

焊接转子轴头锻造研究

天津重型装备工程研究有限公司 (300457) 牛广斌 徐国涛 曹志远 张建国

焊接转子通过轴头与轮盘锻件进行焊接获得,轴头外形具有T形特点。大型低压焊接转子的法兰直径与轴颈相差较大,法兰直径达3000mm,而轴颈约1100mm,法兰和轴颈均为径向性能。如果按照常规轴类锻件工艺进行锻造,均拔长出成品,金属拉延程度严重,且法兰部位心部压实困难,显然工艺是不合理的。针对此类锻件采取法兰镦粗成形,并通过两次镦粗的锻造工艺确保法兰心部压实,并减少整个锻件的各向异性。

1. 材料选取

焊接转子轴头材质根据机组的不同选取不同的

材质,现主要有30Cr2Ni4MoV、26NiCrMoV等,而核电低压焊接转子材料选取25Cr2Ni2MoV,此材料的淬透性好,将能更好地减少焊缝数量,降低制造成本。该材料的屈服强度 $\geq 700\text{MPa}$,具有良好的韧性,且焊接性良好,母材、焊接接头及热影响区无应力腐蚀开裂敏感性。焊接转子轴头材质满足焊接性能好的同时,材料的锻造性能也较好。

2. 锻造工艺研究

轴头的锻造过程为:钢锭 $\rightarrow$ 压钳口、倒棱、浇冒口切除 $\rightarrow$ 镦粗拔长(中心压实) $\rightarrow$ 下料 $\rightarrow$ 漏盘内镦粗、滚外圆 $\rightarrow$ 成品。工艺中,为达到轴头心

3. 激光熔覆在斯太尔曲轴模具上的应用

基于以上基础试验结果,在已堆焊过的模具表面进行激光熔覆(见图5,发亮部位为激光合金化区域,主要位于分模面及模面以下20~30mm内),处理过的部分表面光洁,未发生因熔化导致的明显圆角,硬度高,变形微小。经实际生产验证,未经激光熔覆强化的最佳堆焊工艺修复的斯太尔曲轴模具生产极限为3500件,在模具上进行激光熔覆后,该模具一次上线完成斯太尔曲轴锻造8630件(经检验全部为一级品),极大地提高了模具的使用寿命,取得了良好的经济效益,为激光熔覆技

术在热锻模具强化与修复上的应用开拓了市场,生产后的斯太尔模具如图6所示。

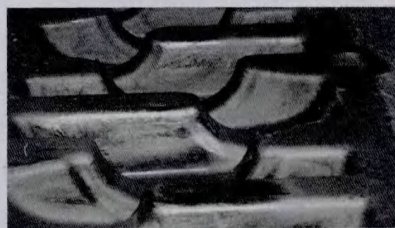


图6 生产后的斯太尔模具

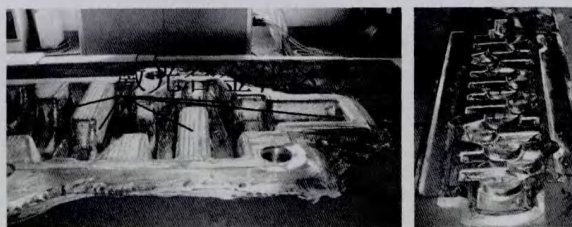


图5 激光处理后的斯太尔模具

4. 结语

在5CrMnMo模具钢堆焊层表面进行预置陶瓷涂料的激光熔覆处理后可获得表面光洁、无缺陷,与基材形成良好冶金结合的合金化层。合金化区以外的堆焊层在激光热作用下发生二次淬火,最高显微硬度仍保持在750HV0.2以上,斯太尔曲轴模具表层硬度可达600HV0.2。生产应用验证,与单纯的模具堆焊技术相比,激光熔覆处理后,热锻模具的使用寿命大幅提高。MW (20120922)

部的无损检测要求,需要在法兰成形锻粗前,解决心部的压实问题。然后进行法兰的漏盘内锻粗成形。下料前的锻拔,当锻粗比不是很大时,改善锻件的内部质量主要借助拔长工序来实现。如果锻粗比不是很大,而拔长比也很小时,意味着变形程度不足,变形力很难深入到锻件心部区域。而锻件的心部区域也恰恰是钢锭的心部区域,其原始结构为粗大的等轴晶粒。由于钢液在锭模内顺序凝固的缘故,钢锭心部缺陷(疏松、偏析、气泡、夹杂等)一般较为严重,必须充分锻透压实,才能破碎钢锭的铸态组织,改善偏析,锻合内部缺陷,击碎或分散非金属夹杂物。因此,对轴头锻件除应满足一定的成形锻粗比之外,对下料前拔长锻造的变形程度决不容忽视。

