感应淬火产品的开发

董振海，张建中，彭怀磊，陈正国，郝丰林

1. 产品开发前期分析

感应加热淬火可使零件表面达到高硬度，心部保持较高韧性，使轴类零件提高静扭强度、疲劳强度、表面耐磨性等力学性能。

感应淬火提供了一种快速在线的热处理加工方法，具有热效率高，加热时间短，工件变形小，无氧化脱碳，易于进行局部热处理，实现清洁生产，与冷加工共线，实现“一个流”生产等特点。表面淬火，必须以快速加热为前提，即在很短的时间内将工件表层加热到临界点以上温度并完成奥氏体化，而感应过渡区以里的心部则处于低温状态，继而冷却淬火，从而使表面硬化。处理的工件具有更高的表面硬度和残余压应力，因而在扭转载荷下表现出更优异的强度和抗疲劳性能。

由于感应淬火可以选择的频率段较多，如工频、中频、超音频、高频、超高频等，硬化层的范围比较宽。硬化层可以比渗碳淬火做得更深，因而强度更高，从而具有合理的最佳静扭强度和抗疲劳性能。

我公司是传动部件专业制造厂，有许多客户的产品要求感应淬火，由于客户众多，产品多样，对于批量大的产品要采购专用感应设备，对于产品的前期开发，设备的选型非常重要，设备选择有时采用一台设备可以达到两台设备的效果。下面介绍是某种产品（见图1）开发过程，主要介绍设备的参数及设备稳定性。

产品热处理技术要求：材料SAEJ403，1050℃感应淬火，回火温度最低150℃；*A*部分表面硬度58～64HRC，有效硬化层深度1.1～2.5mm；*B*部分表面硬度≥50HRC，有效硬化层深度0.6～2mm；*C*部分表面硬度≥50HRC，有效硬化层深度0.25～1.5mm。

2. 感应淬火设备选型

从图1可以看出，该产品要采用中频和超音频两个频率段处理，需要购买两台设备。我们把技术要求发给易孚迪感应设备（上海）有限公司，经过他们研究，认为采用一台设备即可以达到生产要求，并介绍了所采用设备的一些参数，分为以下几种情

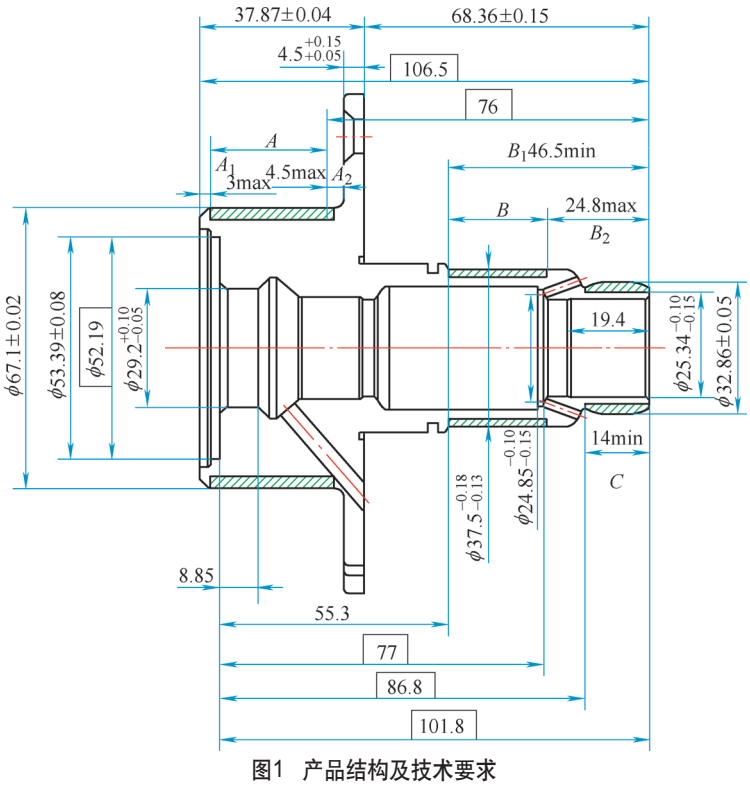


图1　产品结构及技术要求

况（见表1）：双频双工位手动切换单输出；双频双工位自动切换单输出；双频双工位自动切换双输出。

根据易孚迪公司的建议，从实际需求出发，我们选用了类型2的设备。设备主要参数如下：

（1）感应淬火电源　法国产，200kW；7.5～15kHz；100～160kHz。

（2）冷却系统　制冷机用于冷却电源和感应器。

（3）淬火冷却介质冷却单元　淬火冷却介质温度监测，带数显并可设定最小/最大值；淬火冷却介质流量的感应监测，有实际数值显示，能通过PLC预选不同最小/最大值，流量由比例阀自动控制。在设备的总控制系统中有淬火冷却介质冷却系统控制，包括温度的调节系统。该温度调节系统包括显示温度的实际值及温度监控极限值的设定，超过±10℃应报警。所有故障信息可以在控制面板上以清晰文本显示。

（4）质量监控系统　RTM实时监控系统，可以对电源的功率、频率、电压，以及淬火冷却介质温度、流量、压力等8个参数预设最大/最小值，进行实时监控并显示曲线。

（5）感应器控制系统　每工位有一个主轴，旋转速度变频控制。两个垂直的*Z*轴，分别用于两个工位的感应器上下移动淬火；两个水平NC-*Y*轴控制感应器前后移动，用于两个工位淬火；两个感应器横向拖板，在作业区域用手轮进行左右调整。

