

20MnCr5 钢轧材心部探伤缺陷分析

1、缺陷描述:

我公司生产 $\phi 600\text{mm}$ 连铸坯，轧制轧材后探伤心部存在超标缺陷，钢种：20MnCr5 钢；炉号：2021901A、规格 $\phi 200\text{mm}$ 、轧制比 9；2021901C、规格 $\phi 240\text{mm}$ 、轧制比 6.25；2021902A、规格 $\phi 280\text{mm}$ 、轧制比 4。轧制工艺：坯料冷装-加热-除鳞-开坯-连轧-锯切-收集-入坑缓冷。出坑探伤，均在心部存在超标缺陷，委托人分别对三个规格的轧材取样送至检测中心，要求检测中心对三个试样心部探伤缺陷进行对比分析。

来样具体形貌如图 1。



$\phi 200\text{mm}$ 规格 2021901A



$\phi 240\text{mm}$ 规格 2021901C



$\phi 280\text{mm}$ 规格 2021902A

图 1 来料探伤定位情况

2 试验

2.1 探伤定位

分别对来样进行探伤定位，缺陷定位情况如下：

$\phi 200\text{mm}$ 规格 2021901A：高倍取样位置当量 $\phi 2.16$ ，缺陷深度 100.9mm；断口取样位置当量 $\phi 1.79$ ，缺陷深度 100.7mm，波形图见图 2；

规格 $\phi 240\text{mm}$ 2021901C：高倍取样位置当量 $\phi 3.16$ ，缺陷深度 118mm；断口取样位置当量 $\phi 2.88$ ，缺陷深度 111mm，波形图见图 3。

规格 $\phi 280\text{mm}$ 2021902A：高倍取样位置当量 $\phi 2.8$ ，缺陷深度 121mm；断口取样位置当量 $\phi 3.3$ ，缺陷深度 139mm，波形图见图 4。

根据探伤定位情况，可知缺陷基本处在轧材的心部位置，存在大规格的轧材探伤缺陷当量也较大，规格小的轧材探伤缺陷当量也随之减小的趋势。

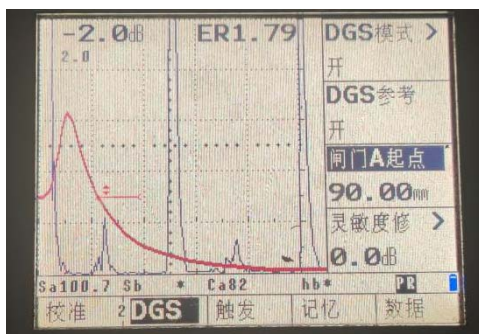


图 2 $\phi 200\text{mm}$ 规格 2021901A 定位

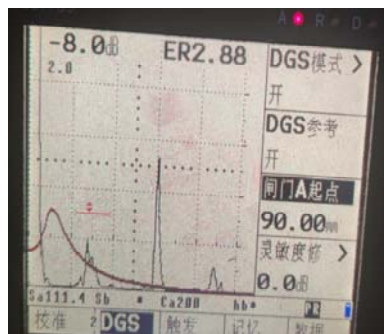


图 3 $\phi 240\text{mm}$ 规格 2021901C 定位

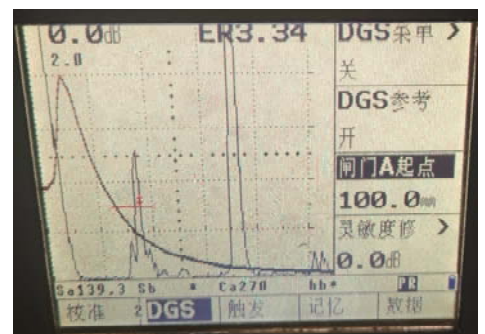


图 4 $\phi 280\text{mm}$ 规格 2021902A 定位

2.2 低倍检验

根据探伤定位情况分别取低倍试样，经酸洗后发现低倍存在中心缩孔缺陷，其中 $\phi 280\text{mm}$ 规格 2021902A 心部缩孔缺陷最大，缩孔累计最大直径尺寸约为 30mm，具体形貌见图 5； $\phi 240\text{mm}$ 规格 2021901C 心部缩孔缺陷次之，缩孔累计最大直径尺寸约为 8mm，具体形貌见图 6； $\phi 200\text{mm}$ 规格 2021901A 心部未见缩孔。三个规格试样

心部均存在聚集变形的流线特征，具体形貌见图 7。低倍检验结果见表 1。

表 1 轧材低倍检验结果

炉号	一般疏松	中心疏松	锭型偏析	一般斑点状偏析	边缘斑点状偏析	中心偏析
2021901A	0.5	0.5	0	0	0	0
2021901C	0.5	0.5	0	0	0	0

炉号	R	C	S
2021902A	1.0	1.0	1.0



Φ 200mm 规格 2021901A 低倍



Φ 240mm 规格 2021901C 低倍



φ 280mm 规格 2021902A 低倍

图 7 低倍检验结果

2.3 断口缺陷观察

根据探伤定位情况，取样进行断口试样，取样过程发现最大规格 280mm 的横向心部缺陷缩孔累计直径尺寸约为 30mm，规格 240mm 的心部缺陷缩孔累计直径尺寸约为 12mm，而规格 200mm 的试样肉眼未观察到缺陷，形貌如图 8。



