

Ce 对耐热钢 253MA 中板夹杂物和性能的影响

张晓坤

(太原钢铁(集团)公司技术中心,太原 030003)

摘要 太钢 253MA 耐热钢(%:0.05~0.10C,20.0~22.0Cr,10.0~12.0Ni,0.14~0.20N,0.03~0.08Ce)中板由电弧炉-AOD 精炼氧化期吹 N₂-钢包喂稀土 Ce 线-连铸-热轧中板流程生产。结果表明,通过喂 Ce 线处理,钢中稀土夹杂呈球状,分布在奥氏体晶粒内部,提高了钢的横向冲击性能和持久强度。253MA 钢板1 000 °C 平均氧化速率为 0.09 mm/a。

关键词 耐热钢 253MA Ce 中板 夹杂物 性能

Effect of Ce on Inclusion and Properties in Medium Plate of Heat Resisting Steel 253MA

Zhang Xiaoshen

(Technology Center, Taiyuan Iron and Steel (Group) Co Ltd, Taiyuan 030003)

Abstract The Medium plate of heat resisting steel 253MA (0.05~0.10C, 20.0~22.0Cr, 10.0~12.0Ni, 0.14~0.20N, 0.03~0.08Ce) was produced by arc furnace - AOD refining oxidizing period blowing N₂-ladle feeding rare earth (RE) element Ce Wire - concasting - hot rolling plate flow sheet at Taiyuan Steel. Results showed that with feeding Ce wire treatment the RE inclusions were spheroidal and dispersed at inside of austenite grain to increase transverse impact toughness and stress-rupture strength. The average oxidation rate of plate of steel 253MA at 1 000 °C was 0.09 mm/a.

Material Index Heat Resisting Steel 253MA, Ce, Medium Plate, Inclusion, Properties

253MA 是在 21Cr-11Ni 不锈钢的基础上,通过稀土 Ce 和 N 元素的合金化开发成功的奥氏体耐热钢,具有优良的高温抗氧化性以及好的高温长期性能(蠕变性能、持久性能)。

太钢开发成功循环流化床锅炉旋风分离器中心筒用 253MA 耐热钢板材,并得到了成功应用。

1 试制工艺

主要工艺路线为:电弧炉→40 t AOD→连铸→板坯修磨→中板热轧→热处理→酸洗研磨。

AOD 精炼时氧化期冶炼全程吹 N₂, [N] 控制范围为(1 400~1 700) × 10⁻⁶。铸坯厚度为 160 mm 和 180 mm,成品中板厚度 ≥ 6 mm。

钢坯加热炉温 1 260~1 280 °C;成品热处理温度 1 080~1 130 °C,出炉水冷。钢包喂稀土线加入 Ce,稀土回收率为 30%~40%。

2 产品质量

2.1 铸坯

钢的平均化学成分(%)为:0.08C、1.26Si、0.45Mn、0.028P、0.001S、21.10Cr、10.90Ni、0.165N、0.048Ce。铸坯中没有发现 MnS 夹杂,主要是稀土夹杂物。钢中硫、氧与加入的稀土作用,生成

稀土硫化物或稀土硫氧化物,取代长条状的 MnS 夹杂,而且夹杂物尺寸很小(表 1)。

表 1 253MA 钢铸坯中夹杂物的尺寸

Table 1 Size of inclusions in slab of steel 253MA

炉号	部位	夹杂物尺寸(max)/μm
C2604367	中坯	12
C1604647	头坯	13
C1604647	中坯	12
C1604647	尾坯	8

2.2 钢的力学性能、晶粒度和组织

从表 2 可见,253MA 钢中板的冲击性能和室温拉伸性能良好,强度及伸长率有较大的富余度,满足了标准的要求。

表 2 253MA 钢中板的室温力学性能

Table 2 Mechanical properties of medium plate of steel 253MA

项目	R _{el} /MPa	R _m /MPa	A/%	Z/%	A _{KV} /J
标准	≥310	≥600	≥40	-	-
实测(横向)	356~378	692~707	55~57	66~68	162~184(纵向) 230~242(纵向)

中板成品中 A、B、C、D 类非金属夹杂物均 < 1

级,热处理态组织为奥氏体,晶粒度级别为7级,符合耐热钢对晶粒度级别的要求,如图1所示。

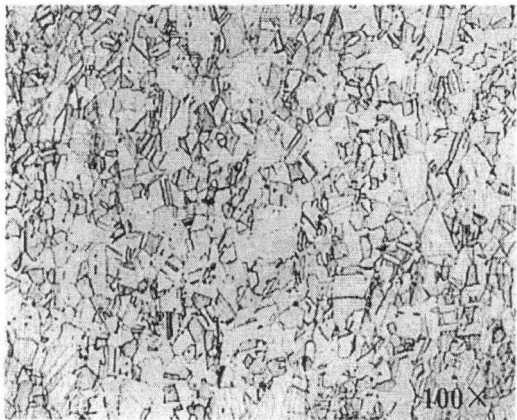


图1 253MA钢中板的组织形貌×100

Fig.1 Morphology of structure of medium plate of steel 253MA ×100

稀土夹杂物绝大多数分布在奥氏体晶粒内部(图2),呈点状分布,未在奥氏体晶界富集,从而保证了奥氏体晶界的连续性,减少应力集中,提高了晶界的强度,即提高了高温持久强度和蠕变性能^[1]。

