



HSLY 环保淬火介质用于 45 钢曲柄感应淬火冷却

陈希原, 马豫昊, 刘志学

(重庆海森机电设备开发公司, 重庆 400039)

摘要:针对 45 钢制摩托车曲柄轴颈部位表面高频感应加热淬火冷却一直沿用 NaCl 水溶液对工件、淬火装置和周围机械加工设备腐蚀严重的问题,通过试验与分析,采用 HSLY 环保类盐防锈型水溶性淬火介质取代了 NaCl 水溶液。结果表明,与原传统的 NaCl 水溶液相比,对工件采用一定浓度的 HSLY 水溶性淬火介质冷却不仅能够满足该产品的技术要求,而且还具有良好的防锈效果。同时,讨论了影响工件高频感应淬火质量的几个主要因素,并简要介绍了 HSLY 水溶性淬火介质的特点、使用维护要点和生产应用。

关键词: HSLY 淬火介质; 摩托车曲柄; 淬火质量; 防锈效果

中图分类号: TG154.4 文献标志码: B 文章编号: 0254-6051(2017)05-0209-06

Application of HSLY environmental friendly quenching medium in induction quenching of 45 steel crank

Chen Xiyuan, Ma Yuhao, Liu Zhixue

(Chongqing H-senic Machinery & Electrical Equipment Company, Chongqing 400039, China)

Abstract: In view of the serious corrosion problems to workpiece, quenching device and surrounding mechanical processing equipment caused by NaCl solutions in high frequency induction heating quenching cooling of the journal surface of 45 steel motorcycle crank, NaCl solution was replaced by HSLY environment friendly salt aqueous quenchant. The results show that using a certain concentration HSLY aqueous quenchant can not only meet the technical requirements of the product, but also has a good antirust effect compared with using the conventional NaCl solutions. At the same time, several main factors affecting the quality of high frequency induction quenching was discussed, and the characteristics, maintenance and production application of HSLY aqueous quenchant were briefly introduced.

Keywords: HSLY quenchant; motorcycle crank; quenching quality; antirust property

45 钢制左、右曲柄是摩托车发动机中的重要零件之一,长期以来,其工序流程为:下料—工频炉加热—模锻—预先热处理(调质)—喷丸—粗加工—精加工—轴颈表面高频感应加热淬火—浸“脱水防锈油”防锈—磨加工—抛光—清洗—总装。其中的“轴颈表面高频感应淬火”工序,长期以来一直沿用 5.0% NaCl 水溶液进行淬火冷却,以满足零件的感应淬火技术质量要求。但盐水严重锈蚀淬火工件、淬火槽及配套装置(管道、水泵、阀门、冷却器等)并刺激人的皮肤,尤其是当将感应淬火设备安放在零件机加工生产线上以提高生产效率时,NaCl 水溶液对周围邻近的一些高精度机械加工设备(如数控磨床、钻床、组合机床等)产生严重锈蚀而损坏设备的问题引起了企业的高度重视,急于寻找一种新型环保防锈型淬火介质来取代 NaCl 水溶液,既能满足工件感应淬火技术要求又具

有良好的防锈效果且对人皮肤无刺激,并取消浸“脱水防锈油”的防锈工序,以降低生产成本和提高生产效率。本文重点对比分析了几种淬火介质的冷却性能,开发研制出了其冷却性能与 NaCl 水溶液相近且具有良好防锈效果的 HSLY 环保类盐防锈型水溶性淬火介质,解决了多年来因锈蚀而困扰企业发展的一大瓶颈,并将其成功地应用于批量生产。

1 试验材料及方法

1.1 试验材料及感应淬火技术要求

曲柄材料选用国内某钢厂生产的 45 钢热轧钢棒,用 PDA-5500IV 光谱分析仪按 GB/T 4336—2002《碳素钢和低合金钢火花源原子发射光谱分析方法》对该炉批钢材进行化学成分分析,化学成分见表 1。图 1 所示的 CG125 型摩托车曲柄经高频感应淬火技术要求

