

# 含有 Nb、Ce 的形状记忆合金 FeMnSiCrNi 在 3.5%NaCl 溶液中的空蚀行为

龙霓东<sup>1</sup>, 朱金华<sup>2</sup>

(1. 空军工程大学, 陕西 西安 710038)

(2. 西安交通大学, 陕西 西安 710049)

**摘要:** 利用超声波振动仪研究形状记忆合金 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 在 3.5%NaCl 溶液中的空蚀行为, 并探讨合金在 3.5%NaCl 溶液中处于静态和空蚀情形下的自腐蚀电位和极化曲线。结果表明, Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金在 3.5%NaCl 溶液中呈现优异的抗空蚀性能, 空蚀率为 0.37 mg/h。空化能使 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金的自腐蚀电位变负, 变化量为 -65 mV。在静态和空化两种条件下, Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金在 3.5%NaCl 溶液中的自腐蚀电流密度都很低, 因此合金具有优异的抗腐蚀性能, 其纯腐蚀率和力学效应诱导的腐蚀率仅占空蚀率的 2.24%。

**关键词:** 空蚀; 交互作用; 形状记忆合金 FeMnSiCrNiNbCe; 自腐蚀电位; 自腐蚀电流密度

**中图分类号:** TG172.9; TG139<sup>+</sup>.6

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-185X(2009)07-1169-05

空蚀是由于液体压力变化引起空泡溃灭形成冲击波或微射流而造成的材料表面破坏<sup>[1]</sup>。空蚀主要发生在过流部件上, 如船用螺旋桨、水轮机叶片、水泵叶片等。这些过流部件有的在淡水中工作, 有的在腐蚀液体中工作, 所以研究材料的空蚀性能时还要考虑腐蚀的作用。通常认为, 空蚀主要是由力学作用引起, 腐蚀和热效应起一定的辅助作用<sup>[2,3]</sup>。但在特定的液体-材料组合中, 腐蚀效应非常明显, 当腐蚀与力学作用相互促进时, 会增加材料的空蚀破坏程度<sup>[4]</sup>。研究表明<sup>[5,6]</sup>, 铸铁在 3%NaCl 溶液中空蚀, 因腐蚀诱发的空蚀损伤可高达 90%。低碳钢 1050 在 3.5%NaCl 溶液中空蚀, 纯力学效应与腐蚀的交互作用占空蚀率的 66%, 而抗蚀性很好的铜合金及不锈钢 316L、304 在 3.5%NaCl 溶液中的空蚀几乎不受腐蚀的影响。因此在海水中工作的船用螺旋桨或在腐蚀性液体中工作的水轮机过流部件, 必须选用耐腐蚀且具有良好抗空蚀性能的材料。

低层错能铁基形状记忆合金在淡水中的抗空蚀性能明显优于水轮机常用材料 0Cr13Ni5Mo 马氏体不锈钢和船用螺旋桨常用材料 ZCuAl8Mn14Fe3Ni<sup>[7,8]</sup>。其优异的抗空蚀性能归因于应力诱发  $\epsilon$  马氏体相变以及良好的弹性变形能力。但 FeMnSiCrNi 铁基形状记忆合金在腐蚀液体中的空蚀抗力较差。为了在腐蚀液体中能够充分利用铁基形状记忆合金在纯力学作用下表

现出来的优异抗空蚀性能, 必须提高合金的抗腐蚀性, 为此将适量合金元素 Nb、Ce 加入到 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 形状记忆合金中, 希望能提高合金的耐蚀性, 进而提高合金在腐蚀液体中的空蚀抗力。

## 1 材料及方法

试验材料选用低层错能铁基形状记忆合金 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce (1#合金), 并选用 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni (2#合金) 作为对比材料。两种合金都经 1050 °C 保温 1 h 水冷固溶处理+760 °C 保温 2 h 空冷时效处理, 所得组织如图 1 所示。Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金为奥氏体加 NbC 组织, Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金为奥氏体组织, 其奥氏体晶粒比 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金粗大。空蚀试验采用 ACQ-600 压电换能超声波发生仪, 振动频率为 20 kHz, 液体介质分别为蒸馏水和 3.5%NaCl 溶液, 空蚀时间为 20 h, 每空蚀 2 h 称重一次。采用感量为 0.1 mg 的电子天平称重, 绘出合金空蚀累积失重及空蚀累积失重率与空蚀时间的关系曲线。

