

快速凝固及轧制对 Fe-Mn-Si 系记忆合金耐腐蚀性能的影响

张楷 郭芝斌 李明 罗小飞

中国电建集团透平科技有限公司, 四川 成都 610045

[摘要]文中采用快速凝固、轧制工艺制作 Fe-Mn-Si 系记忆合金, 并通过电化学腐蚀试验检测其耐腐蚀性能, 结果显示: 在 HCl 溶液中, 与铸态 Fe-Mn-Si 系形状记忆合金相比, 快速凝固材料具有更为优越的耐腐蚀性能, 但在, 在 NaOH 溶液中却相反。轧制状态的 Fe-Mn-Si 系形状记忆合金在 NaOH 溶液中的耐腐蚀性能好于 HCl 溶液中的耐腐蚀性能, 且在每种腐蚀液中, 高浓度下的耐腐蚀性均相对较低。

[关键词]试验材料及工艺; 结果及分析; 耐腐蚀性能

DOI: 10.33142/ec.v5i6.6123

中图分类号: TG139.6

文献标识码: A

Effect of Rapid Solidification and Rolling on Corrosion Resistance of Fe-Mn-Si Memory Alloy

ZHANG Kai, GUO Zhibin, LI Ming, LUO Xiaofei

PowerChina Turbo Technologies Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610045, China

Abstract: In this paper, Fe-Mn-Si shape memory alloy is prepared by rapid solidification and rolling process, and its corrosion resistance is tested by electrochemical corrosion test. The results show that the rapid solidification material has better corrosion resistance than the as Cast Fe-Mn-Si shape memory alloy in HCl solution, but it is the opposite in NaOH solution. The corrosion resistance of rolled Fe-Mn-Si shape memory alloy in NaOH solution is better than that in HCl solution, and the corrosion resistance at high concentration is relatively low in each corrosion solution.

Keywords: test materials and technology; results and analysis; corrosion resistance

对于金属来说, 耐腐蚀是其重要性能之一, 许多学者都关注这一性能。就现阶段来看, 在一些大型项目上, 常常使用铁基形状记忆合金, 例如油管连接等, 而在使用过程中, 耐腐蚀作用就显得越发明显, 其性能的好坏, 将对生产带来一定影响。基于此, 本文主要就快速凝固状态、轧制状态下的 Fe-Mn-Si 系记忆合金的耐腐蚀性能进行研究。为了更好地研究其耐腐蚀性能, 本文选择了两种溶液, 分别为 NaOH 和 HCl, 主要采用电化学腐蚀方法^[1]。

1 试验材料及工艺

本文采用工业纯铁、金属锰、金属硅、金属铬、电解镍作为原材料, 并在 ZG-25A 型真空感应熔炼炉中熔炼并浇铸。原始铸锭尺寸为 $\Phi 78\text{mm} \times 160\text{mm}$, 重 5.5Kg。材料化学成分见表 1。

表 1 实验材料化学成分

Mn	Si	Cr	C	Ni	Fe
17.32	4.47	7.89	< 0.02	4.60	Bal

将分割出来的铸锭在 1373K 下进行 15h 的均匀处理, 并在 1373K 下锻造成 $\Phi 15\text{mm}$ 的棒材, 然后将 $\Phi 15\text{mm}$ 的棒材加工成 $\Phi 12\text{mm} \times 60\text{mm}$ 的棒材, 最后用单辊快淬设备进行快淬处理。快凝材料最终线切割成 $2\text{mm} \times 2\text{mm} \times 3\text{mm}$ 样品。作为对比的铸态材料试样尺寸也为 $2\text{mm} \times 2\text{mm} \times 3\text{mm}$ 。

铸态材料在 1493-1553K 下轧制成 8mm 的板材, 然后

在 1473K 下进行固溶处理得到轧制的原始材料。电化学实验试样尺寸为 $10\text{mm} \times 40\text{mm} \times 3\text{mm}$, 加工方式为线切割。

本实验中耐腐蚀性能测定采用电化学腐蚀。电化学腐蚀实验中, 辅电极、参比电极分别采用铂电极、标准甘汞电极; 腐蚀溶液为: 5%NaOH 溶液, 15%NaOH 溶液, 5%HCl 溶液, 15%HCl 溶液; 实验温度: 室温; 封装材料: 环氧树脂 (试样使用前经过抛光处理); 设备: AUTO-LAB 恒电位仪; 测定内容: 阴阳极极化曲线, 交流阻抗; 软件: Frequency Response Analyser。

2 实验结果及分析

2.1 快速凝固对 Fe-Mn-Si 系形状记忆合金耐腐蚀性能的影响

在研究时, 采用电化学腐蚀试验, 通过观察记录, 快速凝固材料与铸态材料在各种腐蚀介质中的耐腐蚀能力相关数据见图 1。在同一类型的腐蚀介质中, 所选两类金属样品的耐腐蚀性能和溶液浓度有关, 且浓度越低, 其耐腐蚀性就越强, 浓度越高, 耐腐蚀性就越弱。对于同一金属样品, 将其放于不同溶液中, 其耐腐蚀能力会有所差别。对于快速凝固材料来说, 将其放于碱性溶液内, 经过试验发现, 其电流均高于铸态材料, 且不受腐蚀介质浓度大小影响, 也就是说, 在碱性溶液中, 快速凝固材料的耐腐蚀性低于铸态材料。研究中, 将溶液由碱性换为酸性, 其结果则刚好相反, 见图 1。