表 1 试验用钢的化学成分(质量分数,%)

Table 1 Chemical compositions of the tested steel (mass fraction, %)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
0.43	0.27	0.56	0.017	0.021	0.01	0.007	0.038

收稿日期:2016-08-05

作者简介:陈希原(1957—),男,高级工程师,主要从事热处理淬火介质、锻造余热淬火、工模具热处理、表面化学热处理等方面的工艺研究和生产现场技术服务,已发表论文 42 篇,联系电话:13618353405, E-mail:1033181149@qq.com

DOI:10.13251/j.issn.0254-6051.2017.05.044

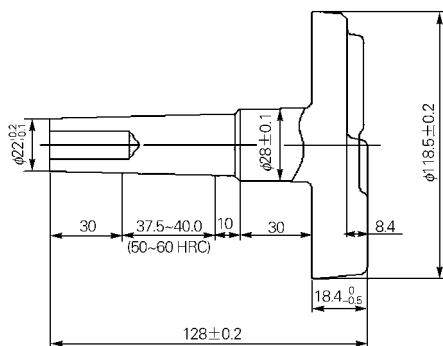


图1 CG125 摩托车曲柄简图

Fig. 1 Diagram of the CG125 motorcycle crank

为:①在轴颈长度 37.5 ~ 40.0 mm 范围内,表面硬度 55 ~ 60 HRC;②表层显微组织:按照 JB/T 9204—2008《钢件感应淬火金相检验》显微组织分级图评级,3 ~ 7 级合格;③含磨削量在内的有效硬化层深度为 1.20 ~ 1.80 mm;④过渡层宽度为 0.30 ~ 0.45 mm。

1.2 生产现场试验方案及设备

试验选用淬火冷却较快的淬火介质有:自来水、5.0% NaCl 水溶液、5.0% Na₂CO₃ 水溶液、0.30% PVA 水溶液、3.0% PAG-III 淬火液和 3.0% ~ 10.0% 不同浓度的 HSLY 水溶性淬火液,以优选出与 5.0% NaCl 水溶液冷却性能相近的淬火冷却介质。

试验采用的加热设备为原生产中使用的 100 kW 全固态高频感应加热电源,感应圈的内径 $\phi 28$ mm \times 6 匝、有效高度 50 mm,此次 200 个零件经预先调质热处理(轴颈处硬度 24 ~ 28 HRC,距离表面 1 ~ 7 mm 内回火索氏体级别为 1 ~ 4 级、心部 5 ~ 6 级)并经粗、精机加工后采用生产中使用成熟的高频感应加热淬火工艺参数为:将工件 $\phi 118.5$ mm \times 18.4 mm 盘部朝上放入感应圈中,使工件杆部端面顶尖孔插入活动顶尖,按加热功率 1.40 ~ 1.45 kW、加热时间 2.0 ~ 2.5 s 旋转加热后,快速浸入几种淬火液中冷却至约 150 ~ 200 °C 出液空冷自回火,淬火液的冷却换热装置见图 2 所示。

