

20Cr2Ni4材料齿轮轴热处理工艺探讨

■ 徐 荣，杨 扬

摘要：针对20Cr2Ni4材料的齿轮轴，为有效控制渗碳淬火零件的碳化物和残留奥氏体等级，常规渗碳淬火工艺为带高温回火的一次渗碳淬火工艺，或渗碳淬火后进行深冷处理。由于受设备条件限制，笔者试验采用不带高温回火的一次淬火渗碳淬火工艺来生产20Cr2Ni4材料零件，结果验证此工艺生产的零件满足技术要求。

关键词：齿轮轴；渗碳；高温回火

20Cr2Ni4材料中Cr、Ni含量高，淬透性好，具有良好的综合力学性能，一般用于制造重要零件如重载、大模数齿轮。为了有效地控制20Cr2Ni4材料零件碳化物和残留奥氏体等级，渗碳淬火工艺多采用一次淬火法，即齿轮渗碳后进行高温回火再加热到淬火温度进行淬火，或额外进行深冷处理。受设备条件限制，由于公司没有高温回火炉及深冷设备，笔者结合车间现有箱式多用炉生产线（箱式多用炉，清洗机和低温回火炉）尝试用正火处理代替高温回火的一次淬火工艺来生产20Cr2Ni4材料零件。

1. 技术要求

齿轮轴结构如图1所示，零件的工艺路线：锻造→等温正火→粗车→半精加工→渗碳淬火加低温回火→精加工→成品。零件热处理技术要求：渗碳硬化层深0.90~1.40mm（HV513），表面硬度58~63HRC，心部硬度35~42HRC，金相组织符合伊

顿标准TES-003《Metallurgical Requirements for Heat Treated Components》要求，不允许有网状或半网状碳化物，残留奥氏体等级不超过5级。

2. 试验材料及方法

（1）试验材料及设备 试验材料为20Cr2Ni4合金钢，化学成分见表1，检测设备为直读光谱仪，材料末端淬透性见表2。热处理设备是AICHELIN公司5/3型箱式多用炉，渗碳过程工艺气氛为氮气和甲醇，富化气是丙酮。设备温度控制精度为 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，碳势控制精度为 $\pm 0.05\%$ ，渗碳淬

火工艺过程为多用炉线自带的上位机控制。AICHELIN箱式多用炉能够自动实现油淬火带中间冷却，即零件在后室加热渗碳，渗碳过程完成后转移到前室正火冷却，再转入后室加热到淬火温度，最后转入油槽进行淬火的冷却工艺过程。

（2）试验方法设计 尝试用直接淬火（即工艺I）、油淬火带中间冷却（工艺II、III）的不同工艺方法进行对比试验。同时在试验过程中采用交叉试验的方法，对应地更换淬火油种类，调整油搅拌电动机的转速以及改变回火工艺参数等措施来使产品符

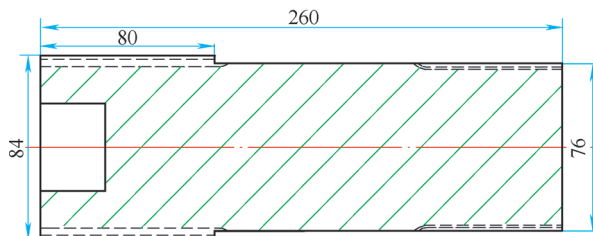


图1 齿轮轴零件结构示意图

表1 20Cr2Ni4钢的化学成分（质量分数）（%）

C	S	P	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti
0.17	0.01	0.01	0.26	0.44	1.50	3.25	0.003	0.09	0.002

合技术要求。工艺曲线见图2。

工艺 I：强渗阶段920℃，碳势 $C_p=1.20\%$ ，高温扩散阶段920℃，碳势 $C_p=1.00\%$ ，淬火温度820℃，碳势 $C_p=0.80\%$ ，保温30min。淬火油为快速淬火油，油温为80℃，油槽搅拌电动机转速500r/min，回火温度180℃，保温3h。

工艺 II：强渗阶段920℃，碳势 $C_p=1.20\%$ ，高温扩散阶段920℃，碳势 $C_p=1.00\%$ ，扩散结束将零件拉到前室空冷80min，然后转入后室加热，淬火温度820℃，碳势 $C_p=0.80\%$ ，保温40min。淬火油为快速淬火油，油温为80℃，油槽搅拌电动机速度300r/min，回火温度180℃，保温3h。