利用美国 PAR 公司生产的 Potentiostat/Galvanostat M273A 电化学恒电位仪分别测量 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 两种形状记忆合金在 3.5%NaCl 溶液中处于静态和空蚀情形下的自腐蚀电位和极化曲线。

收到初稿日期: 2008-08-15; 收到修改稿日期: 2008-11-13

作者简介: 龙霓东, 女, 1963 年生, 博士, 副教授, 空军工程大学工程学院, 陕西 西安 710038, 电话: 029-84787507, E-mail: longnd@163.com

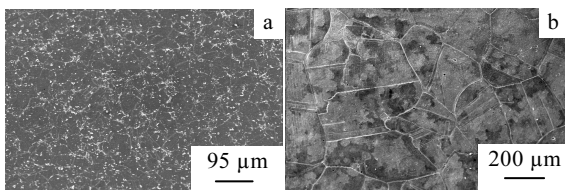


图 1 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce (a)和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni (b)合金的显微组织

Fig.1 Microstructures of Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce alloy (a) and Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni alloy (b)

## 2 结果与分析

将 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 两种形状记忆合金在蒸馏水和 3.5%NaCl 溶液中的空蚀累积失重与空蚀时间的关系曲线绘于图 2。可见，两种合金在 3.5%NaCl 溶液的累积失重都高于在蒸馏水中的累积失重，但变化特点不同。Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金在蒸馏水和 3.5%NaCl 溶液中的累积失重都增加十分缓慢，经过 20 h 空蚀后，累积失重分别为 4.6 和 7.2 mg，后者仅为前者的 1.6 倍。而 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在 3.5%NaCl 溶液中的累积失重增加非常快，经过 20 h 空蚀后，累积失重达到 25.9 mg，是在蒸馏水中空蚀的 3.8 倍。值得注意的是 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 在 3.5%NaCl 溶液中的失重仅略高于 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 在蒸馏水中的失重。Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 形状记忆合金在蒸馏水和 3.5%NaCl 溶液中的 20 h 空蚀累积失重率与空蚀时间的关系曲线见图 3。从中可以看到 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金在蒸馏水和在 3.5%NaCl 溶液中的空蚀率都很低，分别为 0.23 和 0.37 mg·h<sup>-1</sup>，后者为前者的 1.6 倍；Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在蒸馏水和在 3.5%NaCl 溶液中的空蚀率分别为 0.35 和 1.31 mg·h<sup>-1</sup>，后者为前者的 3.7 倍。用空蚀率的倒数表示材料的空蚀抗力，Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在蒸馏水中的空蚀抗力分别为 4.35 和 2.86 h·mg<sup>-1</sup>，在 3.5%NaCl 溶液中的空蚀抗力分别为 2.70 和 0.76 h·mg<sup>-1</sup>。可见，Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金在 3.5%NaCl 溶液中的空蚀抗力与其在蒸馏水中的空蚀抗力相比有所下降，但与 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在 3.5%NaCl 溶液中的空蚀性能相比，Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金呈现优异的抗空蚀性能。

Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-

5Ni 合金在 3.5%NaCl 溶液中的空蚀抗力低于在蒸馏水中的空蚀抗力，说明合金在 3.5%NaCl 溶液中的腐蚀对空蚀性能有影响。为了研究 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在 3.5%NaCl 溶液中空化时的腐蚀行为，测定了两种合金的自腐蚀电位。图 4 为在不同的时间段进行超声空化和保持静态时两种合金在 3.5%NaCl 溶液中的自腐蚀电位随时间的变化曲线。

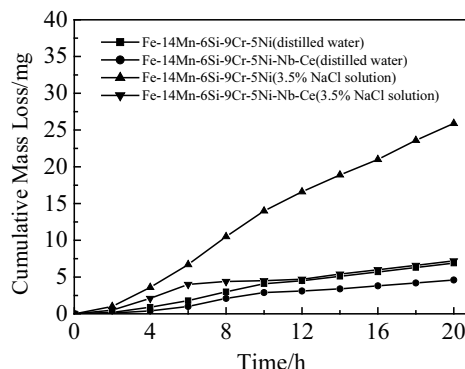


图 2 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金分别在蒸馏水和 3.5%NaCl 溶液中的累积失重与空蚀时间的关系曲线

