

非贯穿孔腔型面碳氮共渗工艺研究

■ 寻丹, 谢成, 张朝铭, 范康燕

摘要: 碳氮共渗适用于要求表面高硬度、高耐磨性、心部有一定强韧性的零件。零件非贯穿孔腔型面进行滴注式气体碳氮共渗时易出现渗层偏浅、渗层不均匀等现象。通过对某型航空发动机零件止动垫圈碳氮共渗后渗层偏浅原因分析, 制订相应改进措施, 对类似零件碳氮共渗生产起到指导作用。

关键词: 碳氮共渗; 非贯穿孔腔; 渗层偏浅

某型航空发动机零件止动垫圈, 如图1所示, 材料为16Cr3NiWMoVNB, T1、T2表面要求有较高的硬度和耐磨性, 设计要求零件表面硬度 $\geq 89\text{HR}15\text{N}$, 中心硬度 $33\sim 43.5\text{HRC}$ 。为确保设计要求, 对零件T1、T2面进行碳氮共渗, 深度 $0.40\sim 0.55\text{mm}$, 其余面镀

铜保护。

零件加工路线为: 领料→调质→粗加工→镀铜→碳氮共渗→除铜→淬火→精加工→氧化磷化→检验。氧化磷化后零件碳氮共渗面应呈均匀黑色, 非碳氮共渗面应呈灰白色, 在实际生产加工中, 发现零件T1面颜色不均匀,

出现灰白与黑色相间的花斑, 如图2所示。对颜色有问题零件进行金相剖切, 检查结果T1面碳氮共渗渗层不均匀, 灰色花斑处无渗层, 造成多批零件报废。

1. 原因分析

止动垫圈采用井式炉滴注式

日本人曾作 $\phi 18\text{mm}$ 、 $\phi 12\text{mm}$ 锥柄钻低温渗碳切削试验, 钻孔数目较未渗碳者提高50%以上; $\phi 8.5\text{mm}$ 、 $\phi 11.5\text{mm}$ 直柄钻渗碳钻较未渗碳者寿命提高40%; 经低温渗碳的 $\phi 9.8\text{mm}$ 、 $\phi 13\text{mm}$ 锥柄的W6Mo5Cr4V3Co8钢产品, 寿命提高1倍多。

有人用废W6Mo5Cr4V2料

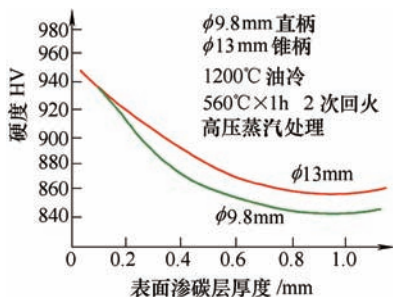


图10 渗碳回火后硬度分布情况

头, 制作检查锯片铣刀内孔塞规(止通规), 经低温渗碳处理, 塞规表面硬度达到 $67\sim 68\text{HRC}$, 使用寿命较原9SiCr、GCr15钢提高20多倍。

由于低温渗碳后的表面碳含量增加有限, 大概达到该钢定比碳(也叫平衡碳)的水平, 碳化物分布均匀, 因而不需改变随后的热处理工艺。低温渗碳的费用仅占刀具成本的5%左右, 但其创造的经济效益十分可观。由此可见, 低温渗碳极易纳入某些特殊刀具的生产工艺。

综上所述, 不管是无莱氏体渗碳、高温渗碳, 还是低温渗碳都是在一定的条件下才适用,

并不具备普遍性, 但只要应用得好, 同样可以为企业节能增效。

参考文献

- [1] 戚正风. 无碳化物偏析高速钢[J]. 金属热处理, 2011, 36(10): 1-5.
- [2] 邓玉昆, 陈景榕, 王世章. 高速工具钢[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002: 555.
- [3] 夏期成. 高速钢低温低浓度渗碳[J]. 工具技术, 1989(3): 44~45, 1989(4): 40~42.

