

# LY11 铝合金及 H62 黄铜的 土壤腐蚀行为

孙成 李洪锡 张淑泉 周晓晔<sup>1</sup>

(中国科学院金属腐蚀与防护研究所 金属腐蚀与防护国家重点实验室 沈阳 110015)

(1 沈阳工业大学 沈阳 110021)

**摘要** 用埋设试件的方法,在酸性、中性及碱性土壤中,研究了 LY11 铝合金及 H62 黄铜经过 1、3、5 年 3 个试验周期后的腐蚀特征.结果表明,LY11 铝合金在土壤中腐蚀主要表现为局部腐蚀, H62 黄铜主要表现为脱锌腐蚀,腐蚀程度主要取决于土壤类型及质地,在质地明显不均匀的碱性土壤中腐蚀严重,而在质地较均匀的中性粘土及酸性粘土中腐蚀轻微.

**关键词** LY11 铝合金 H62 黄铜 土壤腐蚀

**学科分类号** TG174.5

铝及铜合金在土壤中的应用量仅次于钢铁,广泛应用于地下通信电缆、管道及电站设施等领域.国外在 20 年代开始进行多种材料的土壤腐蚀试验研究<sup>[1~3]</sup>,我国从 50 年代开始成立土壤腐蚀网站,埋设的金属材料主要有钢铁试件<sup>[4]</sup>.从“八五”期间开始,土壤腐蚀网站陆续埋设了不锈钢及有色金属等试件<sup>[5]</sup>.本次试验主要是研究在沈阳、成都的中性土壤中,深圳、鹰潭和广州的酸性土壤中以及新疆、大港的碱性土壤中,两种有色金属经过埋设 1、3、5 年 3 个试验周期后的腐蚀特征.

## 1 试验方法

试验材料为 LY11 铝合金及 H62 黄铜管,试件的尺寸规格为 LY11:  $\Phi 40 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ , H62:  $\Phi 26 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ ,试件成分为( $\omega, \%$ ): LY11: Mn 0.51, Mg 1.25, Fe 0.17, Cu 4.30, Al Bal.; H62: Fe 0.012, Cu 57.62, Zn 40.85.

选择试验站要求土壤为本地区的代表性土壤,地面自然植被,无污染物及杂散电流存在,便于管理等原则.各站土壤的类型及理化性质参见文献<sup>[6]</sup>.其中鹰潭、广州、深圳为酸性土壤,沈阳、成都为中性土壤,新疆及大港为碱性土壤.

采用自然埋藏方法,每四支平行试件为一组,试件间距为 35 cm,试件埋深为 1 m,试验周期为 1、3、5 年,每次取出试件时,对土壤的理化性质及微生物作现场测量及室内分析,试验规程执行全国土壤腐蚀试验网站标准<sup>[7]</sup>.

• 国家自然科学基金重大项目 No. 59899140

收到初稿: 1998-12-10, 收到修改稿: 1999-02-01

## 2 结果及讨论

### 2.1 两种材料的土壤腐蚀特征

图 1 及图 2 为 LY11 铝合金在 7 个试验站土壤中埋设 5 a 腐蚀失重及点蚀深度随埋设时间的变化情况. 图 3 为 H62 黄铜埋设 5 a 腐蚀失重随埋设时间的变化情况, 表 1 为 H62 黄铜在几种土壤中埋设 5a 后脱锌腐蚀部分面积比. LY11 铝合金在成都中性粘土中基本上

为均匀腐蚀, 铝合金管表面仅有数个 0.20 mm 的点蚀坑, 而铝合金在其他类型土壤中都表现为明显的不均匀腐蚀. 两种材料在新疆土壤中腐蚀最为严重, 埋设仅 3 a 的铝合金管产生了腐蚀开裂现象, 埋设 5 a 的一个铝合金试件出现碎裂现象, H62 黄铜表面脱锌腐蚀面积高达 95%, 铝合金管出现开裂现象, 主要是由于铝合金管表面出现大量的腐蚀穿孔, 在土壤重力及应力的作用下产生腐蚀开裂及碎裂现象.

