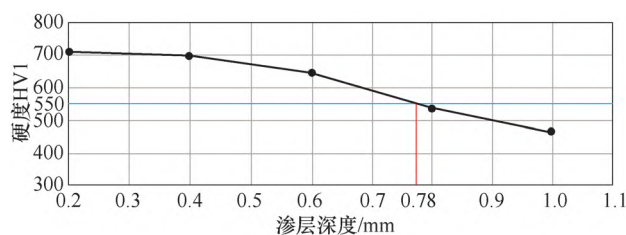


b) II 组渗碳层深度

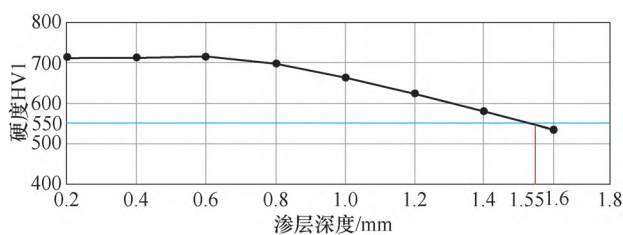
图3 金相法检测渗碳层深度

4.1 渗碳深度

从表2可看出，I 组、II 组试样渗碳时间分别为2.5h、8h时，采用金相法测定的渗碳层深度值与硬度法测定的相近，所测定的渗碳层深度值达到预期要求。从渗碳层深度与渗碳时间的比例关系可看出，当渗碳温度与碳势维持在一定范围时，随着渗碳时间的增加，渗碳层深度呈抛物线规律增加。渗碳层深度较小时，渗速较快，随着渗碳层深度增加，渗速减缓。结果表明，碳原子通过零件表面并不断向内层扩散的过程中，碳浓度梯度差逐渐减小，渗碳层深度达到一定值时，增长变得非常缓慢^[4]。



a) I 组渗碳层深度



b) II 组渗碳层深度

图4 硬度法检测渗碳层深度

4.2 渗碳层与心部硬度

对淬火后经过深冷处理+低温回火的试样进行渗碳层与心部硬度检测，两组试样渗碳层硬度和心部硬度无较大差异，随渗碳层深度的增加，渗碳层硬度稍有上升。表面至心部的硬度由高到低，是由于含碳量递减的影响，渗碳淬火后的表面形成高碳马氏体和碳化物等硬质相，经过深冷处理后，渗碳层中的残留奥氏体转变为马氏体，表层硬度得到进一步提高。心部形成低碳马氏体，比表层高碳马氏体硬度低，故呈现出硬度由高到低的梯度分布。

4.3 金相组织

淬火后经过深冷处理+低温回火处理后，渗碳层为针状马氏体+弥散分布的碳化物+少量残留奥氏体。如图5a、b所示，渗碳层碳化物呈较大的点状、针状，渗碳物金相评定4~5级；如图5c、d所示，渗碳层组织为针状马氏体+少量残留奥氏体，金相评定为3级；如图5e、f所示，心部组织为板条马氏体+铁素体，且铁素体含量较少，心部组织评定为1级。渗碳层和心部组织符合要求。

4.4 碳势的控制

在渗碳过程中，强渗阶段碳势设定为 $(1.2 \pm 0.05)\%$ ，扩散阶段碳势设定为 $(0.8 \pm 0.05)\%$ ，能获得比较好的渗碳层组织，碳化物级别比较理想^[5]。随着炉内碳势增加，气氛碳浓度与零件间碳浓度差增大，有利于提高渗碳速度。当碳势过高时，易形成网状或大块状碳化物，淬火后形成非马氏体组