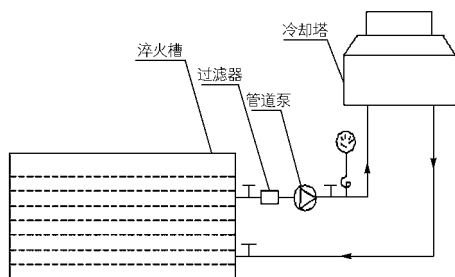


图2 淬火液冷却循环示意图

Fig. 2 Schematic of the cooling and circulating of the quenching liquid

1.3 分析与检测

依据 ISO 9950:1995 (E) 标准,采用瑞典 ivf 仪的 Inconel600 探头测试了几种快冷型淬火介质的冷却性能;使用外园磨床将试件轴颈表面淬火部位磨光至 $R_a = 0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$,依据 GB/T 230.1—2009《金属材料洛氏硬度试验 第 1 部分:试验方法》,采用 HR-150A 洛氏硬度计测试了图 1 所示工件规定淬火长度内上端、中部、下端 3 处位置的硬度,每处测 3 点取平均值;使用金相试样切割机在零件淬火长度的中间部位垂直轴线截取长度为 20 mm 的试样,将一端磨平并对另一端截面经过研磨、抛光和 4% 硝酸酒精溶液浸蚀后,置于 OLYMPLUS-3 型 400 倍金相显微镜下观察淬火有效硬化层的显微组织并按 JB/T 9204—2008《钢件感应淬火金相检验》显微组织评级图进行显微组织评定;依据 GB/T 5617—2005《钢的感应淬火或火焰淬火有效硬化层深度的测定》,采用 FM-ARS9000 型显微维氏硬度计在负荷为 9.8 N 下测量高频感应淬火有效硬化层深度(DS)和过渡区宽度,且规定淬火件横截面上的极限硬度值 $HV_{0.05}$ 为 450 HV,原始组织硬度为 260 HV。

参照 JB/T 4392—2001《聚合物水溶性淬火介质测定方法 第 12 部分:防锈试验方法》,对所选的部分淬火液进行防锈试验和防锈级别的评定并对淬火后的试件肉眼观察开始出现锈斑的时间。

2 试验结果与讨论

2.1 HSLY 淬火介质的理化性能和冷却性能及对比

HSLY 淬火介质的主要理化性能指标见表 2,该介质不同浓度水溶液与几种快冷型淬火液在液温为 30 °C 时的冷却性能典型值见表 3,冷却特性曲线见图 3。

表 2 HSLY 淬火介质的理化性能
Table 2 Physical and chemical properties of HSLY quenching medium

项目名称	理化指标	检验方法
外观	白色粉末状晶体	目测
相对密度(1.0% 水溶液, 20 °C)	1.10	GB/T 1884
pH 值(5.0% 水溶液)	9.0	GB/T 9724
水中的溶解性	互溶	—
腐蚀保护	良好	—

由表 3 可见,从表征淬火介质高温冷却性能的典型值 T_{max} 和 V_{max} 来看,与 5.0% NaCl 水溶液冷却性能接近的是 5.0% Na₂CO₃ 水溶液和 5.0% HSLY 淬火介质,而 Na₂CO₃ 水溶液淬火对操作人员的皮肤刺激性强且气味呛人、环保性能极差。

表 3 几种快冷型淬火液的冷却性能及对比
Table 3 Cooling property and comparison of several fast quenching liquid

介质种类	介质浓度/ %	$V_{max}/$ ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$)	$T_{max}/$ $^{\circ}\text{C}$	$V_{300}/$ ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$)
PVA	0.3	196	602	84.0
PAG-III	3.0	205	678	82.0
自来水	—	210	625	83.0
Na_2CO_3	5.0	237	695	83.0
NaCl	5.0	240	691	85.0
HSLY	3.0	237	642	82.0
	5.0	242	693	82.0
	7.0	245	688	82.0
	10.0	250	682	79.5

注:①测量标准: ISO 9950:1995(E);②测量仪器: 瑞典 ivf 仪;③搅拌程度: 静止

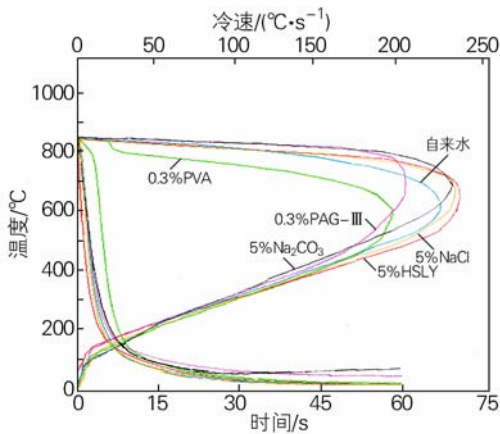


图 3 几种快冷型淬火液的冷却特性曲线图
Fig. 3 Cooling characteristics curves of several fast quenching liquid