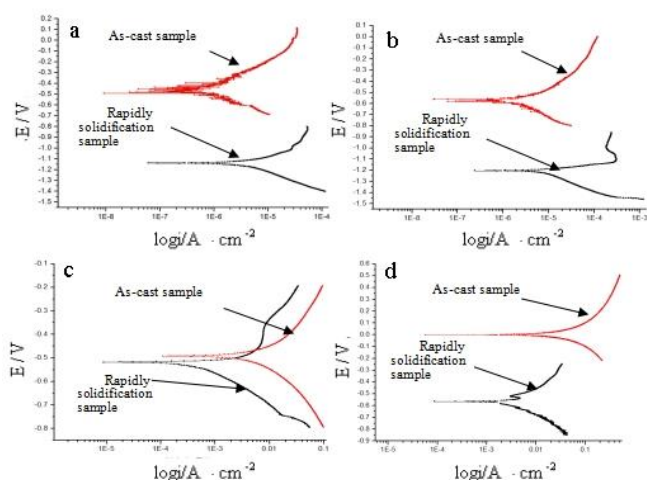


图1 铸态材料与快速凝固材料处在不同介质、不同浓度中的极化曲线

(a) NaOH (5%); (b) NaOH (15%); (c) HCl (5%); (d) HCl (15%)

在研究中发现,所用溶液为低碱性时,快速凝固材料交流阻抗半径明显的更小,也就是说,在该溶液环境下,该材料耐腐蚀性能较弱,若在铸态材料基础上进行快速凝固会降低材料的耐腐蚀性能。所用溶液为低酸性时,快速凝固材料交流阻抗半径明显的更大,也就是说,在该溶液环境下,该材料耐腐蚀性能较强,对于铸态材料来说,给予快速凝固,能够增强材料的耐腐蚀能力,见图2。也就是说,对于快速凝固材料来说,将其放于酸性环境中,其耐腐蚀能力较强。

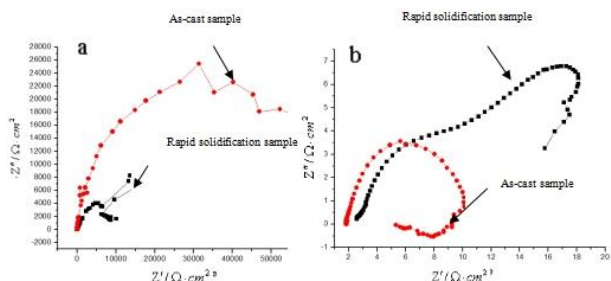


图2 铸态材料与快速凝固材料处在酸、碱溶液中的交流阻抗图

(a) NaOH (5%); (b) HCl (5%)

对金属材料的耐腐蚀性进行研究时,其影响因素比较多,尤其是晶界数量的变化,其影响比较明显;此外,腐蚀溶液也有一定影响,若该溶液中离子穿透氧化膜能力较强,其腐蚀能力就相对较强。在本次研究中观察到,运用碱性溶液进行试验时,相对与材料来说,易吸附的离子几乎没有,然而快速凝固材料仍然容易被腐蚀,这可能是受晶界数量的影响,使得材料有交多的暴露面积,减小了其抗腐蚀能力。通常来讲,酸性溶液中有材料很容易吸附的 Cl^- 离子,这会对材料表面的氧化膜造成损害,加快腐蚀。然而,对于本次研究中,发现快速凝固材料在酸性溶液中

的耐腐蚀能力却比较强。从图2中可发现,在酸性溶液中,快速凝固材料会表现出一定的钝化情况,而该情况并不会出现在铸态材料上。这表明,面对酸性环境,这两类材料的氧化膜受损程度存在差异。对两类材料特性进行分析,发现铸态材料的晶界比快速凝固材料低,出现氧化膜的概率也相对较低,且其密集程度也较稀,换句话说,快速凝固材料更易形成氧化膜,其面积更广,密度更高,耐腐蚀性更强,面对 Cl^- ,能够较好的低于其穿透。铸态材料的情况则与之相反,不容易产生氧化膜,其面积、密度等均低于快速凝固材料,不能较好地抵抗 Cl^- 穿透,耐腐蚀能力也就相对较低。

