

# Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 块体非晶合金在 HCl 溶液中的腐蚀行为

王 莉<sup>1,3</sup>, 范洪波<sup>2</sup>, 李 敬<sup>2</sup>, 郑 伟<sup>1</sup>, 晁月盛<sup>1</sup>, 沈 军<sup>2</sup>

(1. 东北大学, 辽宁 沈阳 110004)

(2. 哈尔滨工业大学, 黑龙江 哈尔滨 150001)

(3. 辽宁石油化工大学, 辽宁 抚顺 113001)

**摘 要:** 采用电化学极化曲线和电化学阻抗(EIS)测试方法研究 Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 块体非晶合金在 0.5, 1, 2 以及 4 mol/L HCl 溶液中的腐蚀行为, 并比较了 1 mol/L HCl 溶液中非晶合金和不锈钢的腐蚀行为。极化曲线测试结果表明, Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 块体非晶合金在各种浓度的 HCl 溶液中都具有很好的耐蚀性, 阳极极化曲线表现出明显的钝化特征。随着 HCl 溶液浓度的增大, 其耐蚀性能逐渐下降。在 1 mol/L HCl 溶液中, 非晶合金的自腐蚀电位高于不锈钢, 自腐蚀电流密度比不锈钢小 1 个数量级。EIS 结果显示, 在开路电位下, Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金和不锈钢的 Nyquist 图均由单一的容抗弧构成, 但非晶合金的电化学转移电阻  $R_t$  比不锈钢的大 2 个数量级, 这一结果与极化曲线结果一致, 说明非晶合金在 HCl 溶液中的耐蚀性能优于不锈钢。

**关键词:** 铁基块体非晶合金; 电化学; 腐蚀行为

中图分类号: TG139<sup>+</sup>.8; TG172

文献标识码: A

文章编号: 1002-185X(2009)11-1992-05

自 1967 年美国 Duwez<sup>[1]</sup> 教授率先成功开发出具有软磁性能的 Fe-P-C 非晶薄带以来, 非晶合金的研究取得了巨大进展。但由于受到形成能力的限制, 非晶合金多以薄带、薄片、细丝或粉末的形式存在, 许多优异的性能在实际应用中得不到充分发挥。所以, 寻求具有强非晶形成能力, 直接从液相获取大块非晶合金一直是人们追求的目标。迄今为止, 人们已经对: Fe-Al-Ga-P-C-B<sup>[2]</sup>, Fe-(Zr,Nb,Hf)-(Mo,W)-B<sup>[3]</sup>, Fe-(Cr,Mo)-Ga-P-(C,B)<sup>[4]</sup>, Fe-Si-B-(Zr,Nb)<sup>[5,6]</sup>, Fe-Ni-B-P<sup>[7]</sup> 等铁基块体非晶合金的形成能力、性能等进行了研究。其中具有优异耐腐蚀性能的铁基块体非晶合金更引起了人们广泛的兴趣。一些非晶合金显示了非常高的耐腐蚀性能, 甚至在比较恶劣的环境中(例如高浓度的盐酸和磷酸), 大多数常规的晶态材料都会被严重腐蚀, 而非晶合金由于其不具有晶态合金的缺陷, 在化学反应的作用下形成高富集钝化作用元素的钝化膜<sup>[8]</sup>, 增加了耐蚀性能。近年来随着大量块体非晶合金体系的不断发现, 非晶态合金在工程结构材料方面的应用价值日益凸现出来, 而耐腐蚀性则是工程结构材料的重要评价指标之一。Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub><sup>[9]</sup> 是迄今为止非晶形成能力最大的铁基合金, 对于它的性能研究

将对实际应用具有指导意义。本实验在制备出 Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 块体非晶合金的基础上, 详细研究了非晶合金的电化学腐蚀性能。

