



45BM履带销轴非表面感应 淬火工艺

■ 闫立涛

履带销轴是工程机械履带的联接部件，它通过销套将前后两个轨链节联接起来，起到抗拉、耐磨的作用。长期以来，我公司190节距以上的履带销轴材质为50Mn，热处理工艺采用先整体调质，再表面淬火+低温回火，这种传统的热处理工艺存在一些缺点：生产效率低下，耗能较高。因此，经过调研论证我们引进了一种新的履带销轴热处理方法。

我们采用45BM合金钢，用类似调质的工艺方法，对销轴直接进行整体淬火，再采用低温回火的工艺进行热处理，与50Mn销轴热处理工艺相比，取消了高温回火和表面淬火的工序。为了使销轴性能达到预期效果，我们对190节距销轴热处理新工艺进行了技术攻关。

1. 试验设备及材料

(1) 感应穿透加热炉 加热炉功率200kW，感应频率

2.4kHz，设备依靠感应线圈进行感应加热，感应线圈长度1.4m，炉膛直径60mm，工件通过炉内导轨，在推头推动下按设定节拍前行。

(2) 喷淋冷却系统 喷淋冷却系统冷却时间可以调整，喷淋淬火冷却介质的压力可调。淬火液为PAG水溶性淬火冷却介质，浓度为3%~5%，淬火冷却介质温度靠冷却塔冷却，温度≤35℃。

(3) 洛氏硬度计。

(4) 金相显微镜。

(5) 试验材料 45BM销轴（具体成分见表1），规格φ38mm×220mm。

(6) 材料技术要求 心部硬度25~40HRC；表面硬度58~62HRC；淬硬层深DI50HRC=7.5~12.5mm。

2. 试验工艺

淬火工艺一般是将零件加热到奥氏体化温度，保温一定时间

使组织完全转变为奥氏体后进行快速冷却的过程。为防止45BM销轴冷却过快而产生裂纹，需要采用3%~5%PAG水溶性淬火冷却介质淬火，对于淬硬层深有较深的要求，需要对加热电压、加热时间及冷却时间参数进行精确控制。淬火后采用低温回火工艺。

在本次试验中，涉及零件表面硬度、心部硬度和淬硬层深，因而对加热淬火工艺参数按正交试验法设计。为实现淬火硬度，根据热处理手册，45BM的淬火温度约为840℃，根据选用的穿透感应加热淬火设备，由此初步设定感应加热电压输出分别为620V、650V、680V；针对心部硬度要求，需要零件有足够的加热时间，由此初步设定推料节拍为40s；对于淬硬层深，需要零件表层至心部合适的温度梯度和冷却时间来实现，由此设定冷却时间分别为20s、23s、26s，针对加热淬火以上三个变化的参数进

表1 45BM材料化学成分（质量分数）

(%)

元素	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	B	Al
标准值	0.42~0.49	0.17~0.37	0.60~0.90	≤0.035	≤0.035	0.10~0.20	≤0.015	≤0.025	0.0005~0.0035	0.010~0.025
实际值	0.44	0.26	0.81	0.015	0.008	0.17	0.01	0.02	0.0021	0.020

行正交法试验。低温回火采用190℃保温4h回火工艺。根据试验结果再进行适当调整工艺参数,最终找到了最佳试验结果对应的热处理工艺参数,为我公司45BM履带销轴新工艺的应用,积累了详细的数据。具体工艺参数和试验结果如表2~表4所示。

由表2可以看出,采用加热电压620V,推料节拍为40s,冷却时间分别为20s、23s、26s参数淬火,回火后零件的表面硬度在46~54HRC之间,心部硬度在23~29HRC之间,淬硬层深(DI 50HRC)在4.5~5.5mm之间,完全没有达到表面硬度58~62HRC,心部硬度25~40HRC,淬硬层深(DI50HRC)在7.5~12.5mm的技术要求,硬度也不均匀,表面硬度散差为8HRC,心部硬度散差为6HRC。淬硬层深度也不均匀,散差达到了1.0mm。图1是加热电压620V、推料节拍40s、喷淋冷却时间23s的零件回火后金相照片。从图1金相组织看出,金相组织为回火马氏体+大量铁素体+珠光体组织,产生这种金相组织的原因是因为零件加热过程温度不够,没有完全奥氏体化淬火,同时也说明了零件淬火过程冷却速度较慢。

通过表3可以看出,加热电压提高到650V,加热节拍和冷却时间不变时,回火后心部硬度在24~29HRC之间,表面硬度介于52~58HRC之间,零件表面硬度整体有所提高,但还是低于技术要求的硬度58~62HRC。图2是加热电压650V,推料节拍40s,喷淋冷却时间23s的零件回火后金相照片,从图2的金相组

织中看出,组织中出现了回火马氏体组织+托氏体+少量铁素体,铁素体和托氏体含量较多,说明零件在加热过程中奥氏体化不均匀,相对冷却速度较慢,形成的主要原因是加热淬火温度过低所致,也就是加热电压过低所致。

通过表4可以看出,加热电压提高到680V,加热节拍分别为30s、40s、50s时,冷却时间为28s时,回火后零件心部硬度在27~32HRC之间,符合要求;表面硬度介于59~62HRC之间,表面硬度全部符合技术要求,淬硬层深(DI50HRC)在7.7~8.8mm之间,也符合技术要求。图3是加热电压680V,推料节拍

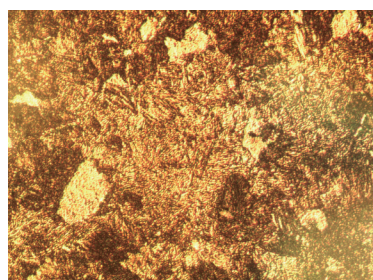


图1 电压620V、节拍40s、冷却时间23s金相照片(400×)