作者简介: 赵步青、胡会峰、张日发, 安徽嘉龙锋钢刀具有限公司。

MW 20170116

气体碳氮共渗，碳氮共渗介质为甲苯和氨气。每批带随炉试块进行渗层深度、金相组织、表面硬度和心部硬度检测。

碳氮共渗工艺为：井式炉， $860^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 $60 \sim 110\text{min}$ ，甲苯 $120 \sim 180\text{滴/min}$ ，氨气 $2 \sim 3\text{L/min}$ ，碳氮共渗时铁丝布平铺在隔板上（见图3），隔板用垫块隔开放在坩埚中（见图4），零件开口朝下分层平稳摆放在铁丝网上（见图5），每个坩埚最多装两层零件（见图6）。炉口试块 $0.40 \sim 0.45\text{mm}$ 出炉。碳氮共渗结束后，预先在冷却箱中倒入 $200 \sim 500\text{mL}$ 的甲醇，将坩埚吊入冷却箱冷却。

淬火工艺：盐浴炉， $920^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，保温 $25\text{min} \pm 5\text{min}$ ，碱槽等温 $250^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ ，保温 $5 \sim 8\text{min}$ ，油冷。

根据碳氮共渗过程分析碳氮共渗面渗层深度偏浅的原因。

(1) 零件碳氮共渗面型面特殊，影响渗层均匀性 碳氮共渗T1面为非贯穿孔腔，在碳氮共渗过程中，开口朝下，如图2所示方向摆放，随着碳氮共渗时间延长，炉内气氛建立起来，零件表面碳浓度不断增加，炭黑也在逐渐形成，随之零件内腔被炭黑填满，阻碍了渗层向基体扩散，使内腔T2面渗层偏浅。即使改变零件装炉方向，开口朝上，由于炭黑的影响，渗层深度也难以满足要求，同时由于外端面T1面与铁丝网接触面大，阻碍气氛扩散，形成封闭气流，会导致外端面与内腔气氛不均匀，从而使内腔和端面的渗层不均匀。

(2) 零件装炉方式对渗层深度的影响 为防止零件碳氮共渗变形，零件装炉时采取平稳摆

放的装炉方式，零件平稳摆放在铁丝布上，每层装 $50 \sim 70$ 件，装两层，层与层之间采用垫块隔开。这种装炉方式，随着碳氮共渗时间不断延长，炭黑不断形成，黏附在铁丝网上，将铁丝网孔堵住，造成气氛无法流通，后续碳氮共渗无法进行，零件渗层难以满足要求。

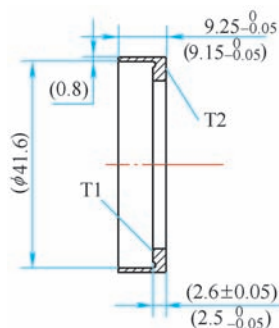


图1 某机型止动垫圈



图2 止动垫圈氧化磷化后T1面有灰白花斑



图5 止动垫圈摆放在铁丝布中



图3 碳氮共渗隔板



图4 碳氮共渗坩埚



图6 铁丝布分层摆放在坩埚中，分2层在零件表面，仅靠热水煮洗不干净。为防止盐渣腐蚀零件，零件淬火后进行喷硅砂处理，而T1面由于是内腔，盐渣吸附多，喷砂清理难度大，为清理干净，操作者往往需要加大喷砂压力，反复多次进行喷砂，难免磨损零件尺寸，造成零件渗层偏浅。

2. 改进措施

根据以上原因分析,制订改进措施,并进行零件试生产。

(1) 改进碳氮共渗工艺 针对零件一次碳氮共渗时由于炭黑影响,碳氮共渗到一定深度无法继续碳氮共渗的情况,改进碳氮共渗工艺,由一次碳氮共渗改为两次碳氮共渗,第一次碳氮共渗后将零件表面炭黑清洗干净,并对T1、T2面喷刚玉砂,此操作既为保证将炭黑清理干净,同时也可以达到将T1、T2面活化的目的,保证第二次碳氮共渗效果。第一次碳氮共渗后将坩埚、铁丝网等工装上的炭黑清理干净。第一次碳氮共渗零件开口朝上,第二次碳氮共渗开口朝下,同时第一次碳氮共渗和第二次碳氮共渗上下两层互换位置,并适当延长碳氮共渗时间。碳氮共渗效果由试块检查,改为剖切零件检查。具体工艺如下:

第一次碳氮共渗:零件开口朝上平放在铁丝布上, $860^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$,保温2~2.5h,

甲苯120~180滴/min,氨气2~3L/min,炉口试块0.40~0.45mm出炉。碳氮共渗结束后,预先在冷却箱中倒入200~500mL的甲醇,将坩埚吊入冷却箱冷却。出炉后上下两层分开摆放,并做好标记。将零件表面的炭黑用铜丝刷清理干净,凹槽中的炭黑用细铜丝挑出,用水剂清洗剂将零件清洗干净并晾干。将T1、T2面喷 ≥ 200 目刚玉砂,压力 $\leq 0.2\text{MPa}$ 。并清理干净坩埚、铁丝网上的炭黑。

第二次碳氮共渗:零件开口朝下平放于铁丝网上,第一次碳氮共渗装上层的零件,第

二次碳氮共渗装下层,相反原装在下层的零件装在上层。 $860^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$,保温2~2.5h,甲苯120~180滴/min,氨气2~3L/min,新炉口试块0.40~0.45mm出炉。碳氮共渗结束后,预先在冷却箱中倒入200~500mL的甲醇,将坩埚吊入冷却箱冷却。

(2) 改进装炉方法 选用大网格铁丝网,装炉时零件与零件之间、零件与坩埚之间保持间距 $\geq 20\text{mm}$,每炉最多装两层,层与层之间用隔桩隔开,上料架最低点应高于零件10mm以上,确保炉内气氛流通。

(3) 改进渗层介质 渗层介质由焦化甲苯改为高纯甲苯,甲苯含量 $\geq 99.5\%$,纯度提高,介质分解能力提高,分解过程中

产生炭黑减少。

(4) 改进淬火工艺 由盐炉碱槽等温淬火改为采用可控气氛炉淬火,防止盐渣黏附零件,减少反复吹砂次数,具体淬火工艺如下:炉子预热至 800°C ,在 $800^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 通氩气驱赶空气 $\geq 10\text{min}$ 后将零件进炉,继续通气,在 $800^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 保温10~15min,随炉升至 $920^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 保温25~35min,转入 $80^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 油冷。

3. 改进生产结果

按制订措施加工了5批共710件止动垫圈,每批剖切零件检查金相组织、表面硬度、中心硬度均完全符合设计要求(见附表)。氧化磷化工序零件碳氮共渗面呈均匀黑色。

改进后加工零件情况

批次号	数量	金相组织	碳氮共渗深度/mm	表面硬度 HR15N	心部硬度 HRC
1	150	ⅢC	0.51~0.53	91.1~90.4	42.7~42.8
2	110	ⅢC	0.51~0.53	90.9~90.4	42.5~42.8
3	150	ⅢC	0.51~0.53	90.2~90.8	42.4~42.7
4	150	ⅢC	0.51~0.53	90.1~90.4	42.7~42.8
5	150	ⅢC	0.51~0.53	91.5~91	42.7~42.2

4. 结语

(1) 采用滴注式气体碳氮共渗,确保炉内气氛流通,是确保碳氮共渗效果的关键。

(2) 随着碳氮共渗时间的延长,零件表面炭黑增多,会影响碳氮共渗的继续进行。

(3) 采用高纯甲苯进行气体碳氮共渗,比采用焦化甲苯进行气体碳氮共渗能达到更好的效果。

(4) 对于非贯穿孔腔零件的气体碳氮共渗,可采用2次碳氮共渗的方法,以确保碳氮共渗深度满足要求。

参考文献

- [1] 胡光立,谢希文.热处理工艺学[M].北京:机械工业出版社,1979:353-363.
- [2] 刘伯操,李金桂.中国航空材料手册[M].北京:中国标准出版社,2001:323-359.
- [3] 夏立芳.金属热处理工艺学[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1996:140-146.

作者简介:寻丹、谢成、张朝铭、范康燕,中国航发南方工业有限公司。

MW 20170211