对25MnB钢锻件机加工痕迹的检测分析

刘桂江，邢国成，安杰，巴帅智，王军敏
抚顺特殊钢股份有限公司　辽宁抚顺　113001

摘要：下游汽车零部件锻造厂，在机加工后发现带有疑似裂纹“痕迹”的零件，对该批零件进行了宏观观察、金相分析及扫描电镜等系统检验，表明该“痕迹”为连铸造成的皮下偏析缺陷，偏析组织主要为MnS，局部富Ti。通过对连铸设备稳定性及连铸操作的标准化改善后，再次供应棒材生产锻件，机加工后此“痕迹”得以消除。

关键词：机加工；痕迹；偏析

1　序言

汽车对于人们的日常生产生活具有重要的影响，零部件作为汽车生产过程中的重要组成部分，与一般的制造业是不完全相同的，其对于质量的要求更高。在汽车及零部件生产过程中，需要针对其全过程进行全面把握[1]，因为这直接影响汽车行驶的安全性和可靠性，汽车失效件的检验分析无疑是零部件质量提升的重要课程之一。无论是“制动门”、“断轴门”，还是其他召回事件，都与其零部件存在质量缺陷密切相关，从某种意义上说，不合格零部件是汽车安全隐患背后的“真凶”[2]。

汽车零部件制造企业上衔钢材供应商，下接汽车系统组装厂、整车厂，可以说是汽车行业中比较重要的环节[3]，因此提高汽车零部件质量、根本性解决零部件质量问题对汽车安全行驶具有重要意义。

2　取样过程及缺陷件宏观形貌

某零部件锻造厂在加工25MnB钢毛坯件时，在经过车削后的零件表面发现疑似裂纹的“痕迹”，缺陷比例较大，废品率较高，并对缺陷进行了初步检验，认为该“痕迹”产生于原料棒材原始缺陷。本研究针对此情况，对缺陷零件进行了检验，并到锻造厂加工现场检查废品情况，以观察宏观缺陷，确定缺陷产生原因。

零件加工流程：锯切下料→感应加热→锻造→机加工，在精车光表面上发现此种“痕迹”缺陷。这批棒材下料后锻造约万余件，锻后车削过程发现25%左右的废品。实际到加工现场确认后发现：锻件有的为杆状轴件，有的为饼形的齿轮毛坯。轴件车光后缺陷形貌如图1所示，沿轴件表面纵向较长范围内存在一段痕迹；齿坯车光后在两侧面发现如图2所示的暗色痕迹，形态似裂纹。但这种缺陷在锻后毛坯件黑皮状态下无法发现，车光后经荧光磁粉检测、渗透着色检测也均无缺陷显示，必须人工在不同角度入射光线下检查才可观察到。



图1　轴件上的“痕迹”

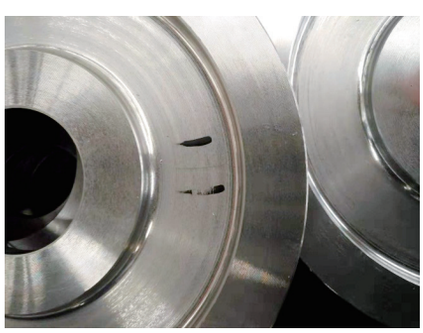


图2　齿坯上的“痕迹”

3 理化检验

3.1 化学成分

零件的化学成分见表1，零件化学成分符合标准要求，不是导致零件产生“痕迹”缺陷的原因。

表1 零件的化学成分（质量分数） （%）

元素	C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo	Cu
实测值	0.255	1.23	0.25	0.003	0.011	0.06	0.01	0.07
标准下限	0.23	1.00	0.17	—	—	—	—	—
标准上限	0.28	1.40	0.37	0.020	0.020	0.30	0.10	0.20

3.2 金相检验

如图3所示，在零件“痕迹”位置取样，在垂直“痕迹”方向上进行磨抛制样，试样未腐蚀状态在光学显微镜下无明显缺陷，试样边缘平滑，组织一致，无裂纹夹杂物等缺陷。

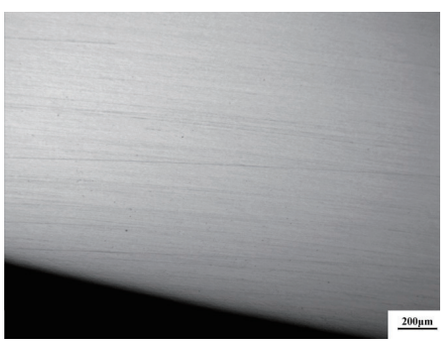


图3 未腐蚀（50×）

采用4%的硝酸乙醇溶液腐蚀后，目视可见与宏观状态对应处存在一条暗色条带，光学显微镜下50倍的图像如图4所示。结合未腐蚀状态试样分析，暗色条带处不是裂纹缺陷，而是一种组织偏析，对比正常基体，暗色条带处渗碳体组织比例略高，铁素体组织略少，对比之下形成暗色条带的表象。