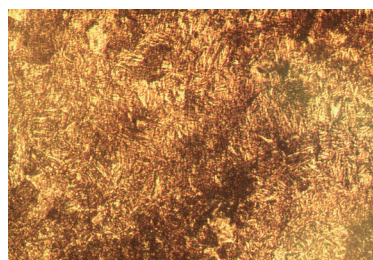


图2 电压650V、节拍40s、冷却时间23s金相照片(400×)

表2 电压620V、节拍40s、不同冷却时间条件下的结果

加热电压 /V	推料节拍 /s	冷却时间 /s	检测结果		
			表面硬度 HRC	心部硬度 HRC	DI50HRC深度 /mm
620	40	20	51	25	4.5
			53	23	5.0
			54	29	4.7
620	40	23	50	26	5.2
			46	24	5.5
			49	33	4.8
620	40	26	48.5	26	5.3
			53	25	4.9
			49	28.5	5.2

表3 电压650V、节拍40s、不同冷却时间条件下的结果

加热电压 /V	推料节拍 /s	冷却时间 /s	检测结果		
			表面硬度 HRC	心部硬度 HRC	DI50HRC深度 /mm
650	40	20	55	27	6.7
			58	26	7.0
			53.5	24	6.3
650	40	23	56	28	6.6
			54.5	25.5	6.9
			57	25	7.1
650	40	26	52	26	6.5
			54	29	6.9
			57	28	7.2

50s, 喷淋冷却时间28s的零件回火后金相照片, 从图3的金相组织中看出, 金相组织中出现了回火马氏体组织+少量托氏体+极少量铁素体, 说明加热电压的提高和加热节拍的延长对心部硬度、表面硬度及淬硬层深影响较大, 当喷淋冷却时间超过20s后对零件表面硬度、淬硬层深和金相组织影响较小。

3. 分析及讨论

首先, 钢的淬火是将钢加热到临界温度 A_{c3} 或 A_{c1} 以上温度, 保温一段时间, 使之奥氏体化, 然后以大于临界冷却速度快冷到 M_s 以下的热处理工艺。对于淬火来说, 加热温度、保温时间、冷却速度是十分关键的工艺参数。对于45BM来说, 是一种淬硬性和淬透性较好的钢, 选择的热处理工艺是否合理对表面硬度、淬硬层深和心部硬度影响较大, 该45BM材料端淬试验结果 $J12.5=50HRC$, 只要加热温度和冷却时间选择合适, 零件的表面淬火硬度实现58HRC以上不是问题; 加热温度和保温时间适当选择能够让材料充分奥氏体化, 在冷速适当条件下, 淬硬层(DI50HRC)一般可达到7.5~12.5mm; 为了得到较好的金相组织, 在淬火过程中应该得到尽可能多的马氏体, 再进行充分低温回火, 就可以得到较多的回火马氏体和极少量铁素体组织。

通过以上试验说明, 在45BM销轴加热淬火过程中, 加热电压对淬火结果的影响是较大的, 它直接影响加热淬火的温度, 在一定的频率、足够的保温

时间和快速冷却的条件下, 加热电压选择不合理, 会直接影响零件表面硬度、淬硬层深和心部硬度; 加热推料节拍、冷却时间的选择, 会影响到零件心部硬度以及淬硬层深的均匀性, 加热推料节拍是保证加热时间的参数, 如果选择的时间过短, 零件不能完全奥氏体化就淬火, 则会影响硬度的一致性, 如果时间过长, 就会造成零件过热或过烧, 大大降低了零件的力学性能。冷却时间的选择也十分重要, 冷却时间过短会出现表面硬度低和淬硬层浅的问题, 冷却时间过长会增加裂纹倾向。

纵观整个试验, 不难发现, 整个试验主要是围绕如何调整加

热电压和获取合理的保温时间, 对于冷却时间调整较少。也就是当加热电压保证了加热温度, 推料节拍保证了保温时间, 使零件晶粒完全奥氏体化, 实现了零件有效淬火。当零件淬火后的表面硬度、淬硬层深、心部硬度趋于一致预计效果时, 选择合理的低温回火工艺, 才能得到较多的回火马氏体组织, 从而保证零件硬度和金相组织合格。

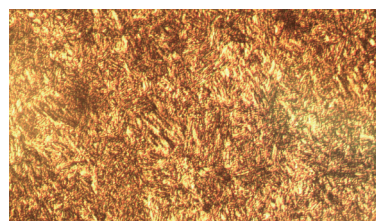


图3 电压680V、节拍50s、冷却时间28s金相照片 (400×)

表4 电压680V、冷却时间28s、不同推料节拍条件下的结果

加热电压 /V	推料节拍 /s	冷却时间 /s	检测结果		
			表面硬度 HRC	心部硬度 HRC	DI50HRC深度 /mm
680	30	28	59	28	8.2
			60	31	7.7
			62	27.5	7.9
680	40	28	60	30	8.3
			59	27	8.8
			61	31	8.2
680	50	28	59	32	8.5
			60	29	7.9
			61	34	8.2

4. 结语

(1) 通过试验表明, 45BM履带销轴不采用表面感应淬火工艺能满足技术要求。

(2) 感应穿透加热频率不变, 加热电压、推料节拍及冷却时间的调整, 会影响到45BM履

带销轴表面硬度、淬硬层深及心部硬度。

(3) 试验至今, 非表面感应淬火45BM履带销轴装机使用效果良好, 综合力学性能可满足客户使用要求。

作者简介: 闫立涛, 从事热处理工艺研究。历任长春一汽嘉信热处理电镀科技有限公司助理工程师, 伯尔克(上海)底盘技术有限公司工程师、主管, 湖北省三胜工程机械有限公司技术副总经理。