筒体锻件缺陷性质及原因分析

胡寒婷，刘铁山，赵学谦，毛宽亮，郭亚森，孙胜伟

摘要：通过低倍检验、电镜和金相分析等手段，对锻件缺陷进行了分析，结果表明锻件的缺陷为夹渣裂纹缺陷，其产生与钢液注锭温度偏低有关。

关键词：锻件缺陷；夹渣裂纹；温度；理化分析

某公司生产的筒体锻件，在粗加工后超声波检测，发现在冒口端距离筒体端面300~600mm内存在密集型的报废缺陷，见图1。为避免类似情况的发生，委托我中心对该缺陷的性质及其产生原因进行分析。

1. 理化分析

（1） 低倍酸洗检验　在图1所示方框位置取样，试样经切割、磨制后进行电解腐蚀检验，酸洗后的低倍宏观形貌如图2、图3所示。从图中可以看出，酸洗后磨面上存在多条微小裂纹，且大致平行分布；未发现气孔、疏松、偏析等其他缺陷。

（2）化学成分分析　在低倍试片上取样进行化学成分分析，结果见附表。从表中可以看出，各元素的含量在标准要求的范围值里，化学成分合格。

（3）断口分析　在低倍试片中间沿缺陷背面开槽压断口，断口形貌如图4所示，从图中可以看出，断口为结晶状，上面分布着许多黑色的小孔洞类缺陷，从缺陷的分布和特征来看可能是夹杂物。

（4）电镜分析　在断口上缺陷严重的位置（见图4）取样进行电镜分析，分析结果见图5、图6。图5为低倍数下形貌，从图中可以看出，基体的断裂机理为解理断裂，断口上的孔洞缺陷其内壁上附有大量颗粒夹杂物聚集，在高倍下可以清晰地观察到基体上密集的颗粒夹杂物。对其夹杂物聚集区域进行能谱定性分析，分析结果见图7。从图7中可以得出，除了材料的合金化元素外，颗粒物主要成分为Al、Mg，其构成的主要物质为Al_2O_3、MgO，这些物质主要来源于炉渣的组成部分和脱氧产物。

（5）金相分析　在低倍缺

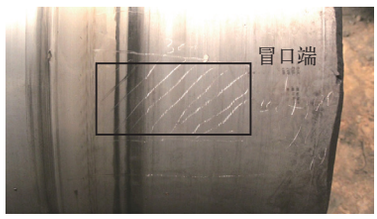

图1　筒体锻件缺陷位置

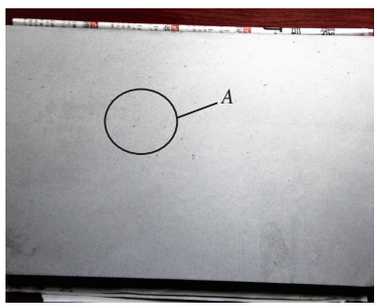

图2　试片低倍宏观形貌

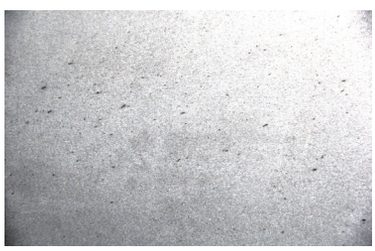

图3　A局部放大

化学成分分析结果（质量分数）　（%）

元素	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo
检测值	0.10	0.087	0.51	0.0006	0.0057	2.41	1.03
标准值	0.10~0.17	≤0.12	0.27~0.63	≤0.010	≤0.010	1.95~2.60	0.85~1.15

陷处取金相试样进行显微组织分析。试样经磨制、抛光后在金相显微镜下观察，可以看出低倍试片上的缺陷为夹渣裂纹缺陷，其尖端部位及周围存在大量类氧化物（即脆性）夹杂，如图8所示。用4%硝酸酒精溶液腐蚀后，在金相显微镜下观察，试样的组织为贝氏体，晶粒度为7级，组织正常，如图9所示。

2. 原因分析

通过以上的理化检验可以得知，管箱筒体锻件缺陷为夹渣缺陷。该缺陷的形成与冶炼的过程控制息息相关，在注锭的过程中，由于某些原因造成混入钢液的炉渣或脱氧产物没有完全上浮造成的。它的存在严重割裂基体的连续性，为不允许存在的报废性缺陷。

