

304 奥氏体不锈钢的热处理工艺研究

史勤益 颜余仁 赵先锐 李勤涛 程 虎

(台州学院,台州 318000)

摘 要 研究了不同热处理工艺对 304 奥氏体不锈钢组织和性能的影响。304 奥氏体不锈钢试块进行 1 050 ℃ 保温 30 min 固溶处理,分别在水中和在空气中冷却。结果发现得出组织均为单相奥氏体,水中冷却不锈钢硬度更高,说明水冷后获得更大的内应力。原材料进行 650 ℃ 保温 60 min 敏化处理和 800 ℃ 保温 60 min 敏化处理,对比得出在 800 ℃ 保温 60 min 时更容易发生晶间腐蚀。因此,304 不锈钢热处理时应避免在敏化温度区间内较高温度停留较长的时间。

关键词 奥氏体不锈钢 晶间腐蚀 固溶处理 敏化处理

中图法分类号 TG156.32;

文献标志码 A

奥氏体不锈钢是指在常温下具有奥氏体组织的不锈钢。钢中含 Cr 约 18%、含 Ni 8%—10%、C 约 0.1% 时,具有稳定的奥氏体组织。奥氏体不锈钢无磁性而且具有高韧性和塑性,但强度较低,不可能通过相变使之强化,仅能通过冷加工进行强化。如加入 S、Ca、Se,等元素,则具有良好的易切削性。此类钢除耐氧化性、酸介质腐蚀外,如果含有 Mo、Cu 等元素还能耐硫酸、磷酸以及甲酸、醋酸等的腐蚀。此类钢中的含碳量若低于 0.03% 或含 Ti、N,就可显著提高其耐晶间腐蚀性能。由于奥氏体不锈钢具有全面的和良好的综合性能,在各行各业中获得了广泛的应用^[1-5]。

304 奥氏体不锈钢作为一种用途广泛的钢,具有良好的腐蚀性、耐热性、低温强度和机械性能;冲压、弯曲等热加工性好,无热处理硬化现象,无磁性。用于家庭用品(餐具、橱柜、锅炉、热水器),汽车配件,医疗器具,建材,化学,食品工业,船舶部件。根据不同的要求,其常用的热处理工艺主要有:固溶处理、稳定化处理和去应力处理等^[6,7],由

于其应用的广泛性,其热处理工艺的研究对生产有很好的指导意义。

1 实验方法

实验原材料为 304 奥氏体不锈钢(国内牌号为 0Cr18Ni9)化学成分为碳 $\leq 0.08\%$,硅 $\leq 1.00\%$,锰 $\leq 2.00\%$,磷 $\leq 0.045\%$,硫 0.03% ,镍 $8.0\%—10.5\%$,铬 $18\%—20\%$ 。原材料通过热轧而成,切割成直径 20 mm,高 20 mm 的圆柱体试样。对试样分别在 1 050 ℃,保温 30 min 空冷和水冷进行固溶处理,在 650 ℃ 并保温 1 h 段后空冷和 800 ℃ 并保温 1 h 空冷至室温,进行敏化处理。对原材料和热处理试样采用洛氏硬度计和金相显微镜进行硬度和金相组织分析。

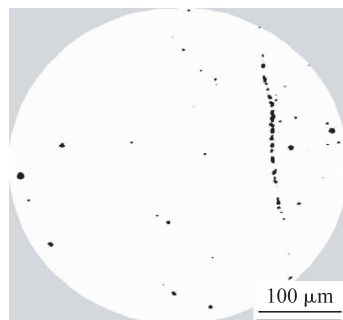


图1 非金属夹杂物

2011年5月9日收到

浙江省大学生科技创新活动计划

(新苗人才计划)(2010R428010)、浙江省大型

科学仪器设备协作共用平台科技计划项目(2009F70048)资助

第一作者简介:史勤益(1967—),男,讲师。研究方向:金相及热处理。E-mail:imit505@tzc.edu.cn。

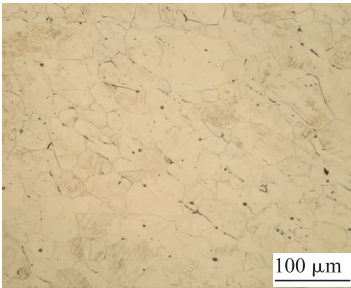


图2 原材料金相组织

2 实验结果与讨论

2.1 原材料夹杂物的测定结果

按照国标《GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定》实验方法,对原材料非金属夹杂物如图 1 所示,在 100 倍下与标准图对比,可以得出原材料含有两类夹杂物。沿轧制方向排成一系列为氧化铝类(B 类),从粒度粗细和长度可以判断是细系,1.5 级。形态比小,成黑色无规则分布的颗粒为球状氧化物类(D 类),从粒度和数量可以判断是细系,1.5 级。所以测定结果为细系 B1.5,细系 D1.5。因此,夹杂物等级符合国家标准。