Table 1 Ratio of dezincification area of H62(wt%)

site	1 a	3 a	5 a
XJ	20	60~70	95
DG	15	40~50	80~85
SY	10	25~30	50~60
CD	3	7	10
SZ	15	30~40	60~65
GZ	40	10	20
YT	2~3	5	10

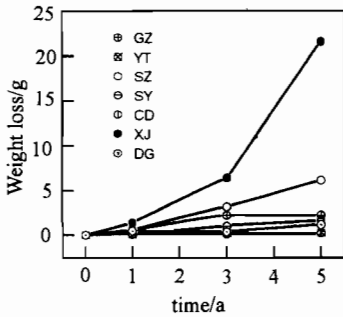


Fig. 1 Weight loss of LY11 as a function of test time

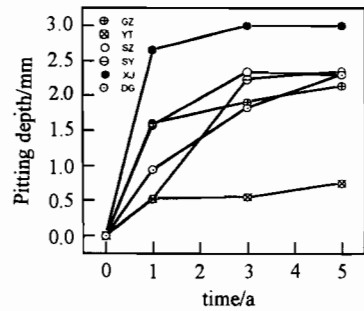


Fig. 2 The pitting depth of LY11 as a function of test time

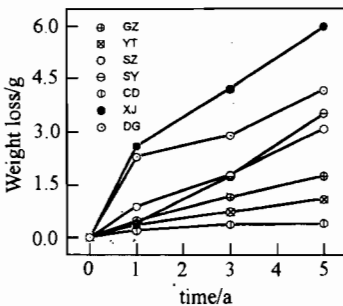


Fig. 3 Weight loss of H62 as a function of test time

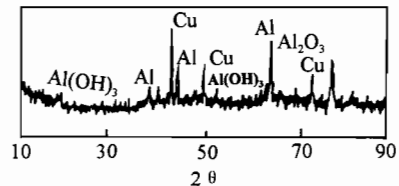


Fig. 4 X-ray diffraction spectra of LY11

铝及其合金在表面生成致密而坚固的氧化膜(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)具有良好的保护性. 当铝及其合金暴露在碱性及酸性土壤环境中, 腐蚀便可发生, 此时氧化膜被局部蚀穿成为小阳极, 其周围表面

为大阴极,在这种小阳极大阴极腐蚀电池作用下,产生局部腐蚀。

LY11 铝合金是一种铝铜合金,图 4 为铝合金表面腐蚀产物 X 射线分析结果,主要有  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$  及纯铜,铜使 LY11 铝合金的耐蚀性明显降低,铝合金中的铜在土壤环境中以纯铜形式析出,图 5 为铝合金在新疆土壤中埋设 5 a 后的扫描电镜腐蚀形貌图。白色部分即为析出的铜,EDAX 分析结果表明此处铜含量高达 80%。

## 2.2 影响两种材料腐蚀的土壤因素

### 2.2.1 土壤类型及质地的影响

LY11 铝合金及 H62 黄铜在新疆的碱性棕漠土中腐蚀最严重,而在鹰潭的酸性粘土



Fig. 5 SEM micrograph of LY11 aluminium alloy

及成都的中性粘土中腐蚀轻微。因此,土壤的类型及质地对两种有色金属的腐蚀影响很大。

LY11 铝合金及 H62 黄铜在鹰潭、深圳、广州三个酸性土壤中,腐蚀失重由大到小的顺序为:深圳、广州、鹰潭。三个酸性土壤的质地有明显差别,深圳站属砾质土,其中粒度大于 1.00 mm 粗砂占 35%,同时有大量的花岗岩碎片半风化物;广州站属砂质土,含有 20% 粒度大于 1.00 mm 的粗砂;鹰潭站没有大于 1.00 mm 的粗砂,而小于 1.00 mm 的物理性粘粒占 65%,土壤质地均匀,属轻质粘土,土壤的质地均匀不易产生腐蚀电池,粘土与砂质土相比,透气性不好,粘土水储存能力强,酸性粘土的这三个特征决定了 LY11 铝合金及 H62 黄铜在鹰潭粘土中的腐蚀行为与广州和深圳站有较大的差别,两种材料在鹰潭站的腐蚀失重及最大点蚀深度都远低于其他两站。

两种中性土壤中,沈阳中性草甸土的颗粒不均一,而成都土壤为中性黄粘土,腐蚀行为也存在很大的差异,两种材料在沈阳中性草甸土中的腐蚀程度比成都的黄粘土中严重得多,H62 黄铜在沈阳中性草甸土中 5 a 脱锌腐蚀面积达 50%~60%,而在成都中性粘土中埋设 5 a 的脱锌腐蚀面积仅为 10%;LY11 铝合金在沈阳中性草甸土中表现为不均匀腐蚀,其最大点蚀深度达 2.35 mm,而在成都的黄粘土中基本表现为均匀腐蚀,仅有少数的浅点蚀坑,最大深度仅为 0.20 mm。在高盐的碱性土壤中,同样可以发现土壤的质地对 LY11 铝合金及 H62 黄铜腐蚀行为的影响。从土壤的理化性质来比较,大港站为海滨盐土,电阻率很低,为  $0.42 \Omega \cdot \text{m}$ ,土壤中  $\text{Cl}^-$  含量为 1.0945%,远高于新疆站的 0.112%,若依据土壤电阻率及含盐量单项指标评价土壤腐蚀性的标准<sup>[4,5]</sup>,可以判定大港海滨盐土的腐蚀性为五个级别中最高的。但是,两种材料在大港海滨盐土中的腐蚀程度远低于新疆站,因为新疆站为棕漠土,质地明显不均匀,颗粒大,透气性好,pH 值为 8.7 左右,含盐量也较高,这些土壤特性决定了两种材料在新疆土壤中腐蚀最严重,尤其 LY11 铝合金甚至达到了腐蚀碎裂程度。