由图 3 可知,从淬火液的高、低温阶段的冷却特性来看,5.0% 的 HSLY 淬火液与 5.0% NaCl 水溶液的冷却性能相近,该介质不但具有较高的 T_{max} 和 V_{max} 值,有利于工件淬火冷却大于钢的临界冷却速度以躲开过冷奥氏体不稳定的区间而进入马氏体转变,且低温区的冷却性能典型值 V_{300} 却略低于 5.0% NaCl 水溶液,而淬火介质在 300 $^{\circ}\text{C}$ 附近的冷却速度对多数钢钟工件的淬裂与否起着决定性的作用^[1], V_{300} 值较小则有利于防止出现淬火裂纹。

另外,由表 3 可以看出,在粉末状的 HSLY 淬火介质中加入不同量的自来水配制成 3.0%~10.0% 不同浓度的淬火液,随着淬火液浓度的提高,最大冷速略呈上升的趋势, V_{300} 低温冷速基本保持不变并在 10.0% 时出现较低值,该介质溶液的浓度变化对冷却性能影响较小,有利于稳定工件淬火质量,方便于批量生产应用。

2.2 轴颈表面淬火硬度

在图 2 所示的淬火槽中配制了 5.0% HSLY 淬火液约 300 kg,并对工件进行感应加热淬火冷却。任意抽取 5 个工件将轴颈表面磨光,在洛氏硬度计上测试的硬度结果如表 4 所示。

表 4 曲柄轴颈表面淬火硬度
Table 4 Quenching hardness results at crank shaft surface

试件编号	轴颈 37.5~40 mm 长度内的硬度值/HRC			同试件硬度 散差	原始组织 硬度/HRC
	上端	中间	下端		
1	58	58	57	1.0	26
2	56	57	56	1.0	24
3	57	57	58	1.0	26
4	56	58	57	2.0	25
5	58	59	57	2.0	27
不同试件 硬度散差/HRC	2.0	2.0	2.0	—	3.0
技术要求	55~60				24~28

淬火硬度测试结果表明,在曲柄轴颈规定长度内的淬火硬度值均可满足技术要求,硬度值处于要求值的中上限,并且同一工件和不同工件的硬度散差值不大于 2.0 HRC,满足 JB/T 9201—2007 中洛氏硬度偏差范围要求,工件旋转快速均匀加热、所用淬火介质的高温阶段冷却性能优良及预先调质处理得到的均匀回火索氏体等是获得淬火硬度一致性的主要因素。

采用高频感应加热时,由于存在集肤效应,高频电流使工件表面局部快速加热,表面温度迅速升高达到奥氏体化温度而生成奥氏体组织,而后快速冷却转变为马氏体组织,在材料碳含量一定的情况下,使其表面具有高的硬度。若工件经高频感应加热后不及时地进行快速冷却或淬火介质冷却性能差等均可造成冷却不足,使组织中出现托氏体等非马氏体组织,不仅造成淬火硬度不足且不均匀,而且还缩短淬火长度,如采用 3.0% PAG-III 淬火液淬火冷却,则工件轴颈部位淬火长度还不到 30 mm。

2.3 淬硬层的显微组织评定

对测试表面硬度的工件在有效硬化层处检验显微组织及评定结果如表 5 所示。工件淬火显微组织评定的马氏体针大小级别为 4~6 级,多数为 5 级细马氏体,是感应加热淬火的正常组织^[2],满足技术要求。在原材料、工件尺寸及原始组织状态一定的情况下,若将感应加热时间、功率及淬火冷却等工艺参数略加变动,则可使显微组织发生较大的变化,即加热温度过高