## 1 实 验

本研究制备的块体非晶合金所用原材料分别为工业纯铁、工业纯度的 FeB(B 含量 20.5at%) 中间合金、电解法制备的纯 Co 以及高纯度的 Cr、Mo、C、Y。除了工业纯铁和 FeB 中间合金的纯度为 99% 以外, 其余化学元素的纯度都在 99.9% 以上, 在 Ti 除氧和高纯氩气保护下, 经电弧反复熔炼制成母合金, 再利用铜模铸造方法获得直径为 5 mm 的非晶合金棒。其名义组分为 Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub>(at%)。实验所用的不锈钢成分为 1Cr18Ni9Ti。电化学试样利用电火花线切割加工而成。依次用 400#~1200# 耐水砂纸逐级打磨成工作面积为  $\phi=5$  mm 的圆面, 抛光, 丙酮除油后再用乙醇清洗, 最后用蒸馏水反复冲洗干净, 吹干后待用。采用日本理学 D/max-rA 型 X 射线衍射(XRD) 仪确认样品的非晶态结构。

电化学实验采用三电极体系, 参比电极为饱和甘汞电极(SCE), 所有电位都是相对于 SCE 的, 辅助电

收稿日期: 2008-10-26

作者简介: 王 莉, 女, 1977 年生, 博士研究生, 东北大学理学院。E-mail: lilydongdong@126.com; 通讯联系人: 沈 军, 教授, 博士生导师, 电话: 0451-86403196。E-mail: junshen@hit.edu.cn

极为铂片。极化曲线及交流阻抗测试均采用 CHI660B 电化学工作站。极化曲线测试的扫描速率为 5 mV/s, 交流阻抗测试(EIS)的交流正弦激励信号幅值为 5 mV, 测试频率范围为 0.01~10000 Hz。实验所用的 HCl 为分析纯试剂, 溶液用一次蒸馏水配制, 所有实验均在室温下进行, 溶液未经除氧处理。应用日本 HITACHI 公司的 S-4800 型扫描电子显微镜(SEM)观察试样表面的腐蚀形貌, 并用 Physical Electronics PHI 5700 ESCA System X 射线光电子谱仪(XPS)分析钝化膜成分。

## 2 结果与讨论

### 2.1 非晶态结构的表征

图 1 为 Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金 5 mm 样品的 XRD 谱线。从中可以看出, 试样的 XRD 图谱为典型的非晶漫散峰, 没有发现明显的晶体衍射峰, 表明试样为完全非晶态。

### 2.2 极化曲线分析

#### 2.2.1 不同浓度盐酸溶液中的极化曲线

图 2 是 Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金在不同浓度的 HCl 溶液中的极化曲线。由图可见, 非晶合金在不同浓度的 HCl 溶液中的极化曲线形状相似。在所研究的盐酸浓度范围内各条曲线都存在钝化现象, 并且都出现了很宽的钝化区。这是因为在腐蚀的初期, 非晶合金中具有钝化能力的元素快速形成钝化膜, 阻止阳极溶解。在不同浓度的 HCl 溶液中, Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金的自腐蚀电位和自腐蚀电流密度有所变化, 总的趋势是随着 HCl 溶液浓度的增大自腐蚀电位降低, 同时自腐蚀电流密度逐渐增大。说明随着 HCl 溶液浓度的增大, 非晶合金的耐腐蚀能力下降。盐酸浓度从 0.5 mol/L 增大到 4 mol/L 的每条极化曲线, 都出现了活性溶解-钝化膜形成-钝化膜被破坏的现象, 可见非晶合金在不同浓度的 HCl

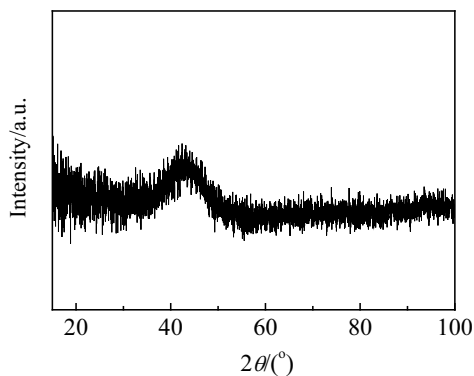


图 1 Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金的 X 射线衍射图谱  
Fig.1 XRD pattern of Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> amorphous alloy

溶液中的腐蚀机制相似。图中每条极化曲线的点蚀电位和自腐蚀电位之间都存在很大的范围, 这意味着非晶合金在不同浓度的盐酸溶液中都有很高的抗点蚀能力<sup>[10]</sup>。