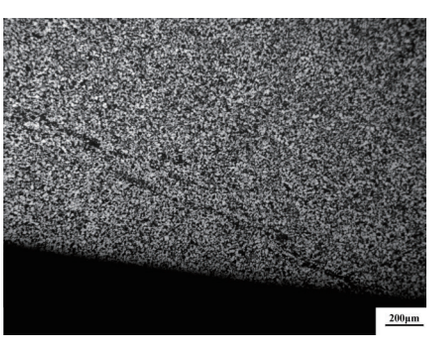


图4 4%硝酸乙醇溶液腐蚀（50×）

3.3 扫描电镜分析

如图5、图6所示，将腐蚀后标记好的试样置于扫描电镜下观察，低倍数下隐约可见暗色条带，二次电子图像效果略好。如图7所示，将图像放大至500倍，局部发现点状非金属夹杂物。采用能谱仪定量分析，结果见表2。非金属夹杂物以MnS为主，局部富Ti，谱图分析如图8所示。

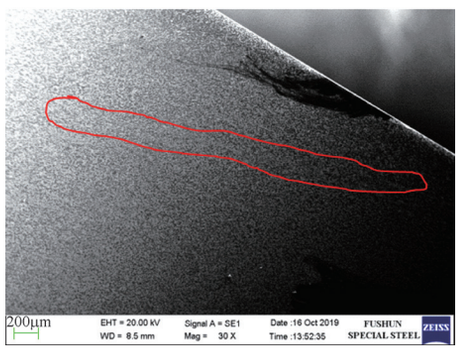


图5 电镜背散射电子图像（30×）

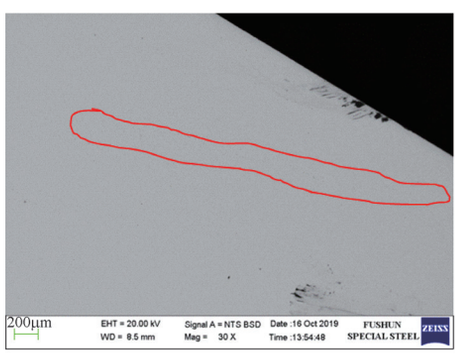


图6 电镜二次电子图像（30×）

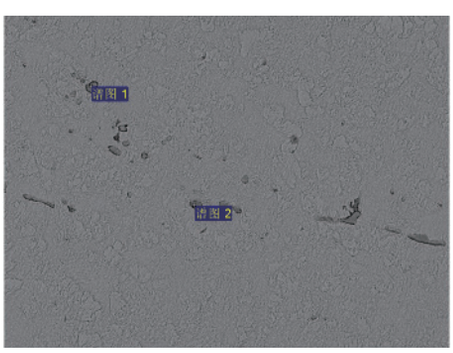
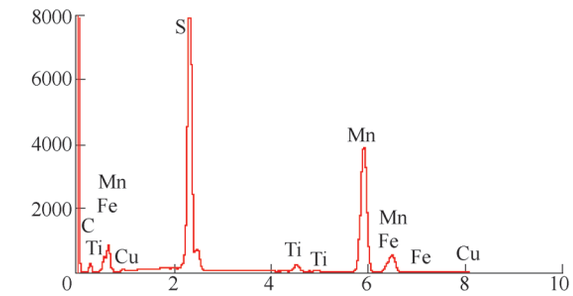