引起马氏体粗大,加热不足的组织中存在细小马氏体和未溶铁素体,淬火介质冷却性能差造成冷却不足使组织中出現网状铁素体、托氏体等非马氏体组织^[3]。

表5 有效硬化层显微组织评级结果

Table 5 Rating results of the microstructure in effective hardened layer

试件编号	组织特征	评定级别/ 级	晶粒度/ 级	晶粒平均面积/ μm^2
1	细马氏体	5	9~10	130
2	微细马氏体	6	10	100
3	细马氏体	5	9~10	130
4	细马氏体	5	9~10	130
5	较细马氏体	4	8~9	260
技术要求	—	3~7	8~10	—

在生产中应特别关注预备热处理组织对感应淬火组织马氏体粗细的影响。由于感应淬火加热速度快、保温时间短,使得奥氏体内的碳化物不易均匀化。如果感应淬火前的组织为大块状铁素体或粗片状珠光体时,经淬火后就得不到碳浓度均匀的马氏体组织。因此,对于重要零件要预先进行调质处理而得到回火索氏体,这样经感应加热时,在较低温度下可以获得均匀的奥氏体,淬火后就得到比较细的马氏体。相反,对于预备热处理为正火而得到组织为铁素体和珠光体的零件,在感应加热时由于开始转变为奥氏体的温度较高,若要想获得均匀的奥氏体,就必然要提高加热温度,这样淬火后得到的马氏体就比较粗大。

2.4 有效硬化层深度和过渡区宽度

采用硬度法测量工件有效硬化层深度(DS)和过渡区宽度的结果如表6所示,均满足技术要求,并且不同工件有效硬化层深度的波动值符合JB/T 9201—2007中有效硬化层深度的波动范围规定。

表6 有效硬化层深度和过渡区宽度

Table 6 Depth of the effective hardening layer and width of the transition zone

试件编号	表面硬度/ HRC	马氏体级别/ 级	DS/ mm	过渡区宽度/ mm	过渡区宽度 的比例/%
1	57~58	5	1.40	0.35	25.0
2	56~57	6	1.46	0.37	25.3
3	57~58	5	1.50	0.40	26.7
4	56~58	5	1.52	0.41	27.0
5	57~59	4	1.58	0.42	26.6
技术要求	55~60	3~7	1.20~ 1.80	0.30~0.45	25~30

45钢高频淬火温度-硬度-组织分布见图4^[4],其表层硬度最高,然后向心部递减。由于高频感应加热所具有的表面效应特性,使得高频加热时其温度自零件表面向心部递减。从图4可以看到,零件最表层区域的温度高于 A_{c3} ,形成均匀的奥氏体,淬火后得到全部马氏体;次表层区域的温度在 $A_{c3} \sim A_{c1}$ 之间,铁素体没有完全溶解、珠光体则转变为奥氏体,淬火后得到马氏体+铁素体+托氏体;紧邻次表层区域的温度低于相变点 A_{c1} 但高于预先调质的回火温度,此区的硬度将低于原来的调质硬度;心部为原始调质组织。

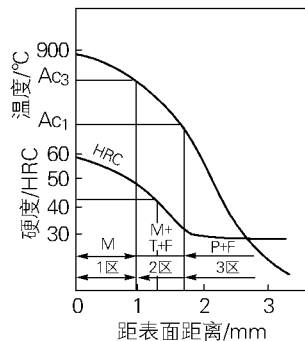


图4 45钢件高频淬火温度-组织-硬度分布图^[4]

Fig. 4 Distribution of the temperature, microstructure and hardness of 45 steel parts in high frequency quenching^[4]

在一定材料成分和设备频率下,工件淬火硬化层硬度的变化分布与过渡区的宽窄有较大的关系,在工件原始组织和加热工艺参数一定的情况下,淬火介质的冷却速度对过渡区的宽窄影响较大,即淬火冷却快可使过渡区变窄,淬火冷却慢可使过渡区变宽(如采用3.0% PAG-III淬火介质冷却,其过渡区宽度可达1.0 mm以上);在感应淬火工艺一定的情况下,原始组织对工件淬火硬化层深度影响较大,图5表明调质件不但比正火件获得的硬化层较深^[5],而且硬化层的硬度变化分布合理。

