

34CrNiMo6风电主轴的热处理工艺

济钢集团重工机械有限公司 （山东济南 250101） 焦何生

风电主轴是风力发电设备中一个重要组成部分，主要为34CrNiMo6、30CrNiMo8和42CrMo4的锻件，热处理工艺主要为调质，工件淬火出炉后采用不同的淬火冷却介质来满足生产使用要求。淬火是热处理工艺中的重要工序，为保证大型锻件有足够深的淬硬层，整个工件截面必须有合理的温度梯度分布，以尽量降低热应力。因此，既要保证足够的淬硬层深度，满足工件的性能要求，又不能因淬火应力过大导致工件开裂，为此我们对34CrNiMo6风电主轴的热处理工艺进行了分析和研究。

1. 工件材料和性能要求

风电主轴是风能发电机关键零部件之一。我公司承制了一批（同一熔炼炉号）风电主轴，材质为34CrNiMo6，尺寸为 $\phi 2092\text{mm} \times \phi 662\text{mm} \times 3983\text{mm}$ （内孔直径120mm），重量为24.384t。技术要求： $\sigma_b \geq 800\text{MPa}$ ， $\sigma_{0.2} \geq 650\text{MPa}$ ， $\delta_5 \geq 13\%$ ， $\psi \geq 55\%$ ， $A_{kv} \geq 40\text{J}(-40^\circ\text{C})$ 、单值 $\geq 36.5\text{J}$ ，取样位置为皮下12.5mm，本体及试样硬度229~269HBW。该批风电主轴的化学成分见表1。

表1 主轴的化学成分（质量分数）（%）

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb
0.35	0.28	0.74	0.006	0.006	1.58	1.49	0.24	0.12	0.032

2. 风电主轴热处理工艺参数及检验结果

在该批风电主轴中取一支主轴按图1所示工艺进行热处理。热处理后的力学性能检验结果见表2。

由表2可知，主轴的低温冲击韧度远低于技术要求。为此，对风电主轴的热处理工艺进行了改进（见图2）。同样在该批风电主轴中取另一支主轴按图2所示工艺进行热处理，热处理后的力学性能

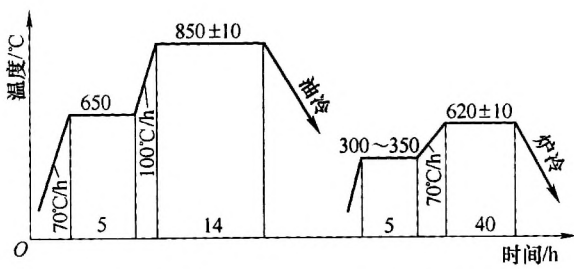


图1 34CrNiMo6材料的常规热处理工艺

表2 主轴按常规工艺热处理后的力学性能

σ_b/MPa	$\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	$\delta_5(\%)$	$\psi(\%)$	$A_{kv}(-40^\circ\text{C})/\text{J}$	硬度HBW
905	746	20	70	20、23、27	265~285

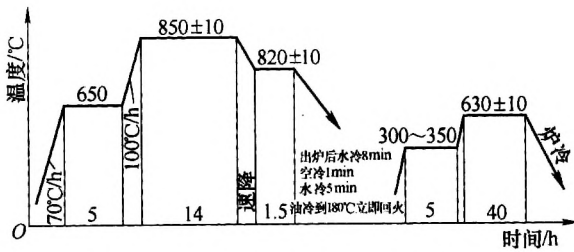


图2 34CrNiMo6材料改进后的热处理工艺

表3 主轴按改进工艺热处理后的力学性能

σ_b/MPa	$\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	$\delta_5(\%)$	$\psi(\%)$	$A_{kv}(-40^\circ\text{C})/\text{J}$	硬度HBW
900	750	20	72	60、64、86	260~280

检验结果见表3。

3. 结果分析

34CrNiMo6风电主轴的综合性能要求较高，尤其是低温冲击韧度，按常规工艺无法满足要求。传统的油冷淬火，工件表面的冷却速度太慢，不能保证足够的淬硬层深度，导致性能不合格。水淬方式单液淬火操作简单，但对于较大的风电主轴锻件直接采用水淬方式，表面冷却速度又太快，表面和心部的温差太大，巨大的热应力和组织应力导致工件

复相球墨铸铁磨球的工况条件 分析及应用

陕西华县金堆城钼业集团有限公司机修厂 (714102) 刘耀武 李志翔

磨球的工况条件分析是确定磨球材质、优化综合性能指标及保障磨球工况适应性的重要手段,是生产高质量磨球的根本保障,掌握应用好该方法,对指导磨球的实际生产具有十分重要的现实意义。

在湿磨条件下的大型球磨机所采用的磨球 ($\geq \phi 100\text{mm}$), 选用哪种类型的材质, 使其能更新我国传统式的普通锻钢球, 是冶金矿山金属选矿亟待解决的问题, 也是有关人员关注的问题。尽管磨球材质的优劣是由工业性试验和生产应用的结果来判定的, 但在选材研究的思路和方向上, 使其尽量具有科学性和现实性也是很重要的, 这样可少走一些弯路。为此, 有必要对磨球在磨机中服役特点和对磨球性能的要求, 以及国内外磨球应用概况作一简要分析。

1. 磨球工况条件及在湿磨条件下磨损特点

(1) 当球磨机转动时, 占球磨机容积45%左右的磨球和矿料, 在离心力和摩擦力的作用下, 紧贴着衬板形成了一个特定区域的混合料堆(见附图), 当料堆底层随衬板提升到一定高度(达到动平衡)时被抛落下来, 此时底部的矿料被冲击破碎; 远离衬板的矿料因提升高度低, 则沿料堆上部滑下, 此时对矿料产生剪切破碎; 沿衬板下滑的磨球对矿料产生切削和凿削破碎; 料堆底部还有挤压破碎。磨球的运动形式有滚动、滑动和撞击, 诸多形式的破碎形式所产生的能量使磨球承受着复杂的应力状态。这些应力是长周期性的反复, 从而造成了磨球的严重磨损。

(2) 在湿磨条件下, 磨球不但受到矿石的磨

型锻件的淬火，既可以保证足够的淬硬层深度，又可以减小变形开裂的倾向，但是我厂目前还不具备大型件使用PAG类水溶性淬火冷却介质的条件。

为满足生产要求,减小淬火过程中的淬火应力,确定合理的淬火冷却介质及工艺,可根据工件材料的碳当量进行评估。该钢种碳当量 $CE=0.67\%$,属于可以小心水淬的一类钢,为此,在改进的工艺中采用了降温淬火。将淬火温度降到 820°C ,保证了钢的完全奥氏体化温度,减小热应力,并且大大降低了开裂的倾向;采用水淬、油冷的淬火方式可使距表面一定距离的部位得到下贝氏体组织,从而大大提高该部位的综合力学性能。水淬时的水冷时间是根据取样位置计算的,保证在整

个产品还处于塑性、弹塑性状态时已转为冷却较慢的油冷，以避免淬裂。

热处理工艺650℃中间保持的目的是经中间保持后，锻件表面和心部的温差基本消失，由于这时锻件心部的温度较高，已处于塑性状态，所以继续升温可采用较高的升温速度。即使这时会产生第二个温差，对锻件也不会产生更大的危害。水淬前空冷的目的是降低棱角处的温度，降低淬火冷却速度，防止因应力集中而开裂。另外，表面温度适当降低，可以减小水淬时表层与次表层的温度梯度，减小开裂倾向，其时间一般以棱角处变黑为度。

MW (20130510)