Fig.2 Cumulative mass loss versus cavitation erosion time for Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce and Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni alloys in distilled water and 3.5% NaCl solution

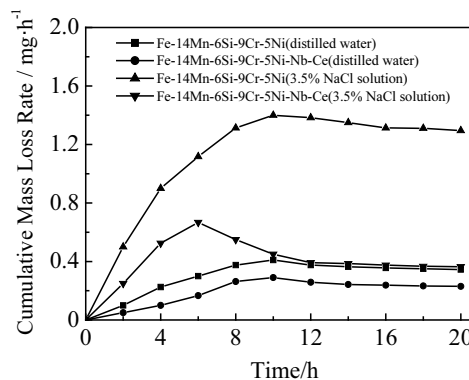


图 3 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金分别在蒸馏水和 3.5%NaCl 溶液中的累积失重率与空蚀时间的关系曲线

Fig.3 Cumulative mass loss rate versus cavitation erosion time for Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce and Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni alloys in distilled water and 3.5% NaCl solution

从图 4 可以看出，在空化条件下，Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce/NaCl 体系和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-

5Ni/ NaCl 体系的自腐蚀电位变化趋势不同, 变化程度也不同, 前者变负, 改变量  $\Delta E_{\text{corr}}$  较小, 为  $-65 \text{ mV}$ ; 后者变正, 改变量  $\Delta E_{\text{corr}}$  较大, 为  $142 \text{ mV}$ 。在每个空化停止后的静态阶段, 前者的自腐蚀电位的正移复位较快, 曲线呈矩形; 后者的自腐蚀电位回落较慢, 数值逐渐变负。

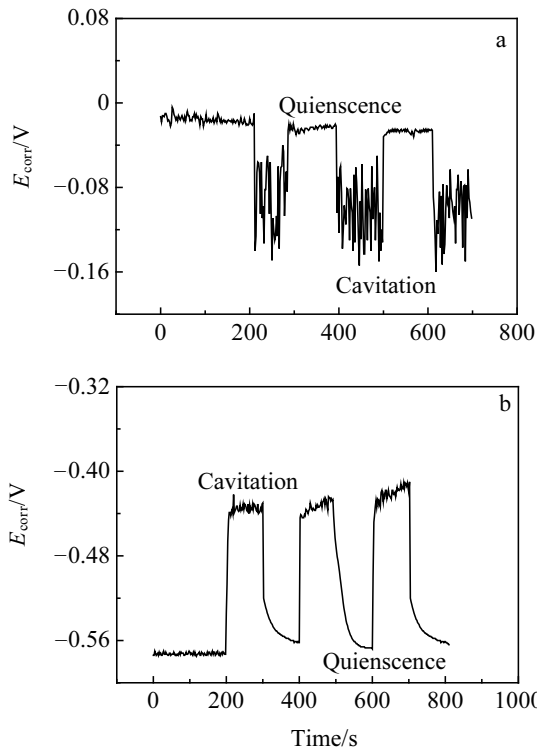


图 4 间歇空化条件下 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce (a) 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni (b) 合金在 3.5%NaCl 溶液中自腐蚀电位随时间变化关系曲线

Fig.4 Free corrosion potential against time for Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce (a) and Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni (b) in 3.5% NaCl solution under quiescent and cavitating condition

对于 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce/ NaCl 体系, 空化使 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 表面形成的钝化膜局部发生破坏, 阳极溶解加速, 阳极氧化成为腐蚀电极反应的控制步, 导致自腐蚀电位变负。因为空化对 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 表面钝化膜破坏程度较小, 停止空化后, 自腐蚀电位迅速复位。对于 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni/ NaCl 体系, 由于空化加快了氧气传质过程, 使双电层减薄, 电场强度增大, 氧分子阴极放电能力提高, 从而加速了阴极还原过程, 导致自腐蚀电位变正<sup>[9]</sup>。因为合金表面的钝化膜在空化过程中破坏严重, 停止空化后, 合金表面缓慢形成钝化

膜, 致使自腐蚀电位逐渐降低。

与 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 相比, Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 的自腐蚀电位变化幅度较小, 停止空化后, 自腐蚀电位复位较快, 所以其钝化膜较为致密, 附着力较强, 在空化过程中破坏程度较小, 致使 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 在 3.5%NaCl 溶液中呈现较高的抗腐蚀性能和抗空蚀性能。