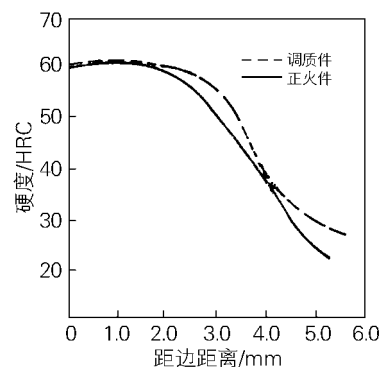


图5 不同原始组织对感应加热淬火后硬化层分布的影响^[5]

Fig. 5 Effect of different original structures on the distribution of hardened layer after induction hardening^[5]

另外,在生产中往往忽视工件感应淬火前经预先热处理获得的原始组织对过渡区的影响,该区的宽窄对零件表面淬火后残余应力的分布有重要影响^[6]。因过渡层在表面淬火后呈现残余拉应力状态,若过渡区太宽将使最表层的残余压应力削减,降低零件的疲劳强度,在接触应力的作用下容易产生疲劳剥落^[7],一般要求过渡区是硬化层深度的 25%~30%^[8]。

2.5 HSLY 淬火介质与 NaCl 盐水介质的防锈性能及工件防锈的周期对比

参照 JB/J 4392—2011《聚合物水溶性淬火介质测评方法》评价聚合物水溶性淬火介质防锈性能,将颗粒为 0.42~0.85 mm 的 HT200 灰口铸铁干式切削粉末用丙酮清洗吹干后分别浸入 5.0% HSLY 和 5.0% NaCl 溶液中,15 min 后拿出不再有连续液滴滴落时,即将铸铁粉末均匀地铺放在定性滤纸上并放入 25~35 ℃、相对湿度不低于 90% 的干燥器中保持 4 h 后取出,迅速用流动自来水冲洗掉滤纸上的铸铁粉末并用热风吹干,利用铸铁粉末表面积大和处于高湿度下易于生锈的状况,以在滤纸上留下的不同程度的锈迹及颜色来评价两种淬火介质的防锈效果(如图 6),其三组平行试验的锈蚀结果评级如表 7 所示。结果表明,相同浓度下 HSLY 淬火液的防锈效果远远优于 NaCl 溶液。

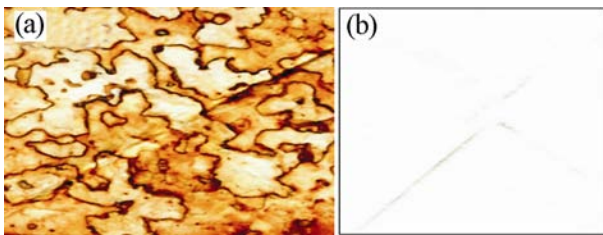


图 6 NaCl 与 HSLY 水溶液的锈迹图

Fig. 6 Rust marks of NaCl and HSLY water solution
(a) 5.0% NaCl ; (b) 5.0% HSLY

表 7 曲柄经 HSLY 和 NaCl 水溶液的锈蚀评级结果
Table 7 Rating results of the corrosion of the crank via HSLY and NaCl water solutions

介质	观察结果	锈蚀程度	级别/级	备注
5.0% HSLY 淬火液	锈蚀面积 4%~11%, 锈迹色浅	轻等锈蚀	2	合格
5.0% NaCl 水溶液	锈蚀面积 >25%, 锈迹色深	严重锈蚀	>4	不合格

采用 5.0% HSLY 淬火液冷却的高频感应淬火试件,淬火后放置在车间内的地板上,每间隔 1 h 观察该件非加工面($\phi 118.5 \text{ mm} \times 18.4 \text{ mm}$)和其它加工面开始出现锈蚀斑点的周期,并与原用 5.0% NaCl 水溶液