综上所述,土壤的类型及质地是影响 LY11 铝合金及 H62 黄铜腐蚀的主要因素,在土壤质地明显不均匀的新疆碱性棕漠土壤中,两种有色金属腐蚀严重,而在质地较均匀的中性粘土及酸性粘土中腐蚀轻微。

### 2.2.2 土壤 PH 值的影响

图 6 为两种材料的腐蚀失重与土壤 pH 值的对应关系,从图

中可以发现,两种材料在土壤中腐蚀变化规律基本相似,腐蚀最高峰位于 pH8.7 碱性土壤中;两个腐蚀低峰值位于中性土壤 pH 为 8.0 左右及酸性土壤 pH 为 4.8 左右,其中的腐蚀最低峰值位于 pH8.0 左右的中性土壤.这说明土壤的 pH 值也是影响铝合金及 H62 黄铜腐蚀的一个主要因素,两种材料在高碱性土壤中腐蚀较严重,而在中性及酸性粘土中腐蚀轻微.

### 3 结 论

LY11 铝合金及 H62 黄铜在土壤中腐蚀具有基本相似的特征,腐蚀程度取决于土壤类型及质地:在质地明显不均匀的碱性土壤中腐蚀严重,而在质地较均匀的中性及酸性粘土中腐蚀轻微. LY11 铝合金腐蚀主要表现为局部腐蚀,其中在新疆碱性棕漠土中腐蚀最严重,产生腐蚀碎裂现象;H62 黄铜腐蚀主要表现为脱锌腐蚀,在新疆碱性棕漠土壤中脱锌腐蚀面积达 95%;而在成都的中性黄粘土及鹰潭的酸性粘土中脱锌腐蚀面积仅为 10%,两种材料在成都的中性黄粘土及鹰潭的酸性粘土中腐蚀最轻.

### 参考文献

- 1 Romanoff M. *Underground Corrosion*, NBS, 579, 1957, 87
- 2 И. Д. 托马晓夫著, 华保定等译. *金属腐蚀及其保护的理论与*. 北京: 中国工业出版社, 1964, 293
- 3 Gerhould W F, Escalamte E, Sanderson B T. NBSIR 81-2228(NBS), 1981, 1
- 4 全国土壤腐蚀网站资料汇编, 第二集. 上海: 上海交通大学出版社, 1992, 32
- 5 银耀德. *腐蚀科学与防护技术*, 1995, 7(3): 269
- 6 孙成, 李洪锡, 张淑泉. *腐蚀科学与防护技术*, 1999, 11(2): 94
- 7 中国腐蚀与防护学会金属腐蚀手册编委会. *金属腐蚀手册*. 上海: 上海科学出版社, 1987, 115

## CORROSION BEHAVIOR OF LY11 ALUMINUM ALLOY AND H62 HRASS IN SOILS

SUN Cheng, LI Hongxi, ZHANG Shuquan, ZHOU Xiaoye<sup>1</sup>

(State Key Laboratory for Corrosion and Protection Institute of Corrosion and Protection of Metals,  
The Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015)  
(<sup>1</sup> Shenyang Polytechnic University, Shenyang 110021)

**ABSTRACT** Corrosion behaviors of LY11 Aluminum Alloy and H62 brass in soils were studied. The results showed that the corrosion of LY11 and H62 depended on the type of soils and the soil texture. There was severe corrosion in heterogeneous alkaline soil, while only light corrosion in homogeneous neutral clay and acid clay.

**KEY WORDS** LY11 aluminum Alloy, H62 brass, soil corrosion

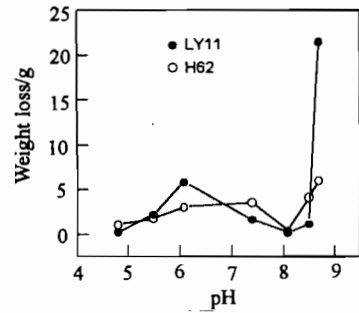


Fig. 6 Weight losses as of LY11 and H62 as a function of pH of soil