

大型风电法兰锻件强韧化热处理实用技术

■ 任秀凤, 牛余刚

摘要: 介绍了风电法兰锻件的技术要求、锻造方法、热处理工艺及其力学性能, 提出了一种提高风电法兰锻件力学性能的实用热处理技术。

关键词: 风电法兰; 强韧化; 实用技术

风电法兰是风力发电机组塔架的主要连接部件, 由于塔架高度可达100m以上, 法兰作为塔架的连接元件在高空中承受多种载荷, 受力情况非常复杂。

风电机组一旦遇到恶劣天气, 如极端低温、台风、沙尘暴等恶劣天气, 风电机组的塔架将受到叶轮旋转时的动载荷及随机分载荷的共同作用, 这时电场机组零部件的安全运行将面临严重考验。

为了防止出现倒塔等安全事故, 设计单位对于风电法兰的力学性能、内部组织状态、工艺性能、低温韧性都要求很高。

1. 技术要求

风电法兰的原材料为可焊接细晶粒结构钢S355NL或低合金高强度钢Q345E, 因此钢种的碳含量低, Mn是主要的强化元素, 还加入了部分细化晶粒元素, $CEV \leq 0.43$, 焊接性能优良, 锻后通过适当热处理后, 此钢可以获得优良的综合力学性能, 因此该钢成为制造风电法兰的主要原材料。

其化学成分见表1, 正火热处理后的力学性能要求见表2。

2. 工艺分析

风电法兰的制作工艺流程: 原

材料复验→下料→加热→锻造开坯→加热→轧环→热处理→粗加工→无损检测→精加工→钻孔→终检。锻造温度在1230~800℃, 锻造比一般控制在6~10。

一般正火处理的工艺曲线如图1所示。采用的热处理方式为常规正火, 或正火+高温回火, 回火没有组织转变的过程, 主要目

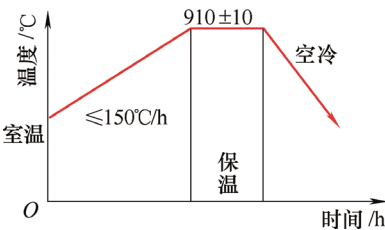


图1 正火工艺曲线

表1 S355NL(Q345E)钢的化学成分 (质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Mo	Cu	N	Al
≤0.18	≤0.50	0.9~1.65	≤0.025	≤0.02	≤0.05	≤0.12	≤0.05	≤0.30	≤0.50	≤0.10	≤0.55	≤0.015	≥0.02

表2 S355NL(Q345E)钢的力学性能要求及金相

公称厚度/mm	R_m	R_{eL}	A	Z	A_{KV}		组织状态	晶粒度
	/MPa		(%)		试验温度/℃	/J		
>100≤150	450~600	≥295	≥22	≥50	-50	≥50	铁素体+珠光体	6级以上

的是为了消除应力、稳定组织，因此决定锻件力学性能的是正火热处理过程。正火(或正回火)后的组织状态为铁素体+珠光体。

由于风电法兰都具有截面尺寸大的结构特点，所以按图1所示空冷的冷却速度较慢。按常规工艺生产的锻件正火冷却后获得铁素体组织含量高，锻件的强度偏低，大多数锻件的强度都偏技术要求的下限值。为了满足大型风电法兰的使用性能要求，让锻件性能具有优良的强韧性匹配，我们创新研制了强韧化热处理实用技术，工艺曲线如图2所示。

3. 强韧化热处理技术特点

大型风电法兰强韧化热处理实用技术的显著特点是：在加热过程中采用分段加热的方式进行，650℃以下慢速加热，以避免锻件表面与心部温差大造成的温差应力，650℃以上采用全功率快速加热的方式，以便使锻件快速通过相变温度，提高锻件过热度，增加奥氏体形核率，从而达到细化晶粒的效果；冷却时采用了吹风、喷雾等强制控冷技术，加快锻件冷却速度，强制冷却至表面温度300℃以后，空冷至室温。采用强制冷却的方式进行冷却，抑制了先共析相——铁素体的析出，铁素体的含量相对较低，珠光体的含量相对较高。由于珠光体硬度比铁素体要高，因此锻件的强度和韧性得到了提高。

应用此种技术热处理后的锻件内部晶粒度(见图3)可达到8级以上，晶粒越细，晶界越多，杂质在晶界处偏聚浓度相对较低，这也是提高锻件强度、低温韧性和降低钢的冷脆转变温度的

一大措施。

4. 结语

此工艺实施后收到良好效果，锻件的强度达标率99.5%以上，而且大部分强度数值都在技

术标准要求的中限值，低温冲击吸收能量(-50℃)达到100J以上，强韧性匹配非常好，完全能够满足客户的使用性能要求，获得客户的一致好评，为企业赢得了信誉和效益。

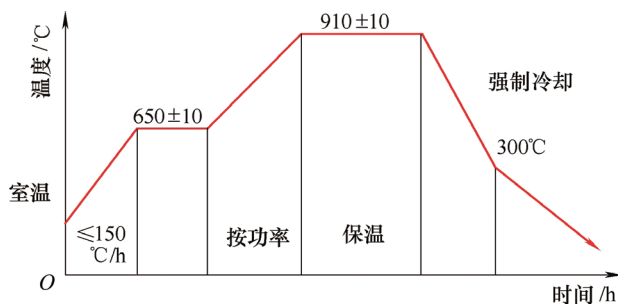
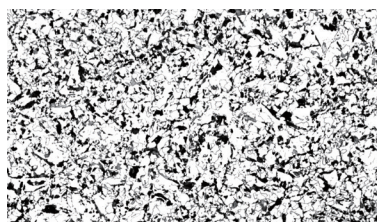
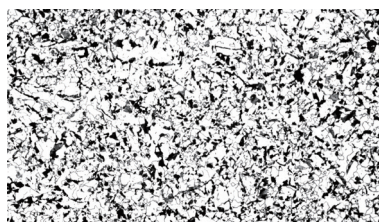


图2 工艺曲线



(a) 晶粒度8.5级 (100×)



(b) 晶粒度8.7级 (100×)

图 3

作者简介：任秀凤、牛余刚，山东伊莱特重工有限公司，技术部。

MW 20161018

(上接第25页)

材料加热知识了解较少，加热设备无专人管理，任何人可随意调动(据了解，工人反映，加热温度低，后期加工材料降温太快，增加模具损耗，加工困难且噪声变大，降低产量)。

5. 建议

(1) 培养员工质量意识，规范员工生产操作，鼓励员工学习相关生产专业知识，提升专业

技能。

(2) 优化、细化生产作业指导书，对加热工艺进行细致说明，定期对员工进行生产培训。

(3) 加热设备应专人管理，加热温度不能随意调动，严格按照作业指导书执行，增加温度监控显示设备，方便实时观察，防止出现过烧、过热等缺陷的产生。

作者简介：韩晓乾，河北永洋特钢集团有限公司检化验中心，从事金属材料物理性能试验及金相热处理检验，金属产品失效分析等，现任金相检验分析组组长。

MW 20161019