

Q345D滑动轴承断裂分析

■ 李忙, 姜永升, 陈润松, 于建英

摘要: 风电齿轮箱用滑动轴承在提交产品的过程中, 出现了1件滑动轴承断裂, 其余17件出现了铜合金与钢背无法黏合的情况, 经分析和试验得知, 焊接过程中操作不当形成的氢致裂纹是钢背断裂的主因; 钢背预热工艺不当使钢背与铜合金黏合力差。

关键词: 滑动轴承; 断裂分析; 氢致裂纹

我公司制造的风电齿轮箱用滑动轴承, 钢背材质为Q345D, 工艺流程为锻造→正火→粗车→挂铜, 通过离心浇注的方法在其内壁挂上一定厚度的铜合金CuPb10Sn10, 以降低在运行过程中轴承内圈的摩擦因数。在浇注的过程中, 厂家在钢背两侧焊上钢板, 以防在浇注过程中铜合金被甩出, 同时以感应加热的方式对钢背进行预热, 来保证钢背和铜合金之间的黏合力。供应商在此次提交产品的过程中, 出现了1件滑动轴承断裂, 其余17件铜合金与钢背无法黏合的情况。

由图1可看出钢背断裂位置在内圈, 断面有放射条纹, 依据断口学理论, 其放射条纹的收敛位置即为裂纹源位置, 即箭头位置所示。同时可见断裂源区域与基体存在明显色差。

1. 试验材料与方法

(1) 试样准备 对裂纹源位置进行解剖, 并制取试样, 如图

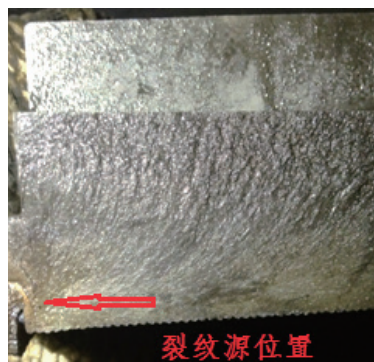
2所示。

图2显示了钢板与钢背的焊接情况, 可见未焊合区域有明显的黄亮层, 经过分析为断口表面

附着的铜合金所致, 说明在浇注铜合金之前该位置已经断裂。而焊合区域的焊缝处颜色发灰, 与钢背基体颜色存在差异。将试样



(a)



(b)

图1 钢背断裂图片

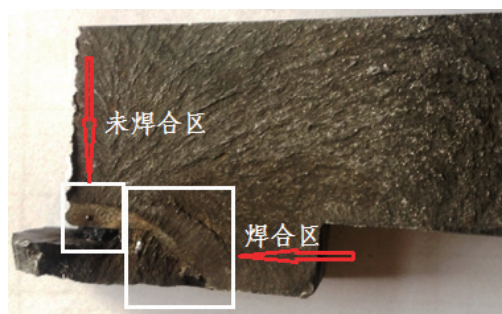


图2 焊接位置宏观图

继续解剖并抛光腐蚀，并标定特征位置，如图3所示。

(2) 金相分析 由图4可看出在位置1处钢板和钢背各存在一条明显的裂纹，裂纹呈沿晶分布特征，其周围存在几条断续分布的小裂纹。钢背侧裂纹两侧没有氧化脱碳现象，这也排除了锻造裂纹的可能。同时裂纹内部存在亮色的铜合金，这也说明了裂纹的离心浇注之前已经存在。

由图5可见，在位置2处存在一条裂纹，发生于钢背一侧热影响过热区靠近焊缝粗晶区，大致平行于熔合线发展。该裂纹为穿晶型，裂纹末端的显微形态是断续分布的，为氢致裂纹特征。我们知道Q345D这种低合金高强度钢对氢较为敏感，在工艺不当的情况下易形成氢致裂纹。同时该区域的组织为粗大的马氏体组织，说明焊接后工件的冷却速度较快，出现了组织淬硬现象，会在热影响区形成较大的残余拉应力，增大其冷裂纹倾向，导致裂纹会在较低应力下产生。经过测量，该马氏体区域距焊缝位置的厚度为1.7mm。

由图6可看出，在焊缝热影响区也出现了粗大马氏体组织，且全马氏体区厚度为0.3mm，在向基体过渡位置出现了马氏体+上贝氏体的混合组织，该区域组织的强韧性均较低，且存在较多的空位、位错等晶格缺陷，在应力作用下易在薄弱位置形成裂纹源。