空化引起 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce/ NaCl 体系和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni/ NaCl 体系自腐蚀电位变负或变正, 可以用图 5 的腐蚀极化图<sup>[9]</sup>来进行分析。如果空化优先促进阴极还原, 阴极的 Tafel 斜率增大, 就会导致自腐蚀电位向正变化。如果空化优先促进阳极氧化, 阳极 Tafel 斜率减小, 就会导致自腐蚀电位向负变化。值得注意的是, 当自腐蚀电位变正或变负时, 自腐蚀电流密度都从  $i_{\text{corr}}$  增大到  $i'_{\text{corr}}$ 。

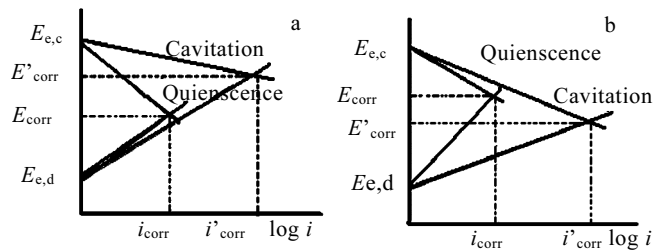


图 5 空化影响阴极还原(a)和阳极氧化(b)的极化图

Fig.5 Polarisation curves with cavitation affecting cathode reduction (a) and anode oxidation (b)

为确定自腐蚀电流密度的具体数值, 测绘了静态和空化条件下两种合金的极化曲线, 如图 6 所示。Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在静态条件下的自腐蚀电流密度分别为  $8.03 \times 10^{-7}$  和  $9.42 \times 10^{-5} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ ; 在空化条件下的自腐蚀电流密度分别为  $2.2 \times 10^{-5}$  和  $1.43 \times 10^{-3} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。两种合金在空化条件下的自腐蚀电流密度都高于静态条件下的自腐蚀电流密度, 因此在空化条件下两种合金的腐蚀速率提高。

比较两种合金, 发现在静态和空化两种条件下 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金的自腐蚀电流密度都比 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金低 2 个数量级, 而且 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金在空化条件下自腐蚀电流密度与 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在静态下的自腐蚀电流密度具有相同的数量级, 因此, 即使空化对腐蚀有加速作用, Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 在 3.5%NaCl 溶液中仍然具有优异的抗腐蚀性能, 这与分析图 4 所得到的结论相同。

合金在腐蚀性液体中的空蚀包括空泡溃灭产生的纯力学作用、电化学腐蚀作用、纯力学作用与电化学腐蚀的交互作用。将交互作用又分为纯腐蚀诱发力学作用和纯力学作用诱发腐蚀两部分，所以空蚀速率  $T$  可以表达为：

$$T = E + C + S_{CE} + S_{EC} \quad (1)$$

式中： $E$  为合金在纯力学作用下的空蚀速率，即合金在蒸馏水中的空蚀率； $C$  为合金在腐蚀液体中的腐蚀速率； $S_{CE}$  是电化学腐蚀诱发力学效应产生的失重率； $S_{EC}$  是纯力学效应诱发产生的腐蚀率。 $S_{CE}$  与  $S_{EC}$  之和  $S$  就是力学效应与腐蚀效应交互作用产生的失重率。

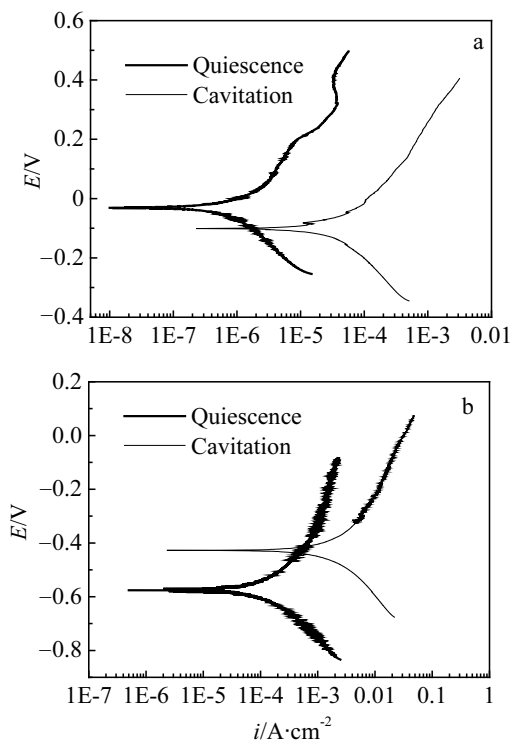


图 6 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce (a), Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni (b) 合金在 3.5%NaCl 溶液中静态和空化条件下的极化曲线