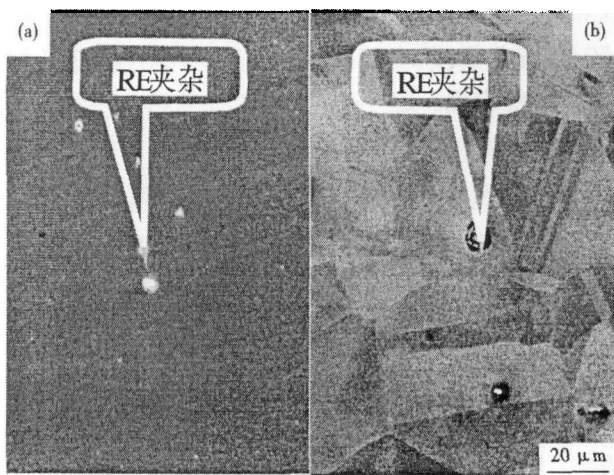


图2 253MA钢中板稀土夹杂物的分布,SEM:(a)二次电子像;(b)背散射电子像

Fig.2 Distribution of RE inclusions in medium plate of steel 253MA, SEM: (a) secondary electron image; (b) EBSD

253MA钢甚至在900℃具有较高的高温强度,各温度下的短时拉伸强度要比310S(%, ≤0.08C、24~26Cr、19~22Ni)高出20%以上。图3为253MA与310S钢高温屈服强度 $R_{p0.2}$ 的对比。

与310S相比,Cr含量较低,同时钢中加入氮元素,使得253MA经过长期时效后脆性 σ 相析出的趋势得以抑制,从而延长了材料的使用周期。

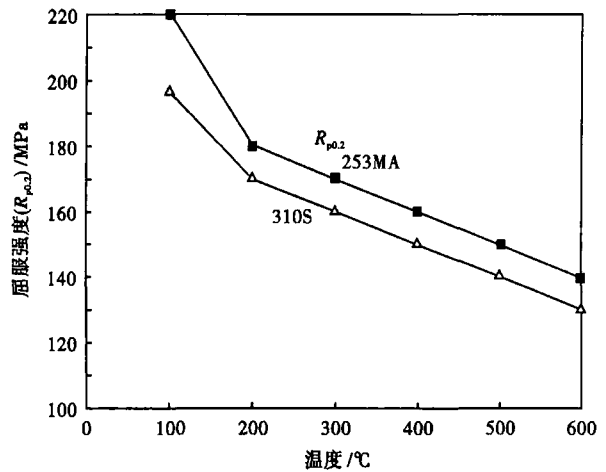


图3 253MA钢和310S钢高温屈服强度 $R_{p0.2}$ 对比

Fig.3 Comparison of yield strength $R_{p0.2}$ between steel 253MA and steel 310S at elevated temperature

2.3 抗氧化性能

通过氧化试验可得,在1000℃82~250h试验时段内的质量增重相对稳定,253MA钢平均氧化速度为: $K = 0.080452 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,腐蚀深度为 $R = 0.089664 \text{ mm}/\text{年}$ 。按照GB/T13303-1991标准的评定依据,253MA耐热钢为完全抗氧化。这主要是由于稀土元素Ce加快了硅向金属基体-氧化皮界面的扩散速度,使钢表面在高温条件下短时间内形成一层连续的 SiO_2 氧化薄膜,阻止了深层金属进一步氧化,而且稀土元素还能提高氧化皮与基体的结合力,使钢表面的氧化皮更加牢固,即使在循环温度条件下,也不易出现氧化皮剥落现象。

3 253MA钢中板应用结果

太钢从研制成功253MA钢中板以来,目前已向国内大型电气集团批量提供合格的253MA钢热轧中板,实物性能优良,满足循环流化床锅炉旋风分离器的制作和使用,可替代进口。同时,在其它耐热设备的制作选材中,与310S钢相比,253MA钢具有明显的性能价格比,因此,在今后具有广阔的应用前景。

参考文献

- 1 华杨康,曹程远.耐热不锈钢性能综述.东方锅炉,1996(2):20

张晓坤(1967-),女,高级工程师,1999年北京科技大学硕士研究生毕业,从事不锈钢新产品的开发工作。

收稿日期:2007-09-11