（6）控制系统　采用西门子840 Dsl 型控制系统。

感应淬火设备如图2所示。热处理后最终产品如图3所示。

3. 产品生产效果

热处理后最终产品如图3所示，纵向剖切如图4所示，硬化区、硬化层、硬度检验结果见表2、表3、表4，金相检验如图5所示。

根据易孚迪公司的建议，我们高质量迅速地开发出了合格的产品，得到客户的好评，为企业创造了效益。



图2　感应淬火设备

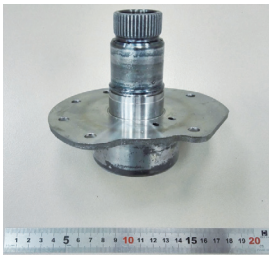


图3　淬火后产品

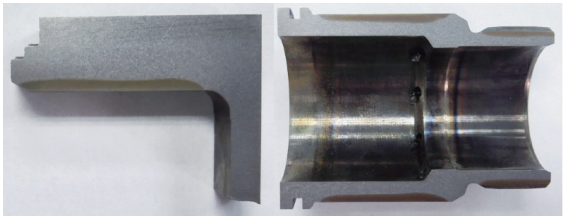


图4　淬火后产品纵剖示意

表1　设备参数及功能

类型	参数	工位	介绍
1	500kW 6～10kHz 20～30kHz	双工位	手动切换频率，每个工位只能输出同一频率。如切换在6～10kHz，每个工位的频率都是6～10kHz
2	200kW 7.5～15kHz 100～160kHz	双工位	自动切换频率，每个工位固定输出频率段。如中频工位；高频工位
3	400kW 4～6kHz 20～30kHz	双工位	自动切换频率，每个工位可以输出两个频率段中的一个。在程序中设置即可

表2　硬化区域与非硬化区域的界限检测

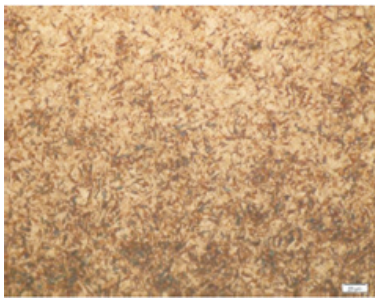
序号	硬化区域尺寸/mm				
	A_1	A_2	B_1	B_2	C
1	0.70	3.94	47.03	21.42	14.94
2	0.72	3.91	47.02	21.16	14.89
3	0.68	3.95	46.99	21.31	14.83
4	0.90	3.98	46.97	21.33	15.00
5	0.80	3.75	46.80	21.24	14.81
6	0.82	4.02	46.83	21.23	14.74
7	0.74	3.84	46.89	21.19	14.95
8	0.66	3.81	46.77	21.44	14.84
9	0.66	3.91	46.97	21.17	14.91
10	0.94	3.74	47.09	21.36	14.89
技术要求	≤3	≤4.5	≥46.5	≤24.5	≥14
结果	OK	OK	OK	OK	OK

表3 硬化层检测

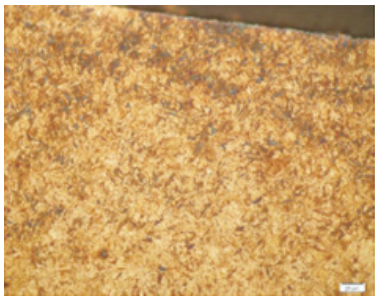
序号	硬化层/mm		
	A	*B*	*C*
1	1.828	1.536	1.193
2	1.813	1.518	1.116
3	1.816	1.527	1.074
4	1.821	1.496	1.091
5	1.822	1.488	1.137
6	1.814	1.562	1.097
7	1.819	1.529	1.173
8	1.838	1.536	1.189
9	1.835	1.522	1.110
10	1.805	1.581	1.130
技术要求	DS411＝1.1～2.5	DS411＝0.6～2	DS411＝0.25～1.5
检测结果	OK	OK	OK

表4 硬化梯度检测（未回火只列出1号、2号工件）

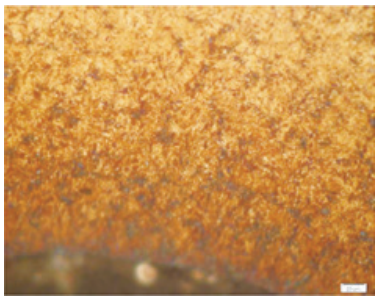
位置/mm	硬度HV1					
	1号工件			2号工件		
	A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
0.1	836	807	819	819	815	819
0.2	857	823	815	840	807	807
0.5	836	811	799	840	819	758
1.0	836	787	610	831	761	615
1.2	—	736	403	—	681	264
1.4	—	631	238	—	604	227
1.5	819	—	—	719	—	—
1.6	—	287	—	—	268	—
1.7	700	—	—	645	—	—
1.9	267	—	—	241	—	—
硬化层/mm	1.828	1.536	1.193	1.813	1.518	1.116
技术要求	DS411＝1.1～2.5	DS411＝0.6～2	DS411＝0.25～1.5	DS411＝1.1～2.5	DS411＝0.6～2	DS411＝0.25～1.5
检测结果	OK	OK	OK	OK	OK	OK



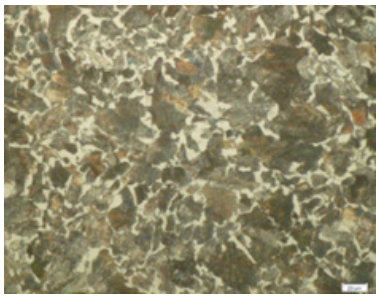
（a）表面*A*（500×）



（b）表面*B*（500×）



（c）表面*C*（500×）



（d）心部（500×）

图5 金相检验

作者简介：董振海、张建中、彭怀磊，易孚迪感应设备（上海）有限公司。陈正国，浙江双环传动股份有限公司。郝丰林，江苏双环齿轮有限公司。

MW 20170820