工艺 III：强渗阶段920℃，碳势 $C_p=1.20\%$ ，高温扩散阶段920℃，碳势 $C_p=1.00\%$ ，扩散结束将零件拉到前室空冷80min，然后转入后室加热，淬火温度820℃，碳势 $C_p=0.80\%$ ，保温40min。淬火油为等温分级淬火油，油温为110℃，油槽搅拌电动机转速300r/min，回火温度165℃，保温3h，待冷却后进行二次回火，回火温度150℃，保温2h。

(3) 试验结果分析 齿轮轴热处理后检测结果如表3所列。可知：工艺 I 试验零件残留奥氏体级别、心部硬度、碳化物均不满足热处理技术要求；工艺 II 试验零件心部硬度超上限，不满足产品技术要求，残留奥氏体级别已达到技术要求的上限。工艺 III 各项检测结果均满足技术要求。

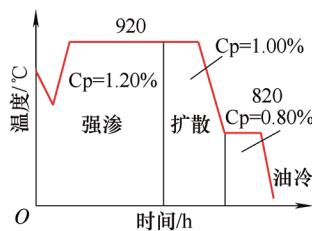
工艺 II 与工艺 I 相比，在渗

表2 17CrNiMo6钢的末端淬透性

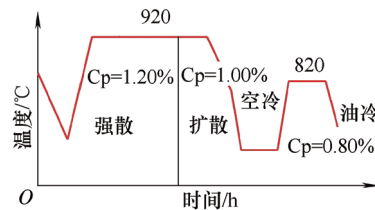
距离/mm	9	15	25
硬度HRC	45	44	41

表3 三个工艺热处理后齿轮轴检测结果

工艺	表面硬度HRC	半齿高硬化层深/mm	残留奥氏体级别	心部硬度HRC	碳化物形貌
I	56~58	1.25	G级	45	半网状，见图3a
II	58~59	1.22	E级，见图3b	43	无
III	60~61	1.17	B~C级，见图3c	39	无

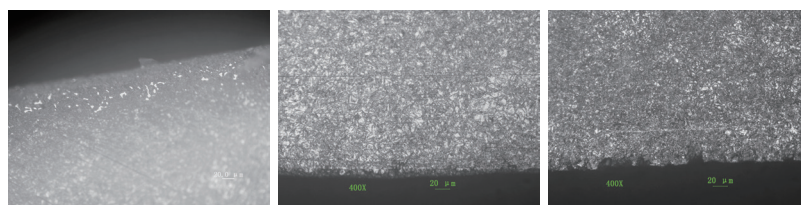


(a) 工艺 I 热处理工艺曲线



(b) 工艺 II、III 热处理工艺曲线

图2 热处理工艺曲线



(a) 半网状碳化物

(b) 残留奥氏体级别 E

(c) 残留奥氏体级别 B~C

图3 金相检验结果

碳工艺过程中延长了高温扩散时间，增加空冷阶段，有利于碳原子充分扩散，降低了表层碳浓度，消除渗碳层中半网状碳化物，也能使奥氏体得到更充分转变，从而降低残留奥氏体含量；工艺 III 与工艺 II 相比增加了二次回火，目的是让残留奥氏体进一步分解来减少组织中其含量，消除热处理过程中的应力。

由于 20Cr2Ni4 合金钢自身淬透性特别好，零件容易被淬透，造成零件心部硬度过高。轴类零件过高的心部硬度使零件弯曲疲劳降低，易发生早期疲劳失效现象。为了有效地控制零件的心部硬度，我们在淬火过程中，一方

面要降低油槽搅拌电动机的搅拌速度，来减弱零件淬火过程的冷却效果；另一方面再配合使用冷却能力较弱的等温分级淬火油，进一步降低零件淬火过程的冷却效果，最终使得零件心部硬度满足技术要求，也使零件具有更好的心部韧性。

3. 结语

该工艺生产的 20Cr2Ni4 材料齿轮轴，在各类性能试验中，均很好地满足了产品技术要求。零件投入使用至今无质量问题。

作者简介：徐葵、杨扬，西安法士特汽车传动有限公司。

MW 20160519