Fig.6 Polarisation curves of Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce (a) and Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni (b) alloys in 3.5% NaCl solution under quiescent and cavitating condition

静态条件下和空化条件下的电化学腐蚀率  $C$  和  $S_{EC}$  可以用法拉第定律计算出的腐蚀量除以腐蚀时间得到。将所测得的和计算得到的 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在 3.5%NaCl 溶液中的  $T$ 、 $E$ 、 $C$ 、 $S_{CE}$ 、 $S_{EC}$  值及  $E$ 、 $C$ 、 $S_{CE}$ 、 $S_{EC}$  在空蚀率  $T$  中所占的比例分别列于表 1 和表 2。据表 1 和表 2 知，Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金(1#)的  $E$ 、

$C$ 、 $S_{CE}$ 、 $S_{EC}$  值均低于 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金(2#)。对于 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金，纯腐蚀率和纯力学效应诱发的腐蚀率之和仅占总空蚀率的 2.24%，纯力学作用和纯腐蚀诱发的力学作用之和占到总空蚀率的 97.76%；对于 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金，纯腐蚀率和纯力学效应诱发的腐蚀率之和占总空蚀率的 39.69%，纯力学作用和纯腐蚀诱发的力学作用之和占总空蚀率的 60.31%。因此两种合金空蚀时的力学效应都大于腐蚀效应，这也证实了空蚀过程中以力学作用为主，腐蚀效应为辅的结论<sup>[2, 3]</sup>。

表 1 在 3.5%NaCl 溶液中，合金的  $T$ 、 $E$ 、 $C$ 、 $S_{CE}$ 、 $S_{EC}$  值  
Table 1  $T$ ,  $E$ ,  $C$ ,  $S_{CE}$ ,  $S_{EC}$  of the alloys in 3.5% NaCl solution

Alloys	$C/\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}$	$E/\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}$	$S_{EC}/\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}$	$S_{CE}/\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}$	$T/\text{mg}\cdot\text{h}^{-1}$
1#	0.0003	0.23	0.008	0.13	0.37
2#	0.03	0.35	0.49	0.44	1.31

表 2 合金在 3.5%NaCl 溶液中，纯力学作用下的空蚀率  $E$ 、腐蚀率  $C$  以及纯力学作用与腐蚀的交互作用  $S_{CE}$ 、 $S_{EC}$  在总空蚀率  $T$  中所占的比例

Table 2 Contribution of erosion ( $E$ ), corrosion ( $C$ ), interaction between corrosion and erosion ( $S_{CE}$ ,  $S_{EC}$ ) to the overall cavitation of the alloys in 3.5% NaCl solution (%)

Alloys	$C/T$	$E/T$	$S_{EC}/T$	$S_{CE}/T$
1#	0.08	62.16	2.16	35.14
2#	2.29	26.72	37.40	33.59

与 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金相比，Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金由于含有 Nb、Ce 等元素，表面能形成致密的钝化膜，在 3.5%NaCl 溶液中无论处于空化还是静态条件下都具有优异的抗腐蚀性能，空蚀时腐蚀效应极弱，在总空蚀率中所占比例不足 3%，因此在耐腐蚀的条件下，对该合金的空蚀性能起决定性作用是其抗力学作用的能力。由图 3 和表 1 知，Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金在蒸馏水中空蚀时呈现极高的抗纯力学作用的能力，所以在 3.5%NaCl 溶液中也会呈现优异的抗空蚀性能。显然，在腐蚀性液体中，腐蚀对具有良好耐蚀性的材料的空蚀行为影响较小。

可见，加入适量的 Nb、Ce 等元素，可以改善 FeMnSiCrNi 形状记忆合金在腐蚀性液体 3.5%NaCl 溶液中的抗腐蚀性能和抗空蚀性能，扩大其使用范围，使其同时具有制作在淡水中和腐蚀性液体中工作的水