2.2 原材料的金相组织及力学性能分析

原材料金相组织如图 2 所示。浸蚀方法为高氯化铁 5 g,盐酸 10 mL,酒精 500 mL 混合液,浸蚀 10 min。奥氏体晶粒均匀细小,根据《GB/T 6394—2002 金属平均晶粒度测定法》,晶粒度可评定为 5.5 级。另外,晶粒中伴有孪晶,黑点为非金属夹杂物。从金相图片可看出此原材料已经经过固溶处理。原材料各种硬度测量如表 1 所示,硬度分布比较均匀,平均值为 HB187 左右。

表 1 原材料各种硬度测量值表

测量次数	1	2	3	4	5	平均值
硬度值/HBW	187	185	189	190	186	187.4

2.3 热处理工艺对组织及性能的影响

2.3.1 固溶处理对组织的影响

将 304 奥氏体不锈钢原材料加热到 1 050 ℃,保温 30 min,通过快冷至室温,进行重新固溶处理。

固溶处理后的组织如图 3,图 4 所示。图 3 为空冷后的试样金相组织,图 4 为水冷后的试样金相组织。浸蚀方法为高氯化铁 5 g,盐酸 10 mL,酒精 500 mL 混合液,浸蚀 10 min。

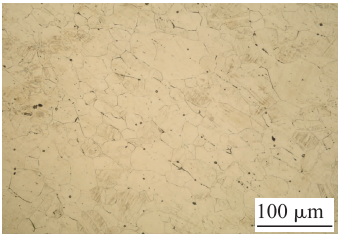


图3 空冷后金相组织

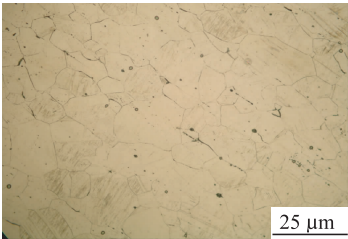


图4 水冷后金相组织

从金相组织照片可以看出,固溶处理后的金相试样比较难腐蚀,晶界不是很明显。此金相组织为奥氏体晶粒,晶粒比较均匀细小,并伴有孪晶,黑点为碳化物。根据《GB/T 6394—2002 金属平均晶粒度测定法》进行评级,空冷后晶粒度为 5.5 级左右,与原材料晶粒度相比变化不大,因此也可以推知原材料的固溶处理时也是进行空冷的。水冷后晶粒度有所增大,为 6.5 级左右。

2.3.2 固溶处理对力学性能的影响

固溶处理时空冷和水冷所得的各种硬度值如表 2 所示。从表 2 可以看出,当冷却速率提高时,奥氏体不锈钢的硬度也相应地增加。奥氏体不锈钢在冷却时并没有组织的变化,而硬度却升高了。这是由于奥氏体不锈钢在快速冷却时,外层受急冷收缩而变硬,内部温度仍然高而软,由于外层之收缩而受塑性压缩变形。如同受到冲床加工,上下收缩而横向膨胀。由于外冷内热,继续冷却到室温则内部之收缩较外层多。由于内部的收缩在外层产生压缩应力,这种热应力使其表面有极大压应力,促

使奥氏体不锈钢表面抗疲劳强度增加,硬度也增加^[8]。由于这种残余压应力对材料的力学性能产生好的作用。因此,在奥氏体不锈钢固溶处理时用水冷比用空冷好。

表 2 固溶处理后 304 不锈钢各种硬度值表

测试次数	1	2	3	4	5	平均值
水冷后硬度/HB	205	204	200	207	210	205
空冷后硬度/HB	181	190	183	188	185	185

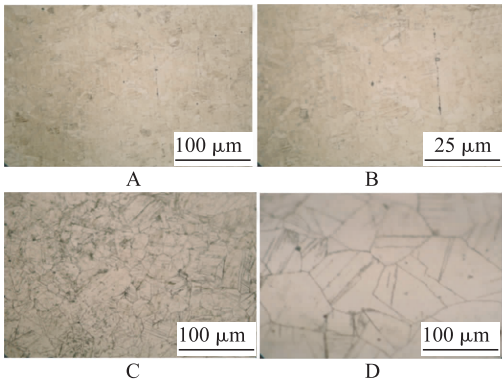


图 5 敏化处理后的金相组织

(A、B 分别为 650℃ 处理时的不同倍数下的组织;C、D 分别为 800℃ 处理时的不同倍数下的组织)

