

退火温度对铁素体不锈钢 Y0Cr17SiS 组织和性能的影响

严道聪¹ 王贞应¹ 马振宇¹ 朱晓洁¹ 臧震²

(1 瑞浦科技集团特殊钢研究院, 丽水 323900; 2 宝钢特钢长材有限公司, 上海 200940)

摘要 热轧状态下的铁素体不锈钢 Y0Cr17SiS 综合性能较差, 不能满足加工使用要求, 需进行退火处理, 研究了退火温度 750 °C、800 °C、850 °C、900 °C 对 Y0Cr17SiS 钢 Φ11 mm 热轧材的组织 and 性能的影响。结果表明, 经 900 °C 2 h 空冷退火, Y0Cr17SiS 钢组织均匀、无析出物产生, 抗拉强度为 510 MPa, 断后延伸率为 36%, 断面收缩率为 65%, HBW 硬度值为 171。在不锈钢 Y0Cr17SiS 35 °C 的 5% NaCl 水溶液的雾腐蚀测试能保持 24 h 不生锈。

关键词 铁素体不锈钢 Y0Cr17SiS 退火 组织 析出相 力学性能 耐腐蚀性

Effect of Annealing Temperature on Microstructure and Properties of Ferrite Stainless Steel Y0Cr17SiS

Yan Daocong¹, Wang Zhenying¹, Ma Zhenyu¹, Zhu Xiaojie¹ and Zang Zhen²

(1 Special Steel Research Institute, Ruipu Technology Group, Lishui 323900;
2 Special Bar Steel Co Ltd, Baoshan Iron and Steel Co Ltd, Shanghai 200940)

Abstract The comprehensive propertie of ferrite stainless steel Y0Cr17SiS are poor in hot rolling state, which can not meet the requirements of processing and application, so it is needed to annealing treatment. The effects of annealing temperature of 750 °C, 800 °C, 850 °C and 900 °C on the microstructure and properties of Φ11 mm hot-rolled products of steel Y0Cr17SiS are studied. Results show that with 900 °C 2 h, air cooling annealing, the steel Y0Cr17SiS has uniform structure with out precipitates, its tensile strength is 510 MPa, elongation after fracture is 36%, reduction of area is 65%, and HBW hardness value is 171. It could maintain no rust for 24 h by salt corrosion fog test with 5% NaCl aqueous solution at 35 °C.

Material Index Ferrite Stainless Steel Y0Cr17SiS, Annealing, Microstructure, Precipitation, Mechanical Property, Corrosion

Y0Cr17SiS 钢是铁素体不锈钢, 也是软磁不锈钢具有体心立方结构, 此材料具有较好的耐腐蚀性、较低的强度和优良的铁磁性, 可用于汽车构建、机械设备的电磁铁装置, 也可用作继电器、阀门等。Y0Cr17SiS 钢中硫含量较高, 所以也具有很好的切削性能^[1-2]。

1 实验材料的准备

研究所用材料为青山钢铁公司生产的 Φ11 mm 盘条 Y0Cr17SiS 钢, 成分要求和实验钢具体成分如表 1 所示, 生产流程为: 50 t (EAF) → 30 t (AOD) → 30 t (LF) → 180 mm × 180 mm × 5 300 mm 连铸坯 → 加热炉再加热 → 高速线材轧机组轧制 → 收卷 → 退火 → 酸洗 → 检验 → 打包入库。坯料加热温度

为 1 100 °C, 保温时间 1.5 h, 终轧温度为 900 ~ 950 °C, 轧制设备为达涅利第二代高速线材轧机组, 轧制后空冷、集卷。

2 实验方法

Y0Cr17SiS 钢热处理工艺时采取了几种实验方案, 设置热处理温度分别为 750 °C、800 °C、850 °C、900 °C, 热处理时间都为 2 h, 冷却方式为空冷。将规格为 Φ11 mm 的热轧 Y0Cr17SiS 线材切至 30 cm 若干段, 分别制订热处理工艺, 热处理实验在无气体保护的高温马弗炉中进行, 每个工艺放入 2 ~ 3 节切好的样品。

在光学显微镜和扫描电镜下观察微观形貌, 配合能谱分析组织成分。用万能试验机检测热轧和各

表 1 Y0Cr17SiS 不锈钢的化学成分/%
Table 1 Chemical composition of stainless steel Y0Cr17SiS/%