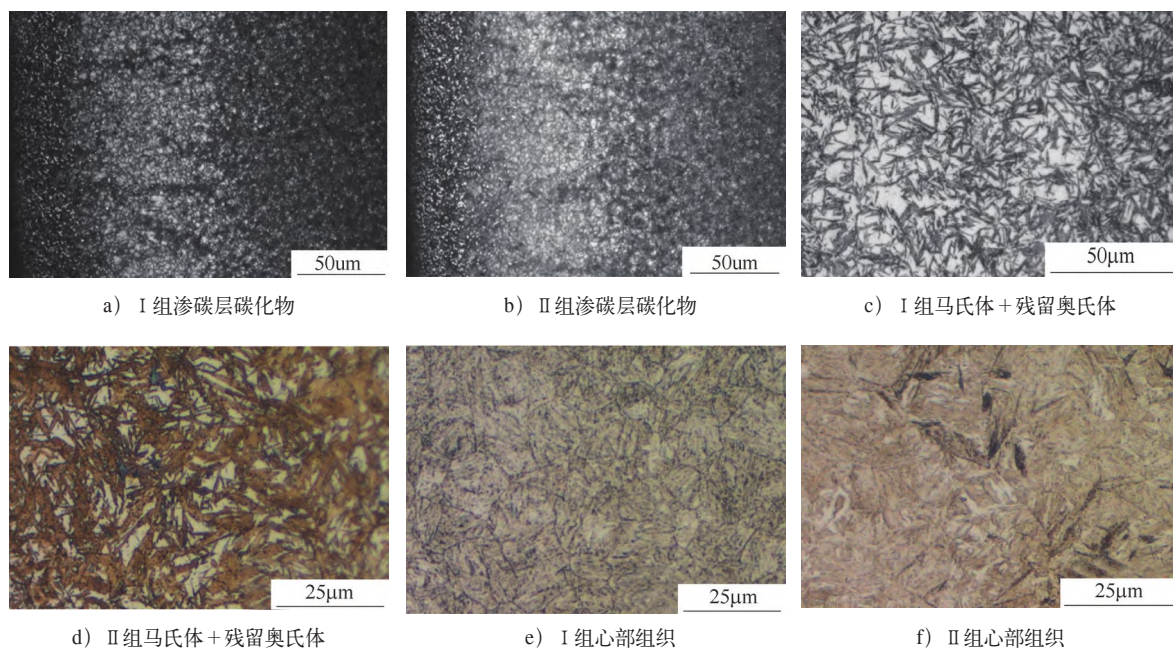


图5 渗碳层与心部的金相组织

织。当碳势过低时，渗碳层内的碳含量不足，淬火后零件表面硬度难以达到要求。碳势的设定视钢牌号、吸碳能力、渗碳层深度而有所差别，可根据具体技术要求设定碳势值。

4.5 渗碳层深度检测

等温淬火适用于金相法测定零件渗碳层深度，由于18Cr2Ni4WA钢渗碳空冷，硝酸酒精腐蚀后渗碳层与心部的交界处不明显，因此难以准确且快速地测定出渗碳层深度。渗碳后将试样在盐浴炉（ 860 ± 10 ）℃下保温15~18min，再转至（ 280 ± 5 ）℃碱槽保温5~10min后热水冷却，使渗碳层形成淬火马氏体，经硝酸酒精腐蚀后组织呈白色，心部形成回火马氏体，经硝酸酒精腐蚀后组织呈黑色，更易于辨识渗碳层与心部交界处的1/2过渡区。由此可见，18Cr2Ni4WA钢等温淬火状态便于渗碳层深度金相法的准确测定。

5 结束语

1) 18Cr2Ni4WA钢渗碳温度（ 920 ± 5 ）℃，强渗阶段碳势（ 1.2 ± 0.05 ）%，扩散阶段碳势（ 0.8 ± 0.05 ）%，通过调整渗碳时间，可获得不同深度的合格渗碳层。该工艺方法已应用于生产，产品渗碳质量稳定。

2) 当渗碳温度与碳势维持在工艺范围且渗碳层

深度较小时，渗速较快，随着渗碳时间的增加，渗碳层深度呈抛物线规律增加。

3) 渗碳后经过（ 280 ± 5 ）℃等温处理，进行金相法测定的渗碳层深度值与硬度法测定的渗碳层深度值相近，等温处理后的渗碳试样采用金相测定法，可更快速准确地测定渗碳层深度。

参考文献：

- [1] 张长英. 18Cr2Ni4WA钢从动齿轮轴的热处理工艺[J]. 金属热处理, 2016, 41 (6) : 135-138.
- [2] 赵鑫. 齿轮钢18Cr2Ni4WA表面复合强化工艺设计及性能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2019.
- [3] 樊东黎. 钢的冷处理与深冷处理[J]. 热处理, 2010, 25 (6) : 1-6.
- [4] 颜昌标. 20Cr渗碳工艺研究[J]. 机械工程师, 2016 (7) : 100-101.
- [5] 王龙龙. 18Cr2Ni4WA重载齿轮的热处理工艺研究[J]. 机械管理开发, 2016 (1) : 71-73.

MW 20240718