表 1 列出了非晶合金在不同浓度 HCl 溶液中的极化曲线拟合结果。由表中的拟合数据可见, 在盐酸浓度从 0.5 mol/L 增大到 4 mol/L 的过程中, 自腐蚀电位随着盐酸浓度的增大而逐渐减小, 而自腐蚀电流密度和维钝电流密度基本上都随着盐酸浓度的增加而逐渐增大, 这些都说明随着盐酸溶液浓度的增加, 非晶合金的耐腐蚀性在逐渐变差。而随着盐酸浓度的增加, 非晶合金的点蚀电位变化不大, 数据都在 0.9~1.0 V 之间。点蚀电位在一定程度上能够反映出钝化膜被破坏的难易程度。点蚀电位变化不大说明在不同浓度盐酸溶液中钝化膜被破坏的难易程度相近, 并不因盐酸溶液浓度不同而出现较大的差异。

从宏观上观察, 极化曲线测试后, 所有非晶样品表面仍保持“金属玻璃”所特有的光亮状态, 未出现任何肉眼可观察到的局部腐蚀。

#### 2.2.2 1 mol/L 盐酸中非晶合金与不锈钢极化曲线的比较

图 3 为 Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金和不锈钢在 1 mol/L 盐酸溶液中的极化曲线。由图可见, 不

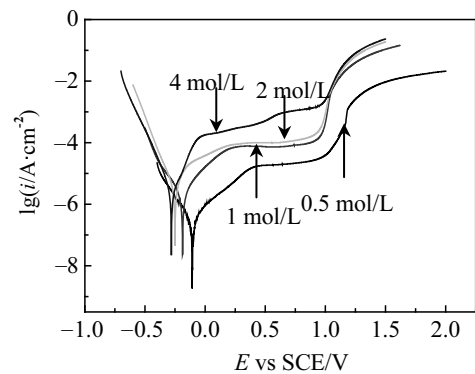


图 2 非晶合金在不同浓度 HCl 溶液中的极化曲线  
Fig.2 Polarization curves of amorphous alloy in different concentration HCl solutions

表 1 非晶合金在不同浓度 HCl 溶液中的极化曲线拟合结果  
Table 1 Fitted results of polarization curves for amorphous alloy in different concentration HCl solutions

C (HCl) /mol·L <sup>-1</sup>	E <sub>corr</sub> /V	I <sub>corr</sub> /μA·cm <sup>3</sup>	I <sub>main</sub> /μA·cm <sup>3</sup>	E <sub>Pit</sub> /V
0.5	-0.108	0.45	20.5	0.98
1	-0.188	2.46	77.0	0.92
2	-0.250	4.40	91.4	0.90
4	-0.280	2.54	477.0	0.94