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
标准范围	≤ 0.050	1.00 ~ 1.50	0.50 ~ 1.00	≤ 0.040	≥ 0.15	6.50 ~ 18.50	≤ 0.60	0.30 ~ 0.80	≤ 0.040
实测成分	0.026	1.23	0.80	0.030	0.20	17.80	0.30	0.70	0.030

实验状态样品的力学性能;用盐水喷雾试验机(型号 SH-60)检测热轧和各实验状态样品的耐蚀性能。

3 实验结果与讨论

3.1 热处理温度对显微组织影响

常温下, Y0Cr17SiS 钢的组织为铁素体。热轧状态的组织如图 1(a) 所示, 组织方向性明显, 伴有混晶情况; 750 °C、800 °C、850 °C 和 900 °C 各热处理 2 h 后的组织分别如图 1(b)、(d)、(e)、所示, 热处理后晶粒开始长大, 组织方向性消除。750 °C、800 °C 保温 2 h 后晶粒组织仍有 10% 未长大; 850 °C、900 °C 保温 2 h 后组织晶粒清晰, 长大明显, 组织均匀, 无混

晶, 可看出 850 °C、900 °C 下保温 2 h 可达到组织充分回复、再结晶的效果。在整个热处理过程, 组织晶粒发生回复、再结晶、晶粒长大三个过程, 随着热处理温度的升高, 再结晶晶粒长大的越明显, 回复和再结晶过程的驱动力主要来自形变储存能的释放, 再结晶晶粒长大的驱动力来自整个晶界能的降低^[3-4]。

从图 1 可看出, 热轧状态的组织晶界无其他析出相, 750 °C 2 h 后有较大颗粒析出相产出, 分布在晶界; 800 °C 2 h, 有少量颗粒较小的析出相存在于晶界; 850 °C 2 h, 晶界析出相更细小; 900 °C 2 h, 晶界清晰, 无其他析出相。经过显微观察和能谱分析