2.3.3 敏化处理

敏化处理是指已经过固溶处理的奥氏体不锈钢,在 500—850℃ 度加热,将铬原子从奥氏体中以 Cr_{23}C_6 碳化物的形式沿晶界析出,造成奥氏体不锈钢的晶界腐蚀敏感性增强,这就是敏化处理。工艺 1:将 304 奥氏体不锈钢加热到 650℃,并保温 60 min,然后出炉空冷到室温。敏化后在不同倍率下看到的金相组织如图 6 中 A、B 图所示。工艺 2:将 304 奥氏体不锈钢加热到 800℃,并保温 1 h,然后出炉空冷到室温。敏化后在不同倍率下看到的金相组织如图 6 中 C、D 所示。浸蚀方法均为高氯化铁 5 g,盐酸 10 mL,酒精 500 mL 混合液,浸蚀时间均为 10 min。从金相组织可以看出,在同样的浸蚀条件下,650℃ 保温 60 min 敏化时组织的晶界腐蚀不明显。而 800℃ 保温 60 min 敏化时组织的晶界腐蚀比较明显。主要原因是在敏化温度区间(一

般为 500—900℃)较高温时,晶界附近的奥氏体中的铬元素更容易以 Cr_{23}C_6 的形式沿晶界析出,造成了晶界附近奥氏体中的铬元素减少,使得此处的电位降低,使得此处更容易被腐蚀。当敏化温度不是很高,而且敏化保温时间不够长时, Cr_{23}C_6 析出并没有聚集在晶界上,而以点蚀的形式分散在晶粒里,因此金相照片中的晶粒上有着弥散的 Cr_{23}C_6 析出物。

3 结论

通过对 304 奥氏体不锈钢热处理工艺的研究,得出了结论如下:

- (1) 固溶处理后的奥氏体不锈钢有更好的耐腐蚀性能,固溶后水冷比空冷获得的表面硬度更高,而且表面是残余压应力,对其他力学性能也有利。
- (2) 可以得出敏化后的奥氏体不锈钢十分容易被腐蚀。而且,敏化温度越高,敏化时间越长,敏化后的晶间腐蚀倾向越大。因此,奥氏体不锈钢热处理时一定避免在敏化区间内进行。

参 考 文 献

- 1 杜存臣. 奥氏体不锈钢在工业中的应用. 化工设备与管道,2003;(2):4—8
- 2 熊云龙,娄延春,刘新峰. 不锈钢材料研究的新进展. 热加工工艺,2005;(5):20
- 3 耿炳玺. 谈我国不锈钢发展中的几个问题. 冶金管理,2006;(4):35—37
- 4 徐爱东. 不锈钢市场展望 Heinzer Parizer 公司的观点. 中国金属通报,2004;(26):22
- 5 Yan M F. Study on absorption and transport of carbon in steel during gas carburizing with rare earth addition Mater Chem Phy, 2001;70(2):242—245
- 6 程鹏辉,贺东风,田乃媛. 我国不锈钢发展现状及展望. 特殊钢,2007;28(03):50—52
- 7 Benedetti M. Influence of shot peening on bending tooth fatigue limit of case hardened gears. Interational Journal of Fatigue, 2002;24(50):1127—1136
- 8 大和久重雄. 热处理 108 招秘诀. 北京:世界图书出版公司,1991:108—109

Heat Treatment Process of 304 Austenitic Stainless Steel

SHI Qin-yi, YAN Yu-ren, ZHAO Xian-rui, LI Qin-tao, CHENG Hu
(Taizhou University, Taizhou 318000, P. R. China)

[Abstract] That the influence of the different heat treatment processes on the 304 austenitic stainless steel organization and performance is studied. Through the 304 austenitic stainless steel quench processing by heating up to 1 050 ℃, keeping 30 min, then cooling respectively in water and in the air, it is concluded that both of metallographic structure are for single-phase austenitic, the hardness of stainless steel by cooling in water can achieve higher than that by cooling in air. This shows 304 austenitic stainless steel can obtain more interior stress by water-cooling. Through the raw material sensitized respectively by heating up to 650 ℃ for 60 min and by heating up to 800 ℃ for 60 min, intergranular corrosion is more likely to occur at 800 ℃ for 60 min. Therefore, when 304 stainless steel heat treatment it should be avoided to stay longer at high temperature in sensitization temperature interval.

[Key words] austenitic stainless steel intergranular corrosion solution treatment sensitization processing

(上接第 5899 页)

Heat Transfer and Temperature Control Strategy of the Radiosonde at High Altitude

SHEN Ling-xiao
(Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 201144, P. R. China)

[Abstract] In order to reduce the impact to the measurement accuracy of sensors inside the radiosonde by the changes of atmospheric temperature at different altitudes, the steady-state temperature field of the radiosonde in the high-altitude is analyzed by the finite element analysis software ANSYS. Successfully loading different loads by the ANSYS Parametric Design Language (APDL), The temperature distribution of the radiosonde in the high-altitude and the heating time of heat loading inside the radiosonde could be obtained. Finally, a feasible temperature control strategy is proposed which is instructive to improve the internal environment temperature and design of the radiosonde.

[Key words] radiosonde finite element analysis heat transfer temperature control strategy