锈钢的自腐蚀电位为  $-0.403\text{ V}$ ，自腐蚀电流为  $1.377 \times 10^{-5}\text{ A}$ 。而非晶合金的自腐蚀电位为  $-0.188\text{ V}$ ，比不锈钢要高，自腐蚀电流为  $2.46 \times 10^{-6}\text{ A}$ ，比不锈钢的小 1 个数量级，且极化曲线有明显的钝化区，因此可见非晶合金的耐腐蚀性远远高于不锈钢。其它浓度的极化曲线中两者的比较也出现相似的情况，其原因可以从成分和结构两方面考虑。首先从成分上，非晶合金和不锈钢中都含有 Cr 元素。Cr 是可自钝化的元素，含有易钝化元素的非晶合金，因其表面易形成均匀、单相的钝化膜而使其耐蚀性能较高，尤其是耐局部腐蚀。Cr 的存在可以提高 Fe 基非晶合金的耐蚀性能。对于 Fe 基非晶合金，其组成组元中是否含有 Cr 以及 Cr 元素含量的多少，都会对其耐蚀性产生极大影响<sup>[11]</sup>。Cr 对于非晶合金耐蚀性能提高的机制，比较易于接受的有快速成膜理论和膜均匀性理论<sup>[12]</sup>。对于含 Cr 的 Fe 基非晶合金来说，在腐蚀介质中 Fe 首先快速溶解，同时 Cr 快速富集，可自钝化的元素 Cr 在非晶合金表面可自行钝化成膜，由于钝化膜的快速形成，抵制  $\text{Cl}^-$  的侵蚀，提高非晶合金的耐蚀性能。对于不锈钢，其中不但含有自钝化能力非常强的元素 Ti，而且还含有大量的 Cr 元素，并且 Cr 元素的含量达到了 18%，比非晶合金的 15% 还要高，但是对于不锈钢来讲，在抵抗一些含  $\text{Cl}^-$  和  $\text{F}^-$  的酸性氯化物的腐蚀时，Cr 元素的含量必须大于 25% 才更为有效<sup>[13]</sup>。另外，对于一种材料的腐蚀行为而言，结构的影响也非常重要。与晶态材料相比，非晶合金的结构是单相无定形结构，没有像晶态合金那样的结构缺陷，而这些缺陷，例如晶界，孪晶，晶格缺陷，层错，位错往往是最先发生腐蚀的地方。快冷的制备方法使非晶合金内部原子在凝固过程中来不及扩散，因此也没有晶体材料那样的析出物和其它成分起伏<sup>[14]</sup>。不锈钢中虽然也含有大量的钝化性的元素，但由于不具备非晶合金那样的均匀结构，因此它的耐蚀性比非晶合金要差许多。

### 2.3 腐蚀形貌的比较及钝化膜成分的确定

#### 2.3.1 非晶合金在不同浓度 HCl 溶液中的腐蚀形貌

图 4 为  $\text{Fe}_{41}\text{Co}_7\text{Cr}_{15}\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6\text{Y}_2$  非晶合金分别在不同浓度盐酸溶液中极化曲线测量后的腐蚀形貌。由 SEM 观察到的腐蚀形貌可见，非晶合金在不同浓度的 HCl 溶液中的腐蚀均为均匀腐蚀，都呈现出许多大小相近的点蚀坑，并且 HCl 溶液浓度从 0.5 mol/L 增加到 4 mol/L 过程中，腐蚀坑由小变大，并且随着溶液浓度的增大，小的腐蚀坑由于长大而相互连接成更大的腐蚀坑。

XPS 结果显示，非晶合金的基体表面钝化膜中主要含有  $\text{Cr}^{3+}$ ， $\text{Mo}^{4+}$ ， $\text{Mo}^{6+}$  所形成的碱性氧化物，还有

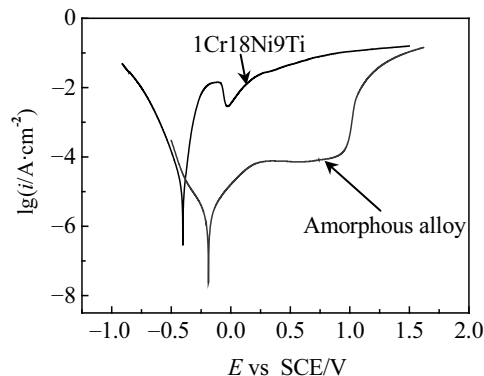


图 3 非晶合金和不锈钢在 1 mol/L 盐酸中的极化曲线  
Fig.3 Polarization curves for amorphous alloy and stainless steel in 1 mol/L HCl solution

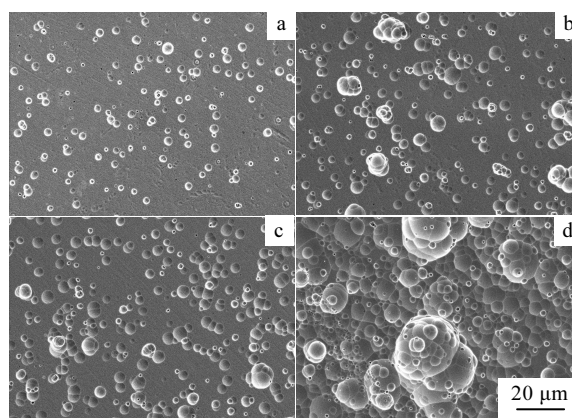


图 4 非晶合金在 HCl 溶液中的腐蚀形貌  
Fig.4 Corroded morphologies of the amorphous alloy in HCl solutions: (a) 0.5 mol/L, (b) 1 mol/L, (c) 2 mol/L, and (d) 4 mol/L