2. 试验结果与分析

(1) 钢背断裂过程分析 经过对位置1和位置2的裂纹的观察



图3 金相试样制取

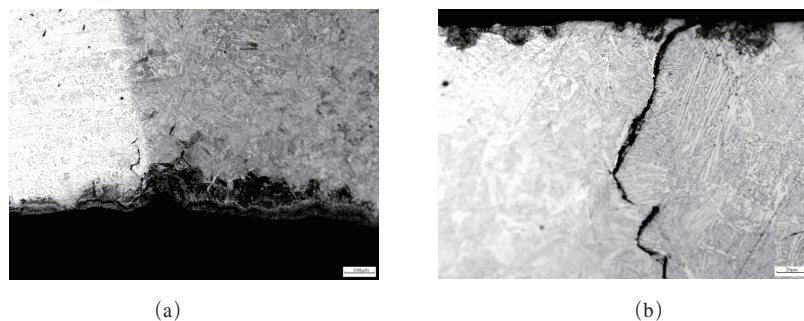


图4 位置1金相照片

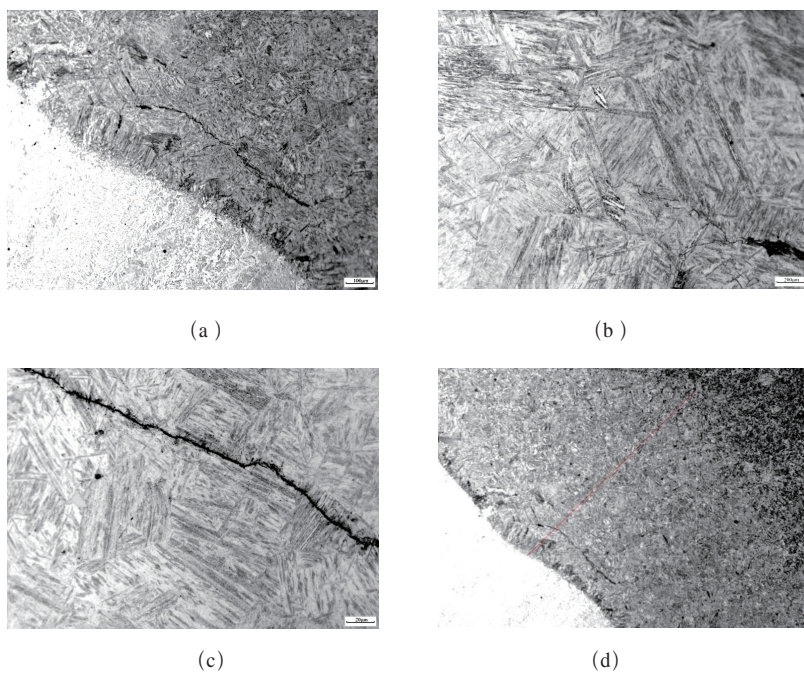


图5 位置2金相照片

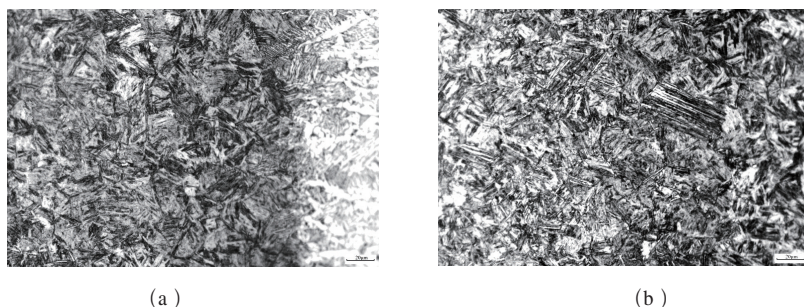


图6 位置4金相照片

与应力分析，可以判断在焊接过程中，焊缝中有富集氢的因素，加之冷却速度较快，在焊接残余拉应力的作用下，残留在焊缝中的氢向热影响区和母材区扩散。而且热影响区的粗大马氏体组织对氢脆极为敏感而发生氢致开裂，产生裂纹。