轮机、水泵过流部件的潜力。

### 3 结 论

1) 低层错能铁基形状记忆合金 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 在蒸馏水中和在 3.5%NaCl 溶液中都具有优异的抗空蚀性能, 空蚀率分别为 0.23 和 0.37 mg/h, 远低于 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在相同条件下的空蚀率。

2) 通过对铁基形状记忆合金 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 和 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 在 3.5%NaCl 溶液中的自腐蚀电位和极化曲线的测定, 证明空蚀既可以优先促进阳极氧化, 导致自腐蚀电位变负, 也可以优先促进阴极还原, 导致自腐蚀电位变正。在两种情形下, 自腐蚀电流密度都增大, 都会加速合金的电化学腐蚀过程。

3) 由于含有 Nb、Ce 等元素, Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金在空化条件下的自腐蚀电流密度 ( $2.2 \times 10^{-5} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) 与 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni 合金在静态条件下的自腐蚀电流密度 ( $9.42 \times 10^{-5} \text{ A} \cdot \text{cm}^{-2}$ ) 具有相同的数量级, 因此 Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce 合金在空化条件下具有优异的抗腐蚀性能, 它在 3.5%NaCl 溶液中空蚀时的纯腐蚀率和纯力学效应诱发的腐蚀率之和仅占总空蚀率的 2.24%。

#### 参考文献 References

- [1] Li Shizhuo(李诗卓), Dong Xianglin(董祥林). *Erosion-Wear and Fretting of Materials*(材料的冲蚀磨损与微动磨损)[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 1987
- [2] Sun Shou(孙 寿). *Cavitation Erosion and Its Prevention of Water Pump*(水泵汽蚀及其防治)[M]. Beijing: Water Resources and Electric Power Press, 1989
- [3] Hammit F G. *Cavitation and Multiphase flow Phenomena*[M]. New York: McGraw-Hill, 1980
- [4] Vyas B, Hannson I L H. *Corrosion Science*[J], 1990, 30(8~9): 761
- [5] Tomlinson W J, Talks M G. *Tribology International*[J], 1991, 24(2): 67
- [6] Kwok C T, Cheng F T, Man H C. *Materials Science and Engineering A*[J], 2000, 290: 145
- [7] Long N D, Zhu J H. *Materials Science and Technology*[J], 2003, 19: 1733
- [8] Long Nidong(龙霓东), Zhu Jinhua(朱金华). *Rare Metal Materials and Engineering*(稀有金属材料与工程)[J], 2004, 33(8): 852
- [9] Wang Baocheng(王保成). *Cavitation Erosion and Electrochemical Corrosion Behavior of Metals under the Conditions of Ultrasonic Cavitation*(金属在超声空化条件下的空蚀与电化学腐蚀行为)[D]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University, 2007

## Cavitation Behavior of Shape Memory Alloy FeMnSiCrNi Containing Nb, Ce in 3.5% NaCl Solution

Long Nidong<sup>1</sup>, Zhu Jinhua<sup>2</sup>

(1. Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

(2. Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** The cavitation erosion of shape memory alloy Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce in 3.5% NaCl solution was investigated by using an ultrasonic vibratory apparatus. Free corrosion potential and polarisation curves of the alloy in 3.5% NaCl solution under quiescent and cavitating condition were studied. The results show that Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce alloy has excellent cavitation erosion resistance in 3.5% NaCl solution, cavitation erosion rate is 0.37 mg/h. Cavitation can shift free corrosion potential of the alloy in the active direction for about -65 mV. Corrosion current of Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce alloy is very low in 3.5% NaCl solution under quiescent and cavitating condition, therefore, Fe-14Mn-6Si-9Cr-5Ni-Nb-Ce alloy shows high corrosion resistance. The relative contribution of electrochemical corrosion rate and pure mechanical erosion-induced corrosion rate to the overall cavitation erosion only amounts to 2.24%.

**Key words:** cavitation erosion; synergism; FeMnSiCrNiNbCe shape memory alloy; free corrosion potential; corrosion current

Biography: Long Nidong, Ph.D., Associate Professor., The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, P. R. China, Tel: 0086-29-84787507, E-mail: longnd@163.com