少量的 Cr。钝化膜中的  $\text{Cr}^{3+}$  是 Cr 元素存在的主要状态，Mo 在 Cr 的活化区发生钝化，形成了  $\text{Mo}^{4+}$  的碱性氧化物膜<sup>[15]</sup>， $\text{Mo}^{4+}$  在合金中并不能与 Cr 形成双相氧化物<sup>[16]</sup>，而且  $\text{Mo}^{4+}$  的氧化物通常存在于钝化膜的内层，在开路电位下  $\text{Mo}^{4+}$  并不能被氧化成  $\text{Mo}^{6+}$ ，而一定以  $\text{Mo}^{4+}$  存在。但是由于外层的 Cr 所形成的氢氧化膜不够厚，所以内层的  $\text{Mo}^{4+}$  在自钝化后又被空气氧化成了  $\text{Mo}^{6+}$ 。对于钝化膜中所存在的少量的 Cr，可能是被合金中活性强的某种或某几种元素在溶解过程中载带下来的，还可能由于钝化膜的厚度比仪器所探测的深度小所致。在腐蚀坑中 Fe 元素含量明显减少，Y 元素稍微减少，Mo 元素含量相对增多，其他元素含量基本没有发生变化。Fe 基非晶合金中含有适量的 Mo 可以增强其耐腐蚀性能<sup>[17]</sup>。Mo 是一种能够提高材料抗点蚀能力的元素，但仅在 Cr 存在的前提下才有

效。Mo 作为钼酸盐被吸附在材料表面上或者在溶解的过程中堵塞了活性位置<sup>[18]</sup>, 从而增强了非晶合金的耐蚀性。而 Y 是一种活性元素, 在腐蚀过程中发生了溶解, 形成了 Y<sup>3+</sup> 或 Y<sup>6+</sup>, 从而使其含量减少。

### 2.3.2 1 mol/L HCl 溶液中非晶合金与不锈钢腐蚀形貌的比较

图 5 为不锈钢在 1 mol/L HCl 溶液中的腐蚀形貌。比较图 4b 及图 5 可见, 在 1 mol/L HCl 溶液中, 虽然非晶合金和不锈钢从大体形貌上看基本都属于均匀腐蚀, 但是从具体的腐蚀特点来看, 二者的腐蚀形貌有很大的差异。非晶合金呈现了明显的圆形腐蚀坑, 小的腐蚀坑相连而成为较大的腐蚀坑。不锈钢的腐蚀形貌则属于比较典型的晶间腐蚀, 呈现出一片片的“解理”状腐蚀花样, 片状的“解理”区域有的地方相互交错连接, 形成大片的腐蚀区。这些被腐蚀的区域表面粗糙, 肉眼即可见, 原始打磨光的表面已不复存在。

### 2.4 电化学阻抗谱

将 Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金和不锈钢试样浸入 1 mol/L HCl 溶液约 20 min, 待腐蚀电位基本稳定后, 再在开路电位下进行交流阻抗测试。图 6 为 2 种材料在 1 mol/L HCl 溶液中的交流阻抗谱, 即 Nyquist 图。

由 Nyquist 图可见, 2 种材料的 EIS 均由单一容抗弧构成<sup>[19]</sup>, 具有一个时间常数, 表明材料表面形成了均匀的腐蚀产物。在只有一个容抗弧的情况下, 容抗弧的大小可在一定程度上体现非晶合金的耐蚀能力。非晶合金的容抗弧远大于不锈钢, 说明非晶合金的耐蚀能力要优于不锈钢。

电化学阻抗谱的等效电路如图 7。其中 R<sub>s</sub> 为参比电极与被测电极间的溶液电阻; CPE 为常相位角元件, 即非理想的金属/溶液双层电容, 由 2 个参数(常相系数 Y<sub>0</sub> 和弥散系数 n) 决定; R<sub>t</sub> 为电化学反应电荷转移电阻, 大的 R<sub>t</sub> 和小的 i<sub>corr</sub> 意味着高的腐蚀阻抗。等效电