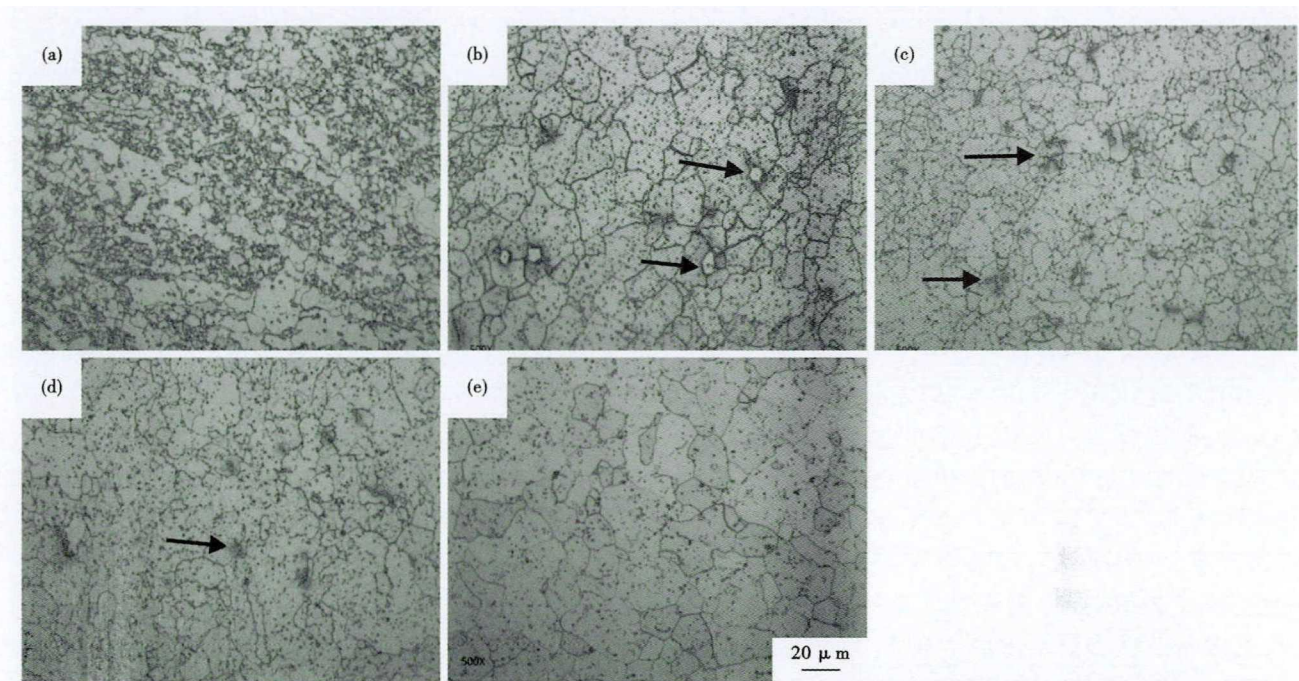


图 1 Y0Cr17SiS 钢显微组织: (a) 热轧; (b) 750 °C 2 h; (c) 800 °C 2 h; (d) 850 °C 2 h 和 (e) 900 °C 2 h, ×500

Fig. 1 Microscopic structure of steel Y0Cr17SiS: (a) hot rolling state; (b) 750 °C 2 h; (c) 800 °C 2 h; (d) 850 °C 2 h and (e) 900 °C 2 h, ×500



图 2 电镜下 σ 相形态

Fig. 2 Morphology of σ precipitates under electron microscope

发现, 750 °C、800 °C、850 °C 下产生的析出相具有同种性质, 属于同种析出相 (σ 析出相), 电镜下的形貌如图 2 所示, 析出相的能谱分析得出, 这是一种富 Cr 富 Fe 的金属间化合物, 即铁素体不锈钢易出现的 σ 相。理论上, 按 Fe-Cr 相图, 在含 45% 的 Cr 时 820 °C 才能产生 σ 相, 实际生产中, 由于成分的偏析和其他各铁素体形成元素的作用, 17% Cr 的铁素体不锈钢也会产生 σ 相。本试验材料含 0.7% 的钼 (Mo), 钼 (Mo) 的加入也会促进 σ 相的产生。 σ 相是一种高硬度相, 在形成过程中常常伴有较大体积效应, 多数分布在晶界, 使材料的脆性加大, 耐晶间腐蚀能力变弱^[5-7]。

表 2 Y0Cr17SiS 钢退火后力学性能

Table 2 Mechanical Properties of steel Y0Cr17SiS after annealing treatment

工艺	热处理参数	抗拉强度 (Rm)/MPa	断后延伸率(A)/%	断面收缩率(Z)/%	HBW 硬度值
热轧	热轧态	526	9	10	178
1	750 °C 2 h	515	31	62	172
2	800 °C 2 h	509	35	64	171
3	850 °C 2 h	509	37	64	172
4	900 °C 2 h	510	36	65	171

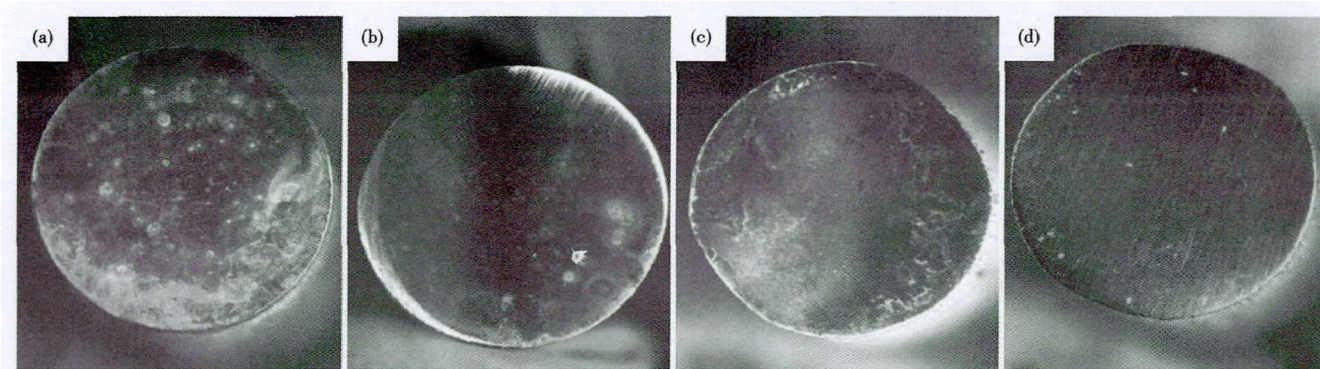


图 3 Y0Cr17SiS 钢盐雾腐蚀测试后表面形貌:(a)750 °C 2 h;(b)800 °C 2 h;(c)850 °C 2 h 和(d)900 °C 2 h 退火