我们对接近 $\phi 3000\text{mm}$ 及相对较小的法兰直径轴头的锻粗成形前的锻粗拔长(中心压实)工艺进行研究。将选取的4个轴头进行编号。各轴头锻粗成形前下料的锻拔(中心压实)参数如表1所示。

表1 不同轴头锻粗成形前的锻拔工艺参数

轴头编号	锻粗比	拔长比	锻粗成形前下料尺寸 / mm × mm
1	1.74	≥ 3	$\phi 1450 \times 1400$
2	1.75	≥ 4	$\phi 1400 \times 3000$
3	1.99	≥ 2	$\phi 2200 \times 2280$
4	1.7	≥ 2	$\phi 2350 \times 2900$

从表1可知,各编号轴头在锻粗成形前进行的压实,锻粗比都在1.7以上,拔长比大于2,其中1[#]、2[#]法兰直径小,拔长比较大,3[#]、4[#]法兰直径

较大,拔长比相对较小。这些工艺参数满足了中心压实的要求,解决了轴头的心部压实问题。轴头的心部压实后,下料进行法兰的漏盘内锻粗成形。

3. 轴头法兰锻粗成形数值模拟

为研究轴头法兰漏盘内锻粗成形特点,采用三维刚塑性有限元模型(见图1)进行数值模拟。模拟试件与真实锻件尺寸采用1:1的比例进行建模。根据各编号轴头的实际生产情况,建立有限元模型,各编号轴头锻粗成形工艺参数如表2所示。

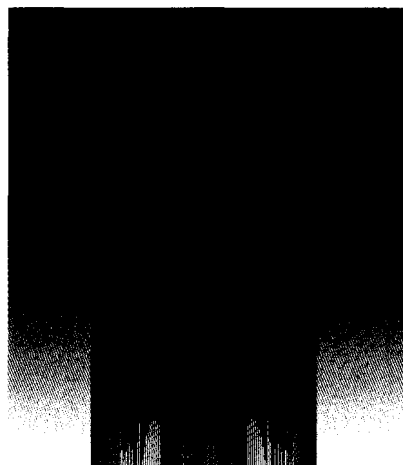


图1 轴头锻粗成形法兰有限元模型

由表2可见,1[#]、2[#]轴头成形后法兰直径约 $\phi 2000\text{mm}$,3[#]、4[#]轴头成形后法兰直径约 $\phi 3000\text{mm}$ 。但各编号轴头在生产工艺编制时,根据已有经验,我们执行的工艺成形锻粗比都在2以上,即变形量都在50%以上,法兰直径与漏盘内孔直径比值都在1.5以上,确保锻粗效果。各编号轴头的法兰成形最终应变如图2所示。

表2 各编号轴头锻粗成形工艺参数

轴头编号	成形锻粗比	法兰下料尺寸 / mm × mm	轴颈直径与漏盘内孔直径比值	原法兰直径与漏盘内孔直径比值	成形后法兰直径值约 /mm
1	2.16	$\phi 1450 \times 1400$	0.78	1.63	$\phi 2000$
2	2.68	$\phi 1400 \times 3000$	0.91	2.12	$\phi 2000$
3	2.38	$\phi 2200 \times 2280$	0.93	1.62	$\phi 3000$
4	2.23	$\phi 2350 \times 2900$	0.93	1.73	$\phi 3300$

由图2可见,各编号轴头在与上模具接触区都存在应变较小的区域,即难变形区,靠近漏盘轴颈区域应变也较小。对于饼形件,这两处区域为难变形区,但由于轴头法兰是漏盘锻粗,漏盘口下的轴颈是自由端,受到挤压的效果,漏盘处金属沿纵向

流动,轴头轴颈向下移动,部分金属沿着漏盘口处挤下,此时轴颈长度增加。轴颈与法兰过渡的区域就存在一定的难变形区,所以轴头法兰锻粗时除了传统的难变形区外,在靠近漏盘口区域的难变形区延伸到轴颈与法兰过渡区域即轴颈的伸长部位。

