

法兰轴薄法兰内端面的感应淬火容易被淬透的解决措施

■ 刘军辉

摘要: 法兰轴体外表面和法兰内端面表面的感应淬火是常见的热处理工艺。当圆柱体实体材料相对较为厚实，而法兰边实体材料（厚度）较薄时，感应淬火极易将法兰边淬透或过烧，导致报废。通过借助外冷却装置对法兰外端面进行冷却导热，间接地提高法兰轴法兰体的热容量，从而使法兰内表面的淬硬层深度满足热处理技术要求。

关键词: 薄法兰内端面；感应淬火；淬透；过烧；外冷却导热；外冷却装置

1. 问题的提出

法兰轴如图1所示，材料为40Cr，总长度215mm。轴体部分的直径为60mm、长度210mm，圆柱外表面淬火，淬硬层深度1~3mm，硬度45~50HRC。法兰部分直径为90mm，厚度仅为5mm，内端面表面淬火，淬硬层深度：1~3mm，硬度45~50HRC。感应淬火的方式为立式扫描淬火，从法兰的内端面开始，自下而上扫描淬火。

在感应淬火过程中，法兰部

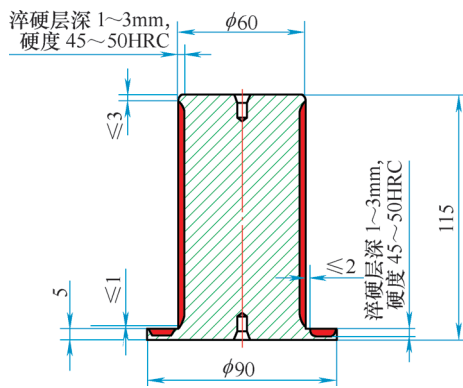


图1 法兰轴淬火要求

分极易被加热，过烧，产生淬透的现象，不能满足技术要求。后经过多次工艺参数的调整，效果均不明显。这就需要另辟蹊径，采取新的方式来解决法兰边被淬透的问题。

2. 原因分析

法兰轴的圆柱体的实体厚实，材料热容量较高，在感应淬火过程中，采用的是透入式加热（即淬火加热层小于感应电流热透入深度）。透入式淬火加热层的温度分布，从外到里依次为：表面过热层、淬火加热层（全奥氏体层）、加热过渡层。

表面过热层的深度很小，可以忽略不计，数值取0。

淬火加热层会不断地向柱体内纵深推进，直至达到感应电流的透入深度。根据法兰轴圆柱体部分的热处理层深1~3mm的技术要求，法兰轴淬火时的实际淬硬层深控制在2mm左右最合适。

加热过渡层远小于淬火加热层，其一般层深为感应电流透入深度的0.25~0.3倍，即深度为1mm左右。

为达到最佳淬火效率，感应电流的透入深度应为4mm左右比较适合，则：总加热热流扩展深度≈表面过热层深度+过感应电流的透入深度+加热过渡层的深≈0+4+1≈5（mm）

同理，当感应器加热到法兰内端面时，总加热层深度为5mm，而法兰的厚度也为5mm。因此，法兰被加热透，淬火时就会被淬透，导致零件报废。

3. 解决措施

根据上述原因分析，要解决法兰轴的法兰被淬透的问题，一是改变零件的结构，增加法兰的厚度，不产生淬透的现象，这个方案显然是不可行的，因为零件图不能改动；二是通过热传导的方式将法兰外端面的热量导出，

从而保证法兰轴的内端面的淬硬层深度。

措施一：水冷却传热，如图2所示。制作一个冷却水箱，设置有进水口和出水口，进水口通入冷却的淬火液。法兰轴的外端面与冷却淬火液直接接触，其热量被冷却淬火液吸走，并从冷却水箱的出水口流出。水箱内孔与法兰外径的间隙 $0.1 \sim 0.3 \text{ mm}$ ，调整好水箱进水口和出水口的流量，使进水口的流量略大于出水口的流量，水就不会从间隙中飞溅出来，如果稍微涌出一点水，不影响淬火效果。