Fig. 3 Surface morphology of steel Y0Cr17SiS after salt corrosion fog test;(a)750 °C 2 h;(b)800 °C 2 h;(c)850 °C 2 h and (d)900 °C 2 h annealing

3.3 热处理温度对耐蚀性影响

对四种热处理状态的样品(直径 $\Phi 11$ mm、长度 4 cm)同时进行 5% NaCl 水溶液盐雾腐蚀测试,测试温度为 35 °C,24 h 后的横截面表面腐蚀形貌分布如图 3 所示。从图 3 可见,750 °C 保温 2 h 的样品生锈最严重,因为此时材料组织 σ 相含量较多,金属间化合物(σ 相)在一定程度上会影响材料的耐蚀性,所以耐蚀性能最差;800 °C 保温 2 h 样品有轻微锈斑;850 °C 保温 2 h 样品锈斑更轻微;900 °C 保温 2 h 样品表面未见生锈现象,此时材料的耐蚀性最好。

钼(Mo)的加入能促使不锈钢表面钝化,增加耐蚀性,钼(Mo)还能促使铬(Cr)在钝化膜中聚集,从而增强不锈钢的耐点蚀能力。但钼(Mo)也能促使金属间化合物 σ 相的析出,在热处理过程中应尽量避免析出相的产生^[8-9]。

4 结语

(1)Y0Cr17SiS 钢在 750 ~ 900 °C 退火时,随着温度的升高,组织回复、再结晶的效果越好,850 °C、900 °C 温度下组织较均匀;

(2)Y0Cr17SiS 钢在 750 ~ 850 °C 退火时,晶界易产生析出相,在 900 °C 退火处理时,组织晶界清晰,无析出物产生;

(3)热轧状态 Y0Cr17SiS 钢综合性能较差,在

3.2 热处理温度对力学性能影响

如表 2 所示,热轧状态下的 Y0Cr17SiS 钢的抗拉强度和硬度较高,延伸率和断面收缩率较小,综合性能较差。经热处理后,抗拉强度和硬度开始下降,延伸率和断面收缩率开始上升,随退火温度升高,抗拉强度和硬度先下降再趋于平稳,延伸率和收缩率先上升再趋于平稳。

750 ~ 900 °C 退火时,随着温度的升高,抗拉强度和硬度先下降再趋于平稳,延伸率和断面收缩率先上升再趋于平稳。

(4)在 750 ~ 900 °C 退火时,随着温度升高,盐雾试验耐蚀性越来越好。

参考文献

- [1] 范沅元. 铁素体不锈钢焊接的研究和发展现状[J]. 机械制造文摘—焊接分册,2014(2):9-13.
- [2] 黄海娥. 铁素体不锈钢磁性能的研究[D]. 包头:内蒙古科技大学,2007.
- [3] 魏园园. 软磁铁素体不锈钢的成分设计及性能研究[D]. 南京:南京理工大学,2016.
- [4] 姜方,张孟响,王刚,等. 热处理温度对含钼铁素体不锈钢 0Cr17Mo2S 组织及性能的影响[J]. 特殊钢,2019,40(4):48-50.
- [5] 刘亚丕,石康. 软磁铁素体不锈钢[M]. 北京:冶金工业出版社,2019:145-147.
- [6] 戴起勋,程晓农. 金属材料学(第二版)[M]. 北京:化学工业出版社,2013:129-131.
- [7] 陆世英. 不锈钢概论[M]. 北京:中国科学技术出版社,2006:56-110.
- [8] 赵宇,李军,李波,等. 钼对耐蚀软磁合金抗蚀性及磁性能的影响[J]. 钢铁研究学报,2006,18(11):34-38.
- [9] 李军. 钼、镍对 Fe-Cr 系软磁合金抗蚀性及磁性能的影响[D]. 沈阳:东北大学,2005.

严道聪(1993-),男,硕士(2016年安徽工业大学),工程师,2014年安徽工业大学(本科)毕业,奥氏体、铁素体不锈钢产品的开发与研究。E-mail:yandacong_jinya@163.com

收稿日期:2020-12-28