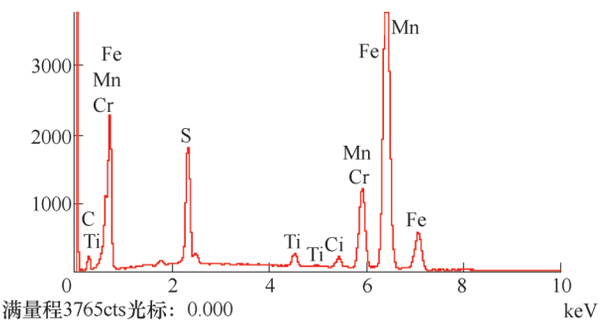
图7 能谱分析图像（500×）

表2 能谱分析结果（质量分数） （%）

谱图	C	S	Ti	Cr	Mn	Fe	Cu	总计
谱图 1	17.31	30.66	1.51	—	48.00	2.41	0.12	100.00
谱图 2	8.79	7.84	1.36	1.29	15.24	65.48	—	100.00



a）谱图1



b）谱图2

图8　能谱分析谱图

4　锻件痕迹形成原因分析与改善

如图9所示，选一带有“痕迹”的轴件，在其与原材料尺寸接近位置取低倍试样，进行酸浸低倍检验，局部放大后可见一线性条带，在此条带两侧，树枝晶方向不同，推断该处为连铸方坯角部。此条带在未腐蚀状态下无法发现，需经过低倍酸浸腐蚀或较重腐蚀后方可显现，锻件上的“痕迹”与之具有吻合性，推断锻件上的“痕迹”遗传自棒材及连铸坯的原始皮下偏析，研究表明，这些硫化物是钢中共晶反应及包晶反应的产物[4]。凝固的坯壳受到过大的应力，导致凝固前沿树枝晶分离，这样就在凝固前沿产生内部空隙。由于选分结晶，凝固前沿的富集溶质被吸到空隙内，所以在微小区域内产生成分偏析线，也称“鬼线”。此类钢为含硫铝镇静钢，硫含量增加了产生这种现象的敏感性。

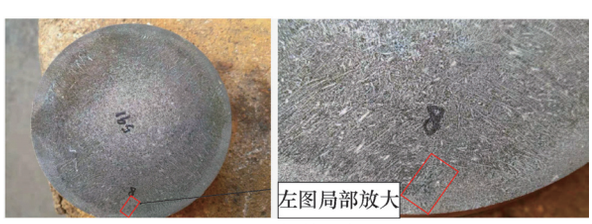


图9　低倍形貌

连铸坯在二冷区的冷却是一个不断释放热量的过程，表面温度呈下降趋势，相邻喷嘴间由于存在喷水冷却和辐射冷却的交替进行，导致铸坯表面温度的周期波动，当铸坯表面正对喷嘴中心时，铸坯温度降低，偏离喷嘴中心时温度再回升。若铸坯通过二冷区时冷却不均匀，铸坯温降速度和温度回升速度过快，铸坯发生多次回温过程，坯壳多次变形则加剧皮下偏析情况。因此，可以说二冷区冷却的均匀与否直接影响坯壳凝固的均匀性[5]。

通过提升设备稳定性及实施操作标准化后，再次供应棒材生产的锻件机加工后无此痕迹出现。主要的改善措施有：结晶器上线前，检查并调整铜管水套，保持四面水缝均匀，防止坯壳厚度不均匀，增加应力；加强结晶器与足辊、足辊与活动段的对中性，控制误差＜0.15mm；中间包过热度控制目标为20~40℃，防止高过热度增加裂纹敏感性；对喷嘴进行喷射角、流量以及喷水分布的检测，抽检比例≥总数的30%；连铸生产期间，每小时检查风压，保证二冷水雾化正常，防止偏温导致铸坯萎变。

5　结束语

1）机加工后锻件表面的“痕迹”始于钢棒材原始组织偏析，而非钢材基体不连续的裂纹缺陷。

2）“痕迹”处偏析组织主要为MnS，局部富Ti。

3）提高连铸设备稳定性及规范连铸作业操作后，偏析组织得到消除。

参考文献：

[1] 赵磊，刘贤英.微小型汽车零部件制造企业如何提升质量管理体系运行的有效性[J].企业科技与发展，2016（7）：148-152.

[2] 徐兰，腾伟.基于演化博弈的汽车零部件质量提升策略分析[J].工业工程与管理，2016，21（6）：90-94.

[3] 刘桂江.对18CrMnTiH环形锻件裂纹的检测分析[J].金属加工（热加工），2019（1）：77-78.

[4] 邓锋云，李国忠.38MnVS5钢连铸坯中硫化物形貌及形成机制的研究[J].特殊钢，2008，29（1）：54-56.

[5] 徐志荣，杨晓江.小方坯连铸坯壳凝固行为的研究[J].炼钢，2004，20（6）：51-55.

MW 20210228