同时，在马氏体相变的组织膨胀拉应力的作用下，裂纹迅速扩展，最终导致钢背在切除外侧多余钢板后断裂。

(2) 铜与钢背黏合力分析
通过对钢背内圈和外圈的金相组织的分析，找到了铜合金与钢背无法黏合的主要原因。

图7a为钢背内圈附近的晶粒度照片，其晶粒为8级，而7b为靠近外圈的晶粒度图片，晶粒为3~4级。同时其内外圈的组织也存在较大差异，如图8所示。

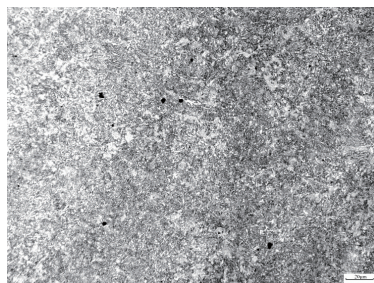
由图8a可以看出内圈组织为大量未溶块状铁素体+少量珠光体组织，而外圈组织为粗大的贝氏体组织。图8c可以看出外圈表面存在脱碳现象，且在全铁素体层有严重的氧化，出现了大量点状氧化物。

由上述分析可以判断在感应加热过程中，感应加热装置在钢背外圈，所以造成外圈的温度较高，且停留时间较长，造成了表面脱碳和晶粒度粗大的现象。但内圈组织中仍存在大量未溶铁素体，且晶粒较细，说明其所处温度较低，未达到其奥氏体化温度。

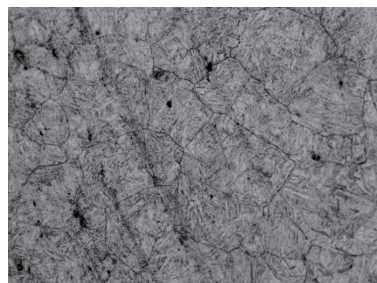
同样在焊缝处仍存在马氏体组织也可以验证内圈温度较低。在钢背温度较低的情况下浇注铜合金液，会大大降低合金铜与钢

背的黏合力，极易造成铜合金层与钢背的脱离，甚至铜合金层的

开裂，造成铜合金与钢背无法黏合。

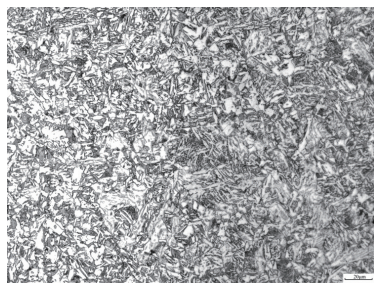


(a) 内圈组织晶粒度

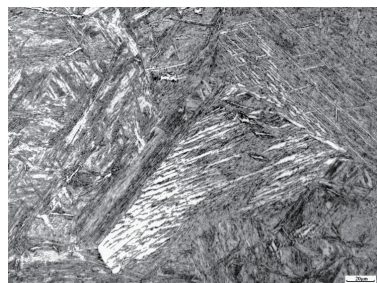


(b) 外圈组织晶粒度

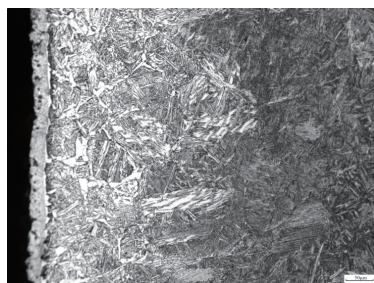
图7 晶粒度图片



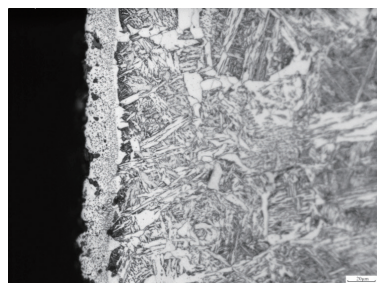
(a) 内圈组织



(b) 外圈组织



(c) 外圈表面组织



(d) 外圈表面组织

图 8

3. 结语

(1) 焊接过程中操作不当形成氢致裂纹，是钢背断裂的主要原因。建议：①对钢背和焊丝进行必要的烘干。②预热并减慢冷却速度，利于氢的扩散逸出同时避免淬硬组织的出现。

(2) 钢背预热工艺不当，

造成钢背内圈和外圈加热温度不均匀，且内圈温度较低，远低于离心浇注所要求的温度，使钢背与铜合金的黏合力差，易造成铜合金的脱落剥离。建议：均匀加热温度，使钢背内圈达到离心浇注温度，以保证黏合力。

作者简介：李忙、姜永升、陈润松、于建英，中车北京南口机械有限公司。

MW 20160710