淬火未浸防锈油工件的锈蚀状况对比如表 8 所示。由表 8 可见,经 HSLY 介质淬火的工件其防锈周期远远大于 NaCl 水溶液,至少放置 7 天不生锈,并且工件的加工面开始出现锈斑的周期还要长些。

表 8 曲柄经 HSLY 和 NaCl 水溶液淬火的锈蚀周期
Table 8 The corrosion cycle of the crank by quenched in HSLY and NaCl water solution

介质	室温/ ℃	相对湿度/ %	非加工面出现 锈斑的周期/h	加工面出现 锈斑的周期/h
5.0% HSLY	38	80.2	170	210
5.0% NaCl	38	80.2	4	7

3 HSLY 环保类盐防锈型淬火介质的使用要点与应用效果

3.1 HSLY 淬火介质的使用要点

3.1.1 淬火液的液温与控制

与其它聚合物淬火介质相比,在一定的温度范围内,HSLY 淬火介质的最大优点就是使用中液温的变化对淬火液冷却性能影响较小,其液温变化对该淬火液冷却性能的影响如表 9 所示,表明该淬火液可在较宽的温度范围内使用,仍可保持稳定的淬火冷却性能,则推荐在 10~60 ℃液温范围内使用,生产中应采用换热冷却系统(冷却塔、板式换热器、空气冷却器等),将淬火液温度控制在要求的范围之内。

表 9 不同液温下 5.0% HSLY 淬火液的冷却性能
Table 9 Cooling properties of the 5.0% HSLY quenching liquid in different temperature

液温/℃	$V_{\max}/(\text{℃} \cdot \text{s}^{-1})$	$T_{\max}/\text{℃}$	$V_{300}/(\text{℃} \cdot \text{s}^{-1})$
10	244	696	82.5
30	242	693	82.0
40	240	689	82.5
60	238	682	82.7
80	187	578	79.5

注:①测量标准:ISO 9950:1995(E);②测量仪器:瑞典 ivf 仪;③搅拌程度:静止

3.1.2 淬火液浓度的检测

生产现场使用 HSLY 淬火液推荐采用波美度计测量浓度,该方法简单直接读数即可,便于生产现场操作,根据该仪器的实际测量值,其浓度值可按下式确定

$$W_1 = 1.0 \times B_0 + \alpha$$

式中, W_1 为实际液温下淬火液浓度测量值(%), B_0 为液温 20 ℃时的波美度计测量值, α 为液温偏离 20 ℃时的浓度补偿值。根据生产情况,一般每 1~2 天测量

一次浓度,当淬火液浓度低于工艺要求时,应及时补充 HSLY 介质;当淬火液浓度高于工艺要求时,则补充一定量的自来水至液面高度标记处。

3.1.3 淬火液的循环搅拌

增加淬火液的循环搅拌,淬火液与零件的相对流速增大,不仅使得工件淬火硬度和硬化层均匀,还有助于延长淬火液的使用寿命。对于复杂的淬火件,应注意不要冷透,以充分发挥余热自回火的作用。

3.1.4 淬火液的防锈、防腐蚀性

HSLY 淬火液对设备及工件具有良好的防锈、防腐蚀作用,工件淬火后可不经清洗直接转到下个工序,但对防锈周期要求在一周以上的工件淬火后应进行特殊的防锈处理。

3.1.5 淬火液的维护

为了保持淬火液稳定的使用效果和长的使用寿命,除了防止油污、粉尘及其它污染物混入淬火液中以外,应根据淬火产量每 2~3 个月定期对淬火液进行除油、除渣和过滤处理,特别是生产中应避免淬火件表面附带的油污和上道工序的加工残留液带入淬火液中,若淬火液中混入过量的污染物不但可使淬火液变臭、变质,而且还容易损坏淬火液的冷却性能,最终影响工件的淬火质量。