图 8 锯切后心部缺陷形貌及尺寸

制备断口后，观察发现宏观纵向断口与横向基本一致，断口形貌如图 9，SEM 下观察缺陷均为自由面特征，符合孔隙类特征，具体形貌见图 10-图 12。



φ 200mm 规格



φ 240mm 规格



φ 280mm 规格

图 9 断口宏观情况

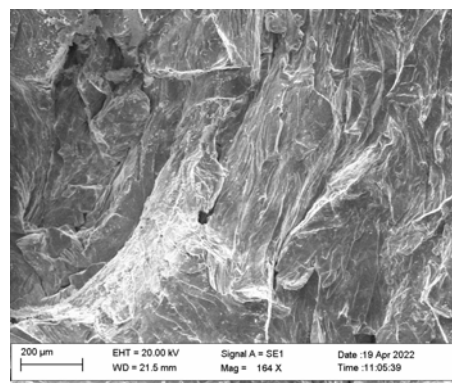
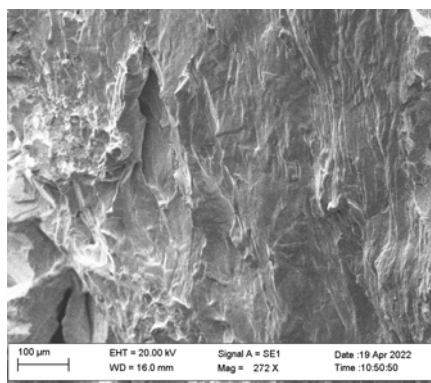
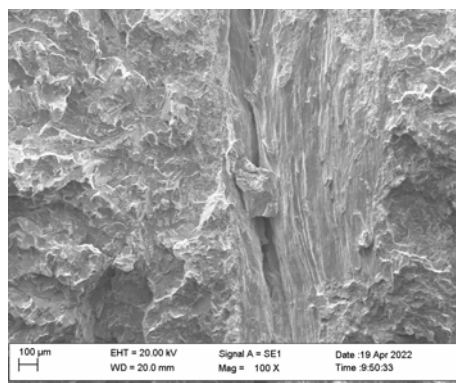


图 10 $\phi 200\text{mm}$ 规格 2021901A 形貌

图 11 $\phi 240\text{mm}$ 规格 2021901C 定位

图 12 $\phi 280\text{mm}$ 规格 2021902A

2.4 金相观察

对探伤定位高倍缺陷试样，取样查找制备观察存在缺陷，缺陷无氧化、无脱碳、符合孔隙特征，缺陷同样存在由大规格至小规格逐渐变小，最大约 10mm，最小约 1mm，具体形貌图 13-图 15。

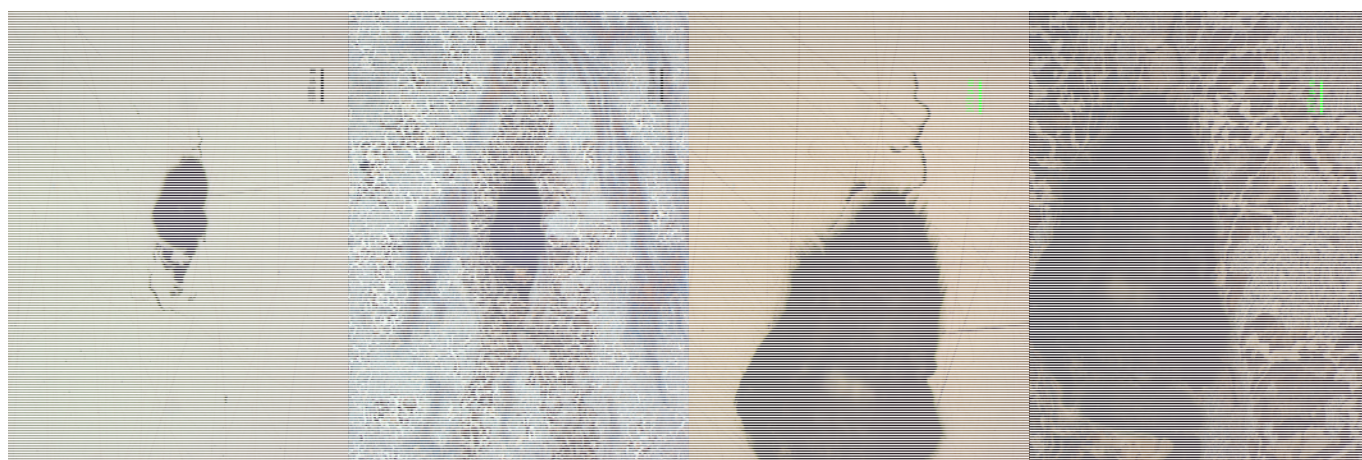


图 13 $\phi 200\text{mm}$ 规格 2021901A 缺陷腐蚀前后形貌



图 14 $\phi 240\text{mm}$ 规格 2021901C 缺陷腐蚀前后形貌



图 15 $\phi 280\text{mm}$ 规格 2021902A 缺陷腐蚀前后形貌

3 结论

通过探伤定位缺陷均在于心部，且规格较大者缺陷当量相对较大，随着规格减小，缺陷当量减小，锯切取样过程同样存在此趋势。低倍检验心部存在往内聚集变形的流线特征，经断口制备观察，均发现缺陷为自由面特征，符合孔隙类特征，高倍观察缺陷均无氧化、无脱碳。