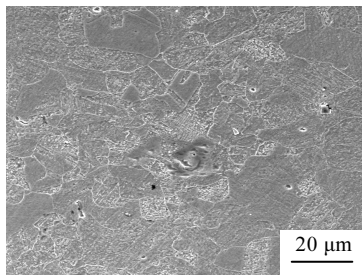


图 5 不锈钢在 1 mol/L HCl 溶液中的腐蚀形貌

Fig.5 Corroded morphology of stainless steel in 1 mol/L HCl solution

路的拟合结果见表 2。可见, 在开路电位下, 非晶合金的电化学反应电阻 R<sub>t</sub> 比不锈钢的电化学反应电阻大 2 个数量级, 表明非晶合金的耐蚀性能优于不锈钢, 这一现象与上述极化曲线的研究结果相符。

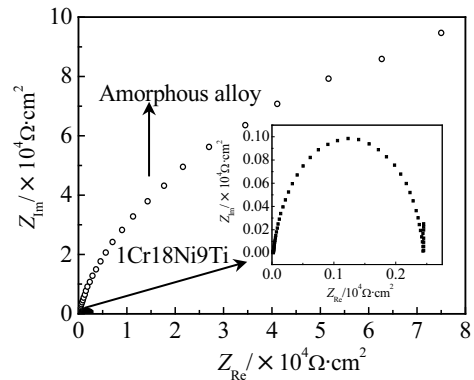


图 6 非晶合金和不锈钢在开路电位下的电化学阻抗谱

Fig.6 EIS of amorphous alloy and stainless steel at open circuit potential in 1 mol/L HCl solution

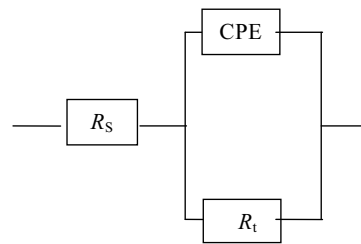


图 7 1 mol/L HCl 溶液中的 EIS 等效电路

Fig.7 EIS equivalent circuit in 1 mol/L HCl solution

表 2 2 种材料 EIS 的拟合结果

Table 2 Fitted EIS results of studied materials

Material	R <sub>s</sub> /Ω·cm <sup>2</sup>	Y <sub>0</sub> /×10 <sup>-5</sup>	n	R <sub>t</sub> /×10 <sup>3</sup> Ω·cm <sup>2</sup>
Amorphous alloy	20.56	1.552	0.8929	247.5
Stainless steel	22.04	1.692	0.8732	2.459

## 3 结 论

1) 在不同浓度(0.5, 1, 2, 4 mol/L)的 HCl 溶液中, Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金都具有良好的耐腐蚀性能, 具有很宽的钝化区, 自腐蚀电流密度比较低。

2) Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金的耐蚀性能优于不锈钢: 在 1 mol/L 的 HCl 溶液中, Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> 非晶合金的自腐蚀电位高于不锈钢, 而自腐蚀电流比不锈钢小 1 个数量级; 非晶合金的电化学反应电阻 R<sub>t</sub> 比不锈钢大 2 个数量级。