2.2 轧制对Fe-Mn-Si系形状记忆合金耐腐蚀性能的影响

本节通过电化学试验,考察研究了轧制Fe-Mn-Si系记忆合金的耐腐蚀性能,腐蚀液选用5%和15% NaOH溶液,5%和15% HCl溶液。具体情况如下文所示。

在研究过程中,轧制Fe-Mn-Si系记忆合金在酸碱环境中的极化曲线见图3。图中各类曲线均比较光滑,在增加极化电位时,会带动着极化电流增加,在这过程中,未出现钝化情况,也就是说,在本次研究期间,腐蚀过程中材料未产生钝化膜,持续处在腐蚀状态。观察腐蚀速率、腐蚀电流,发现该材料的耐腐蚀能力与溶液的浓度有关,浓度越高,其耐腐蚀能力就越弱,浓度越低,耐腐蚀能力就越强。值得一提的是,浓度一定的情况下,与HCl溶液相比,材料在NaOH溶液中的耐腐蚀能力更强。

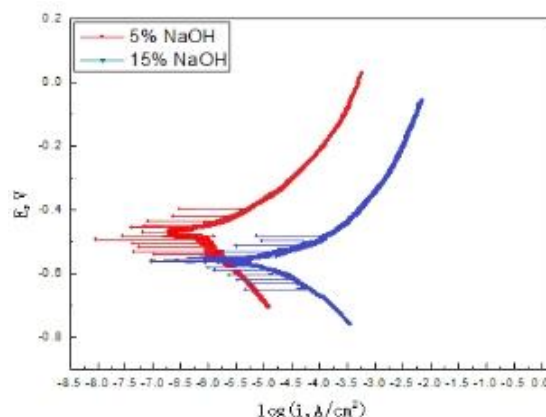


图3 轧制Fe-Mn-Si系记忆合金在酸、碱性环境中的极化曲线

通常来讲,酸性溶液中, Cl^- 离子是影响部分材料耐腐蚀性的重要因素,容易依附于材料上,对材料产生持续影响,且有较强的穿透氧化膜能力,进而表现出较强的腐蚀性。也就是说,如若溶液中存在 Cl^- 离子,就算材料有一定抗腐蚀能力的表面膜,也易被该离子穿透,给表面膜造成损坏,进而降低材料的抗腐蚀能力。从图3中观察到,不同浓度的HCl溶液中,材料未产生钝化膜,腐蚀情况未出现钝化现象,该溶液中的 Cl^- 离子能够更好地依附于材

料表面,持续产生腐蚀,溶液浓度越大, Cl^- 离子的依附能力越强,材料的耐腐蚀能力就越弱。

在NaOH溶液中,未出现依附性强的离子(类似于 Cl^- 离子),故NaOH溶液对材料的腐蚀性相对较弱,材料在该环境中具有较强的耐腐蚀能力。

3 结论

(1)快速凝固材料在HCl溶液中的耐腐蚀性能相对较好,NaOH溶液中的耐腐蚀性能相对较差。

(2)轧制状态的Fe-Mn-Si系形状记忆合金在NaOH溶液中的耐腐蚀性能好于HCl溶液中的耐腐蚀性能,且在每种腐蚀液中,高浓度下的耐腐蚀性均相对较低。

[参考文献]

- [1]王莉,晁月盛.铁基块体非晶合金在NaOH溶液中的腐蚀行为[J].功能材料,2010,41(10):1849-1852.
- [2]王树涛,杨善武,高克玮,等.新型低碳贝氏体钢在含氯离子环境中的腐蚀行为和表观力学性能的变化[J].金属学报,2008,44(9):1116-1124.
- [3]王树涛,杨善武,高克玮,等.低合金耐候钢在含氯离子环境中的耐腐蚀性能[J].材料热处理学报,2008,29(4):170-175.
- [4]沈宁福,汤亚力,关绍康,等.凝固理论进展与快速凝固[J].金属学报,1996,32(3):673-684.
- [5]陈枫,苏德喜,佟运祥,等.Ni43Co7Mn41Sn9高温形状记忆合金薄带的结构和相变[J].金属学报,2013,49(8):976-980.
- [6]王世栋,沈光骏.快速凝固TiNi形状记忆合金的组织 and 结构特征[J].材料科学与工艺,1994,2(4):54-58.
- [7]杨军,邓龙江,王昕,等.快速凝固对Fe-Mn-Si系形状记忆合金组织和性能的影响[J].功能材料,2011,42(4):711-713.
- [8]李晓兰,胥冬琴,文玉华,等.热循环对Fe-Mn-Si-Cr-Ni合金形状记忆效应的影响[J].材料热处理学报,2012,33(8):1-6.
- [9]刘林林,宋春雨,林成新,等.Fe-Mn-Si不同变形条件的应力松弛特性[J].材料热处理学报,2014,35(3):40-44.
- [10]徐祖耀,江伯鸿.形状记忆材料[M].上海:上海交通大学出版社,2000.

作者简介:张楷(1985.9-),四川成都人,工程硕士,中级工程师,生产工艺及生产管理;郭芝斌(1988.4-),四川成都人,学术型硕士,生产工艺及生产管理;罗小飞(1974.3-),四川蒲江人,大学本科,工程师,通风机生产制造工艺技术;李明(1988.3-),四川简阳人,硕士,工程师,从事车间管理工作。