措施二：钢材工装传热，如图3所示。专用工装用于放置法兰轴，法兰轴的法兰外端面（底面）直接与工装接触，法兰的热量被传导到工装上；法兰的底面和外径与工装直接接触，从而将法兰的热量吸走。工装外圈的高度比法兰的高度低 $0.1 \sim 0.3 \text{ mm}$ ，使感应器产生的磁场感应到工装外圆的上端面，分散了法兰外圆处的磁通量，从而使法兰轴内端面的淬硬层深度和形状达到技术要求。而工装上的热量会被淬火液带走，不会产生热能量的累加，不影响批量生产。

在采取借助外冷却导热的方式时，要从三个方面考虑：一是必须满足零件的热处理技术要求；二是要提高感应淬火加工的效率；三是要降低装置的制作成本和使用成本。

4. 两种解决方案比较

在感应淬火生产中，我们对两种解决方案进行了比较。

(1) 采用水冷却的方式，通过与淬火液的接触将法兰轴法

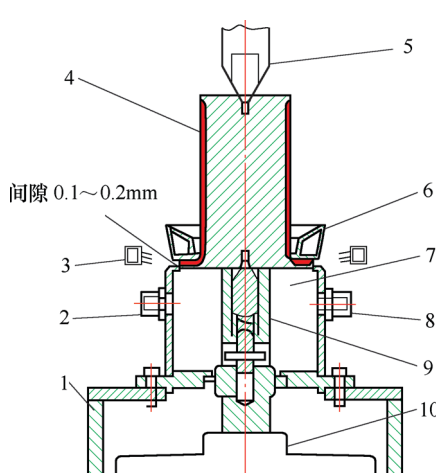


图2 法兰轴水冷装置

- 1.支撑座 2.淬火液进口 3.喷水圈 4.法兰轴
5.上顶尖 6.感应器 7.水箱 8.淬火液出口
9.下顶尖 10.主轴

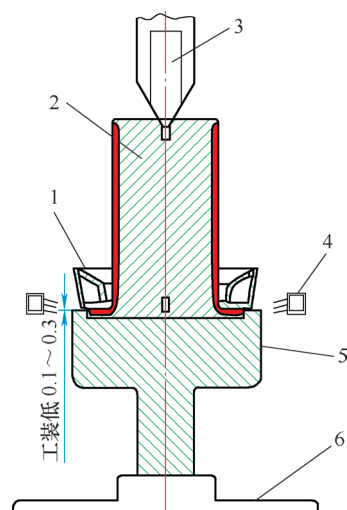


图3 法兰轴淬火工装

- 1.感应器 2.法兰轴 3.上顶尖
4.淬火液喷水器 5.工装 6.主轴

兰的热量导出，起到了增加其热容量的效果。

优点：满足法兰轴的热处理技术要求，导热效果较好。

缺点：冷却装置的结构较复杂、制作成本较高。

(2) 采用钢材工装传热的方式，通过工装的热传导和分散感应磁通量，将加载到法兰的热量带走。

优点：满足法兰轴的热处理技术要求，装置的结构较简单、制作成本较低、使用成本低。

缺点：工装外圆上端面被反复加热后，容易烧坏。

通过两种方式的比较，采用工件工装传热、分散磁场的方式进行感应淬火，工装结构简单，制作和使用成本也较低，该方案占优。

图4所示样块的热型不太完美，但淬硬层深度检测结果满足法兰轴的热处理技术要求。用于正式生产，淬硬层深度控制在 2 mm 左右。



图4 样块

5. 结语

对于几何形状差别比较大的法兰轴，在感应淬火加工过程中，材料厚度比较薄的法兰边极易被淬透。其主要原因是其热容量不够。当进行工艺参数的调整也不能解决问题时，就要想办法借助外冷却导热的方式，将加载到法兰边的热量导出，间接地提高法兰轴法兰体的热容量，从而使法兰内表面的淬硬层深度满足热处理技术要求。

作者简介：刘军辉，十堰天舒感应设备有限公司。

MW 20190516