## 参考文献 References

- [1] Duwez P, Lin S C H. *Journal of Applied Physics*[J], 1967, 38: 4096
- [2] Inoue A, Shinohara Y, Kim J S. *Material Transactions JIM*[J], 1995, 36: 1427
- [3] Inoue A, Zhang T, Takeuchi A. *Applied Physics Letters*[J], 1997, 71: 464
- [4] Shen T D, Schwarz R B. *Applied Physics Letters*[J], 1999, 75: 49
- [5] Inoue A, Shen B L. *Material Transactions JIM* [J], 2002, 43: 2350
- [6] Inoue A, Shen B L. *Material Transactions JIM* [J], 2002, 43: 766
- [7] Shen T D, Schwarz R B. *Acta Materialia*[J], 2001, 49: 837
- [8] Habazaki H, Ukai H, Izumiya K *et al. Materials Science and Engineering A*[J], 2001, 318: 77
- [9] Shen J, Chen Q J, Sun J F *et al. Applied Physics Letters*[J], 2005, 86: 151 907
- [10] Qin F X, Zhang H F, Chen P *et al. Materials Letters*[J], 2004, 58: 1246
- [11] Singh I B, Misra R D K, Chaudhary R S *et al. Material Science and Engineering*[J], 1987, 92: 173.
- [12] Luborsky. Translated by Ke Cheng (柯成) *et al. Amorphous Metallic Alloys* (非晶态金属合金)[M], Beijing: Metallurgical Industry Press, 1989: 636
- [13] Lu Shiyong (陆世英) *et al. Stainless Steel*(不锈钢)[M]. Beijing: Atomic Energy Press, 1995: 187
- [14] Guo Yicheng(郭贻诚), Wang Zhenxi(王震西). *Amorphous Physics*(非晶态物理学)[M]. Beijing: Science Press, 1984: 349
- [15] Habazaki H, Kawashima A, Asami K *et al. Corrosion Science*[J], 1992, 33: 225
- [16] Park P Y, Akiyama E, Kawashima A *et al. Corrosion Science*[J], 1995, 37: 1843.
- [17] Archer M D, Corke C C, Harji B H. *Electrochimica Acta*[J], 1987, 32: 13
- [18] Veys D, Rapin C, Li X *et al. Journal of Non-Crystalline Solids*[J], 2004, 347: 1
- [19] Cao Chunan(曹楚南). *Corrosion Electrochemistry*(腐蚀电化学)[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 1985: 215

## Corrosion Behaviors of Bulk Amorphous $\text{Fe}_{41}\text{Co}_7\text{Cr}_{15}\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6\text{Y}_2$ Alloy in HCl Solution

Wang Li<sup>1,3</sup>, Fan Hongbo<sup>2</sup>, Li Jing<sup>2</sup>, Zheng Wei<sup>1</sup>, Chao Yuesheng<sup>1</sup>, Shen Jun<sup>2</sup>

(1. Northeastern University, Shenyang 110004, China)

(2. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

(3. Liaoning Shihua University, Fushun 113001, China)

**Abstract:** Corrosion behaviors of bulk amorphous  $\text{Fe}_{41}\text{Co}_7\text{Cr}_{15}\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6\text{Y}_2$  alloy in 0.5, 1, 2, 4 mol/L HCl solutions were studied by potentiodynamic polarization experiments and electrochemical impedance spectroscopy (EIS). Moreover, the corrosion behaviors of amorphous alloy and stainless steel were compared in 1 mol/L HCl solution. The results of potentiodynamic polarization experiment show that the amorphous  $\text{Fe}_{41}\text{Co}_7\text{Cr}_{15}\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6\text{Y}_2$  alloy has excellent corrosion resistance in different concentration of HCl solutions and its anodic reaction has a passive character. With the concentration of the HCl solutions increasing, the corrosion resistance of the amorphous alloy decreases. The results of potentiodynamic polarization experiments in 1 mol/L HCl solution show that the corrosion potential of the amorphous alloy is higher and the corrosion current density is lower than those of stainless steel. EIS experimental results show that the Nyquist figures of amorphous alloy and stainless steel are both composed of one single semi-circle in the state of open circuit potential. But the amorphous alloy has a higher charge transfer reaction resistance than the stainless steel. This result is accord with that of potentiodynamic polarization. The present results demonstrate that the corrosion resistance of bulk amorphous  $\text{Fe}_{41}\text{Co}_7\text{Cr}_{15}\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6\text{Y}_2$  alloy is much better than stainless steel.

**Key words:** Fe-based bulk amorphous alloy; electrochemistry; corrosion behavior

Biography: Wang Li, Candidate for Ph. D., School of Science, Northeastern University, Shenyang 110004, P. R. China, E-mail: lilydongdong@126.com; Corresponding Author: Shen Jun, Professor, 0086-451-86403196, E-mail: junshen@hit.edu.cn