该锻件的冶炼工序为：EDT→LF→VCD→LF（返加热）→VC，浇注温度1580~1595℃、浇注时间12~18min。经了解，同批浇注的几个钢锭均没有出现类似问题，对比了该批浇注的所有钢锭的冶炼、浇注参数后，发现与同批其他几个钢锭不同的是，出现缺陷的该钢锭浇注温度为1580℃、浇注时间为18min，都处于浇注参数范围的临界点。

分析认为，钢液在注锭过程中，会引起钢渣间的剧烈混合，造成渣颗粒悬浮在钢液中，当钢液的温度较低时，钢液的黏度会增大，使卷入钢液中的炉渣、脱氧产物不能充分上浮，从而残留在钢锭里面[1]；同时在钢液的凝固过程中，由于夹渣与基体的体积收缩率不同而使整个夹渣与基体有较大的空隙，在随后的锻造过程中，因为基体与夹渣物质形变能力的差异而造成两者结合处及其附近产生应力集中，使空隙进一步增大而形成裂纹[2]。

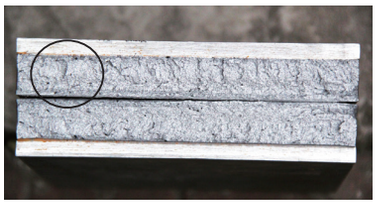

图4 断口形貌

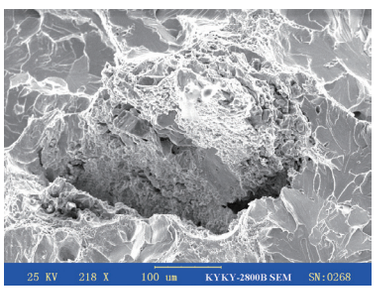

图5 基体解理断裂

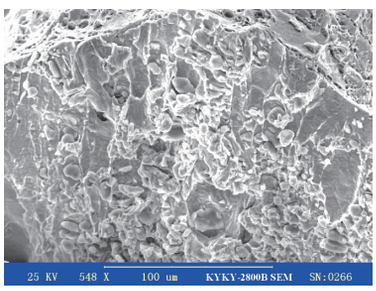

图6 夹杂物形貌

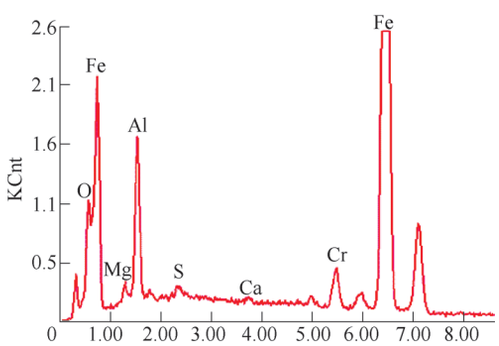

图7 能谱分析结果

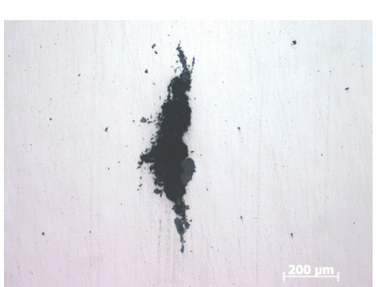

图8 夹渣裂纹形貌（100×）

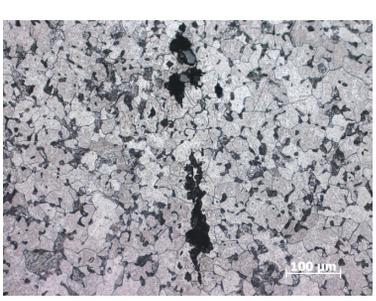

图9 腐蚀后的夹渣裂纹及显微组织（200×）

3. 结语

管箱筒体锻件密集型缺陷为夹渣裂纹缺陷，产生的主要原因是钢液注锭温度偏低。

参考文献

[1] 姜锡山.钢中非金属夹杂物[M].北京：冶金工业出版社，2011: 215-230.

[2] 王海涛，许中波.72A冶炼过程中洁净度的研究[J].钢铁研究，2003（5）: 10-12.

作者简介：胡寒婷、刘铁山、赵学谦、毛宽亮、郭亚森、孙胜伟，中信重工机械股份有限公司计量检测中心。

MW 20160928