3.2 生产应用效果与淬火液循环冷却

根据多次小试、中试工艺验证试验和工件淬火长度内的表面淬火硬度、有效硬化层深度、过渡区宽度和显微组织检验结果与分析,一定浓度的 HSLY 淬火介质能够满足 45 钢摩托车左右曲柄高频感应淬火的技术质量要求。按照“下料—工频炉加热—模锻—调质热处理—喷丸—粗加工—精加工—轴颈表面高频感应淬火—磨加工”新的生产加工工序流程,将此工艺在生产中的多台设备上批量生产应用,经过一段时间的使用总计生产大约 100 000 件产品,经正常抽样检查,其淬火质量指标均达到技术要求。

另外,生产中每台高频感应加热设备独立使用一个约 0.35 m³ 容积的小淬火槽,这些淬火槽与一个较大容量的储液槽连接实现集中循环供液,即每个淬火槽中的热液由溢流口流回到储液槽,再经冷却塔冷却后流回到集中槽,最后又送回到各个淬火槽,以控制淬火液液温不超出 60 ℃(一般在 50 ℃以下),此时的淬火液由下向上地流动,可起到良好的搅拌作用。

4 结论与建议

1) 5.0% HSLY 环保类盐防锈型水溶性淬火介质的冷却性能与 5.0% NaCl 溶液接近,其蒸汽膜阶段极

短,特性温度高,高温区的冷却速度快,可替代 NaCl 溶液用于 45 钢制摩托车左右曲柄的高频感应加热淬火冷却,其淬火硬度、淬火长度、有效硬化层深度、过渡区宽度、显微组织等指标稳定满足产品零件技术要求。

2) HSLY 环保类盐防锈型水溶性淬火介质具有优良的防锈性能,其防锈周期为一周左右,用于 45 钢摩托车左右曲柄感应淬火冷却可取消淬火后的“浸脱水防锈油”工序,简化了零件加工工序流程和降低了生产成本。但对于防锈周期要求更长的零件,仍可按原生产工序流程进行特殊的防锈处理。

3) 在一定浓度和液温范围内,HSLY 水溶性淬火介质的浓度和液温变化对冷却性能不敏感,生产操作适应性好,淬火液的使用浓度一般为 5.0%~8.0%,液温不超过 60 ℃,可替代 NaCl 溶液和 Na₂CO₃ 或 NaOH 碱水溶液,适用于淬透性差的碳素结构钢、碳素工具钢和形状简单且较大截面的低合金钢件的淬火冷却。该介质不但适用于感应加热淬火冷却,而且已大量推广应用到经网带炉和空气电阻炉加热钢件的淬火冷却。

4) 生产中不但应对淬火件的原材料进行分炉分批管理,还应重视工件感应淬火前的原始组织状态,对较重要的工件建议采用调质预备热处理,并重点检验距表面一定深度和心部的回火索氏体组织达到要求,以确保工件经感应淬火后获得优良的组织 and 性能。

5) 对于感应淬火后需要进行磨削加工的零件,应注意尽量减少磨削量,以免破坏零件表面的应力分布,以避免零件表面残余压应力显著下降而降低疲劳强度。

参考文献:

- [1] 于程歆,刘林. 淬火冷却技术及淬火介质[M]. 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 2010: 40.
- [2] 全国热处理标准化委员会. 金属热处理标准应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994: 585.
- [3] 中国机械工程学会热处理学会. 热处理手册第4卷[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 56.
- [4] 中国机械工程学会热处理学会. 热处理手册第1卷[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 243.
- [5] 全国热处理标准化委员会. 金属热处理标准应用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994: 589.
- [6] 安运铮. 热处理工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1988: 121.
- [7] 陈国民. 对齿轮表面硬化热处理物理冶金因素的评述[J]. 金属热处理, 2015, 40(8): 1-13.
Chen Guomin. Review on physical metallurgical factors of surface hardening heat treatment for gears[J]. Heat Treatment of Metals, 2015, 40(8): 1-13.
- [8] 钢铁热处理编写组. 钢铁热处理(原理与应用)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979: 206.